14° Convegno AISTEC

Da *commodity* a specialità: come la ricerca valorizza cereali e legumi



21-23 ottobre 2026

Sala del Tribunale, Palazzo Dogana, Foggia

AISTEC is an ICC Member

14° CONVEGNO AISTEC

Da *commodity* a specialità:
come la ricerca valorizza cereali e legumi

21-23 ottobre 2026

Sala del Tribunale, Palazzo Dogana, Foggia

PROGRAMMA E RIASSUNTI

Volume interamente pubblicato dall'AISTEC

© 2026 Associazione Italiana di Scienza e TEcnologia dei Cereali AISTEC

c/o Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Centro di ricerca Alimenti e Nutrizione

Via Ardeatina 546 - 00178 Roma (RM)

Patrocini

MASAF - Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste

Provincia di Foggia

Università degli Studi di Foggia

Università degli Studi di Bari Aldo Moro

Accademia dei Georgofili

Accademia Nazionale di Agricoltura

AISSA - Associazione Italiana Società Scientifiche Agrarie

CLuster Agrifood Nazionale CL.A.N

CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche

ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

FIDAF - Federazione Italiana Dottori in Scienze Agrarie e Forestali

ITALMOPA - Associazione Industriali Mugnai d'Italia

SIA - Società Italiana di Agronomia

SIMTREA - Società Italiana di Microbiologia Agraria, Alimentare e Ambientale

SISTAL - Società Italiana di Scienze e Tecnologie Alimentari

Unione Italiana Food

Con il contributo di



Chiriotti Editori, Pinerolo (TO)
https://chiriottieditori.it/



Molino De Vita, Casalvecchio di Puglia (FG)
https://www.molinidevita.it/



MDPI Basel, Switzerland
https://www.mdpi.com/



SIS Società Italiana Sementi, San Lazzaro di Savena (BO)
https://www.sisonweb.com/



Anton Paar Italia S.r.l., Rivoli (TO)
https://www.anton-paar.com/it-it/

SCOPO DEL CONVEGNO

È notorio che i cereali ed anche i legumi sono dagli albori della civiltà umana una risorsa alimentare fondamentale per l'umanità e come tale sono stati oggetto di commercializzazione a livello internazionale meritandosi l'appellativo di commodity, termine inglese che denota materie prime che possono essere raccolte, stoccate, spostate e vendute, che sono fungibili, standardizzate, accessibili e che hanno un prezzo determinato dal mercato. Il termine commodity ricorda comunque un prodotto che non ha grandi differenziazioni qualitative e fino a qualche decennio fa sugli scaffali dei negozi e dei supermercati esistevano poche tipologie di derivati dei cereali. Adesso, grazie anche agli interessanti risultati della ricerca scientifica, il consumatore, sempre più attento a salute e benessere, non si accontenta più di trovare in commercio poche tipologie di sfarinati o di prodotti alimentari a base di cereali e legumi, ma ricerca prodotti con specifiche proprietà nutrizionali (integrali, senza glutine, ricchi di proteine/fibre) o funzionali (adatti a intolleranze, diete specifiche) e/o occasioni o modalità di consumo elevandoli da semplici commodity a vere e proprie specialty o specialità.

Il 14esimo convegno AISTEC intende, quindi, presentare e dibattere le recenti acquisizioni scientifiche relative ai cereali, pseudocereali e ai legumi dal campo alla tavola e favorire il trasferimento dei risultati della ricerca al settore, nell'ambito di sessioni scientifiche orali e poster, con particolare riferimento ai seguenti argomenti:

- *caratteristiche genetiche e modelli agronomici*
- *valore d'uso e qualità delle materie prime e dei prodotti alimentari*
- *innovazioni di processo e di prodotto*
- *tracciabilità e marcatori di processo e di prodotto*
- *nutrizione e consumi*
- *aspetti economici e normativi*

La Presidentessa dell'AISTEC



Dott.ssa Marina Carcea

COMITATO SCIENTIFICO

Antonietta Baiano, Università degli Studi di Foggia, Foggia

Massimo Blandino, Università degli Studi di Torino, Torino

Marina Carcea, Presidentessa AISTEC

Vittorio Capozzi, CNR ISPA, Foggia

Raimondo Cubadda, Presidente onorario, AISTEC

Maria De Angelis, Università degli Studi di Bari, Bari

Pasquale De Vita, CREA-CI, Foggia

Zina Flagella, Università degli Studi di Foggia, Foggia

Laura Gazza, CREA-IT, Roma

Emanuele Marconi, Università Campus Bio-Medico, Roma

Alessandra Marti, Università degli Studi di Milano, Milano

Maria Cristina Messia, Università degli Studi del Molise, Campobasso

Antonio Moretti, CNR ISPA, Foggia

Antonella Pasqualone, Università degli Studi di Bari, Bari

Nicola Pecchioni, CREA-CI, Foggia

Rita Redaelli, già CREA-CI, Bergamo

Fabiola Sciacca, CREA-CI, Acireale

Valeria Turfani, CREA-AN, Roma

COMITATO ORGANIZZATORE

Donatella Bianca Maria Ficco, CREA-CI, Foggia

Valeria Menga, CREA-CI, Foggia

Ivano Pecorella, CREA-CI, Foggia

SEGRETERIA DEL CONVEGNO

Elisa De Arcangelis, Università Campus Bio-Medico, Roma

Francesco Martiri, CREA-AN, Roma

E-mail: segreteria.aistec@gmail.com, www.aistec.it

SEGRETERIA LOCALE

Ida Iannucci E-mail: ida.iannucci@crea.gov.it
Tel.: +39 0881 742972 (int. 421)

Mario Russo E-mail: mario.russo@crea.gov.it
Tel.: +39 0881 742972 (int. 418)

SEDE DEL CONVEGNO

Sala del Tribunale, Palazzo Dogana, Foggia

PROGRAMMA

Mercoledì 21 ottobre 2026

12:00 - 14:30 Registrazione dei partecipanti e allestimento posters
(ingresso Palazzo Dogana)

14:30 - 15:00 Inaugurazione del Convegno e indirizzi di saluto
Intervengono:
Marina Carcea, *Presidentessa AISTEC*
Maria Aida Episcopo, *Sindaca Comune di Foggia*
Paolo Gramiccia, *Direttore CREA-CI*
Luigi Iorio, *Assessore Attività Produttive Comune di Foggia*
Lorenzo Lo Muzio, *Magnifico Rettore Università di Foggia*
Agostino Sevi, *Direttore DAFNE Università di Foggia*

1ª Sessione: *"Caratteristiche genetiche e modelli agronomici"*

Presiedono: Marina Carcea - Nicola Pecchioni

15:00 *Relazione magistrale*
Oltre la commodity: dal breeding convenzionale alle TEA per la valorizzazione dei cereali
Pasquale De Vita, Ilaria D'Isita

15:30 Verso nuovi modelli di agricoltura: gestione dei sistemi cerealicoli per coniugare transizione ecologica, produttività e qualità di filiera
Massimo Blandino, Thomas Croci, Paolo Colombatto, Marco Laiolo, Stefano Cat Genova, Davide Mazzitelli, Raffaele Meloni, Claudia Sardella, Barbara Chicco, Stefano Maruccia, Amedeo Reyneri, Alessandra Marti

15:45 Studi di associazione genome-wide in una collezione mondiale di lenticchia (*Lens culinaris)*
Chiara Delvento, Francesco Arcieri, Barbara Laddomada, Marzia Guerriero, Tania Gioia, Elisa Bellucci, Giulia Frascarelli, Simone Papalini, Chiara Santamarina, Francesca Taranto, Silvia Procino, Gaetano Giudice, Luigi Ricciardi, Roberto Papa, Concetta Lotti, Stefano Pavan

16:00 Effetti della programmazione irrigua e della gestione agronomica sulla performance della quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in ambiente mediterraneo
Clotilde Emanuela Pia Infantozzi, Francesco Ciavarella, Leonardo Morcone, Giuditta De Santis, Michele Rinaldi

16:15 Domande e discussione sulle relazioni della sessione

16:30 Pausa caffè e visione Posters

2ª Sessione: "Risorse genetiche e fattori climatici"

Presiedono: Massimo Blandino - Rita Redaelli

17:00 Variazione dell'espressione delle proteine di riserva e del contenuto fenolico in frumento e cece in risposta a fattori ambientali ed agronomici in ambiente mediterraneo
Michele A. De Santis, Salvatore Colecchia, Luigia Giuzio, Damiana Tozzi, Nicola Pecchioni, Zina Flagella

17:15 Struttura e dinamica del microbiota dei semi di orzo in risposta alla variabilità climatica
Gianfranco Pannella, Marta Giovanetti, Emanuele Marconi, Laura De Gara

17:30 Monitoraggio e valutazione della germinabilità di risorse genetiche di miglio (*Panicum miliaceum* L.) sottoposte a stress termico
Maurizio Giannatiempo, Nikita Trotta, Enrica De Falco, Sofia Del Gaudio

17:45 Domande e discussione sulle relazioni della sessione

Giovedì 22 ottobre 2026

3ª Sessione: "Valore d'uso e qualità delle materie prime I"

Presiedono: Laura Gazza - Valeria Turfani

09:00 *Relazione magistrale*
Il processo tecnologico come fattore chiave per la qualità e la sicurezza degli alimenti a base di cereali e legumi
Emanuele Marconi

09:30 Da leguminosa foraggera a functional food: valorizzazione di *Trigonella foenum-graecum* L. come fonte emergente di composti bioattivi per la salute umana
Michele Canale, Gabriele Ballistreri, Ignazio Alberto Barbagallo, Alfio Spina

09:45 Effetto dell'integrazione della semola rimacinata con elevate percentuali di sfarinati di legumi sulle proprietà reologiche, tecnologiche e nutrizionali del pane
Michele Canale, Rosalia Sanfilippo, Salvatore Moscaritolo, Maria Carola Fiore, Maria Concetta Strano, Maria Allegra, Giancarlo Fascella, Giovanni Gugliuzza, Alfio Spina

10:00 Qualità tecnologica e nutrizionale di pasta da frumenti caucasici ancestrali per

un'alimentazione più sostenibile e diversificata
Laura Gazza, Francesca Nocente, Chiara Natale, Federica Taddei, Federica Signorelli, Emanuele Tomassini, Roberto Mortaro, Ester Gosparini, Viviana Del Frate, Alessandra Arcangeli, Cristina Cecchini, Elena Galassi

10:15 Variabilità compositiva e qualità nutrizionale di 14 varietà di sorgo bianco da granella (*Sorghum bicolor*): caratterizzazione proteica, nutrizionale e dei composti bioattivi
Gianluigi Giannelli, Giovanna Visioli, Barbara Prandi, Alessandro Zatta, Giovanni Caccialupi, Enrico Francia, Emanuele Livietti, Matteo Busconi, Mariolina Gullì

10:30 Domande e discussione sulle relazioni della sessione

10:45 Pausa caffè e visione Posters

4ª Sessione: "Valore d'uso e qualità delle materie prime II"

Presiedono: Zina Flagella - Alessandra Marti

11:15 Valutazione integrata della qualità del frumento: ruolo della microflora microbica e delle tecniche spettroscopiche
Antonella Del Fiore, Claudia Nardini, Silvia Tabacchioni, Chiara Nobili, Antonio Molino, Massimo Reverberi, Annamaria Bevivino

11:30 Nuove cultivar di soia per filiere alimentari ad alto valore aggiunto: qualità nutrizionale, funzionale e sensoriale
Alessandro Rosso, Claudia Sardella, Marìa Castaned, Raffaele Meloni, Erica Torella, Barbara Chicco, Francesca Vanara, Milena Corredig, Antonio Martinez-Abad, Massimo Blandino

11:45 Oltre i metodi tradizionali: il *fingerprinting* proteico del frumento nell'era dell'elettroforesi capillare
Fabiola Sciacca

12:00 Vantaggi competitivi e criticità dell'utilizzo di mais alto amilosio per le filiere alimentari
Fabio Carnovale, Claudia Sardella, Francesca Vanara, Antonina Gabor, Andrea Bresciani, Alessandra Marti, Massimo Blandino

12:15 Domande e discussione sulle relazioni della sessione

12:30 Pranzo e visione Posters

5ª Sessione: "Innovazioni di processo e di prodotto"

Presiedono: Emanuele Marconi - Maria Cristina Messia

14:30 Effetto dell'aggiunta di chitosano ad alto peso molecolare sulla qualità tecnologica del pane
Elisa De Arcangelis, Emanuele Marconi, Witoon Prinyawiwatkul

14:45 Acqua di mare alimentare in sostituzione del NaCl: effetti sulla reologia degli impasti e sulla qualità di pani integrali da frumenti caucasici
Emanuele Tomassini, Laura Gazza, Francesca Nocente, Elena Galassi, Chiara Natale, Federica Taddei, Federica Signorelli, Ester Gosparini, Alessandra Arcangeli, Cristina Cecchini, Roberto Mortaro, Valeria Turfani, Sahara Melloni, Valentina Narducci, Antonio Piga

15:00 Studio comparativo sulla ritenzione degli antociani nel pane integrale prodotto da sfarinati di frumento tenero pigmentato durante la cottura convenzionale e ohmica
Ilenia Gaeta, Maria Cristina Messia, Maria Carmela Trivisonno, Emanuele Marconi, Denisse Bender

15:15 Impiego delle proteine di semi di carruba (*Ceratonia siliqua* L.) per la stampa 3D di formulazioni a base di frumento
Niccolò Pilla, Elisa De Arcangelis, Emanuele Marconi

15:30 Domande e discussione sulle relazioni della sessione

15:45 Pausa caffè e visione Posters

6ª Sessione: "Ingredienti non convenzionali e valorizzazione dei sottoprodotti"

Presiedono: Valentina Narducci - Fabiola Sciacca

16:15 Dalla tradizione alla ricerca: la riscoperta delle ghiande come risorsa alimentare
Francesca Vurro, Alexandra-Mihaela Ailoaiei, Giacomo Squeo, Francesco Caponio, Antonella Pasqualone

16:30 Impiego della farina di ghianda nello sviluppo di alimenti innovativi: opportunità e sfide tecnologiche
Alessandra Marti, Andrea Bresciani, Daniela Beghelli, Letizia Bresciani, Daniele Del Rio, Giovanni Caprioli, Antonietta La Terza, Elena Vittadini

16:45 Valorizzazione di sottoprodotti dell'industria olearia e birraria nello sviluppo di snack salati funzionali
Elisabetta Bravi, Michele Arcangelo Dicorato, Gianluca Veneziani, Ilenia Dottori, Arianna Bonucci, Giovanni De Francesco, Ombretta Marconi

17:00 Valorizzazione di sottoprodotti brassicoli come fonte proteica alternativa
Michele Arcangelo Dicorato, Giovanni de Francesco, Ombretta Marconi

17:15 Valorizzazione di radichette di malto tramite fermentazione lattica per la produzione di pasta funzionale
Anna Rita Bavaro, Massimiliano D'Imperio, Palmira De Bellis, Stella Lisa Lonigro, Marco Montemurro

17:30 Domande e discussione sulle relazioni della sessione

18:00 - 18:30 Assemblea soci AISTEC (riservata ai soci)

20:30 Cena sociale presso Masseria Le Querce di Mamre, Manfredonia

Venerdì 23 ottobre 2026

7ª Sessione: ***"Aspetti della sicurezza alimentare"***

Presiedono: **Vittorio Capozzi - Maria De Angelis**

09:00 *Relazione magistrale*
Microbiodiversità, tradizione, valore aggiunto e sostenibilità nelle filiere dei cereali e dei legumi
Vittorio Capozzi, Maria Giovanna Fragasso

09:30 Mitigazione di micotossine e residui di pesticidi nel frumento mediante biotecnologie: germinazione e fermentazione lattica
Giuseppe Perri, Francesco De Mastro, Claudia Sardella, Simona Carbone, Marco Laiolo, Federico Rametta, Valentina Scarpino, Lorenzo Ciraldo, Michela Verni, Massimo Blandino, Gennaro Brunetti, Erica Pontonio

09:45 Influenza delle materie prime e della tipologia di cottura sulla formazione di acrilammide e idrocarburi policiclici aromatici in pizza napoletana STG
Michela Quiquero, Maria Cristina Messia, Francesca Cuomo, Ilenia Gaeta, Maria Carmela Trivisonno, Emanuele Marconi, Olga Maria Da Silva Viegas

10:00 Produzione di *specialty* per la filiera del frumento tenero: vantaggi salutistici e criticità sanitarie di frumenti pigmentati ed alto amilosio
Claudia Sardella, Barbora Burešová, Zora Kotíková, Annemarie Srbová, Antonina Gabor, Francesca Vanara, Arianna Frittelli, Francesco Sestili, Massimo Blandino

10:15 Domande e discussione sulle relazioni della sessione

10:30 Pausa caffè e visione Posters

8ª Sessione: "Nutrizione, consumatori e aspetti legislativi"

Presiedono: Antonietta Baiano - Antonio Moretti

11:00 Comportamento dei consumatori e disponibilità a pagare per prodotti a base di farro dicocco in una prospettiva di sostenibilità
Alberto Akiki, Carla Ferreira, Carlos Marques, Livia Maria Costa Madureira, Giampiero Sacchetti

11:15 Da cereale minore a ingrediente con potenziale prebiotico: ruolo del sorgo fermentato e del suo metaboloma sul microbiota intestinale
Michela Verni, Andrea Torreggiani, Lorenzo Nissen, Davide Addazii, Andrea Gianotti, Carlo Giuseppe Rizzello

11:30 Definizione standard internazionale di cereale integrale: dalla ICC Whole Grain Initiative alla norma ISO
Marina Carcea

11:45 Domande e discussione sulle relazioni della sessione

12:00 **SESSIONE SPONSORS**
Presiede Marina Carcea

Molino De Vita S.r.l. - Dalla commodity alla specialità. Qualità, ricerca e semole su misura per il mondo della pasta
De Vita N., Amministratore Unico Molino De Vita

Anton Paar Italia S.r.l. - Dal bisogno industriale al metodo: moderne strategie per caratterizzare cereali, farine e impasti convenzionali e gluten free.
Po A., Sales Area Manager per la Texture Analysis Food & Feed

12:10 **Conferimento Premi Chiriotti Editori - AISTEC** e presentazione (10 min. ciascuno) dei 2 posters vincitori

Presiedono: Carcea - Chiriotti - Presidente Commissione valutazione

12:30 Conclusioni e chiusura convegno a cura degli Enti Organizzatori

13:00 Pranzo

ELENCO DEI POSTERS

1) *Alberti I., Laddaga F. M., Ratti C., Locatelli S., Prodi A.*
Intercettare il rischio micotossine prima della raccolta: una qPCR multiplex per mais

2) *Frittelli A., Palombieri S., Sestili F., Masci S., Folloni S., Novi J. B., Baldassarre F., Porfiri O., Ayano B. E., Fratini G.*
Nuove varietà amido-resistenti di grano duro per lo sviluppo di una filiera ad alto valore nutrizionale - AMIGRANO

3) *Novi J. B., Folloni S., Baldassarre F., Giuntoli G., Polidori G., Passuello F., Groli E., Maccaferri M.*
Genotipi InnOvativi di Frumento duro per l'AgricoltuRa sostenibile - GO-FAR

4) *Beleggia R., Menga V., Giovanniello V., Fania F., Spadanuda P., Colella I., Angione G., Pecorella I., De Vita P.*
Valorizzazione del germoplasma di frumento pugliese attraverso la caratterizzazione qualitativa e organolettica dei prodotti trasformati

5) *Meloni R., Cat Genova S., Laiolo M., Scapino M., Blandino M.*
Gestione della concimazione azotata del frumento tenero mediante indici vegetazionali in funzione di obiettivi produttivi e qualitativi

6) *Broccolini L., De Flaviis R., Sacchetti G.*
Caratteristiche chimiche, fisiche e reologiche di farine di grani teneri coltivati a diversa altitudine

7) *Canale M., Sanfilippo R., Strano M. C., Bavaro A. R., Amenta M., Bizzini M., Allegra M., Blangiforti S., Spina A.*
Proprietà tecnologiche e influenza sulla conservazione a breve termine e sulla risposta glicemica dell'aggiunta di inulina al pane di frumento duro

8) *Capozzi V., Fragasso M., Palumbo M., Cefola M., de Chiara M. L. V.*
Prodotti fermentati, microbiomi e *edible* packaging

9) *Capozzi V., Castelli S., Fragasso M., Gullo M., de Chiara M. L. V.*
Innovazione nella gestione degli alteranti microbici in bevande fermentate

10) *Guarino V., Scarpino V., Meloni R., Carnovale F., Fryganas C., Righetti L., Fogliano V., Blandino M.*
Effetto della lavorazione del terreno e del trattamento fungicida sull'accumulo di asparagina nelle farine di frumento e il rischio acrilammide nei prodotti da forno

11) *Cassarino M., Dall'Asta M., Busconi M., Folloni S., Giuberti G.*
Amido resistente da mais italiano: progetto MAISTAR

12) *D'Isita I., Chiorazzi C., Pistillo O. M., Germinara G. S.*
Attrattività e suscettibilità del grano arso verso il punteruolo del grano, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae)

13) *Colucci F., Costanzo M., Del Fiore A., Di Gregorio L., Miceli V., Miccoli* G., *Nobili C., Notarfonso M., Tabacchioni S., Visca A.*
La filiera dei legumi: dal campo alla tavola, un viaggio tra innovazione e sostenibilità

14) *De Angelis B., Perriello L., Caroccia R., Adinolfi P. P., Mondillo A., Mele M., Zito D., Porfidia A., Trotta N.*
Analisi tecniche delle risorse genetiche cerealicole dell'areale campano "Vallo di Diano"

15) *De Angelis B., Di Benedetto C., Giannatiempo G., Giannatiempo M., Trotta N.*
Certificazione ufficiale delle sementi a scopo di commercializzazione

16) *Parisi E., Della Posta S., Dugo L., De Arcangelis E., Marconi E., Fanali C.*
Caratterizzazione di antociani e composti fenolici in sfarinati di frumento tenero pigmentato a diverso grado di decorticazione

17) *De Flaviis R., Santarelli V., Ruggieri A. G., Sallese M.*, *Giampiero Sacchetti G.*
Approccio multiomico per la discriminazione dei due principali cluster genetici di grano tenero Solina in base a indici qualitativi e metaboliti secondari

18) *Desideri G., Gazza L., Cammerata A., Mochi Onori A.,Martuscelli M.*
Pasta di grano duro "Senatore Cappelli": un caso di sostenibilità sociale

19) *D'Isita I., Pistillo O. M., Lo Muzio F., Di Palma A. M., De Vita P., Germinara G. S.*
Suscettibilità e attrattività di genotipi a cariosside pigmentata verso il punteruolo del grano, *Sitophilus granarius* (L.)

20) *D'Isita I., Pistillo O. M., Lo Muzio F., Pati S., Di Palma A. M., De Vita P., Germinara G. S.*
Suscettibilità e attrattività di grani antichi verso *Sitophilus granarius* (L.) e *Rhyzopertha dominica* (F.)

21) *Fania F., Puglisi D., Esposito S., Spadanuda P., Pecorella I., Angione G., Colella I., De Vita P.*
Il progetto GRANO.IT - Sistemi avanzati di modellizzazione digitale per il miglioramento e la predizione di resa e qualità nella produzione cerealicola italiana

22) *Fania F., Puglisi D., Esposito S., Spadanuda P., Angione G., Colella I., Pecorella I., De Vita P.*
Modelli predittivi multi-omici finalizzati al miglioramento simultaneo della resa e del contenuto proteico nel frumento tenero

23) *Ficco D. B. M., Manganiello C., Laidò G., Mastrangelo A. M., Colecchia S., Troccoli A., Menga V., Fares C., Habib M., Sammarco C., Padovano A., Marone D.*
Sistema basato sull'intelligenza artificiale a supporto della filiera cerealicola

24) *Troccoli A., Ficco D. B. M., Serafino S., Borrelli G. M.*
High Performance Index: uno strumento pratico e versatile per l'interpretazione dei dati

25) *Fontanella M. C., Martin M., Tenni D., Romani M., Beone G. M.*
Impronta elementare e approcci chemiometrici per la caratterizzazione del riso e dei sottoprodotti della lavorazione

26) *Fragasso M., Cunedioglu H., Palumbo M., Biasioli F., Spano G., Capozzi V.*
Caratterizzazione polifasica della diversità dei batteri lattici associati al latte di pecora di razza 'Gentile di Puglia', per l'applicazione nel formaggio Pecorino e il design di una bevanda fermentata a base di cereali

27) *Fragasso M., Selmi H., Napolitano M., de Chiara M. L. V., de Seneen G., Bonassisa L., Capozzi V.*
Indicazioni nutrizionali e salutistiche nei prodotti alimentari tradizionali regionali europei

28) *Gaeta I., Quiquero M., Messia M. C., Trivisonno M. C., Sorrentino E., Marconi E.*
Dalla granella pigmentata allo sfarinato integrale: tecniche di macinazione e frazionamento a secco per la produzione di frazioni ricche di composti bioattivi

29) *Vecchio C., Giannatiempo M., Porfidia A., Raimondi G., De Falco E., Trotta N.*
Le proprietà climatiche e chimico-fisiche e strutturali dei suoli agricoli del Vallo di Diano in Campania adibiti alla cerealicoltura locale

30) *Licciardo F., Chinnici P., Carbone K., Macaluso D.*
Creazione di valore e integrazione nella filiera dell'orzo distico da malto

31) *Locatelli S., Cassol H., Mascheroni S., Bigoni G. F., Carrara M., Bossi A., Lanzanova C.*
Micotossine nel mais: cosa ci insegnano quindici anni di monitoraggio

32) *Maiuro L., Giorgione S., Vergalito F., Rosati S., Sorrentino E.*
Fermentazione lattica a bassa temperatura per la produzione sostenibile di bevande a base vegetale

33) *Maiuro L., Zicchillo S., Iorizzo M., Rosati S., Sorrentino E.*
Valorizzazione dei sottoprodotti brassicoli per la produzione di una birra artigianale a ridotto contenuto alcolico

34) *Marconi O., Marrocchi A., Ruggiero C.*
MEDPROAGE: Nuovi prodotti alimentari a base di proteine vegetali per il benessere e la longevità nell'area mediterranea

35) *Marti A., Guarise M., Sardella C., Noè D., Gornati M., Bresciani A., Vezzani M., Leoni A., Bottoli M., Blandino M.*
PIGMENTA-LO: innovazione, qualità e sostenibilità per la filiera dei frumenti pigmentati in Lombardia

36) *Menga V., Beleggia R., Giovanniello V., Fares C.*
Profilo biochimico e potenziale antiossidante di estratti metanolici di genotipi di avena colorata di diverse origini geografiche

37) *Menga V., Beleggia R., Giovanniello V., Ianzano D., Fares C.*
Sostenibilità e innovazione gustativa: valutazione dell'utilizzo di scarti di asparago per la formulazione di paste funzionali con frumento e avena

38) *Messuri C.*, *De Luca L.*, *Romano R., Romano A.*
Può la farina di lenticchie rosse essere usata al 100% per lo sviluppo di muffin?

39) *Cirrincione F., Messuri C.*, *Romano R., Ferranti P., Romano A.*
Lenticchie verdi: da commodity ad ingrediente funzionale e sostenibile nel settore dei prodotti da forno

40) *Miele M., Bresciani A.*, *Marti A.*
Pasta arricchita con grano saraceno germinato: dal comportamento dell'impasto alla qualità in cottura

41) *Cozzi G., Loi M., Zupa E., D'Imperio M., Montemurro M.*
Formulazione innovativa di tempeh di canapa: effetto di varietà e starter fungini

42) *Sabato R., Marzario S., Morante V., Verrastro C., Pio Placido G., Logozzo G., Bitocchi E., Papa R., Gioia T.*
CORE Collection di lenticchia: una risorsa potenziale per la valorizzazione e la gestione del patrimonio genetico

43) *Napolitano M., Tava A., Biazzi E., Trivisonno M. C., Mancini L., Marconi E., Messia M. C.*
Screening di alcaloidi chinolizidinici in sfarinati proteici di lupino

44) *Masciola F., Baiamonte I., Cantalupo R., Marconi E., Melini F., Melini V., Melloni S., Moneta E., Moro P., Nardo N., Narducci V., Peparaio M., Saggia Civitelli E., Sánchez del Pulgar J., Sinesio F., Turfani V., Raffo A.*
Impiego di asparaginasi nella preparazione di biscotti con farina di frumento tenero tipo 0 ed integrale: riduzione dei livelli di acrilammide ed effetti sulla qualità sensoriale

45) *Natale C., Nocente F., Chaïr H., Gouveia C., Legendre L., Ríos S. Á., Lagorce C., Gazza L.*
Il progetto ROTATES: radici e tuberi tropicali come risorsa per lo sviluppo di prodotti innovativi a base di cereali

46) *Nobili C., Barbieri C., Del Fiore A., Procacci S., Beccaccioli M., Mura F.*
Fermentazione su stato solido della crusca di grano mediante *Aspergillus oryzae* per la produzione di ingredienti alimentari ad alto valore aggiunto

47) *Pannella G., De Arcangelis E., De Gara L., Marconi E.*
Evoluzione del microbiota indigeno durante la micromaltazione di orzo invernale coltivato in Italia centrale

48) *Pecorella I., Fania F., Puglisi D., Spadanuda P., Laidò G., Colecchia S., Gallo A., Virzì N., Vaccino P., De Vita P.*
Miglioramento genetico partecipativo e popolazioni evolutive: nuove frontiere per la resilienza del frumento biologico

49) *Miedico O., Ficco D. B. M., Pecorella I., Pompa C., Nardelli N., De Vita P.*
Variabilità del profilo minerale di due varietà di frumento duro (*Triticum durum* Desf.) coltivate in ambienti pedoclimatici differenti

50) *Presutto E., Fragasso M., Salvetti E., Biasioli F., Spano G., Capozzi V.*
Innovazione microbica per un futuro sostenibile: *Lactiplantibacillus plantarum* come modello e gli screening rapidi come strumento strategico

51) *Presutto E., Jafari M., Capozzi V., Fragasso M., Yang B., Spano G., Tian Y.*
Dalla diversità genomica alla risposta fenotipica di *Lactiplantibacillus plantarum* in fermentazioni *lupin-based*

52) *Puglisi D., Palombo V., Fania F., Esposito S., Angione G., D'Andrea M., De Vita* P.
Studio di associazione *genome-wide multi-trait* per la caratterizzazione dell'architettura genetica delle componenti della resa nel frumento duro

53) *Galgano F., Tramutola A., Condelli N., Scarpa T., Lomonaco A., Casale R., Di Renzo T., Nazzaro S., Mele M. C., Cintoni M., D'Antuono I., Reale A.*
Strategie biotecnologiche per la formulazione di un pane a ridotto contenuto di FODMAP e valutazione clinica nella sindrome dell'intestino irritabile

54) *Redaelli R., Torri A., Mazzinelli G., D'Ambrosio B. A., Balconi C.*
Attività del CREA nel progetto europeo MineLandDiv: prove agronomiche a due livelli di concimazione azotata e determinazione della composizione chimica della granella

55) *Ripert S., Pastorelli G., Pergamo R., Mastronardi L., Marino D.*
Recupero, caratterizzazione e valorizzazione della Saragolletta Rossa Molisana: primi risultati qualitativi di un antico frumento delle aree interne

56) *Romano A., De Luca L., Romano R.*
Germinazione e Trattamento Termico per l'impiego di sfarinati da lenticchie verdi nel settore dei prodotti da forno

57) *Rosati S., Gaeta I., Maiuro L., Trivisonno M. C., Messia M. C., Sorrentino E.*
Farina di polpa di carruba in panificazione: ruolo della strategia di lievitazione sulle proprietà nutrizionali e sensoriali del pane

58) *Giorgione S., Iorizzo M., Vergalito F., Maiuro L., Rosati S., Sorrentino E.*
Selezione e impiego di *Lactiplantibacillus plantarum* 18-M6 per la produzione di un analogo di formaggio a coagulazione acida a base di soia

59) *Rosso A., Hashemi N., Simonsen B. W., Halwani M., Reckling M., Corredig M., Blandino M.*
Influenza delle condizioni pedo climatiche sulle prestazioni agronomiche e sul profilo nutrizionale di cultivar di cece kabuli e desi

60) *Russo G., Messina B.*
Monitoraggio qualitativo del grano duro in Sicilia nel periodo 2016-2025: risultati e prospettive per una filiera della pasta certificata con denominazione di origine

61) *Guarino V., Sardella C., Scarpino V., Travaglia F., Jaouhari Y., Arlori M., Blandino M.*
Farine di frumento integrali: selezione e ricombinazione delle frazioni molitorie per limitare le contaminazioni di acrilammide e deossinivalenolo

62) *Sciacca F., Balnciforti N., Leonardi A., Licciardello S., Li Puma E., Pesce A., Virzì N.*
Biodiversità del frumento siciliano: caratterizzazione proteica di *landraces* mediante elettroforesi capillare

63) *Spadanuda P., Fania F., Pecorella I., Puglisi D., Giovanniello V., Menga V., Ficco D. B. M., De Vita P.*
La Rete Nazionale di confronto varietale del frumento duro: uno strumento a supporto della filiera grano duro-pasta

64) *Spina A., Menga V., Canale C., Pecorella I., Giovanniello V., Gazza L., Taddei F., Nocente F., Galassi E., Lucarini M., Durazzo A., Sanchez del Pulgar J., Chilosi G., Mancinelli R., Raimondi S., Rossi M., Fares C.*
Dalla coltivazione al prodotto alimentare finito: il progetto "SACRA - Strategie innovative per controllare e ridurre il rischio di formazione di acrilammide in pasta e pane di frumento duro"

65) *Gazza L., Natale C., Galassi E., Nocente F., Signorelli F., Gosparini E., Del Frate V., Arcangeli A., Massimiani R., Sereni L., Cecchini C., Taddei F.*
Caratterizzazione di collezioni di frumenti tetraploidi: una strategia per valorizzare il grano duro come specialità per prodotti ad alto valore aggiunto

66) *Ciaccia C., Raffa D. W., Galassi E., Gazza L., Natale C., Nocente F., Signorelli F., Gosparini E., Del Frate V., Cammerata A., Cecchini C., Mortaro R., Arcangeli A., Fiore A., Pellerito M., Trotta S., Taddei F.*
Da commodity a specialità: il ruolo delle popolazioni evolutive di frumento nella valorizzazione della filiera cerealicola

67) *Spagnoli G., Turfani V., Melloni S., Nardo N., Naso M., Nocente F., Gazza L.*
Progettazione e sviluppo di uno snack plant-based e gluten free mediante tecnologia di stampa 3D

68) *Montanari M., Virzì N., Iraci Capuccinello D., Battaglia R., Siboni F., Bertuzzi T., Giorni P.*
Monitoraggio delle micotossine da *Fusarium* e *Alternaria* in frumento prodotto in Emilia-Romagna

RELAZIONI ORALI

Oltre la *commodity*: dal breeding convenzionale alle TEA per la valorizzazione dei cereali

Pasquale De Vita[1], *Ilaria D'Isita*[2]

[1]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, SS 673 m. 25.200, 71122 Foggia (FG);*
[2]*Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG)*

La filiera del frumento duro attraversa oggi una fase di profonda instabilità strutturale. L'intensificazione dei cambiamenti climatici, con siccità ricorrenti, stress termici tardivi e una frequenza crescente di eventi meteorologici estremi negli areali mediterranei, erode progressivamente la stabilità delle rese e la qualità proteica della granella. A ciò si sommano la volatilità dei prezzi sui mercati, amplificata da crisi geopolitiche che hanno fatto impennare i costi dei fattori produttivi, nonché una domanda dei consumatori in rapida trasformazione verso prodotti con attributi salutistici certificabili e tracciabilità di filiera.
In questo scenario, il grano duro sconta una storica vulnerabilità sistemica: pur rappresentando solo il 5% della produzione mondiale di frumento, opera in un mercato dominato dalla logica della *commodity*, caratterizzato da scarsa standardizzazione qualitativa, limitata differenziazione di prodotto e concentrazione del valore nelle fasi a valle della trasformazione. Il settore primario rimane così esposto alle oscillazioni di prezzo, incapace di capitalizzare la specificità agro-industriale che rende questa specie unica nel panorama cerealicolo globale. Superare questa asimmetria richiede un cambio di paradigma che parta dalla materia prima stessa.
La genetica si configura oggi come il principale motore di discontinuità capace di invertire questa tendenza. L'innovazione varietale non è più confinata al miglioramento della resa o della resistenza a fattori biotici, ma si afferma come strumento per incorporare direttamente nella materia prima attributi di alto valore nutrizionale e tecnologico: profili glucidici funzionali (alto amilosio, amido resistente), biofortificazione in pigmenti naturali (antociani, β-carotene, luteina), proprietà tecnologiche innovative (cariosside "soft") e ridotta immunogenicità per consumatori con sensibilità al glutine.
Questo salto qualitativo è reso possibile dalla convergenza tra il miglioramento per ibridazione convenzionale e le nuove piattaforme biotecnologiche. Le Tecnologie di Evoluzione Assistita (TEA), che comprendono il *genome editing* e la cisgenesi, consentono modifiche genomiche precise, rapide e biologicamente equivalenti a quelle prodotte dalla variabilità naturale, superando i limiti cronologici del breeding tradizionale. A differenza degli OGM tradizionali, basati sulla transgenesi, ovvero sull'inserzione casuale di DNA estraneo proveniente da specie non interfertili, le TEA inducono modifiche sito-specifiche all'interno del genoma della specie stessa, generando variazioni molecolarmente indistinguibili da quelle prodotte dalla variabilità naturale o dalla mutagenesi convenzionale.
Attraverso una rassegna di casi studio selezionati, la relazione ripercorre il contributo della genetica al miglioramento degli aspetti nutrizionali e tecnologici del frumento duro lungo un continuum metodologico che abbraccia diverse generazioni di approcci: dall'ibridazione convenzionale all'ingegneria cromosomica e alla mutagenesi indotta, metodi consolidati, scientificamente maturi e privi di vincoli normativi alla commercializzazione, fino alle TEA, le quali consentono di conseguire, con precisione molecolare e in tempi radicalmente compressi, tratti che il breeding tradizionale avrebbe richiesto decenni per fissare o che sarebbero rimasti biologicamente irraggiungibili. L'obiettivo della relazione è dimostrare come la materia prima, valorizzata dalla genetica e dalla genomica, possa definitivamente passare da *commodity* indifferenziata a leva strategica di competitività per l'intera filiera del grano duro italiano.

Parole chiave: TEA, Ibridazione, Mutagenesi, Genome editing, Cisgenesi

Verso nuovi modelli di agricoltura: gestione dei sistemi cerealicoli per coniugare transizione ecologica, produttività e qualità di filiera

Massimo Blandino[1], Thomas Croci[2], Paolo Colombatto[1], Marco Laiolo[1], Stefano Cat Genova[1], Davide Mazzitelli[3], Raffaele Meloni[1], Claudia Sardella[1], Barbara Chicco[3], Stefano Maruccia[1], Amedeo Reyneri[1], Alessandra Marti[2]

[1]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[2]Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente, Via Celoria 2, 20133 Milano (MI);
[3]Soremartec Italia S.r.l, Ferrero Group, Piazzale P. Ferrero 1, 12051 Alba (CN)

Negli ultimi decenni, i modelli agricoli stanno attraversando una profonda trasformazione in risposta alle crescenti richieste della società e al rapido sviluppo delle innovazioni tecnologiche e delle conoscenze agronomiche. La crescente attenzione alla sostenibilità ambientale e alla riduzione dell'impatto climatico, unitamente alla domanda di qualità delle produzioni e sicurezza alimentare, sta orientando le pratiche agricole verso approcci più efficienti e resilienti, quali l'agricoltura conservativa, il *carbon farming* e l'agricoltura rigenerativa. Nei sistemi cerealicoli, tali modelli mirano principalmente a contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico attraverso l'adozione di pratiche come la minima lavorazione del terreno e l'introduzione di colture di copertura, capaci di aumentare il sequestro e lo stoccaggio del carbonio nel suolo. Tuttavia, l'adeguamento dei sistemi colturali alle nuove esigenze può comportare alcuni vincoli agronomici; risulta pertanto necessario individuare le condizioni che consentano di coniugare il raggiungimento degli obiettivi ambientali con il mantenimento di elevati livelli produttivi e qualitativi e, in ultima analisi, della redditività aziendale. Sulla base di dati derivanti da sperimentazioni di medio-lungo periodo, il presente contributo analizza l'impatto dell'adozione di pratiche agronomiche richieste dai nuovi modelli di agricoltura su produttività, qualità tecnologica e rischi sanitari di frumento e mais.
In una sperimentazione condotta su frumento tenero (14 anni) e mais (5 anni) in Nord Italia è stato operato un confronto tra minime lavorazioni del terreno e aratura convenzionale. Nel frumento, sebbene non emergano differenze produttive medie, la presenza di residui colturali in superficie rappresenta una fonte di inoculo di patogeni fungini, con incremento del rischio di contaminazione da micotossine. Nel mais l'impatto produttivo risulta più marcato, mentre l'accumulo delle micotossine risulta essere meno generalizzato e riferito ad alcuni specifici metaboliti fungini. L'adeguamento dei sistemi colturali richiede programmi di difesa più efficaci, basati sull'integrazione di innovazioni genetiche, biocompetitori e fungicidi. Le strategie di lavorazione del suolo alternative all'aratura influenzano anche la qualità tecnologica, con riduzione del contenuto proteico e dell'aggregazione del glutine nel frumento e una perdita di peso ettolitrico e resa molitoria in entrambi i cereali.
In altre sperimentazioni quinquennali è stata valutata l'introduzione di colture di copertura nel periodo intercolturale di frumento e mais, evidenziando il ruolo chiave della scelta della specie e della gestione agronomica, in particolare della concimazione azotata, sulla produttività e qualità dei cereali. Questi risultati evidenziano come la gestione dei sistemi colturali, volta a coniugare sostenibilità e performance lungo la filiera, richieda un approccio olistico e un'attenta ottimizzazione delle pratiche in funzione del contesto produttivo e pedo-climatico.

Parole chiave: frumento, mais, minime lavorazioni, colture di copertura, *carbon farming*, qualità reologica, micotossine

Studi di associazione genome-wide in una collezione mondiale di lenticchia (*Lens culinaris)*

Chiara Delvento[1], Francesco Arcieri[1], Barbara Laddomada[2], Marzia Guerriero[1], Tania Gioia[3], Elisa Bellucci[4], Giulia Frascarelli[4], Simone Papalini[4], Chiara Santamarina[4], Francesca Taranto[5], Silvia Procino[5], Gaetano Giudice[1], Luigi Ricciardi[1], Roberto Papa[4], Concetta Lotti[6], Stefano Pavan[1]

[1]Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Via Giovanni Amendola 165/a, 70126, Bari (BA);
[2]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via Giovanni Amendola 122/O, 70126 Bari (BA);
[3]Università degli Studi della Basilicata, Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali, Viale dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza (PZ);
[4]Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali (D3A), Via Brecce Bianche 10, 60131 Ancona (AN);
[5]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Bioscienze e Biorisorse (CNR-IBBR), Via Celso Ulpiani 5, 70126 Bari (BA);
[6]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG)

La lenticchia (*Lens culinaris* Medik.) è la terza leguminosa da granella a ciclo autunno-vernino coltivata a livello globale. Sulla base di dati di variabilità genomica *genome-wide* disponibili dal progetto Horizon 2020 INCREASE, è stata condotta un'analisi approfondita della struttura genetica della specie. Parallelamente, è stata effettuata una valutazione fenotipica multi-ambiente e pluriennale, al fine di identificare accessioni superiori e realizzare studi di associazione *genome-wide* (GWA) per caratteri di rilevanza economica. L'analisi discriminante delle componenti principali (DAPC) ha evidenziato pattern di diversità genetica coerenti con l'origine geografica e con i tratti morfologici del seme. Sono state inoltre identificate regioni genomiche associate a caratteri quantitativi di primaria importanza, tra cui l'altezza della pianta e del primo nodo, la risposta all'infestazione della specie parassita *Orobanche crenata*, ed il contenuto in minerali e trigonellina. Sulla base dell'analisi del decadimento del *linkage disequilibrium* e delle evidenze disponibili in letteratura, sono stati individuati geni candidati per alcuni dei caratteri oggetto di studio, tra cui una palmitoil-transferasi associata all'altezza del primo nodo e un inibitore di proteasi cisteiniche correlato alla resistenza a *O. crenata*. Nel complesso, i risultati ottenuti forniscono un solido supporto per la valorizzazione del germoplasma e per il miglioramento genetico della lenticchia.

Parole chiave: *Lens culinaris*, studi di associazione *genome-wide*, diversità genetica, studi di popolazione, SNP

Effetti della programmazione irrigua e della gestione agronomica sulla performance della quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in ambiente mediterraneo

Clotilde Emanuela Pia Infantozzi[1,2], Francesco Ciavarella[1,3], Leonardo Morcone[1], Giuditta De Santis[1], Michele Rinaldi[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S. 673, km 25.200, 71122 Foggia (FG);
[2]Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali, V.le dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza (PZ);
[3]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria, Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG)

L'attenzione verso la sostenibilità e la diversificazione dei sistemi colturali, ha rafforzato l'interesse per la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), quale coltura alternativa per gli ambienti mediterranei. Originaria delle Ande e appartenente alle Amaranthaceae, si distingue per l'elevato valore nutrizionale (proteine 14-20%), l'attività antiossidante e l'assenza di glutine. Dal punto di vista agronomico, presenta buona tolleranza agli stress abiotici quali salinità, variazioni di pH del suolo (Jacobsen, 2017) e alte temperature, rendendola una coltura adatta agli areali del Sud Italia, caratterizzati da scarsità idrica e ondate di calore (De Santis et al., 2016). Nel biennio 2021-2022 è stata condotta una prova sperimentale presso il CREA-CI di Foggia, focalizzata sulla gestione irrigua e sull'organizzazione spaziale della coltura. La prova, allestita su suoli limo-argillosi alluvionali, ha previsto il confronto tra due regimi irrigui, confrontando tre (IRR3) e cinque interventi (IRR5), e due configurazioni di semina, con densità di 25 e 50 piante/m² e distanze interfila di 25 e 50 cm. I parametri analizzati hanno incluso fenologia, umidità del suolo, caratteri morfologici, resa ed efficienza d'uso dell'acqua irrigua (IWUE). I dati sono stati elaborati mediante ANOVA.
Le condizioni climatiche, caratterizzate da basse precipitazioni e alte temperature durante la maturazione, hanno evidenziato una particolare sensibilità della coltura allo stress idrico nelle fasi riproduttive. Nonostante i meccanismi di adattamento alla siccità, come la chiusura stomatica, la disponibilità idrica si è rivelata determinante durante la fase di riempimento del seme (Geerts et al., 2008). Regimi irrigui più frequenti hanno incrementato produttività, biomassa e dimensione dei semi. Al contrario, apporti idrici ridotti, hanno evidenziato valori più elevati di IWUE, indicando una maggiore efficienza d'uso dell'acqua a fronte di una lieve contrazione produttiva. La coltura ha inoltre evidenziato un'elevata plasticità morfologica: densità e distanza tra le file non hanno influenzato significativamente la resa, grazie alla capacità di compensazione tramite panicoli laterali. Nel complesso, la quinoa si conferma una valida alternativa nelle rotazioni colturali del Sud Italia, ma richiede una gestione irrigua mirata per ottimizzare resa e qualità.

Parole chiave: quinoa; sostenibilità agricola; irrigazione; IWUE; plasticità morfologica.

Bibliografia essenziale

De Santis G., Maddaluno C., D'Ambrosio T., Rascio A., Rinaldi M., Troisi J. 2016. Characterisation of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) Accessions for the Saponin Content in Mediterranean Environment. *Italian Journal of Agronomy,*11(4): 774.
Geerts S., Raes D., Garcia M., Vacher J., Mamani R., Mendoza J., Huanca R., Morales B., Miranda R., Cusicanqui J. Taboada C. 2008. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *European Journal of Agronomy,* 28: 427-436.
Jacobsen S.-E. 2017. The scope for adaptation of quinoa in Northern Latitudes of Europe. *Journal of Agronomy and Crop Science,* 203(6): 603-613.

Variazione dell'espressione delle proteine di riserva e del contenuto fenolico in frumento e cece in risposta a fattori ambientali ed agronomici in ambiente mediterraneo

Michele A. De Santis[1], *Salvatore Colecchia*[2], *Luigia Giuzio*[1], *Damiana Tozzi*[1], *Nicola Pecchioni*[2], *Zina Flagella*[1]

[1]*Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);*
[2]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e colture industriali, S.S. 673 km 25,200, 71121 Foggia (FG)*

La crescente domanda di sostenibilità richiede avvicendamenti colturali che favoriscano la riduzione degli input e la resilienza dei sistemi, come per esempio tra cereali e legumi. Tra questi il cece sta emergendo sempre più come una delle precessioni più idonee per il frumento, sia per la sua adattabilità al deficit idrico sia per l'interesse economico riscontrato nel mercato. Relativamente all'influenza del contesto pedoclimatico sulla qualità delle produzioni agrarie, la maggior parte degli studi sono generalmente condotti sul frumento; è noto, infatti, come le condizioni ambientali e la gestione della concimazione azotata possano impattare sulle *performance* qualitative del frumento. Minori informazioni sono, invece, disponibili relativamente agli effetti sugli aspetti qualitativi delle leguminose, in particolare del cece. Considerando il crescente interesse nell'utilizzo di farine *gluten-free* a base di legumi, ricchi di proteine e fibre, potrebbe risultare di interesse approfondire l'impatto che pratiche di gestione agronomica innovative quali l'uso di biostimolanti microbici, possano avere anche sulla qualità proteica del cece. Il presente studio, pertanto, ha come obiettivo quello di valutare la modulazione dell'espressione delle principali frazioni proteiche di riserva, nonché il contenuto fenolico, in relazione alla variabilità ambientale che caratterizza l'ambiente Mediterraneo, ed a strategie agronomiche di nutrizione quali l'uso di biostimolanti microbici (PGPM) e la fertilizzazione azotata. Le prove sperimentali sono state condotte in condizioni di pieno campo a Foggia, in tre annate agrarie (2022-2025) presso l'istituto CREA-CI di Foggia, nelle quali genotipi di frumento (tenero e duro) e cece (seme grosso e seme piccolo) sono stati valutati in risposta a diversi livelli di concimazione azotata ed a diversi trattamenti con biostimolanti. Per quanto riguarda il frumento, sono stati valutati il contenuto e la composizione in prolamine (gliadine e glutenine HMW-GS e LMW-GS) mentre, relativamente al cece, l'attenzione è stata focalizzata sull'espressione delle globuline di riserva (viciline 7S e legumine 11S). Le variazioni di contenuto proteico del frumento sono risultate superiori rispetto al cece, specialmente in relazione all'andamento termo-pluviometrico. La fertilizzazione azotata, inoltre, ha comportato un incremento sia del tenore proteico che dell'espressione delle proteine di riserva, superiore nelle gliadine rispetto alle glutenine, determinando un aumento del loro rapporto. Per quanto riguarda il cece, invece, gli effetti sono stati più marcati sulla composizione proteica, con una evidente relazione negativa tra la resa ed il rapporto tra globuline 7s e 11s, attribuibile all'effetto del deficit idrico nella fase riproduttiva. I trattamenti biostimolanti, infine, hanno generalmente mostrato un effetto positivo sulla produttività invece che sulla qualità, maggiormente influenzata dalle condizioni termo-pluviometriche. I risultati del presente studio permettono di meglio comprendere l'impatto che la pratica agronomica può avere su aspetti tecnologici e nutrizionali di due colture complementari sia a livello agronomico che nutrizionale.

Parole chiave: Frumento, cece, qualità, deficit idrico, biostimolanti, proteine di riserva

Bibliografia essenziale

De Santis et al., 2026 (https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1736439)
De Santis et al., 2021 (https://doi.org/10.3390/agronomy11020191)
D'Amelio et al., 2025 (https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1707549)
Di Francesco et al., 2025 (https://doi.org/10.3390/foods13060887)
De Santis et al., 2022 (https://doi.org/10.3390/agronomy12102418)

Struttura e dinamica del microbiota dei semi di orzo in risposta alla variabilità climatica

Gianfranco Pannella, Marta Giovanetti, Emanuele Marconi, Laura De Gara

Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Álvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM)

Il microbiota associato alla cariosside di orzo può influenzare significativamente la maltazione e la qualità della birra ed è fortemente modellato dall'ambiente di coltivazione, nel quale le condizioni agroclimatiche esercitano una pressione selettiva sulla sua composizione. In questo studio sono state analizzate la diversità, la stabilità e i driver climatici delle comunità batteriche associate a semi di orzo (*Hordeum vulgare* L.) provenienti da diverse aree geografiche italiane (Umbria, Lazio, Molise e Puglia) e raccolti in due annate consecutive (2024–2025). Le aree di coltivazione sono state caratterizzate mediante quattro indici agroclimatici — temperatura media, radiazione solare, precipitazioni ed evapotraspirazione — calcolati sulla base della serie storica 2001–2021. Il microbiota dell'orzo è stato analizzato mediante il sequenziamento del gene 16S rRNA utilizzando la piattaforma Oxford Nanopore Technologies, in combinazione con analisi multivariate.

Sulla base dell'analisi delle componenti principali dei dati climatici storici, le aree geografiche sono state raggruppate in tre zone agroclimatiche: Umbria, Lazio e Puglia–Molise. Le analisi a livello di comunità hanno evidenziato una marcata ristrutturazione interannuale del microbiota, mentre le differenze spaziali sono risultate complessivamente più contenute. Le analisi di beta-diversità hanno indicato che la variabilità temporale rappresenta la principale fonte di cambiamento composizionale, con un significativo turnover tassonomico tra le due annate, evidenziato dalla metrica di Jaccard.

L'analisi dbRDA ha identificato le condizioni climatiche invernali come i principali driver di tale turnover, con la piovosità che emerge come fattore ambientale dominante. Coerentemente, l'inverno 2025 è risultato significativamente più piovoso rispetto al 2024, indicando un pronunciato effetto di filtraggio ambientale mediato dalla disponibilità idrica. L'analisi discriminante supervisionata (sPLS-DA) ha inoltre identificato profili tassonomici distinti tra le due annate: i taxa associati al 2025, in particolare appartenenti ai Pseudomonadota, hanno mostrato correlazioni positive con la precipitazione invernale, mentre i taxa caratteristici del 2024, inclusi i Cyanobacteriota, hanno evidenziato associazioni negative.

Infine, l'analisi del core microbiota ha rivelato pattern di stabilità temporale specifici per zona agroclimatica. Mentre il core microbiota di Umbria e Puglia–Molise è rimasto ampiamente conservato tra le due annate, la regione Lazio ha mostrato un marcato turnover del core microbico, indicando una differente resilienza della componente stabile della comunità. Nel complesso, i risultati dimostrano che il clima agisce come un filtro selettivo dominante su scala temporale, guidando il turnover interannuale del microbiota associato all'orzo e identificando la piovosità invernale come determinante cruciale nell'assemblaggio del microbiota dell'orzo, con potenziali implicazioni per la qualità della cariosside e la produzione del malto.

Parole chiave: Orzo, malto, cambiamenti climatici, ONT, microbiota

Monitoraggio e valutazione della germinabilità di risorse genetiche di miglio (*Panicum miliaceum* L.) sottoposte a stress termico

Maurizio Giannatiempo[1,2], Nikita Trotta[2], Enrica De Falco[1], Sofia Del Gaudio[1]

[1]Università degli Studi di Salerno, Dipartimento di Farmacia, Via Giovanni Paolo II 132, 84084 Fisciano (SA);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA-DC), Centro di ricerca Difesa e Certificazione, S.S. 18 n. 242 km 77,700, 84091 Battipaglia (SA)

Il cambiamento climatico, con l'aumento di ondate di calore, accresce i rischi per ecosistemi e sistemi produttivi (IPCC, 2023). In questo contesto, il miglio (*Panicum miliaceum* L.) è rivalutato come specie "*climate-smart*". Il presente contributo descrive l'attività di ricerca svolta presso la Sede di Battipaglia del CREA-DC, finalizzata a monitorare e valutare la risposta germinativa di risorse genetiche di miglio sottoposte a stress termico (Trotta et al., 2024). Le accessioni Rumenka, Vivo (ex Ivan Bruno), Miglio Rocco dei Picentini (ex Miglio Sativa) e Horizon (collezione UNISA-CREA) sono state testate secondo i "Metodi ufficiali di analisi per le sementi" da 15 a 35 °C con range di 5°C (3×10 semi per risorsa). Alle temperature critiche (15 e 35 °C) sono stati testati due pretrattamenti con estratto di salice e con macerato di germogli di lenticchia. Per ciascuna prova sono stati rilevati numero di semi germinati (n), tempo di germinazione (t), lunghezza di radichetta e coleoptile (cm) e percentuale di germinelli normali e anormali (%). In assenza di pretrattamenti, i tempi di germinazione si riducono con l'aumentare della temperatura; alle condizioni estreme di 15 e 35°C, la qualità germinativa peggiora rispetto all'intervallo ottimale di 20-30°C. La percentuale media di germinelli normali è risultata pari a 0% a 15 °C, 60,8% a 35 °C e 82,0% tra 20 e 30°C. In presenza di pretrattamenti, l'estratto di salice ha migliorato a 15 °C la qualità germinativa, portando la percentuale di germinelli normali dallo 0% al 95,8% nei semi pretrattati; a 35°C ha invece ridotto di circa un giorno i tempi di germinazione nella maggior parte delle accessioni e aumentato la percentuale di germinelli normali dal 60,8% al 92,5%. Nel complesso, i risultati confermano l'elevata sensibilità del miglio alla temperatura e l'interesse dei biostimolanti nel mitigare gli effetti dello stress termico nelle fasi iniziali.

Parole chiave: *Panicum;* miglio; germinazione; clima; biostimolanti.

Bibliografia essenziale

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2023. Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

Trotta N., Mele M., Zito D., Adinolfi P. P., Giannatiempo M., Frusciante E. L., Cioffi G. M., De Falco E. 2024. La caratterizzazione fenotipica di alcune linee di miglio per l'inserimento in filiere alimentari di nuova generazione. In *Filiere cerealicole rigenerative: Cambiamenti climatici e nuove esigenze qualitative e nutrizionali. Programma e riassunti relazioni orali del 13° Convegno AISTEC* (p. 37). AISTEC.

Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. (1992). Decreto ministeriale 22 dicembre 1992: Metodi ufficiali di analisi per le sementi. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, Serie Generale, 2, Supplemento Ordinario n. 1, 4 gennaio 1993

Il processo tecnologico come fattore chiave per la qualità e la sicurezza degli alimenti a base di cereali e legumi

Emanuele Marconi

Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Álvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM)

I cereali e i legumi rappresentano pilastri fondamentali dei sistemi alimentari sostenibili grazie all'elevato valore nutrizionale, al ruolo centrale nelle diete tradizionali, al ridotto impatto ambientale e alla versatilità d'uso. Tuttavia, le caratteristiche qualitative e di sicurezza degli alimenti da essi derivati dipendono in misura rilevante dalle operazioni tecnologiche che interessano le materie prime lungo l'intera filiera produttiva.

Il processo tecnologico non deve essere considerato esclusivamente come uno strumento di trasformazione industriale, ma come un fattore determinante nella definizione del valore finale del prodotto. Le operazioni di pulitura, decorticazione, macinazione, miscelazione, fermentazione, estrusione, essiccamento, cottura e conservazione influenzano infatti la composizione chimica, le proprietà nutrizionali, la digeribilità e la biodisponibilità dei nutrienti, la sicurezza d'uso, le caratteristiche sensoriali e la shelf life degli alimenti.

Negli ultimi anni l'innovazione tecnologica ha consentito di sviluppare strategie sempre più efficaci (delicate/dedicate) per preservare e valorizzare le componenti positive presenti naturalmente nella granella (composti bioattivi, micronutrienti, sfarinati tipo integrale) e contenere gli effetti negativi (composti di neoformazione indesiderati, degradazione di nutrienti).

La crescente attenzione (avversione) verso gli alimenti cd ultraprocessati sta mettendo in discussione il valore delle tecnologie alimentari con ripercussioni negative sulla qualità e sulla sicurezza d'uso degli alimenti. Nei prodotti a base di cereali e legumi, il processo tecnologico rappresenta e rimane uno strumento fondamentale e indispensabile per modulare qualità nutrizionale, proprietà sensoriali, sicurezza d'uso, sostenibilità e accessibilità.

Da leguminosa foraggera a functional food: valorizzazione di *Trigonella foenum-graecum* L. come fonte emergente di composti bioattivi per la salute umana

Michele Canale[1], *Gabriele Ballistreri*[2], *Ignazio Alberto Barbagallo*[3], *Alfio Spina*[1]

[1]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Corso Savoia 190, 95124 Acireale (CT);*
[2]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Olivicoltura Frutticoltura e Agrumicoltura, Corso Savoia 190, 95124 Acireale (CT);*
[3]*Università degli Studi di Catania, Dipartimento di Scienze Biomediche e Biotecnologiche, Via Santa Sofia 97, 95125 Catania (CT)*

Negli ultimi anni si è assistito a una crescente domanda di alimenti funzionali e, conseguentemente, a un'intensificazione della ricerca di ingredienti ad alto valore nutraceutico. In questo contesto si inserisce la trigonella o fieno greco, una leguminosa tradizionalmente impiegata nell'alimentazione animale che, recentemente, sta emergendo come potenziale ingrediente funzionale per l'alimentazione umana grazie alla sua ricca composizione in composti bioattivi. In tale prospettiva, la trigonella presenta caratteristiche idonee alla sua rivalutazione come materia prima funzionale. La sua composizione fitochimica e i suoi effetti biologici la collocano tra le matrici vegetali di crescente interesse per lo sviluppo di integratori nutraceutici e prodotti salutistici. Nel presente studio, i semi di fieno greco sono stati essiccati fino al raggiungimento di un contenuto di umidità inferiore al 5%, successivamente macinati e trattati mediante estrazione idroalcolica (acqua/etanolo 1:1) per 24 ore a temperatura ambiente. Gli estratti ottenuti sono stati caratterizzati attraverso analisi fisico-chimiche e cromatografia HPLC–PDA, che ha consentito l'identificazione di 12 flavonoidi glicosidici, tra cui la vicenina 3 (0,047 g/100 g), per un contenuto totale di composti fenolici pari a 0,280 g/100 g. Dal punto di vista biologico, l'estratto di fieno greco ha mostrato una marcata attività citotossica su cellule di epatocarcinoma umano (HepG2), valutata mediante saggio MTT. Già a basse concentrazioni (1 µg/mL) è stata osservata una riduzione significativa della vitalità cellulare (circa il 48% rispetto al controllo), con un valore di IC_{50} stimato intorno a 1 µg/mL. Tale effetto evidenzia una chiara risposta dose-dipendente, suggerendo un'elevata sensibilità delle cellule tumorali ai composti presenti nell'estratto. L'attività biologica osservata è attribuibile principalmente alla presenza di saponine steroidee, in particolare la diosgenina, nota per le sue proprietà antiproliferative e pro-apoptotiche. A queste si affiancano flavonoidi, alcaloidi e fibre solubili, che contribuiscono sinergicamente alla modulazione dello stress ossidativo e dei processi infiammatori. Tali caratteristiche rendono il fieno greco particolarmente interessante non solo in ambito oncologico, ma anche per applicazioni nel metabolismo glicemico e lipidico.
In conclusione, i risultati ottenuti evidenziano come il fieno greco possa essere considerato una matrice ad elevato potenziale bioattivo, con attività antiproliferativa e prospettive applicative nel settore alimentare, nutraceutico e farmaceutico.

Parole chiave: alimenti funzionali, attività citotossica, composti bioattivi, *Trigonella foenum-graecum* L., HPLC–PDA, cellule HepG2

Bibliografia essenziale

Shalaby S., Razak S. A. 2020. Nutraceutical and functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seeds and leaves: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(11): 3857-3871.
Arya P., Kumar P. 2021. Comparison of ultrasound and microwave assisted extraction of diosgenin from *Trigonella foenum-graecum* seed, Ultrasonics Sonochemistry. 74. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105572, 33933831

Effetto dell'integrazione della semola rimacinata con elevate percentuali di sfarinati di legumi sulle proprietà reologiche, tecnologiche e nutrizionali del pane

Michele Canale[1], Rosalia Sanfilippo[1], Salvatore Moscaritolo[2], Maria Carola Fiore[3], Maria Concetta Strano[4], Maria Allegra[4], Giancarlo Fascella[3], Giovanni Gugliuzza[3], Alfio Spina[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Corso Savoia 190, 95124 - Acireale (CT);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S 673 km 25,200, 71122 Foggia (FG);
[3]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Difesa e Certificazione, Viale delle Scienze 4, 90128 Palermo (PA);
[4]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura, Corso Savoia 190, 95124 Acireale (CT)

Negli ultimi anni, le farine di legumi hanno suscitato crescente interesse nel settore dei prodotti da forno grazie al loro elevato valore nutrizionale. In questo studio sono stati valutati gli effetti dell'aggiunta di farine di fagiolo comune, pisello proteico e cicerchia, in sostituzione parziale della semola di frumento duro (20%, 30% e 40%), sulle proprietà fisiche, reologiche e tecnologiche di farine, impasti e pani. I test di lievitazione hanno evidenziato comportamenti differenti in funzione della tipologia e percentuale di legume, con un aumento del volume fino al 144% in 60 minuti nei campioni con il 30% di pisello proteico e del 69% in 40 minuti nei campioni con il 30% di fagiolo.
Le analisi reologiche hanno mostrato un incremento del tempo di sviluppo e della stabilità degli impasti, accompagnato da una riduzione della forza e dell'estensibilità, e da un aumento della tenacità. Gli impasti con farina di fagiolo si sono distinti per una maggiore tenacità e una minore capacità di trattenere i gas di fermentazione, mentre quelli con pisello proteico e cicerchia hanno evidenziato una maggiore elasticità. Dal punto di vista tecnologico, l'aumento della percentuale di farine di legumi ha comportato, come atteso, una riduzione del volume del pane, passando da 276,25 cm^3 nel controllo a 208,75 cm^3 nei campioni con il 40% di fagiolo. La porosità della mollica è risultata ridotta, con alveoli più piccoli, soprattutto nei pani contenenti fagiolo. La cicerchia ha determinato un maggiore imbrunimento della crosta, accentuando le differenze cromatiche. Le analisi di texture hanno evidenziato un aumento della durezza, della gommosità e della masticabilità, con valori di durezza compresi tra 15,85 N (20% fagiolo) e 30,45 N (40% pisello proteico), e una diminuzione della coesività rispetto al controllo. Nonostante gli effetti negativi su volume e texture, l'arricchimento con farine di legumi ha migliorato il profilo nutrizionale dei prodotti, rendendoli una valida strategia per lo sviluppo di alimenti funzionali. Le formulazioni contenenti fino al 30% di pisello proteico e cicerchia hanno mostrato le migliori prestazioni tecnologiche, con volumi comparabili al controllo e buoni parametri reologici. In particolare, il pisello proteico al 30% ha rappresentato il miglior compromesso tra lavorabilità dell'impasto e qualità del prodotto finale, risultando il più idoneo per applicazioni industriali. Nel complesso, l'impiego di farine di legumi rappresenta una strategia promettente per lo sviluppo di prodotti da forno nutrizionalmente migliorati.

Parole chiave: cicerchia, fagiolo, frumento duro, pisello proteico, qualità reologica e tecnologica

Bibliografia essenziale

Spina A., Summo C., Timpanaro N., Canale M., Sanfilippo R., Amenta M., Strano M.C., Allegra M., Papa M., Pasqualone A. 2024. Lupin as ingredient in durum wheat breadmaking: Physicochemical properties of flour blends and bread quality. *Foods*, 13: 807.Canale M., Sanfilippo R., Moscaritolo S., Fiore M. C., Strano M. C., Allegra M., Fascella G., Giugliuzza G., Spina A. 2025. Qualitative Characteristics of Semolina–Pulse Flour Mixes and Related Breads. *Foods*, 14(21): 3720.

Qualità tecnologica e nutrizionale di pasta da frumenti caucasici ancestrali per un'alimentazione più sostenibile e diversificata

Laura Gazza[1], Francesca Nocente[1], Chiara Natale[1], Federica Taddei[1], Federica Signorelli[1], Emanuele Tomassini[2], Roberto Mortaro[1], Ester Gosparini[1], Viviana Del Frate[1], Alessandra Arcangeli[1], Cristina Cecchini[1], Elena Galassi[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via Manziana 30, 00189 Roma (RM);
[2]Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Agraria, Viale Italia 39/a, 07100 Sassari (SS)

Nel corso dei secoli, la domesticazione ed il miglioramento genetico del frumento ne hanno ridotto la variabilità genetica e la biodiversità alimentare. Oggi, per sviluppare sistemi agricoli sostenibili e resilienti ai cambiamenti climatici, il recupero e la valorizzazione dei frumenti antichi rappresentano una strategia utile a diversificare le produzioni cerealicole e l'offerta alimentare. I frumenti caucasici vestiti *Triticum timopheevii* (tetraploide, A^uA^uGG) e *Triticum zhukovskyi* (esaploide, $A^uA^uA^mA^mGG$) sono ancora coltivati, su scala limitata, nelle regioni del Caucaso per la produzione di alimenti tradizionali. Nel presente studio, entrambe le specie sono state coltivate in Italia nell'ambito del progetto RGV-FAO, volto alla conservazione e alla valorizzazione delle risorse genetiche vegetali, e successivamente caratterizzate per le loro proprietà merceologiche, tecnologiche, nutrizionali e per la loro attitudine alla pastificazione. Con un peso del seme pari a circa la metà di quello del frumento duro, entrambe le specie hanno comunque mostrato un peso ettolitrico accettabile e buone rese in macinazione. Gli sfarinati integrali e raffinati sono stati successivamente analizzati con particolare attenzione alle proprietà del glutine (composizione allelica delle proteine di riserva, test di sedimentazione SDS, indice di glutine) evidenziando un glutine particolarmente debole, come confermato anche dall' analisi alveografica e farinografica ($W < 50\times10^{-4}$ J; indice di qualità farinografico, $IQ < 50$).
Nonostante le peculiari caratteristiche del glutine, entrambe le specie sono state trasformate con successo in spaghetti sia a partire da sfarinati raffinati che integrali utilizzando un ciclo di essiccazione a bassa temperatura (Tmax = 58 °C). La qualità in cottura della pasta è stata valutata sia attraverso l'analisi sensoriale (collosità, nervo ammassamento) sia attraverso la valutazione del tempo di cottura ottimale, della perdita in cottura e della consistenza. Infine, le paste cotte sono state analizzate per le loro caratteristiche nutrizionali (contenuto proteico, amido totale, fibra alimentare totale e capacità antiossidante). Nonostante la debole forza del glutine, le prestazioni tecnologiche della pasta non sono risultate compromesse, producendo spaghetti con qualità complessivamente accettabile. La pasta integrale ha evidenziato un profilo nutrizionale superiore, attribuibile a un contenuto di fibre più elevato (in media 9,0%) e a una maggiore capacità antiossidante. I risultati ottenuti confermano che i frumenti caucasici ancestrali costituiscono risorse genetiche preziose, con potenziale nutrizionale elevato e caratteristiche tecnologiche e reologiche compatibili con la produzione di pasta di buona qualità, offrendo opportunità per diversificare l'offerta alimentare e supportare lo sviluppo di sistemi agricoli più resilienti e sostenibili.

Parole chiave: *Triticum timopheevii*; *Triticum zhukovskyi*; cereali ancestrali; biodiversità alimentare

Variabilità compositiva e qualità nutrizionale di 14 varietà di sorgo bianco da granella (*Sorghum bicolor*): caratterizzazione proteica, nutrizionale e dei composti bioattivi

Gianluigi Giannelli[1], Giovanna Visioli[1], Barbara Prandi[2], Alessandro Zatta[3], Giovanni Caccialupi[4], Enrico Francia[4], Emanuele Livietti[5], Matteo Busconi[5], Mariolina Gullì[1]

[1]Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Parco Area delle Scienze 11/A, 43124 Parma (PR);
[2]Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco, Parco Area delle Scienze 48/A, 43124 Parma (PR);
[3]Centro Ricerche Produzioni Animali, CRPA, Viale Timavo 43/2, 42121 Reggio Emilia (RE);
[4]Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Scienze della Vita, Centro BIOGEST - SITEIA, P.le Europa 1/A, 42124 Reggio Emilia (RE);
[5]Università Cattolica del Sacro Cuore, Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetale Sostenibili, Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza (PC)

Il sorgo (*Sorghum bicolor*) rappresenta una coltura cerealicola di crescente interesse nel contesto dei cambiamenti climatici, grazie alla sua elevata tolleranza agli stress abiotici e al suo potenziale impiego in ambito alimentare e mangimistico. Tuttavia, la variabilità compositiva tra le diverse varietà rappresenta un aspetto cruciale per la valorizzazione della specie. Il presente studio si propone di fornire una caratterizzazione comparativa di 14 varietà di sorgo bianco da granella, (10 varietà commerciali e 4 linee appartenenti ad una collezione di 117 linee di sorgo bianco) con particolare riferimento alle proprietà proteiche, nutrizionali e alla presenza di composti bioattivi e contaminanti. Inoltre, cinque varietà sono state coltivate in presenza di microorganismi promotori della crescita (PGPR) inoculati in campo sulle piantine appena germinate.
Oltre ad aver valutato i principali parametri agronomici, è stata condotta la caratterizzazione delle farine. La caratterizzazione delle proteine di riserva è stata effettuata mediante estrazione sequenziale, consentendo la separazione delle principali classi proteiche e l'analisi dei relativi profili proteici mediante elettroforesi SDS-PAGE. L'analisi del contenuto proteico e del profilo amminoacidico ha permesso di valutare la qualità nutrizionale delle farine.
Parallelamente, è stato valutato il contenuto di amido e di composti fenolici, con particolare attenzione agli antiossidanti e ai tannini. Questi ultimi, se da un lato contribuiscono all'attività antiossidante, dall'altro possono influenzare negativamente la digeribilità proteica e la biodisponibilità dei nutrienti. Infine, è stata condotta un'analisi delle principali micotossine (aflatossine, deossinivalenolo e zearalenone).
Nel complesso, questo studio fornisce una caratterizzazione comparativa approfondita di diverse varietà di sorgo, mettendo in evidenza la loro variabilità complessiva. I risultati ottenuti potranno contribuire alla selezione di varietà più idonee per specifiche applicazioni alimentari e industriali, nonché allo sviluppo di prodotti a base di sorgo con migliori proprietà nutrizionali e funzionali.

Parole chiave: *Sorghum bicolor*; qualità nutrizionale; attività antiossidante; micotossine

Valutazione integrata della qualità del frumento: ruolo della microflora microbica e delle tecniche spettroscopiche

Antonella Del Fiore[1], Claudia Nardini[1,3], Silvia Tabacchioni[1], Chiara Nobili[1], Antonio Molino[2], Massimo Reverberi[4], Annamaria Bevivino[1]

[1]ENEA, Dipartimento Sostenibilità, Via Anguillarese 301, 00123 Roma (RM);
[2]Unità Operativa ENEA - Centro Ricerche Portici - UO11, P.le Enrico Fermi 1, 80055 Portici (NA);
[3]Università Campus Bio-Medico, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health, Via Alvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM);
[4]Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Biologia Ambientale, Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma (RM)

Il frumento (*Triticum* spp.) rappresenta una delle principali commodities agricole a livello globale, con un ruolo chiave nella sicurezza alimentare e nella stabilità dei sistemi produttivi. In un'ottica di sostenibilità, la qualità della granella è oggi interpretata come il risultato di interazioni tra fattori genetici, agronomici, ambientali e microbiologici. La cariosside può essere considerata un olobionte, ossia un sistema integrato in cui componente vegetale e microbioma coesistono e interagiscono. Il concetto di qualità globale del frumento include composizione chimico-fisica, valore nutrizionale, caratteristiche tecnologiche e profilo microbiologico. La microflora microbica, epifita ed endofita, non costituisce più solo un potenziale rischio igienico-sanitario, ma anche un elemento funzionale che contribuisce alla stabilità e al comportamento tecnologico della granella. Su queste premesse è stato condotto un lavoro di caratterizzazione della qualità della granella di frumento duro e tenero, attraverso un approccio multiparametrico capace di coglierne la complessità intrinseca. Una fase preliminare ha riguardato l'analisi dello stato dell'arte sul *grain quality assessment* e sul ruolo del microbioma nella stabilità post-raccolta, per integrare, in una visione sistemica, aspetti microbiologici, nutrizionali e tecnologici. Successivamente, la fase sperimentale ha previsto l'analisi di campioni provenienti da diverse aree geografiche. La microflora è stata valutata tramite conte microbiologiche, isolamento di colonie e identificazione mediante spettrometria di massa MALDI-TOF MS, tecnica oggi ampiamente utilizzata per la rapida identificazione microbica in matrici alimentari. La caratterizzazione chimico-fisica è stata condotta tramite metodiche enzimatiche e colorimetriche per macro e micronutrienti, spettroscopia NIR per la valutazione non distruttiva di glutine, umidità, proteine, e analisi spettrofotometriche per composti bioattivi. I risultati hanno mostrato differenze significative tra frumento duro e tenero nella frazione glucidica, proteica e minerale. L'identificazione tassonomica ha evidenziato la presenza di generi comunemente associati all'ecosistema cerealicolo, alcuni dei quali riconosciuti come PGPM (Plant Growth-Promoting Microorganisms), altri potenzialmente coinvolti in fenomeni di competizione ecologica e antagonismo biologico nei confronti di microrganismi alterativi/patogeni, o potenzialmente impiegabili nei processi di trasformazione industriale della granella. L'integrazione dei dati microbiologici e chimico-fisici ha messo in evidenza correlazioni utili a descrivere l'interazione sistemica tra matrice nutrizionale e comunità microbiche, contribuendo a delineare la natura dinamica della granella come ecosistema complesso. Questa visione integrata apre prospettive per lo sviluppo di modelli predittivi della stabilità della granella in stoccaggio, facilitando la definizione di strategie di gestione e la selezione di materie prime idonee alle diverse destinazioni tecnologiche.

Studio finanziato dal PNRR Missione 4, Componente 2, Investimento 1.4 – D.D. 1032 del 17/06/2022, Centro Nazionale per le Tecnologie in Agricoltura (AGRITECH), CN00000022

Nuove cultivar di soia per filiere alimentari ad alto valore aggiunto: qualità nutrizionale, funzionale e sensoriale

Alessandro Rosso[1], Claudia Sardella[1], Marìa Castaned[2], Raffaele Meloni[1], Erica Torella[4], Barbara Chicco[4], Francesca Vanara[1], Milena Corredig[3], Antonio Martinez-Abad[2], Massimo Blandino[1]

[1]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[2]Institute of Agrochemistry and Food Technology, Food Safety and Preservation Department, Av. Agustín Escardino 7, Paterna, 46980, Valencia, Spain;
[3]Aarhus University, Department of Food Science, AgroFood Park 48, Aarhus, DK 8200, Denmark;
[4]Soremartec Italia S.r.l., Ferrero Group, Piazzale P. Ferrero 1, 12051 Alba (CN)

La crescente attenzione verso la qualità nutrizionale e funzionale delle materie prime alimentari apre nuove opportunità per lo sviluppo di filiere innovative della soia per il consumo umano, guidate dalla riduzione dei fattori antinutrizionali (ANF), dall'aumento dell'accettabilità sensoriale e dall'incremento di composti bioattivi con effetti benefici per la salute. Tra gli ANF presenti nella soia, gli α-oligosaccaridi appartenenti alla famiglia del raffinosio (RFO) suscitano particolare interesse, poiché sono resistenti ai trattamenti termici e limitano l'utilizzo della soia in applicazioni alimentari ad alto valore aggiunto.
Un primo studio, condotto in un campo sperimentale in Piemonte e su due annate agrarie (2022 e 2023), ha confrontato nuove cultivar pre-commerciali a basso contenuto di RFO con genotipi convenzionali destinati all'uso alimentare, analizzando le prestazioni agronomiche e la composizione della granella. La concentrazione totale di RFO nelle cultivar a basso contenuto di RFO è risultata inferiore di 13 volte rispetto alla media riscontrata negli altri genotipi. In entrambi gli anni, le cultivar a basso contenuto di RFO hanno mostrato una resa produttiva superiore alla media degli altri genotipi per le filiere alimentari (+9%), con una buona dimensione del seme (peso dei 1000 semi) e un elevato contenuto proteico (>42%).
Un ulteriore studio ha analizzato le caratteristiche nutrizionali e sensoriali di una nuova cultivar di soia a tegumento nero, confrontandola con due cultivar a seme giallo di controllo, in due località del Piemonte, durante l'annata 2025. Una valutazione sensoriale preliminare ha evidenziato, nei semi tostati della varietà a tegumento nero, una riduzione delle note leguminose rispetto alle varietà di controllo, delineando un profilo sensoriale neutro, adatto alle applicazioni del settore dolciario. Nella cultivar a tegumento nero sono stati identificati i seguenti composti bioattivi appartenenti alla classe degli antocianici: cianidina-3-glucoside, peonidina-3-glucoside, delfinidina-3-glucoside e pelargonidina-3-glucoside. Dal punto di vista agronomico, la cultivar a tegumento nero ha mostrato la resa produttiva più elevata in entrambe le località (+16% e +31%).
In conclusione, nuove cultivar speciali di soia di interesse alimentare, quali quelle a basso contenuto di ANF e alto contenuto di composti bioattivi risultano idonee ad applicazioni ad alto valore aggiunto, garantendo al contempo buone prestazioni agronomiche.

Il confronto tra le cultivar a basso contenuto di RFO è stato supportato dal progetto VALPRO Path (Grant agreement 101059824), finanziato dall'Unione Europea, dal programma di ricerca e innovazione Horizon Europe (HORIZON-CL6-2021-FARM2FORK-01-02).

Parole chiave: fattori antinutrizionali, α-oligosaccaridi, profilo sensoriale, antociani, soia a tegumento nero

Oltre i metodi tradizionali: il *fingerprinting* proteico del frumento nell'era dell'elettroforesi capillare

Fabiola Sciacca

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Laboratorio di Acireale, Corso Savoia 190, 95024 Acireale (CT)

Le proteine di riserva del frumento costituiscono marcatori biochimici fondamentali per la caratterizzazione genetica e varietale, oltre a influenzare in modo significativo le proprietà nutrizionali e tecnologiche degli sfarinati. In particolare, le frazioni gluteniniche permettono di definire *pattern* proteici specifici, utili per il *fingerprinting* varietale e per la valorizzazione del germoplasma. Tale metodologia trova riferimento anche in ambito normativo, essendo richiamata in metodi ufficiali per la caratterizzazione delle proteine del frumento, come riportato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (DM 23 luglio 1994 e successivi aggiornamenti – Metodi ufficiali di analisi per i cereali e derivati, che include procedure elettroforetiche su gel di poliacrilamide, per la separazione delle proteine). Nel presente studio è stato valutato il potenziale innovativo dell'elettroforesi capillare come tecnica avanzata per il *fingerprinting* proteico del frumento, nonché per lo sviluppo di analisi predittive delle caratteristiche tecnologiche degli sfarinati, mediante un confronto con la metodologia tradizionale SDS-PAGE. L'obiettivo principale è stato quello di confrontare la capacità discriminante delle due tecniche nell'analisi dei profili proteici di diversi genotipi di frumento duro e tenero. Dalle cariossidi dei campioni selezionati sono state estratte le frazioni gluteniniche mediante protocollo standardizzato, opportunamente modificato nel caso della metodica di elettroforesi capillare. I campioni sono stati quindi analizzati sia tramite SDS-PAGE, che consente la visualizzazione dei profili proteici sotto forma di bande su gel di poliacrilamide, sia mediante elettroforesi capillare con sistema Capel-105. Quest'ultima tecnica rappresenta un approccio innovativo basato sulla separazione delle proteine in un capillare mediante campo elettrico, con rilevazione automatizzata e generazione di elettroferogrammi digitali caratterizzati da picchi ad alta definizione. I risultati hanno evidenziato che entrambe le metodiche sono efficaci nell'identificazione delle subunità gluteniniche ad alto e basso peso molecolare e nella discriminazione dei genotipi. Tuttavia, l'elettroforesi capillare ha mostrato vantaggi rilevanti: una maggiore risoluzione nella separazione delle componenti proteiche, tempi di analisi significativamente ridotti e una superiore riproducibilità dei risultati. Inoltre, la natura digitale dei dati ottenuti consente un'elaborazione più rapida, oggettiva e facilmente standardizzabile, rendendo questa tecnica particolarmente adatta a studi su larga scala. Al contrario, la SDS-PAGE si conferma una tecnica consolidata, accessibile e affidabile per analisi di routine, pur presentando limiti in termini di risoluzione e gestione dei dati. Nel complesso, l'elettroforesi capillare emerge come un approccio innovativo e altamente performante per l'identificazione genetica dei frumenti, capace di migliorare significativamente la precisione analitica e l'efficienza operativa.

Parole chiave: marcatori biochimici, innovazione di processo, elettroforesi capillare, identificazione varietale

Vantaggi competitivi e criticità dell'utilizzo di mais alto amilosio per le filiere alimentari

Fabio Carnovale[1], Claudia Sardella[1], Francesca Vanara[1], Antonina Gabor[1], Andrea Bresciani[2], Alessandra Marti[2], Massimo Blandino[1]

[1]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[2]Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente, Via Celoria 2, 20133 Milano (MI)

Il mercato attuale è guidato da una grande ricerca verso prodotti che abbiano un valore aggiunto, con particolare attenzione da parte del consumatore verso *claims* salutistici. Nel settore dei cereali, anche in quello dei prodotti senza glutine quale il mais, c'è un rilevante interesse di aziende molitorie e alimentari per ingredienti ad alto contenuto in amilosio, la cui maggior riduce la suscettibilità alla digestione enzimatica, aumentando il contenuto di amido resistente (RS), un tipo di fibra alimentare, contribuendo a ridurre il picco glicemico postprandiale.
L'obiettivo del lavoro è stato valutare l'introduzione di mais alto amilosio per le filiere della molitura a secco, analizzandone i parametri produttivi, qualitativi e sanitari, con un approccio dal campo (coltivazione) alla tavola (trasformazione in alimenti modello). Nelle campagne 2025 e 2026, 3 ibridi convenzionali destinati alla filiera molitoria e 5 innovativi ibridi ad alto amilosio sono stati messi a confronto in 3 località. Le produzioni degli ibridi alto amilosio sono risultate comprese tra 8.8 e 9.8 t/ha, con un gap produttivo medio del 26% rispetto agli ibridi convenzionali e complessivi superiori rischi sanitari, per un superiore severità di attacco della piralide e di ammuffimenti, che ha determinato maggiori contaminazioni da fumonisine. Il contenuto in amilosio nelle granelle (kit Megazyme K-AMYL) è risultato pari al 18% nei mais convenzionali, e compreso tra il 31% e il 52% negli ibridi alto amilosio.
Su lotti pilota sono state condotte delle prove di molitura su scala reale, a confronto con lotti convenzionali: la macinazione del mais alto amilosio ha fornito ottime rese, con una superiore resa in spezzati (+4.2%) e fumetto da endosperma vitreo (+13%), e minore in fumetto farinoso (-17%), rispetto al lotto convenzionale ed una inferiore contaminazione da fumonisine, in particolare dal fumetto integrale (-85%) derivato dal processo di degerminazione. Le differenti tipologie di fumetto campionate (integrale da degerminazione, da raffinazione dell'endosperma farinoso e vitreo) sono state utilizzate per la produzione di biscotti e pasta secca, seguendo il metodo AACC 10-54. I biscotti sono stati realizzati con solo fumetti di mais alto amilosio, mentre la pasta secca ha previsto una sostituzione del 30%, rispetto a un 70% di fumetto da mais convenzionale. I campioni sono stati analizzati per le caratteristiche tecnologiche e messi a confronto con testimoni realizzati con soli fumetti da mais convenzionali. Sui prodotti finiti è stata eseguita l'analisi del contenuto di amido resistente (kit Megazyme K-RSTAR).
In conclusione, i genotipi di mais alto amilosio possono rappresentare un'ottima opportunità per migliorare i valori salutistici di diverse filiere alimentari specializzate. Sarà importante l'implementazione di strategie agronomiche e programmi di selezione mirati per migliorarne la produttività e verificarne con attenzione i rischi sanitari.

Questo lavoro è stato finanziato dalla Regione Piemonte (SWITCH 2024), nell'ambito del Progetto HEALTHYCHAIN

Parole chiave: mais, alto-amilosio, amido resistente, pasta, biscotti

Effetto dell'aggiunta di chitosano ad alto peso molecolare sulla qualità tecnologica del pane

Elisa De Arcangelis[1,2], *Emanuele Marconi*[1], *Witoon Prinyawiwatkul*[2]

[1]*Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Álvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM);*
[2]*School of Nutrition and Food Sciences, Agricultural Center, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA*

Il chitosano è un polisaccaride ottenuto dalla parziale N-deacetilazione della chitina, materiale strutturale dell'esoscheletro dei crostacei. È un polimero sostenibile, biodegradabile e non tossico, dotato di proprietà bioattive che ne favoriscono l'impiego in diversi settori (Jiang et al., 2023; Liu et al., 2023). In ambito alimentare è noto per la sua attività antimicrobica (Dutta et al., 2009), mediata da meccanismi quali alterazione della membrana cellulare, interferenza con il DNA e chelazione di nutrienti essenziali (Hosseinnejad & Mahdi, 2016). Grazie alla sua capacità filmogena, il chitosano è utilizzato per sviluppare packaging antimicrobici sotto forma di film e coating anche in miscela con altri polimeri (Karkoodi et al., 2026). Inoltre, il chitosano può essere impiegato come additivo funzionale per migliorare qualità e sicurezza degli alimenti. I prodotti commerciali si distinguono in chitosano ad alto (190–375 kDa) e basso peso molecolare (20–190 kDa), con differenze in solubilità, viscosità e funzionalità tecnologica.
Questo studio ha valutato l'effetto dell'aggiunta di chitosano ad alto peso molecolare sulla qualità tecnologica, sensoriale e sulla shelf life del pane. Sono state formulate quattro tipologie di pane: un controllo privo di chitosano e tre formulazioni contenenti 0,5%, 1,0% e 1,5% di chitosano (% p/p della farina). I pani sono stati conservati per 2, 5 e 7 giorni e analizzati per monitorare l'evoluzione delle loro caratteristiche fisiche, microbiologiche e reologiche.
Le analisi tecnologiche hanno incluso la determinazione del volume specifico, del colore della crosta e della mollica, del contenuto di umidità, dell'attività dell'acqua (a_w) e la valutazione della texture mediante *Texture Profile Analysis* (TPA). Parallelamente, è stata effettuata la conta di lieviti e muffe per valutare l'efficacia antimicrobica del chitosano durante la conservazione.

Parole chiave: Chitosano, shelf life, pane, qualità tecnologica, attività antimicrobica

Bibliografia essenziale

Dutta P. K., Tripathi S., Mehrotra G. K., Dutta J. 2009. Perspectives for chitosan-based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry,* 114(4): 1173-1182.
Jiang A., Patel R., Pathan B., Palimkar S., Galgali P., Adhikari A., Varga I., Patel M. 2023. Chitosan-based biodegradable composite for antibacterial food packaging application. *Polymers,* 15(22): 2235.
Karkoodi M., Yüksel A., Vali S., Tahergorabi R. 2026. The principles of employing antimicrobial compounds in active packaging: Mechanisms, applications, and future directions. *Active and Intelligent Packaging,* 6(1).
Liu X., Liao W., Xia W. 2023. Recent advances in chitosan bioactive materials for food preservation. *Food Hydrocolloids,* 144: 108994.

Acqua di mare alimentare in sostituzione del NaCl: effetti sulla reologia degli impasti e sulla qualità di pani integrali da frumenti caucasici

Emanuele Tomassini[1,2], Laura Gazza[3], Francesca Nocente[3], Elena Galassi[3], Chiara Natale[3], Federica Taddei[3], Federica Signorelli[3], Ester Gosparini[3], Alessandra Arcangeli[3], Cristina Cecchini[3], Roberto Mortaro[3], Valeria Turfani[4], Sahara Melloni[4], Valentina Narducci[4], Antonio Piga[1]

[1]Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Agraria, Viale Italia 39/a, 07100 Sassari (SS);
[2]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[3]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via Manziana 30, 00189 Roma (RM);
[4]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Alimenti e Nutrizione, Via Ardeatina 546, 00178 Roma (RM)

La diretta correlazione tra l'assunzione di sodio con la dieta e l'aumento della pressione sanguigna con il conseguente rischio di malattie cardiovascolari, è supportata da numerose evidenze scientifiche. Ne consegue la necessità di ridurre l'utilizzo di cloruro di sodio (NaCl) nelle formulazioni di cibi industriali, come il pane. A questo proposito, l'acqua di mare rappresenta un'alternativa promettente e ancora poco esplorata.
In questo studio, è stato valutato l'effetto dell'utilizzo di acqua di mare alimentare come ingrediente innovativo per la produzione di pani integrali utilizzando due specie di frumenti caucasici, *Triticum timopheevii* e *Triticum zhukovskyi,* e la popolazione *Zanduri,* miscuglio di queste due specie con *Triticum monococcum*. Il piano sperimentale ha previsto la totale sostituzione del NaCl, generalmente aggiunto alla farina all'1.8%.
Prima di procedere alla caratterizzazione nutrizionale e tecnologica dei pani, sui quali sono stati determinati il volume specifico, la texture, le proprietà sensoriali e alcuni parametri nutrizionali, sono state effettuate analisi per valutare le proprietà tecnologiche degli sfarinati integrali ottenuti con la micronizzazione e le proprietà reologiche degli impasti. Le analisi farinografiche e alveografiche hanno indicato la presenza di un glutine debole in tutti i campioni ($W < 50\times10^{-4}$ J; GI < 35). D'altra parte, l'uso di acqua di mare ha portato ad un aumento della stabilità degli impasti (da ~1,5–2,3 min a ~3,0–4,3 min).
I pani da varietà caucasiche *T. timopheevii* e *T. zhukovskyi* hanno mostrato un profilo nutrizionale superiore, dovuto ad un maggiore contenuto proteico (fino al 21% s.s.) e un minor contenuto in amido totale rispetto al controllo e alla popolazione *Zanduri* (da ~60-62% a ~69-72% s.s.). Come prevedibile, i minerali presenti nell'acqua di mare hanno causato un aumento sensibile del contenuto in ceneri. Se da un lato il volume specifico non ha subito variazioni, i pani di frumenti caucasici hanno presentato maggiore durezza rispetto al controllo; tuttavia, la sostituzione con acqua ha portato ad una riduzione della *hardness*, ad una mollica più porosa e con alveoli più grandi e a differenze nel colore, dovute principalmente ad un aumento della coordinata di colore L*. Infine, l'analisi sensoriale ha confermato l'accettabilità dei pani prodotti con acqua di mare, con profili comparabili a quelli ottenuti con NaCl e con assenza di aromi anomali.

Parole chiave: riduzione del sodio, acqua di mare, pane, cereali ancestrali, proprietà reologiche, qualità tecnologiche

Studio comparativo sulla ritenzione degli antociani nel pane integrale prodotto da sfarinati di frumento tenero pigmentato durante la cottura convenzionale e ohmica

Ilenia Gaeta[1], *Maria Cristina Messia*[1], *Maria Carmela Trivisonno*[1], *Emanuele Marconi*[2], *Denisse Bender*[3]

[1]*Università degli Studi del Molise, Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti (DiAAA), Via Francesco De Sanctis, 86100 Campobasso (CB);*
[2]*Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Alvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM);*
[3]*University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Department of Food Science and Technology, BOKU, Muthgasse 18, 1190 Vienna, Austria*

La letteratura scientifica ha ampiamente documentato la presenza e la distribuzione degli antociani nelle cariossidi di frumento pigmentato, confermandone al contempo le diverse proprietà benefiche (Dangi *et al.*, 2023). Poiché gli antociani sono sensibili a diversi fattori, come la temperatura, le variazioni di pH, l'umidità e le radiazioni ultraviolette (Arruda *et al.*, 2021), l'individuazione di tecnologie di trasformazione in grado di preservare i composti bioattivi presenti nelle farine pigmentate rappresenta un passaggio cruciale.
Sebbene siano stati identificati approcci efficaci per limitare la degradazione degli antociani nella produzione di prodotti da forno come il pane, la cottura convenzionale ne comporta tuttora una riduzione significativa (Gamel *et al.*, 2023). È attualmente noto in letteratura che, nel caso di prodotti gluten-free (Bender *et al.*, 2019), il superamento delle criticità associate alla cottura convenzionale è strettamente legato all'applicazione di un'innovativa tecnica di cottura, nota come riscaldamento ohmico. Sfruttando la generazione istantanea e uniforme di calore nell'intera massa del prodotto, questa tecnologia consente di preservarne le proprietà strutturali. Il processo si basa sul passaggio di una corrente elettrica alternata attraverso la matrice alimentare, che, agendo come un resistore con una specifica conduttività, dissipa l'energia sotto forma di calore interno per effetto Joule, garantendo una cottura rapida ed efficiente (Asträin-Redín *et al.*, 2024). Nel presente studio è stato valutato l'impatto di due metodi di cottura - convenzionale e ohmico - sulla ritenzione degli antociani totali e sulle proprietà dei pani integrali realizzati con sfarinati di frumento tenero pigmentato.

Parole chiave: frumento pigmentato, antociani, riscaldamento ohmico, cottura convenzionale

Bibliografia essenziale

Arruda H.S., Silva E.K., Araujo N.M.P., Pereira G.A., Pastore G.M., Junior M.R.M. (2021). Anthocyanins Recovered from Agri-Food By-Products Using Innovative Processes: Trends, Challenges, and Perspectives for Their Application in Food Systems. *Molecules*, 26(9): 2632.
Asträin-Redín L., Ospina S., Cebrián G., Álvarez-Lanzarote I. (2024). Ohmic Heating Technology for Food Applications, From Ohmic Systems to Moderate Electric Fields and Pulsed Electric Fields. *Food Engineering Reviews,* 16(2): 225-251.
Bender D., Gratz M., Vogt S., Fauster T., Wicki B., Pichler S., Kinner M., Jäger H., Schoenlechner R. (2019). Ohmic Heating-a Novel Approach for Gluten-Free Bread Baking. *Food and Bioprocess Technology*, 12(9): 1603-1613.
Dangi P., Chaudhary N., Paul A., Sharma A., Dutta I., Razdan R. (2023). In Pigmented Cereals and Millets: Bioactive Profile and Food Applications, ed. S. P. Bangar, S. Maqsood, and A. K. Siroha, The Royal Society of Chemistry. *Food Chemistry, Function and Analysis*, ch. 1, 38: 1-26.
Gamel T.H., Saeed S.M.G., Ali R., Abdel-Aal E.S.M. (2023). Purple Wheat: Food Development, Anthocyanin Stability, and Potential Health Benefits. *Foods*, 12(7): 1358.

Impiego delle proteine di semi di carruba (*Ceratonia siliqua* L.) per la stampa 3D di formulazioni a base di frumento

Niccolò Pilla[1,2], Elisa De Arcangelis[1], Emanuele Marconi[1]

[1]Università Campus Bio-Medico di Roma, Dipartimento di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Álvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM);
[2]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO)

Questo studio ha analizzato l'impiego di un concentrato proteico commerciale di semi di carruba (circa 44% di proteine) in formulazioni a base di farina di grano tenero destinate alla stampa 3D alimentare. Sono state sviluppate diverse miscele contenenti dal 5% al 20% di proteine aggiunte, affiancate da un'ottimizzazione dei principali parametri di estrusione. Il concentrato proteico ha mostrato un profilo amminoacidico caratterizzato da un contenuto elevato di amminoacidi essenziali (44,3 g/100 g di proteine), pur con livelli di lisina e isoleucina inferiori ai valori di riferimento FAO. La solubilità, tipica delle proteine vegetali, ha raggiunto il massimo in condizioni alcaline (pH 12), con punto isoelettrico intorno a pH 3. Dal punto di vista funzionale, le proteine di carruba si sono distinte per l'elevata attività e stabilità emulsionante, la marcata capacità di legare i lipidi e la bassa tendenza alla formazione di schiuma. Le analisi reologiche delle diverse formulazioni hanno evidenziato un comportamento viscoelastico e pseudoplastico, con predominanza della componente elastica (G' > G"), caratteristica di strutture a natura semi-solida. L'incremento del contenuto proteico ha determinato una maggiore rigidità e un aumento della viscosità e dei moduli reologici, limitando però la capacità di flusso e riducendo l'estrudibilità durante il processo di stampa 3D. Per migliorare la stampabilità, è stato progressivamente ottimizzato il contenuto d'acqua nelle formulazioni, ottenendo una riduzione dei moduli e un comportamento più adatto all'estrusione anche alle più alte concentrazioni proteiche. Successivamente, per ciascuna formulazione, sono stati ottimizzati i parametri di processo, tra cui pressione dell'aria, diametro dell'ugello, altezza dello strato e velocità di deposizione.
Nel complesso, i risultati confermano il potenziale di questo ingrediente come componente funzionale per la formulazione di prodotti a base di farina di grano tenero destinati alla stampa 3D alimentare, offrendo nuove prospettive per lo sviluppo di alimenti personalizzati e nutrizionalmente arricchiti.

Parole chiave: Proteine di semi di carruba, 3D food printing, impasto, reologia.

Dalla tradizione alla ricerca: la riscoperta delle ghiande come risorsa alimentare

Francesca Vurro, Alexandra-Mihaela Ailoaiei, Giacomo Squeo, Francesco Caponio, Antonella Pasqualone

Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Via Amendola 165/A, 70126 Bari (BA)

Numerosi ritrovamenti archeobotanici dimostrano che, fin dalla preistoria, le ghiande hanno rappresentato una risorsa alimentare strategica, complementare e talvolta alternativa ai cereali. Storicamente impiegate per pane, dolci o come surrogato del caffè in tempi di carestia, il loro uso è declinato in epoca moderna. Dal punto di vista nutrizionale, le ghiande offrono un apporto di carboidrati simile a quello dei cereali, principalmente sotto forma di amido e fibre.
In questo contesto, il presente studio ha inteso valorizzare la farina di ghiande nella formulazione di prodotti, quali focaccia e biscotti.
In particolare, sono state confrontate tre formulazioni di focaccia: un campione controllo e due sperimentali, caratterizzati da livelli di sostituzione della farina di frumento con farina di ghiande pari al 15% e al 30%. L'arricchimento ha determinato un significativo incremento del contenuto di fibre, consentendo alla formulazione al 30% di soddisfare i requisiti per il claim nutrizionale "fonte di fibre" (Reg. CE n. 1924/2006). Rispetto al controllo, si è osservato un incremento dei composti fenolici e carotenoidi, con conseguente aumento dell'attività antiossidante *in vitro*. L'integrazione ha indotto una maggiore compattezza della mollica e incremento della durezza. La colorazione marrone derivante dall'impiego di farina di ghiande poteva essere associata alla rusticità caratteristica dei prodotti integrali.
Una seconda applicazione ha riguardato la formulazione di biscotti, con livelli di sostituzione pari al 30% e al 60%. La fortificazione ha favorito un aumento dei composti fenolici, similmente a quanto osservato per la focaccia. Tale incremento ha comportato solo una lieve sensazione di astringenza, giudicata comunque di scarso rilievo in sede di analisi sensoriale. Al contempo, la presenza di questi composti ha incrementato il tempo di induzione, migliorando la stabilità ossidativa rispetto al controllo. Nelle tesi sperimentali con farina di ghiande si è anche osservato un aumento di friabilità, valutato mediante test di rottura a tre punti, che è stato considerato favorevole, poiché è un attributo tecnologico e sensoriale positivo dei biscotti. Oltre al miglioramento nutrizionale e del profilo antiossidante, la farina di ghiande ha arricchito il profilo volatile, con composti associati a sentori fruttati, tostati e di caramello, legati alla presenza di esteri, alcoli e composti tipici della reazione di Maillard.
Nel complesso, la farina di ghiande costituisce un'opportunità per la valorizzazione di materie prime nutrizionalmente valide e sostenibili, provenienti da aree marginali non agricole.

Parole chiave: *Quercu*s; prodotti da forno; composti bioattivi; fibre alimentari; composti volatili

Ringraziamenti: This research was supported by the PRIMA project MEDACORNET - Rescuing acorns as a Mediterranean traditional superfood. The PRIMA program is an Art.185 initiative supported and funded under Horizon 2020, the European Union's Framework Program for Research and Innovation. This research was funded by the Italian "Ministero dell'Università e della Ricerca" (MUR)-MAR.V.E.L. Project "MARginal areas: Valorization of Ecosystem resources for fair and sustainable Livelihood" (CUP B91I24000340007).

Impiego della farina di ghianda nello sviluppo di alimenti innovativi: opportunità e sfide tecnologiche

Alessandra Marti[1], Andrea Bresciani[1], Daniela Beghelli[2], Letizia Bresciani[3], Daniele Del Rio[3], Giovanni Caprioli[4], Antonietta La Terza[2], Elena Vittadini[2]

[1]Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente, Via G. Celoria 2, 20133 Milano (MI);
[2]Università di Camerino, Scuola di Bioscienze e Medicina Veterinaria, Via Gentile III Da Varano, 62032 Camerino (MC);
[3]Università degli Studi di Parma, Unità di Nutrizione Umana, Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco, Via Volturno 39, 43125 Parma (PR);
[4]Università di Camerino, Centro di Ricerca ChIP (Chemistry Interdisciplinary Project), Scuola di Farmacia, Via Gentile da Varano III 26, 62032 Camerino (MC)

La transizione verso sistemi alimentari più sostenibili ha riacceso l'interesse per materie prime tradizionali e sottoutilizzate. In questo contesto, la farina di ghianda (*Quercus* spp.) rappresenta una risorsa promettente per lo sviluppo di alimenti innovativi, grazie al suo contenuto di fibre e composti fenolici e al potenziale impatto positivo sulla diversificazione delle filiere cerealicole. Il progetto NOVELTY ha avuto come obiettivo la valorizzazione della farina di ghianda in applicazioni alimentari, con particolare attenzione a pane, pasta e snack estrusi.

Lo studio è stato articolato in due fasi. La prima ha riguardato la valutazione delle proprietà di aggregazione del glutine (mediante GlutoPeak), di estensibilità (mediante Alveografo), e termomeccaniche (mediante Mixolab) di miscele di ghianda e farina o semola. I risultati hanno evidenziato che un livello di arricchimento del 10% consente ancora la formazione di un impasto analizzabile con metodi convenzionali, mentre oltre tale soglia solo il Mixolab risulta lo strumento più adatto alla caratterizzazione delle miscele. La seconda fase ha riguardato la messa a punto di un metodo per la valutazione delle proprietà di estensibilità dell'impasto. Tale metodo ha previsto l'introduzione di una fase di pre-idratazione della ghianda.

L'ultima fase è stata dedicata allo sviluppo di prodotti estrusi e alla valutazione qualitativa. Nel caso della pasta secca arricchita con farina di ghianda, bassi livelli di arricchimento hanno mostrato le prestazioni migliori, mentre percentuali elevate, come il 40%, non garantiscono un'adeguata integrità strutturale già prima della cottura. Per gli snack estrusi, invece, un'inclusione del 60% di farina di ghianda ha consentito di ottenere una buona espansione, evidenziando come il comportamento tecnologico dipenda fortemente dalla matrice alimentare e dal processo di trasformazione.

Nel complesso, i risultati confermano il potenziale della farina di ghianda come ingrediente per la formulazione di nuovi alimenti, ma anche la necessità di ottimizzare formulazioni, idratazione e condizioni di processo per superare le criticità tecnologiche e favorirne una reale valorizzazione nelle filiere cerealicole.

Ricerca finanziata dall'European Union-Next-Generation EU-National Recovery and Resilience Plan (NRRP)–MISSION 4 COMPONENT 2, INVESTMENT N. 1.1, CALL PRIN 2022 PNRR D.D. 1409 del 14-09-22-(AcorN: a forgotten resource to be rediscOVered and valorizEd in the production of good and heaLThY foods. "NOVELTY") grant number J53D23018470001.

Valorizzazione di sottoprodotti dell'industria olearia e birraria nello sviluppo di snack salati funzionali

Elisabetta Bravi[1,2], Michele Arcangelo Dicorato[1], Gianluca Veneziani[1], Ilenia Dottori[1], Arianna Bonucci[1], Giovanni De Francesco [1,2], Ombretta Marconi [1,2]

[1]Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari, Ambientali, Borgo XX Giugno 74, 06121 Perugia (PG);
[2]Università degli Studi di Perugia, Centro di ricerca per l'eccellenza della birra, Piazza Università 1, 06123 Perugia (PG)

La crescente domanda di alimenti sostenibili e nutrizionalmente migliorati sta promuovendo lo sviluppo di prodotti innovativi basati sulla valorizzazione di sottoprodotti agro-industriali. In questo contesto, è stato sviluppato su scala di laboratorio uno snack salato funzionale arricchito con paté di oliva (OP) e trebbie di birra (BSG), che evidenzia un miglioramento significativo delle proprietà nutrizionali, funzionali e sensoriali. L'aggiunta di BSG ha consentito il soddisfacimento dei claim "ad alto contenuto di fibre" e "fonte di proteine", mentre l'OP ha incrementato significativamente il contenuto di composti fenolici e l'attività antiossidante del prodotto finale. Inoltre, le formulazioni arricchite evidenziano proprietà testurali migliorate, caratterizzate da una riduzione della durezza e un aumento della croccantezza, ottenendo un riscontro positivo nelle analisi sensoriali. La formulazione ottimizzata è stata trasferita con successo alla scala pilota industriale, dimostrando buona fattibilità di processo e riproducibilità. L'adattamento del processo ha permesso non solo di mantenere, ma anche di migliorare le caratteristiche strutturali, nutrizionali e sensoriali osservate a scala di laboratorio. È stato inoltre condotto un test di consumo sui prototipi su scala pilota per valutare il gradimento complessivo e l'accettabilità del prodotto, confermandone il potenziale in termini di percezione da parte dei consumatori e rilevanza di mercato. La valutazione della shelf-life è stata effettuata per indagare la stabilità del prodotto in diverse condizioni, fornendo indicazioni sull'evoluzione dei parametri chimico-fisici nel tempo. Nel complesso, lo studio dimostra lo sviluppo e l'upscaling di successo di uno snack funzionale basato sui principi dell'economia circolare, evidenziando il potenziale dei sottoprodotti dell'olivo e della birrificazione come ingredienti sostenibili per la produzione di alimenti orientati alla salute.

Ricerca finanziata dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica nell'ambito del bando 2021 (D.D. 9 dicembre 2021, n. 83) per lo sviluppo di tecnologie per la gestione e il riciclo dei rifiuti e l'eco-progettazione. CUP J93C22000330006.

Parole chiave: Snack funzionali, Economia circolare, Trebbie di birra, Paté di oliva, Upscaling, Sostenibilità.

Bibliografia essenziale

Sileoni V., Marconi O., Perretti G., Fantozzi P., 2022. Brewers' spent grain as a sustainable ingredient for the development of high-fibre foods: Nutritional and technological aspects. *Foods*, 11: 1234.
Boukid F., Castellari M., Sogari G., et al. 2024. Food by-products valorization for sustainable food systems: Trends and challenges. *Trends in Food Science & Technology*.
Taticchi A., Esposto S., Veneziani G., et al. 2022. Valorization of olive oil by-products: Application in food systems and health implications. *Foods*, 11: 123.

Valorizzazione di sottoprodotti brassicoli come fonte proteica alternativa

Michele Arcangelo Dicorato[1], *Giovanni de Francesco*[1,2], *Ombretta Marconi*[1,2]

[1]*Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari, Ambientali, Borgo XX Giugno 74, 06121 Perugia (PG);*
[2]*Università degli Studi di Perugia, Centro di Ricerca per l'Eccellenza della Birra, Via San Costanzo snc, 06126 Perugia (PG)*

La crescente attenzione verso l'impatto ambientale delle proteine di origine animale, unita alla domanda di alimenti ad alto contenuto proteico e con proprietà funzionali specifiche, sta rafforzando l'interesse per lo sviluppo di ingredienti alternativi, sostenibili e scalabili. In questo contesto, la valorizzazione dei sottoprodotti agro-industriali rappresenta una strategia particolarmente promettente. Le trebbie di birra (brewer's spent grain, BSG) rappresentano il principale sottoprodotto dell'industria brassicola: residuo dell'orzo maltato ottenuto al termine dell'estrazione del mosto nel processo di produzione della birra. Si tratta di una matrice lignocellulosica ricca in proteine (~23%), tuttavia ancora poco valorizzata in applicazioni ad alto valore aggiunto[1]. La maggior parte dei processi di valorizzazione richiede una fase preliminare di essiccamento, associata ad elevati costi energetici. In questo lavoro viene proposto un approccio integrato basato sul degrassaggio diretto di trebbie umide mediante solventi "green", seguito da estrazione enzimatica delle proteine. In particolare, sono stati valutati ciclopentil metil etere (CPME) e 2-metiltetraidrofurano (2-MeTHF) come alternative sostenibili ai solventi convenzionali. La frazione lipidica estratta (8,83% s.s. e 9,41% s.s. per CPME e 2-MeTHF, rispettivamente) è risultata composta principalmente da acidi grassi quali linoleico (~40–50%), palmitico (~18–21%), oleico (~9–10%) e γ-linolenico (~5–6%). Il pretrattamento di degrassaggio su matrice umida ha inoltre influenzato la successiva fase di idrolisi enzimatica mediante alcalasi. In particolare, le trebbie degrassate hanno evidenziato un incremento della resa proteica rispetto al campione non trattato (67,1%), raggiungendo valori del 69,3% e 73,6% per CPME e 2-MeTHF, rispettivamente. Questo miglioramento suggerisce una maggiore accessibilità enzimatica, legata alla rimozione della frazione lipidica e a modifiche della struttura della matrice. Nel complesso, i risultati indicano che l'integrazione del recupero della frazione lipidica e proteica da trebbie umide può rappresentare una strategia efficace per la loro valorizzazione, con potenziali vantaggi in termini di sostenibilità, scalabilità e riduzione dei costi. L'elevato contenuto proteico e le proprietà funzionali riportate in letteratura[2] rafforzano ulteriormente il potenziale delle BSG come ingrediente per applicazioni alimentari ad alto valore aggiunto.

Parole chiave: brewer's spent grain; green solvents; plant based alternative protein.

Bibliografia essenziale

Belardi I., De Francesco G., Alfeo V., Bravi E., Sileoni V., Marconi O., Marrocchi A. 2025. Advances in the Valorization of Brewing By-Products. *Food Chemistry*, 465: 141882. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141882.

Devnani B., Moran G. C., Grossmann L. 2023. Extraction, Composition, Functionality, and Utilization of Brewer's Spent Grain Protein in Food Formulations. *Foods*, 12(7): 1543. https://doi.org/10.3390/foods12071543.

Valorizzazione di radichette di malto tramite fermentazione lattica per la produzione di pasta funzionale

Anna Rita Bavaro, Massimiliano D'Imperio, Palmira De Bellis, Stella Lisa Lonigro, Marco Montemurro

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via Amendola 122/O, 70126 Bari (BA)

Le radichette di malto rappresentano un sottoprodotto dell'industria brassicola ad elevato potenziale nutrizionale, caratterizzato da un contenuto significativo di fibre e proteine (circa 30% ciascuno) e da una rilevante presenza di composti bioattivi e minerali [1]. Tuttavia, presentano un'elevata contaminazione microbica che ne limita la valorizzazione industriale. Processi biotecnologici sono stati applicati al fine di migliorarne le proprietà tecnologiche, nutrizionali e funzionali e favorirne l'applicazione nella produzione di pasta funzionale.
Le radichette provenienti da diverse varietà di orzo hanno mostrato una composizione nutrizionale comparabile tra loro e un'elevata frazione di sostanze solubili, suggerendo una buona idoneità a processi fermentativi senza necessità di pretrattamenti. La fermentazione, condotta mediante ceppi autoctoni e starter commerciali, ha determinato una rapida acidificazione (pH < 4.5 entro 24 h) e una significativa riduzione di enterobatteri e funghi, migliorando la sicurezza microbiologica della matrice. Inoltre, alcuni ceppi hanno evidenziato attività proteolitica e capacità di produzione di esopolisaccaridi, contribuendo al potenziale miglioramento delle caratteristiche tecnologiche e funzionali degli impasti.
L'inclusione delle radichette, sia tal quali che fermentate, nella formulazione della pasta ha portato a un incremento significativo del contenuto di fibre (+100%) e proteine (+10%) e a una riduzione dei carboidrati (-5%), consentendo il raggiungimento di claim nutrizionali quali "ad alto contenuto di fibre" e "fonte di" per alcuni minerali. Inoltre, nei campioni di pasta arricchiti è stato riscontrato un incremento significativo dei fenoli totali, accompagnato da un aumento della capacità antiossidante (inibizione del radicale ABTS) con valori superiori a 0.67 μmol TE/g s.s. nei campioni contenenti le radichette fermentate.
Dal punto di vista tecnologico, le paste arricchite hanno mostrato una maggiore capacità di assorbimento dell'acqua e perdite in cottura contenute, mentre il profilo sensoriale è risultato complessivamente accettabile e comparabile al controllo, nonostante lievi variazioni cromatiche e aromatiche. I saggi di digestione *in vitro* hanno evidenziato un effetto complesso della fermentazione: l'inclusione delle radichette tal quali ha determinato una diminuzione della digeribilità proteica, parzialmente migliorata dalla fermentazione. Allo stesso modo, la fermentazione ha migliorato la bioaccessibilità di diversi minerali tra cui calcio (fino a +80%) e potassio (fino a +40%), con effetti dipendenti dal ceppo utilizzato.
Le attività di questo progetto sono state condotte in collaborazione con l'azienda MONFARM s.r.l. (Lucera, Italia)

Parole chiave: radichette di malto, valorizzazione sottoprodotti, fermentazione lattica, pasta fortificata

Bibliografia essenziale

[1] Neylon E., Arendt E. K., Lynch K. M., Zannini E., Bazzoli P., Monin T., Sahin A. W. 2020. Rootlets, a malting by-product with great potential. *Fermentation*, 6(4): 117.

Microbiodiversità, tradizione, valore aggiunto e sostenibilità nelle filiere dei cereali e dei legumi

Mariagiovanna Fragasso[1], *Vittorio Capozzi*[2]

[1]*Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Università di Foggia, Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);*
[2]*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via Protano, 71121 Foggia (FG)*

Migliorare la sostenibilità e il valore aggiunto nelle filiere dei cereali e dei legumi richiede di valorizzare la microbiodiversità come risorsa di filiera. Batteri, lieviti e funghi associati al suolo, alla rizosfera, alle materie prime, agli ambienti di lavorazione e alle fermentazioni costituiscono un *continuum* biologico che influenza la sicurezza, la *shelf life*, la qualità sensoriale, il valore nutrizionale, i tratti funzionali e l'identità dei prodotti.
Le fermentazioni tradizionali rappresentano un ambito in continua riscoperta che ci consente di approfondire il ruolo della diversità microbica e le possibili modalità di impiego biotecnologico. Una delle tematiche di frontiera più rilevanti riguarda la conservazione e lo studio dei microbiomi complessi e la loro caratterizzazione mediante approcci multi-omici. Altro *topic* rilevante è quello degli screening rapidi in grado di promuovere la ricerca e sviluppo e il trasferimento tecnologico di settore, massimizzando l'impatto positivo. Questa conoscenza può sostenere la selezione di starter capaci di migliorare l'aroma, la struttura, il tenore di vitamine, la digeribilità proteica e la biodisponibilità minerale, riducendo i fattori antinutrizionali, concretizzando strategie di bioprotezione e prolungando la *shelf life*. La valorizzazione della microbiodiversità offre inoltre opportunità per valorizzare le varietà locali e le colture minori, differenziare le produzioni territoriali, supportare soluzioni *nature-inspired* e trasformare scarti e sottoprodotti in ingredienti di interesse.
La relazione proporrà un quadro 'dal campo al microbioma alimentare' fondato su quattro priorità: mappare e conservare le risorse microbiche; collegare biodiversità, interesse protecnologico e tratti funzionali; validare la sicurezza ed efficacia in condizioni reali; supportare percorsi che garantiscano tracciabilità, accesso alle collezioni e condivisione del valore con territori e produttori. In questa prospettiva, la microbiodiversità rientra tra le biorisorse che ci consentono di innovare le filiere cerealicole e leguminose in modo distintivo e resiliente, con un'impronta ecologica ridotta. Le attività riportate sono supportate dal progetto "SpeedyFermHub: Knowledge HUB for SPEEDY characterisation, optimisation and scale-up of FERMented, plant-based new foods improving resilience of European Food Systems" finanziato dalla partnership FutureFoods. Si ringrazia il nodo nazionale italiano (MIRRI-IT) dell'infrastruttura di ricerca europea MIRRI-ERIC per il contributo e il supporto forniti.

Parole chiave: biodiversità microbica; fermentazioni; colture starter; economia circolare; sostenibilità.

Bibliografia essenziale

Fragasso M., Presutto E., Totaro M., de Chiara M.L.V., Spano G., Russo P., Capozzi V. 2025. Screening of Strains for the Improvement on Riboflavin Bioaccessible Fraction by Fermentation, in: Magnani, M., Colombo Pimentel, T. (Eds.). *Bioaccessibility of Compounds in Foods and Byproducts*. Springer US, New York, NY, pp. 99-107. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4775-2_11

Mitigazione di micotossine e residui di pesticidi nel frumento mediante biotecnologie: germinazione e fermentazione lattica

Giuseppe Perri[1], Francesco De Mastro[1], Claudia Sardella[2], Simona Carbone[1], Marco Laiolo[2], Federico Rametta[1], Valentina Scarpino[2], Lorenzo Ciraldo[1], Michela Verni[3], Massimo Blandino[2], Gennaro Brunetti[1], Erica Pontonio[1]

[1]Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (DiSSPA), Via Amendola 165/a, 70126 Bari (BA);
[2]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[3]Università San Raffaele, Dipartimento di Scienze Umane e Promozione della Qualità della Vita, Via di Val Cannuta 247, 00166 Roma (RM)

La contaminazione del frumento da micotossine e residui di pesticidi rappresenta un problema critico per la sicurezza alimentare (Pathak et al., 2019). Tra gli strumenti per limitarla, la gestione agronomica delle colture svolge un ruolo preventivo fondamentale (Donna et al., 2025). Approcci biotecnologici, come la germinazione della granella e la fermentazione con batteri lattici (LAB), migliorano la qualità delle farine (Montemurro et al., 2019), ma il loro potenziale nella rimozione e trasformazione di tali contaminanti è ancora poco esplorato. In questo studio, il frumento è stato coltivato adottando diverse strategie di gestione, convenzionali e ad alto rischio di contaminazione da micotossine e pesticidi. I risultati hanno evidenziato come la combinazione tra tempi di applicazione degli interventi di difesa e scelta delle sostanze attive sia cruciale nel limitare l'accumulo di entrambe le classi di contaminanti. La granella è stata quindi sottoposta a tre trattamenti: i) germinazione parziale e assistita prima della molitura; ii) fermentazione con ceppi selezionati di LAB iii) bioprocesso sequenziale combinando germinazione e fermentazione. Per le micotossine, la sola fermentazione ha prodotto i migliori risultati. I ceppi più efficaci (*Lp. plantarum* 1A7, *Lim. fermentum* 10B e *P. pentosaceus* I76) hanno ridotto il DON fino al 52% (da 1270 µg/kg a 612–680 µg/kg), insieme alle forme coniugate DON-3-glucoside (~53%) e 3-ADON (fino al 39%). Riduzioni analoghe sono state osservate anche per micotossine emergenti come MON e le enniatine B e B_1. A seguito di prove di approfondimento, si può ipotizzare che i meccanismi di riduzione messi in atto dai LAB siano sinergici, combinando adsorbimento dei composti target sulla parete cellulare e loro biotrasformazione. Per i residui di pesticidi, la combinazione di germinazione e fermentazione si è rivelata la più efficace. In particolare, i ceppi di *Lp. plantarum* (1A7, M7S2, LB1) hanno determinato la rimozione completa dell'azoxystrobin e la riduzione fino al 55% e 34% rispettivamente di epoxiconazolo e pydiflumetofen. Questo effetto è riconducibile all'aumento della biodisponibilità dei composti xenobiotici indotto dalla germinazione, che ne promuove la degradazione microbica. I risultati dimostrano che germinazione e fermentazione, integrate a strategie agronomiche mirate, rappresentano un approccio promettente per migliorare il profilo di sicurezza del frumento, oltre alle sue proprietà tecnologiche e nutrizionali.

Parole chiave: Frumento, Micotossine, Pesticidi, Germinazione, Batteri Lattici.

Bibliografia essenziale

Montemurro M., Pontonio E., Gobbetti M., Rizzello C.G. 2019. Investigation of the nutritional, functional and technological effects of the sourdough fermentation of sprouted flours. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 47-58.

Donna M., Pigna G., Scapino M., Colombatto P., Varetto P., Blandino M. 2025. Pesticide application management for the cultivation of soybean and chickpea for food supply chains with zero-residues. *Journal of Agricultural and Food Research*, 19, 101567.

Pathak V. M., Verma V. K., Rawat B. S., Kaur B., Babu N., Sharma A., Dewali S., Yadav M., Kumari R., Singh S., Mohapatra A., Pandey V., Rana N., Cunill J. M. 2022. Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, 13, 962619.

Influenza delle materie prime e della tipologia di cottura sulla formazione di acrilammide e idrocarburi policiclici aromatici in pizza napoletana STG

Michela Quiquero[1], Maria Cristina Messia[1], Francesca Cuomo[1], Ilenia Gaeta[1], Maria Carmela Trivisonno[1], Emanuele Marconi[1,2], Olga Maria Da Silva Viegas[3,4]

[1]Università degli Studi del Molise, Dipartimento di Agricoltura, Ambiente ed Alimenti, Via Francesco De Sanctis, 1, 86100, Campobasso (CB);
[2]Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Alvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM);
[3]Università di Porto, LAQV/REQUIMTE, Laboratorio di Bromatologia e Idrologia, Dipartimento di Scienze Chimiche, Facoltà di Farmacia, 4099-313 Porto, Portogallo;
[4]Università di Porto, Facoltà di Scienze della Nutrizione e dell'Alimentazione, 4200-465 Porto, Portogallo

Il processo di cottura della pizza napoletana STG, in conformità al Regolamento (UE) 97/2010, si realizza in forno a legna in 60-90 s ad una temperatura di circa 485°C. L'utilizzo di alte temperature può potenzialmente determinare la formazione di contaminanti di processo generati dal calore, tra cui acrilammide e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). La presenza di acrilammide negli alimenti è disciplinata dal 2017 (Reg. (UE) 2017/2158) in quanto definita potenzialmente cancerogena dall'IARC. La contaminazione della pizza da IPA, composti organici prodotti attraverso la combustione incompleta di materiali organici, può verificarsi a causa delle alte temperature e dei fumi prodotti dalla combustione del legno, e può costituire un rischio per la salute in quanto alcuni di essi, ad alto peso molecolare, sono considerati cancerogeni e genotossici e perciò anch'essi disciplinati (Reg. (UE) 835/2011).
In questo studio è stata valutata la formazione di acrilammide e IPA in pizza napoletana STG cotta in forno a legna e in forno elettrico, al fine di valutare l'impatto delle diverse modalità di cottura sulla formazione dei suddetti contaminanti. Gli impasti sono stati realizzati con sfarinati a diverso grado di raffinazione, e le pizze preparate con e senza topping di salsa al pomodoro. Dallo studio è emerso che la formazione di acrilammide nella pizza, con una concentrazione variabile tra 30,7 e 383,3 µg/kg s.s., è influenzata sia dalla tipologia di sfarinato sia dal processo di cottura adottato; gli IPA ad alto peso molecolare non sono stati riscontrati nel prodotto in esame, mentre la presenza di composti a basso peso molecolare era da ricondursi principalmente alle materie prime utilizzate. I dati ottenuti hanno consentito la stima dell'esposizione alimentare della popolazione italiana ai contaminanti considerati, rivelando per questi ultimi scenari differenti.

Parole chiave: contaminanti di processo, acrilammide, idrocarburi policiclici aromatici, pizza napoletana

Bibliografia essenziale

Regolamento (UE) N. 97/2010 della Commissione del 4 febbraio 2010 recante registrazione di una denominazione nel registro delle specialità tradizionali garantite [Pizza Napoletana (STG)].
Regolamento (UE) N. 2017/2158 della Commissione del 20 novembre 2017 che istituisce misure di attenuazione e livelli di riferimento per la riduzione della presenza di acrilammide negli alimenti.
Regolamento (UE) N. 835/2011 della Commissione del 19 agosto 2011 che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006 per quanto riguarda i tenori massimi di idrocarburi policiclici aromatici nei prodotti alimentari.

Produzione di *specialty* per la filiera del frumento tenero: vantaggi salutistici e criticità sanitarie di frumenti pigmentati ed alto amilosio

Claudia Sardella[1], Barbora Burešová[2], Zora Kotíková[2], Annemarie Srbová[2], Antonina Gabor[1], Francesca Vanara[1], Arianna Frittelli[3], Francesco Sestili[3], Massimo Blandino[1]

[1]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[2]Czech University of Life Sciences Prague, Department of Chemistry, Kamýcká 129, 165 00 Prague-Suchdol, Czech Republic;
[3]Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Via San Camillo de Lellis snc, 01100 Viterbo (VT)

L'introduzione di nuovi genotipi caratterizzati da vantaggi salutistici rispetto alle varietà convenzionali costituisce una strategia di diversificazione per le filiere cerealicole, aumentando il valore funzionale e l'attrattività dei prodotti derivati. Per il frumento tenero, particolare interesse è rivolto alle varietà pigmentate, caratterizzate dall'accumulo di antociani nel pericarpo, e ai genotipi ad alto contenuto di amilosio, associati ad un maggior contenuto in fibra dietetica ed amido resistente di tipo 2, con effetti positivi sui livelli di glucosio ematico post-prandiale. Tuttavia, l'adozione di questi nuovi materiali richiede una valutazione complessiva che includa non solo le proprietà salutistiche dei prodotti finiti, ma anche la sostenibilità della filiera stessa, in particolare in termini di potenziale produttivo e di rischio sanitario.
Nell'annata 2023–24, è stato condotto un confronto tra linee pigmentate quasi isogeniche (NIL) in Italia e Repubblica Ceca. Due genotipi NIL, caratterizzati da cariossidi viola e blu, portatori di geni per la sintesi di antociani, sono state confrontate con la linea recipiente a cariosside bianca (controllo) e un genotipo NIL rosso. L'accumulo dei pigmenti è risultato evidente a partire dalla maturazione lattea, con dinamiche differenti tra genotipi: la linea viola ha mostrato un picco in fase cerosa e cerosa avanzata, seguito da una riduzione significativa alla raccolta, mentre la linea blu ha evidenziato un andamento più stabile e contenuti finali più elevati. Tuttavia, quest'ultima ha mostrato una maggiore suscettibilità all'accumulo di micotossine alla raccolta (deossinivalenolo, zearalenone, tossina T-2 e HT-2), indipendentemente da località e inoculo, sebbene con ampia variabilità ambientale.
Uno studio condotto per quattro annate agrarie e in due località in Piemonte ha valutato genotipi mutanti a diverso contenuto di amilosio ottenuti tramite TILLING. Il genotipo alto amilosio (47% rispetto all'amido totale) ha mostrato minori potenzialità agronomiche e maggiori rischi sanitari rispetto al genotipo convenzionale (19%) dallo stesso patrimonio genetico, con una riduzione della resa media del 18%, associata ad un minor peso ettolitrico (-5%) e peso delle cariossidi (-7%), ed un incremento dell'accumulo di deossinivalenolo (+39%). Il genotipo a medio amilosio ha mostrato una riduzione produttiva più marcata (-29%) ma un minor contenuto di micotossine (+15%), mentre il mutante *waxy* si è caratterizzato per maggiori rese (+8%) e minore rischio sanitario (-13%). Il trattamento fungicida in fioritura si è confermato determinante nel contenimento delle micotossine (-34% rispetto al non trattato e -37% rispetto al trattamento in botticella).
Nel complesso, i risultati evidenziano come l'introduzione di nuovi genotipi richieda un attento bilanciamento tra qualità nutrizionale, prestazioni agronomiche e sicurezza sanitaria, quest'ultima fortemente influenzata dall'interazione genotipo e ambiente.

Parole chiave: micotossine, antociani, amilosio, linee isogeniche, *specialty*

Comportamento dei consumatori e disponibilità a pagare per prodotti a base di farro dicocco in una prospettiva di sostenibilità

Alberto Akiki[1,2], Carla Ferreira[3], Carlos Marques[3], Livia Maria Costa Madureira[3], Giampiero Sacchetti[1]

[1]Università degli Studi di Teramo, Dipartimento di Bioscienze e Tecnologie Agroalimentari e Ambientali, Via R. Balzarini 1, Teramo (TE);
[2]Istituto Universitario di Studi Superiori (IUSS), Piazza della Vittoria 15, Pavia (PV);
[3]CETRAD, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Vila Real, Portugal

Il farro dicocco, grazie alla sua resistenza a siccità e patologie, alla sua biodiversità ed alle peculiari caratteristiche funzionali e sensoriali [1], rappresenta un'opportunità per promuovere "short food chains" e consumi alimentari sostenibili. Tuttavia, la sua diffusione è limitata da vincoli produttivi, sfide tecnologiche e incertezza nella domanda; ciò rende essenziale comprendere i fattori che influenzano il comportamento e le intenzioni di acquisto dei potenziali consumatori di farro. Questo studio analizza i fattori determinanti del comportamento di un campione di 303 consumatori italiani verso i prodotti a base di farro dicocco, attraverso il calcolo di indici sintetici: 1) frequenza e di consumo e familiarità con i prodotti a base di farro dicocco; 2) frequenza di consumo di prodotti biologici; 3) livello di attenzione alla sostenibilità alimentare. Parallelamente, è stato stimato un modello esteso della "Teoria del Comportamento Pianificato (TPB)" per analizzare i motivi principali legati all'intenzione di acquisto dei consumatori [2]. Sono state inoltre condotte analisi multivariate considerando sia variabili comportamentali che socio-demografiche. I risultati mostrano che i consumatori con elevata frequenza di consumo di prodotti a base di farro dicocco presentano livelli significativamente più alti di attenzione alla sostenibilità nelle scelte alimentari, suggerendo un allineamento valoriale con comportamenti pro-ambientali. La certificazione biologica, la sicurezza alimentare e la salubrità percepita emergono come forti motivazioni al consumo. Oltre la metà degli intervistati dichiara di non conoscere il farro dicocco, ma manifesta una disponibilità a pagare un sovrapprezzo fino al 10% rispetto ai prodotti convenzionali, indicando la possibilità di intercettare una domanda latente nel mercato. L'analisi demografica evidenzia inoltre che uomini e fasce di età più elevate mostrano una maggiore frequenza di consumo. I risultati del modello TPB evidenziano che la "curiosità" influenza positivamente "l'atteggiamento affettivo", il quale, insieme alle "norme soggettive" e al "controllo comportamentale percepito", incide significativamente "sull'intenzione di acquisto", al contrario, "utilità percepita" e "atteggiamento cognitivo" non risultano significativi. Questo studio fornisce evidenze empiriche sul potenziale dei consumatori sensibili alla sostenibilità come segmento di mercato per prodotti a base di farro dicocco. La diffusa scarsa conoscenza e la disponibilità a pagare "prezzi premium", suggerisce importanti opportunità di sviluppo del mercato attraverso strategie mirate di informazione e sensibilizzazione per rafforzare la "short food supply chain" del farro dicocco.

Parole chiave: farro dicocco, consumo alimentare sostenibile, comportamento del consumatore, disponibilità a pagare, economia comportamentale.

Bibliografia essenziale

[1] Akiki A., De Flaviis R., Sacchetti G. 2025. A critical appraisal on emmer wheat composition and its potential health beneficial effect. *Food and Humanity*, 5: 100769.
[2] Sadiq M. A., Rajeswari B., Ansari L., Danish Kirmani M. 2021. The role of food eating values and exploratory behaviour traits in predicting intention to consume organic foods: An extended planned behaviour approach. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 59: 102352.

Da cereale minore a ingrediente con potenziale prebiotico: ruolo del sorgo fermentato e del suo metaboloma sul microbiota intestinale

Michela Verni[1], Andrea Torreggiani[2], Lorenzo Nissen[1], Davide Addazii[3], Andrea Gianotti[3], Carlo Giuseppe Rizzello[2]

[1]Università San Raffaele, Dipartimento di Scienze Umane e Promozione della Qualità della Vita, Via di Val Cannuta 247, 00166 Roma (RM);
[2]Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Biologia Ambientale, Piazza Aldo Moro 5, 00185 Roma (RM);
[3]Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, P.za G. Goidanich 60, 47521 Cesena (FC)

L'impiego globale e quasi esclusivo di poche specie cerealicole, le cui moderne *cultivar* sono frutto di processi selettivi basati su aumento delle rese e specifiche caratteristiche tecnologiche, ha portato all'abbandono progressivo di numerosi cereali minori, con severe conseguenze sulla biodiversità. Tuttavia, negli ultimi anni, alcuni di questi cereali, tra cui il sorgo (*Sorghum bicolor* L.), sono oggetto di rivalutazione, grazie all'adattabilità a condizioni di stress idrico e salino e al profilo nutrizionale. In questo contesto, la fermentazione rappresenta una strategia efficace per migliorare le proprietà tecnologiche e funzionali dei cereali minori.
Il presente studio ha avuto come obiettivo la valorizzazione del sorgo attraverso processi fermentativi guidati. In una fase preliminare, è stato sviluppato un lievito naturale di tipo I al fine di isolare i batteri lattici e lieviti dominanti poi caratterizzati e selezionati sulla base di proprietà pro-tecnologiche e funzionali. I ceppi produttori di esopolisaccaridi sono stati impiegati per ottenere un ingrediente fermentato da sorgo destinato alla panificazione *gluten-free*. Mediante l'impiego di un modello di digestione intestinale *in vitro*, il pane contenente sorgo fermentato ha evidenziato una marcata modulazione positiva del microbiota: aumento di *Bifidobacterium* e *Lactobacillales*, nonché di probiotici di nuova generazione come *Akkermansia* e *Faecalibacterium*, associati a effetti antinfiammatori. Parallelamente, è stata osservata una riduzione di batteri potenzialmente dannosi come *Clostridium* gruppo I. Tali effetti sono risultati significativamente più pronunciati rispetto ai pani controllo, evidenziando il ruolo chiave della fermentazione. Il pane funzionale ha inoltre promosso una maggiore produzione di acidi grassi a catena corta e una riduzione di metaboliti associati a disbiosi (fenolo, *p*-cresolo, indolo, scatolo), rafforzando il suo potenziale nel favorire l'eubiosi intestinale.
Parallelamente, il sorgo è stato impiegato per lo sviluppo di una bevanda fermentata tipo birra, ottenuta mediante un processo di birrificazione adattato alla matrice. L'ottimizzazione del processo ha consentito la produzione di bevande *gluten-free* a basso contenuto alcolico (0,09 - 0,72 % v/v), con profili biochimici e sensoriali ottimali. L'impiego di lieviti e batteri lattici ha permesso di modulare le caratteristiche finali, confermando l'attitudine del sorgo alla birrificazione.
Nel complesso, i risultati dimostrano come la fermentazione con *starter* selezionati rappresenti una strategia chiave per valorizzare il sorgo, convertendolo da *commodity* marginale a ingrediente funzionale e contribuendo alla diversificazione alimentare e alla sostenibilità delle filiere.

Parole chiave: pane di sorgo, fermentazione, microbiota intestinale, birrificazione, sostenibilità

Definizione standard internazionale di cereale integrale: dalla ICC Whole Grain Initiative alla norma ISO

Marina Carcea

Associazione Italiana di Scienza e TEcnologia dei Cereali (AISTEC), presso CREA-AN, Via Ardeatina 546, 00178 Roma (RM)

È internazionalmente riconosciuto che il consumo umano di prodotti a base di cereali integrali è un pilastro di diete sane e sostenibili. In numerosi studi di popolazione effettuati in paesi diversi un maggior consumo di cereali integrali è associato ad una minore mortalità per cause dovute a diverse malattie, tra cui quelle cardiovascolari, il diabete di tipo 2 e il tumore al colon. Di conseguenza in molti paesi il consumo di cereali integrali viene raccomandato nelle linee guida per una sana alimentazione ed anche in Italia "Le linee guida per una sana alimentazione italiana", pubblicate dal CREA, contengono una specifica raccomandazione in tal senso.

Per questo è importante che esista a livello globale una definizione chiara di materia prima integrale e di alimento integrale per fare in modo che tutti gli stakeholders abbiamo standards qualitativi condivisi, dall'industria ai consumatori, al mondo della ricerca, al legislatore, in modo che tutti parlino la stessa lingua e sia più facile interpretare e comparare i risultati di studi clinici di intervento o di studi epidemiologici in cui l'oggetto dello studio sono proprio gli effetti sulla salute umana del consumo di prodotti integrali.

Il gruppo di studio internazionale "ICC Whole Grain Initiative" nasce nel 2017 a seguito del 6th International Whole Grain Summit di Vienna con lo scopo di dibattere in ambito internazionale una serie di questioni relative ai cereali integrali in merito alla loro definizione e caratteristiche, agli aspetti tecnologici, economici e di comunicazione nonché agli effetti del loro consumo sulla salute umana (1).

In questa presentazione vengono ripercorse le attività del gruppo di cui hanno fatto parte esperti di scienza e tecnologia dei cereali, di nutrizione umana, di produzione industriale, di marketing e comunicazione di diversi paesi europei ed extraeuropei, dalla prima pubblicazione del 2022 (2) che rappresenta una pietra miliare di questo argomento, alla norma ISO che ha iniziato il suo iter nel 2023, ha superato l'esame di diverse commissioni ISO (è adesso ISO/DIS20810 *Whole grain — Definition and technical criteria)* e dovrebbe vedere la pubblicazione come norma definitiva nel luglio 2026. Questo standard sarà molto importante per l'industria, per i nutrizionisti e per i consumatori a livello globale e contribuirà a migliorare la conoscenza scientifica sugli effetti dei prodotti integrali sulla salute umana.

Parole chiave: cereali integrali, materia prima integrale, prodotto integrale a base di cereali

Bibliografia e sitografia

1. ICC Whole Grain Initiative https://www.wholegraininitiative.org/
2. Van der Kamp J.-W., Miller Jones J., Miller K.B., Ross A. B., Seal C. J., Tan B., Beck E. J. 2022. Consensus, global definitions of whole grain as a food ingredient and of whole grain foods presented on behalf of the Whole Grain Initiative. *Nutrients*, 14(1): 138.

POSTERS

Intercettare il rischio micotossine prima della raccolta: una qPCR multiplex per mais

Ilaria Alberti[1], *Francesco Mattia Laddaga*[2], *Claudio Ratti*[2], *Sabrina Locatelli*[3], *Antonio Prodi*[2]

[1]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Viale Giovanni Amendola 82, 45100 Rovigo (RO);*
[2]*Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL), Viale G. Fanin 44, 40127 Bologna (BO);*
[3]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Via Stezzano 24, 24126 Bergamo (BG)*

Negli ultimi anni, le coltivazioni di mais dell'Italia settentrionale hanno mostrato una crescente vulnerabilità alla contaminazione da micotossine, in particolare fumonisine e aflatossine, prodotte rispettivamente da *Fusarium verticillioides* e *Aspergillus flavus*. L'incremento delle temperature e la maggiore frequenza di periodi siccitosi hanno favorito l'espansione geografica e la co-occorrenza di questi funghi termofili, aumentando la pressione infettiva nei sistemi colturali. L'accumulo delle relative micotossine compromette in modo significativo la qualità e la sicurezza della granella, soprattutto alla luce dei rigorosi limiti normativi europei per i prodotti destinati al consumo umano.
Il presente studio illustra lo sviluppo e l'ottimizzazione di un saggio qPCR multiplex TaqMan per la rilevazione e la quantificazione precoce dei due miceti nelle sete del mais. I campioni sono stati raccolti da sei ibridi appartenenti a differenti classi di maturità, coltivati in tre località della regione Veneto: Rovigo**,** Pojana Maggiore (VI) e Vallevecchia (VE)**.**
Per mitigare l'effetto degli inibitori associati alla matrice vegetale, è stato messo a punto un protocollo di estrazione del DNA specificamente ottimizzato per le sete di mais. I primer e le sonde specie-specifici sono stati progettati ex novo sul gene FUM1, coinvolto nella biosintesi delle fumonisine e aflR, regolatore chiave della biosintesi delle aflatossine. Come controllo endogeno, è stato impiegato il gene *starch synthase IIb* di *Zea mays* (zSSIIb), selezionato sulla base di sequenze già descritte in letteratura.
La validazione del metodo ha incluso la costruzione delle curve standard, la valutazione della sensibilità analitica e la quantificazione comparativa della biomassa fungina nei campioni. Il saggio qPCR triplex sviluppato si configura come uno strumento diagnostico rapido e robusto per la rilevazione precoce dei principali funghi micotossigeni del mais. La sua applicazione può contribuire alla valutazione preventiva del rischio e supportare l'adozione tempestiva di strategie mirate a limitare la contaminazione della granella.

Parole chiave: mais; qPCR multiplex; *Fusarium verticillioides*; *Aspergillus flavus*; micotossine.

Bibliografia essenziale

Suanthie Y., Cousin M. A., Woloshuk, C. P. 2009. Multiplex real-time PCR for detection and quantification of mycotoxigenic *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*. *Journal of stored products research*, 45(2): 139-145.
Chen X., Abdallah M. F., Landschoot S., Audenaert K., De Saeger S., Chen X., Rajkovic A. 2023. *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides* and their main mycotoxins: Global distribution and scenarios of interactions in maize. *Toxins*, 15(9): 577.

Nuove varietà amido-resistenti di grano duro per lo sviluppo di una filiera ad alto valore nutrizionale - AMIGRANO

Arianna Frittelli[1], Samuela Palombieri[1,2], Francesco Sestili[1,2], Stefania Masci[1], Silvia Folloni[4], Jad B. Novi[4], Federica Baldassarre[4], Oriana Porfiri[3], Beyene Ejigu Ayano[3], Giulio Fratini[3]

[1]Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Via San Camillo De Lellis, 01100, Viterbo (VT);
[2]Valuegroovers srl spinoff dell'Università della Tuscia, Via San Camillo De Lellis, 01100 Viterbo (VT);
[3]CGS Sementi SpA, Strada Spoletina 5, 05021 Acquasparta (TR);
[4]Open Fields srl, Strada Madonna dell'Aiuto 7/A, 43126 Parma (PR)

L'incremento del contenuto di amilosio nel frumento duro rappresenta una strategia innovativa per migliorare la qualità nutrizionale dei prodotti derivati, in particolare della pasta. Un più elevato tenore di amilosio è infatti strettamente associato a un aumento della frazione di amido resistente (RS), componente non digeribile dell'amido che svolge un ruolo fisiologico rilevante, contribuendo alla modulazione della risposta glicemica e al mantenimento della salute del microbiota intestinale. Lo sviluppo di varietà di frumento duro ad alto contenuto di amilosio costituisce pertanto un obiettivo prioritario nell'ambito del miglioramento genetico orientato alla produzione di alimenti funzionali.
Il progetto AMIGRANO, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito dell'Intervento SRG08 del Co-PSR 2023-2027, è focalizzato sulla realizzazione e caratterizzazione di nuove linee/genotipi di frumento duro ad alto contenuto di amilosio attraverso un approccio integrato che combina selezione assistita da marcatori (MAS), miglioramento genetico e caratterizzazione biochimica. Sono attualmente disponibili le piante della progenie F_2 derivanti dal backcross di otto combinazioni di incrocio tra varietà italiane élite e linee "high amylose/RS". Le linee mutanti nei geni *SBEIIa* sono state identificate mediante marcatori molecolari KASP® allele-specifici. Lo screening molecolare ha consentito di individuare linee doppio mutanti per i loci *SBEIIa-A* e *SBEIIa-B*, responsabili del fenotipo ad alto contenuto di amilosio.
La caratterizzazione biochimica delle linee selezionate prima del backcross ha evidenziato un contenuto di amilosio compreso tra il 49% e il 56% e un contenuto di amido resistente tra il 3% e il 4%. Il progetto AMIGRANO consentirà di ottenere nuove linee italiane di frumento duro ad elevato contenuto di amido resistente, combinando il miglioramento del profilo nutrizionale con il mantenimento delle caratteristiche agronomiche e qualitative delle varietà di riferimento, con potenziali ricadute significative per la filiera della pasta e degli alimenti funzionali a base di semola.

Parole chiave: seminativi, risorse genetiche, grano duro, amido resistente

Genotipi InnOvativi di Frumento duro per l'AgricoltuRa sostenibile – GO-FAR

Jad B. Novi[1], Silvia Folloni[1], Federica Baldassarre[1], Giovanni Giuntoli[2], Greta Polidori[2], Francesca Passuello[2], Eder Groli[3], Marco Maccaferri[4]

[1]Open Fields srl, Strada Madonna dell'Aiuto 7/A, 43126 Parma (PR);
[2]HORTA srl, Via Egidio Gorra 55, 29122 Piacenza (PC);
[3]S.I.S. Società Italiana Sementi, Via Mirandola 5, 40068 San Lazzero di Savena (BO);
[4]Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL), Alma Mater Studiorum, 40127 Bologna (BO)

Il progetto GO-FAR si inserisce nel contesto della crescente instabilità climatica e della necessità di rafforzare la sostenibilità del comparto del grano duro, con particolare riferimento all'area dell'Emilia-Romagna, tra le principali regioni produttrici a livello nazionale. In questo scenario, l'integrazione tra miglioramento genetico e ottimizzazione dei modelli agronomici rappresenta una leva strategica per garantire produzioni stabili e di elevata qualità tecnologica e sanitaria.

L'obiettivo del progetto è l'identificazione e la validazione di genotipi di frumento duro caratterizzati da elevata adattabilità agli stress abiotici e biotici e da un miglior profilo qualitativo della granella, attraverso un approccio integrato che combina genetica, agronomia e tecnologie digitali. Particolare attenzione è rivolta alla resistenza alle principali fitopatologie, tra cui la fusariosi della spiga, anche in relazione alla prevenzione dell'accumulo di micotossine (in particolare deossinivalenolo, DON), e alla selezione di genotipi efficienti nell'uso dell'azoto.

L'attività di miglioramento genetico si avvale di selezione assistita da marcatori molecolari e strumenti genomici avanzati per l'individuazione di linee con resistenze stabili e caratteri agronomici favorevoli. Tali materiali sono sottoposti a screening in ambiente controllato per la valutazione della risposta ai patogeni e per l'analisi di tratti morfo-fisiologici, inclusa l'architettura radicale, funzionale all'efficienza nell'assorbimento delle risorse.

Parallelamente, i genotipi selezionati sono valutati in prove di campo in differenti sistemi colturali e sotto diversi livelli di fertilizzazione azotata, al fine di analizzare l'interazione genotipo × ambiente × gestione agronomica. In particolare, la modulazione degli apporti di azoto viene studiata in relazione sia alla resa sia ai principali parametri qualitativi della granella, quali contenuto proteico, caratteristiche merceologiche e idoneità alla trasformazione industriale.

Questo approccio consente di approfondire il legame tra caratteristiche genetiche e valore d'uso, evidenziando come le scelte varietali e le pratiche agronomiche influenzino non solo la produttività, ma anche la qualità tecnologica e la sicurezza alimentare del prodotto finale. L'integrazione di sistemi di supporto alle decisioni (DSS) e tecnologie di agricoltura di precisione contribuisce inoltre a ottimizzare gli input, migliorando l'efficienza e la sostenibilità dei sistemi produttivi.

I risultati attesi includono l'individuazione di linee avanzate con elevato potenziale produttivo e qualitativo, resistenti alle principali fitopatie e idonee a sistemi colturali a ridotto input, nonché la definizione di protocolli agronomici in grado di valorizzare l'interazione tra genetica e ambiente. GO-FAR si propone quindi come un modello di trasferimento dell'innovazione dal miglioramento genetico alla filiera produttiva, contribuendo allo sviluppo di sistemi cerealicoli più resilienti, sostenibili e orientati alla qualità.

Parole chiave: seminativi, risorse genetiche, grano duro, digitalizzazione

Valorizzazione del germoplasma di frumento pugliese attraverso la caratterizzazione qualitativa e organolettica dei prodotti trasformati

Romina Beleggia, Valeria Menga, Valentina Giovanniello, Fabio Fania, Patrizio Spadanuda, Ida Colella, Giuseppina Angione, Ivano Pecorella, Pasquale De Vita

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi economica (CREA), Centro di ricerca per la cerealicoltura e colture industriali (CI), S.S. 673, metri 25200, 71122 Foggia (FG)

La conservazione della biodiversità agricola rappresenta un elemento cruciale per garantire la sostenibilità e la resilienza delle produzioni cerealicole. Nel presente studio sono state analizzate 30 varietà di frumento duro e tenero, comprendenti sia cultivar moderne sia landraces autoctone della regione Puglia, con l'obiettivo di caratterizzarne i tratti agronomici, tecnologici, nutrizionali e sensoriali. Sono stati determinati i principali parametri qualitativi, tra cui proteine, carotenoidi totali, polifenoli totali, attività antiossidante, ceneri, parametri colorimetrici e volume di sedimentazione SDS. Sulla base dei risultati preliminari, quattro varietà rappresentative sono state selezionate per l'analisi del profilo metabolico (GC-MS) e per la determinazione dei carotenoidi (HPLC): Antalis e Carlantino (frumento duro), Bologna e Risciola (frumento tenero). Sugli sfarinati dei quattro genotipi selezionati sono state misurate le pasting properties; successivamente sono stati utilizzati per la produzione di cracker integrali, sottoposti a valutazione sensoriale mediante metodo Check-All-That-Apply (CATA) e a test di accettabilità da parte dei consumatori.

I risultati hanno evidenziato una marcata variabilità sia interspecifica sia intraspecifica tra le varietà analizzate. In particolare, il frumento duro ha mostrato concentrazioni significativamente più elevate di carotenoidi e valori cromatici più intensi, mentre il frumento tenero ha evidenziato maggiori volumi di sedimentazione SDS e una superiore luminosità della farina. L'analisi delle componenti principali (PCA) ha confermato che le variabili maggiormente discriminanti tra i genotipi erano rappresentate dalle caratteristiche cromatiche e dai parametri associati alla qualità proteica.

Per quanto riguarda le varietà selezionate, sia l'analisi PCA sia l'analisi gerarchica dei cluster (HCA) hanno evidenziato differenze significative nei profili metabolici. In particolare, Carlantino e Risciola, entrambe landraces, rispettivamente di frumento duro e tenero, hanno mostrato specifiche peculiarità: Carlantino è risultato arricchito in monosaccaridi e polioli, mentre Risciola ha presentato concentrazioni più elevate di aminoacidi essenziali e una maggiore attività antiossidante. Inoltre, le due landraces hanno mostrato un amido meno suscettibile al rigonfiamento rispetto alle varietà moderne, manifestando una minore tendenza alla retrogradazione, caratteristica che suggerisce una potenziale maggiore shelf-life dei prodotti derivati.

Relativamente alle proprietà sensoriali dei cracker, il prodotto ottenuto dal frumento tenero Risciola ha ottenuto i punteggi più elevati in termini di accettabilità complessiva, distinguendosi per attributi quali gusto, croccantezza e friabilità, nonché per aroma, colore e intensità del sapore.

Nel complesso, i risultati evidenziano il rilevante potenziale del germoplasma pugliese di frumento per lo sviluppo di prodotti cerealicoli caratterizzati da elevati standard nutrizionali e qualitativi. Tale identità territoriale può essere valorizzata in ambito commerciale attraverso filiere corte dedicate alla produzione di alimenti tipici locali, con potenziali benefici per le piccole aziende agricole, la conservazione della biodiversità e l'ampliamento dell'offerta alimentare ad alto valore aggiunto.

Parole chiave: grano, risorse genetiche, profilo metabolico, valutazione sensoriale, innovazione alimentare

Gestione della concimazione azotata del frumento tenero mediante indici vegetazionali in funzione di obiettivi produttivi e qualitativi

Raffaele Meloni, Stefano Cat Genova, Marco Laiolo, Mattia Scapino, Massimo Blandino

Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO)

La concimazione azotata nel frumento è un fattore agronomico fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi produttivi e qualitativi (contenuto proteico). Tuttavia, il contesto attuale impone di razionalizzare gli apporti azotati, per bilanciare i costi colturali e minimizzare i potenziali impatti ambientali e di emissione dirette e indirette di gas clima-alteranti. Negli ambienti temperati, tale pratica prevede tipicamente tre interventi commisurati agli asporti potenziali della coltura. I primi due, effettuati in accestimento e levata, hanno l'obiettivo, di garantire un adeguato numero di spighe e di spighette fertili per sostenere la produzione finale. Il terzo intervento, condotto tardivamente (spigatura) è finalizzato all'incremento del contenuto proteico, soprattutto nelle varietà di forza. Nel contesto dell'agricoltura di precisione, diversi sistemi a supporto delle decisioni, basati su indici vegetazionali (es. NDVI o NDRE), permettono di modulare gli interventi in termine di dose per raggiungere determinati livelli produttivi o qualitativi e ottenere colture più omogenee all'interno dell'appezzamento.
Una sperimentazione parcellare, svolta in due annate agrarie e considerando una cultivar di forza e una ibrida panificabile, ha previsto l'applicazione fattoriale di quattro dosi di azoto all'accestimento (0, 33, 66, 99 kg N ha^{-1}), cinque alla levata (0, 33, 66, 99, 132 kg N ha^{-1}) e tre in spigatura (0, 33, 66 kg N ha^{-1}), quest'ultime considerate esclusivamente in combinazione con la dose di 66 kg N ha^{-1} all'accestimento e con le dosi di levata, per un totale di 30 combinazioni. Durante la campagna agraria, sono stati misurati gli indici vegetazionali NDVI e NDRE tramite strumentazione attiva Rapidscan con particolare riferimento alle date di concimazione azotata. A partire dai dati produttivi e qualitativi (contenuto proteico) sono stati sviluppati modelli distinti per ciascuna varietà per gestire la dose nei tre momenti di applicazione in funzione dei valori degli indici vegetazionali.
NDVI e NDRE si sono dimostrati ottimi predittori della resa e del contenuto proteico finale. I modelli sviluppati hanno dimostrato una buona affidabilità nel suggerire la dose di azoto da distribuire in accestimento in modo tale da raggiungere un adeguato sviluppo espresso come indice vegetazionale alla levata. Successivamente, il modello sviluppato per la concimazione di levata ha garantito una buona indicazione della dose da distribuire in funzione del target produttivo. In ultimo, il modello per la gestione della concimazione in spigatura ha permesso di adattare la dose in funzione dell'attitudine qualitativa della varietà e dell'obiettivo qualitativo prefissato.
I risultati ottenuti rappresentano la base di sistemi di supporto alle decisioni per la gestione in filiera della coltivazione del frumento, anche considerando tecniche di concimazioni a rateo variabile.

Parole chiave: Contenuto proteico, Indici vegetazionali, Concimazione azotata, Modelli decisionali

Caratteristiche chimiche, fisiche e reologiche di farine di grani teneri coltivati a diversa altitudine

Lorenzo Broccolini, Riccardo De Flaviis, Giampiero Sacchetti

Università degli Studi di Teramo, Dipartimento di Bioscienze e Tecnologie Agroalimentari e Ambientali, Via R. Balzarini 1, 64100 Teramo (TE)

I frumenti tradizionali, relegati ad un ruolo marginale dopo la 'Green Revolution', negli ultimi anni suscitano un rinnovato interesse, ma pochi di essi sono antichi. Tra le varietà antiche di frumento tenero spicca la varietà Solina [1], che nell'arco dei secoli si è adattata alla coltivazione in altitudine nei territori interni della regione Abruzzo [2], essa è caratterizzata da resa modesta (circa 25 q/ha) e cariossidi di grandi dimensioni con un contenuto proteico abbastanza elevato (13,5%-15,5%). La coltivazione della Solina è praticata in regime biologico senza ricorrere a concimazione se non attraverso la rotazione colturale. L'obiettivo di questo lavoro è stato il confronto delle caratteristiche chimiche, fisiche e reologiche di farine di Solina coltivate in Abruzzo (in regime biologico e senza fertilizzazione) a diverse altitudini (70, 500 e 1200 m s.l.m.) con quelle di due cultivar di frumenti moderni coltivati nelle medesime condizioni: Vittorio (categoria panificabile superiore) e Bologna (categoria di forza). Sulle farine sono state determinati: granulometria, contenuto in proteine e ceneri, e caratteristiche reologiche mediante farinografo Brabender e alveografo Chopin. In base ai risultati ottenuti, è possibile asserire che la resa di macinazione è influenzata positivamente dall'altitudine per le cultivar moderne mentre è costante per la Solina. Il tenore di ceneri è più basso in collina dove la cultivar Bologna mostra i valori più bassi. Il contenuto proteico è variabile in funzione dell'altitudine: in pianura si hanno i valori più alti, con la Bologna che mostra il tenore maggiore, mentre in montagna la Vittorio (cultivar precoce) mostra il tenore superiore. Per quanto concerne la granulometria, le cultivar moderne mostrano valori standard e simili tra loro mentre la Solina risulta decisamente più grossolana nonostante abbia bassa 'hardness'.
Nelle analisi farinografiche, l'assorbimento a 500 UB non risulta influenzato dall'altitudine, con la Solina che mostra i valori più bassi e Bologna i più alti. Solina e Bologna hanno il massimo valore di stabilità (S), in pianura, mentre la Vittorio rimane costante. Il rammollimento a 12 min mostra valori più bassi in pianura e la Bologna presenta i valori più bassi.
In base alle analisi alveografiche, in pianura si rilevano i valori più alti di W mentre in collina i peggiori. La Solina dispone di W inferiore alle cultivar moderne e la Bologna, a differenza delle altre, dispone di valori di W più alti in collina che in montagna. La Solina mostra valori di P/L molto inferiori alle cultivat moderne che tendono però a crescere in montagna, Bologna e Vittorio mostrano invece valori più bassi in collina e valori più alti e simili tra loro in pianura e montagna.
In conclusione, la varietà Solina, lungamente adattatasi alla coltivazione in altitudine, ha mostrato una qualità della farina alquanto costante al variare dell'altitudine, mentre le cultivar moderne ne sono risultate maggiormente influenzate.

Parole chiave: Solina, altitudine, granulometria, qualità, reologia

Bibliografia essenziale

[1] Porfiri O., Silveri D. 2004. La Solina e altre varietà locali di cereali ancora coltivate in Abruzzo: i risultati di una campagna di collezione e caratterizzazione promossa dall'ARSSA. In G. Russo (ed.) *Atti VI Convegno Nazionale "Biodiversità: opportunità di sviluppo sostenibile"* (pp. 843-852). Tecnomack.
[2] Morcia C., De Flaviis R., Terzi V., Gasparelli M.E., Ghizzoni R., Badeck F.-W., Rizza F., Santarelli V., Tumino G., Sacchetti G. 2023. Long-term *in situ* conservation drove microevolution of Solina d'Abruzzo wheat on adaptive, agronomic and qualitative traits. *Plants*, 12: 1306.

Proprietà tecnologiche e influenza sulla conservazione a breve termine e sulla risposta glicemica dell'aggiunta di inulina al pane di frumento duro

Michele Canale[1], Rosalia Sanfilippo[1], Maria Concetta Strano[2], Anna Rita Bavaro[3], Margherita Amenta[2], Michele Bizzini[4], Maria Allegra[2], Sebastiano Blangiforti[4], Alfio Spina[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Corso Savoia 190, 95124 Acireale (CT);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Olivicoltura Frutticoltura e Agrumicoltura, Corso Savoia 190, 95124 Acireale (CT);
[3]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via G. Amendola, 122/O, 70126 Bari (BA);
[4]Stazione Consorziale Sperimentale di Granicoltura per la Sicilia, Via Sirio 1, 95041 Caltagirone (CT)

L'inulina è una fibra alimentare solubile ampiamente utilizzata nell'industria alimentare per le sue proprietà prebiotiche e per il potenziale miglioramento del profilo nutrizionale degli alimenti. In particolare, il suo impiego nei prodotti da forno è di crescente interesse per la possibilità di ridurre l'indice glicemico e aumentare il contenuto in fibra. Obiettivo del presente studio è stato quello di valutare l'effetto dell'aggiunta di inulina, in sostituzione parziale della semola di frumento duro, sulle proprietà tecnologiche, reologiche e nutrizionali del pane, con particolare attenzione all'impatto sull'indice glicemico. Sono state analizzate formulazioni con diversi livelli di integrazione di inulina (5%, 10% e 20%). I risultati hanno evidenziato che l'aggiunta di inulina comporta una significativa riduzione della capacità di legare acqua, passando da 1,4 g/100 g del controllo a 0,80 g/100 g nel campione con il 20% di inulina, invece senza effetti rilevanti sulla capacità di legare olio.
Le analisi reologiche hanno mostrato che, a partire dal 5% di integrazione, il tempo di sviluppo dell'impasto aumenta sensibilmente, mentre la stabilità tende a ridursi rispetto al controllo. Inoltre, la combinazione tra minore capacità di assorbimento idrico e maggiore contenuto in fibra solubile determina un incremento della forza e della tenacità degli impasti. Le prove al mixografo hanno evidenziato un aumento del tempo di formazione dell'impasto, soprattutto nei campioni con il 20% di inulina, indicando una maggiore resistenza alla lavorazione. Dal punto di vista tecnologico, l'aggiunta di inulina ha determinato una riduzione del volume dei pani e un aumento della resa in pane. Durante la conservazione, i campioni arricchiti hanno mostrato una minore perdita di peso rispetto al controllo, suggerendo un miglior mantenimento dell'umidità. Per quanto riguarda il colore, l'inulina ha favorito un'intensificazione della reazione di Maillard, determinando un progressivo inscurimento della crosta all'aumentare del livello di integrazione, mentre la mollica ha mostrato una colorazione più chiara rispetto al controllo. Le analisi nutrizionali hanno evidenziato un incremento proporzionale del contenuto di inulina nei prodotti finiti e una riduzione dell'indice glicemico previsto nei campioni arricchiti. Nel complesso, l'aggiunta di inulina ha influenzato significativamente le proprietà reologiche e tecnologiche degli impasti e dei prodotti finiti. Elevati livelli di integrazione (≥10%) hanno migliorato il profilo nutrizionale ma compromesso, almeno in parte, la qualità tecnologica del pane. Pertanto, tra le formulazioni testate, quella con il 5% di inulina rappresenta il miglior compromesso tra caratteristiche tecnologiche e benefici nutrizionali.

Parole chiave: fibra solubile, frumento duro, pane, percentuali di integrazione, qualità tecnologiche e nutrizionali

Bibliografia essenziale

Canale M., Sanfilippo R., Strano M. C., Bavaro A. R., Amenta M., Bizzini M., Allegra M., Blangiforti S., Spina A. 2024. Technological properties of inulin-enriched doughs and breads, influence on short-term storage and glycemic response. *Foods*, 13(17): 2711.

Prodotti fermentati a base di cereali e legumi, microbiomi e *edible* packaging

Vittorio Capozzi[1], *Mariagiovanna Fragasso*[2], *Michela Palumbo*[1], *Maria Cefola*[1], *Maria Lucia Valeria de Chiara*[1]

[1]*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via Protano 71121, Foggia (FG);*
[2]*Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG)*

I percorsi di innovazione transdisciplinare rappresentano uno degli elementi che caratterizzano la transizione sostenibile dei sistemi alimentari. A questo riguardo, sviluppare miglioramenti a basso impatto ambientale nel campo della conservazione degli alimenti richiede sempre più strategie integrate che combinino soluzioni basate sui microrganismi, il biocontrollo, e soluzioni di packaging emergenti. Con un consorzio integrato e la partecipazione di portatori di interesse di rilievo industriale, il progetto INTACTBioPack (https://intactbiopack.com/) mira ad affrontare la complessità del contesto. Gli approcci di conservazione tradizionali si basano spesso su singoli agenti antimicrobici o su colture di biocontrollo a singolo ceppo. Sebbene questi rimangano validi per la loro riproducibilità e la semplicità di applicazione, si sta prestando sempre maggiore attenzione alle comunità microbiche funzionali e agli approcci basati sul microbioma, che possono offrire maggiore robustezza ecologica, prestazioni amplificate e resilienza in diverse matrici alimentari. L'applicazione di microrganismi o dei loro metaboliti attraverso il packaging e le soluzioni di coating edibili rappresenta un'opportunità emergente, che intercetta questo tipo di trend. Un elemento chiave di questa transizione è il ruolo delle Collezioni di Colture Microbiche (CCs), che consentono di gestire in modo appropriato ceppi e consorzi microbici a supporto delle attività di ricerca, nonché della validazione e dell'applicazione industriale. Il ruolo delle CCs è peraltro rilevante anche nel design di challenge test avanzati che consentono di calibrare soluzioni efficienti e a bassa impronta ecologica. Le attività riportate sono supportate dal progetto “INTelligent, ACTive MicroBIOme-based, biodegradable PACKaging for Mediterranean food (INTACTBioPack)” finanziato dal *PRIMA Programme Section 2 (2023)*.

Parole chiave: microbiomi, fermentazione, coating, packaging, biocontrollo

Bibliografia essenziale

Capozzi V., Fragasso M., Bimbo F. 2021. Microbial Resources, Fermentation and Reduction of Negative Externalities in Food Systems: Patterns toward Sustainability and Resilience. *Fermentation,* 7. https://doi.org/10.3390/fermentation7020054

Awad N.M., Capozzi V., Guillard V., Goksen G. 2025. An innovative approach for probiotics and postbiotics-based antimicrobial packaging systems: design, characterization, and benefit for food application. *Current Opinion in Food Science,* 64: 101315. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2025.101315

de Chiara M.L.V., Essid I., Daaloul O., Mallek H., Guillard V., Coffigniez F., Hariri M., Lammi S., Kurek M., Awad N.M.H., Abushady A.M., Locali-Pereira A.R., Ribeiro N., Pereira C.S., Goksen G., Olivares M., Capozzi V. 2026. Food spoilage and packaging solutions: key Mediterranean case studies. *Food Research International*, 229: 118446. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2026.118446

Simone N.D., Scauro A., Fatchurrahman D., Russo P., Capozzi V., Spano G., Fragasso M., 2024. Inclusion of Antifungal and Probiotic Lactiplantibacillus plantarum Strains in Edible Alginate Coating as a Promising Strategy to Produce Probiotic Table Grapes and Exploit Biocontrol Activity. *Horticulturae*, 10. https://doi.org/10.3390/horticulturae10040419

Innovazione nella gestione degli alteranti microbici in bevande fermentate, inclusi prodotti a base di cereali e legumi

Vittorio Capozzi[1], *Saverio Castelli*[1,2], *Mariagiovanna Fragasso*[3], *Maria Gullo*[2], *Maria Lucia Valeria de Chiara*[1]

[1]*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via Protano, 71121 Foggia (FG);*
[2]*Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Scienze della Vita, Via Giuseppe Campi 287, 41125 Modena (MO);*
[3]*Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG)*

L'Europa vanta una lunga tradizione nella produzione e nel consumo di bevande fermentate, che sono associate a rilevanti valori economici, sociali e ambientali. Accanto ai prodotti tradizionali, esiste il settore emergente delle produzioni *plant-based*, soprattutto a base di cereali e legumi. Il settore è sempre più esposto a molteplici sfide, tra cui i fenomeni di alterazione microbica, che rappresentano uno dei principali fattori di significative perdite qualitative ed economiche e compromettono la sostenibilità delle produzioni. La comprensione approfondita dei microrganismi e dei meccanismi alla base del deterioramento microbico, così come delle strategie di controllo, rimane ancora limitata. Il progetto SpoilControl (https://spoilcontrol.hub.inrae.fr/) è calibrato per sviluppare una strategia originale basata su molteplici bevande, molteplici discipline, dalle scienze ambientali e della vita all'ingegneria e all'economia, e molteplici soluzioni, attraverso lo sviluppo di trattamenti biologici, chimici e fisici sostenibili. Il consorzio copre l'intera filiera della fermentazione, dalla fermentazione al bicchiere, con 34 partner, tra cui università, piccole e medie imprese, grandi imprese, cluster di innovazione, start-up, laboratori di analisi, istituti tecnici e un gruppo di produttori casalinghi. SpoilControl ambisce a generare molteplici impatti: a livello scientifico, lo studio di specie microbiche non convenzionali sarà utile anche al di là del settore della fermentazione; a livello sociale, SpoilControl migliorerà la consapevolezza pubblica riguardo alle questioni di sicurezza negli alimenti fermentati e promuoverà le migliori pratiche per tutti gli utenti finali, inclusi operatori industriali e consumatori; infine, lo sviluppo di soluzioni e trattamenti innovativi produrrà un impatto economico sia immediato sia di lungo periodo. SPOILCONTROL è un Doctoral Network finanziato da Marie Skłodowska-Curie Actions.

Parole chiave: spoilage, plant-based, bevande, fermentazione, biocontrollo

Bibliografia essenziale

Brugnoli M., Cantadori E., Arena M.P., Vero L.D., Colonello A., Gullo M. 2023. Zero- and Low-Alcohol Fermented Beverages: A Perspective for Non-Conventional Healthy and Sustainable Production from Red Fruits. *Fermentation*, 9. https://doi.org/10.3390/fermentation9050457

Signorello L., Brugnoli M., Arena M.P., Gullo M. 2026. Isolation and Reassembly of Cultivable Bacteria and Yeasts for Kombucha Tea Fermentation. *Fermentation*, 12. https://doi.org/10.3390/fermentation12020100

Berbegal C., Tufariello M., Grieco F., la Gatta B., Capozzi V., Fragasso M. 2025. Characterisation of a sulphite-tolerant Schizosaccharomyces pombe strain: potential as spoilage in oversulphited must and as starter cultures in wine. *Food Bioscience*, 74: 107803. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107803

Effetto della lavorazione del terreno e del trattamento fungicida sull'accumulo di asparagina nelle farine di frumento e il rischio acrilammide nei prodotti da forno

Valentina Guarino[1], Valentina Scarpino[1], Raffaele Meloni[1], Fabio Carnovale[1], Christos Fryganas[2], Laura Righetti[3], Vincenzo Fogliano[2], Massimo Blandino[1]

[1]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[2]Food Quality and Design Group, Department of Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands;
[3]Wageningen Food Safety Research, Wageningen University & Research, Wageningen, The Netherlands

L'asparagina libera (ASN) rappresenta il principale precursore dell'acrilammide (AA), un contaminante di processo classificato come potenzialmente cancerogeno per l'uomo, che si forma nei prodotti da forno a base di cereali. Il presente studio, condotto nell'arco di cinque campagne agrarie nel Nord Italia, analizza l'effetto combinato di diverse tecniche di lavorazione del suolo e di strategie di difesa fungicida sull'accumulo di ASN nella farina integrale e raffinata di frumento tenero. Il disegno sperimentale ha previsto il confronto di quattro tesi agronomiche, ottenute dalla combinazione fattoriale di due modalità di lavorazione del suolo (minima lavorazione vs aratura convenzionale) e della presenza o assenza di un trattamento fungicida applicato in fase di fioritura.
La combinazione di minima lavorazione e assenza di trattamento fungicida ha determinato, in tutti gli anni e per tutte le *cultivar* considerate, le concentrazioni più elevate di ASN nella farina integrale. L'applicazione del fungicida, l'aratura con interramento dei residui colturali e la loro combinazione hanno ridotto la concentrazione di ASN rispettivamente del 37%, 22% e 48%. Analogamente, la concentrazione di AA nei biscotti ottenuti da farine integrali è risultata coerente con i livelli iniziali di ASN nelle materie prime: rispetto alle farine derivanti da minima lavorazione senza trattamento fungicida, l'applicazione del fungicida, dell'aratura e di entrambe le strategie ha comportato una riduzione della AA pari al 18%, 14% e 22%, rispettivamente. Le differenze osservate nella concentrazione di ASN sono risultate strettamente associate agli effetti positivi delle pratiche agronomiche sul contenimento della severità della fusariosi della spiga e sull'aumento del peso dei mille semi. Poiché l'ASN è maggiormente concentrata nel pericarpo delle cariossidi, un più elevato grado di riempimento durante la fase di maturazione determina un effetto di diluizione di questo precursore dell'AA nelle farine integrali: oltre il 50% della variabilità della concentrazione di ASN è infatti spiegato dall'aumento del peso delle cariossidi. L'analisi delle farine raffinate, nelle quali il pericarpo viene rimosso durante la molitura a cilindri, evidenzia però anche il potenziale contributo delle pratiche agronomiche su meccanismi legati alla fisiologia della coltura. Anche in questa condizione, in cui viene escluso l'effetto diluizione, l'applicazione del fungicida ha determinato una significativa riduzione della concentrazione di ASN.
Nel complesso, le pratiche agronomiche che favoriscono un più completo riempimento della cariosside durante la maturazione possono contribuire a ridurre la concentrazione di ASN, in particolare nelle farine integrali, risultando quindi rilevanti per l'elaborazione di disciplinari di coltivazione finalizzati alla mitigazione della formazione di AA nei prodotti da forno.

Parole chiave: Minima lavorazione, aratura, fusariosi della spiga, asparagina, farina integrale, biscotti integrali

Amido resistente da mais italiano: progetto MAISTAR

Martina Cassarino[1], *Margherita Dall'Asta*[2], *Matteo Busconi*[3], *Silvia Folloni*[4], *Gianluca Giuberti*[1]

[1]*Università Cattolica del Sacro Cuore, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una filiera agro-alimentare Sostenibile (DiSTAS), Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Via E. Parmense 84, 29122 Piacenza (PC), (Piacenza-Cremona);*
[2]*Università Cattolica del Sacro Cuore, Dipartimento di Scienze animali, della nutrizione e degli alimenti (DiANA), Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Via E. Parmense 84, 29122 Piacenza (PC), (Piacenza-Cremona);*
[3]*Università Cattolica del Sacro Cuore, Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili (DI-PRO-VE. S), Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Via E. Parmense 84, 29122 Piacenza (PC), (Piacenza-Cremona);*
[4]*Open Fields S.r.L, Strada Madonna Dell'Aiuto 7/A, 43126 San Pancrazio (PR)*

La filiera maidicola italiana ed europea sta attraversando una fase di progressiva contrazione dovuta alla riduzione delle superfici coltivate, alla crescente pressione dei costi di produzione e alla necessità di individuare nuovi sbocchi ad alto valore aggiunto. Parallelamente, persistono criticità nutrizionali nella popolazione italiana legate all'insufficiente consumo di fibra alimentare e alla scarsa qualità nutrizionale di alcuni prodotti a base cereali, in particolare nel comparto gluten-free. In questo contesto si inserisce il progetto *MAISTAR*, finalizzato allo sviluppo di una filiera innovativa basata sulla produzione di amido resistente da mais bianco coltivato in modo sostenibile. Gli obiettivi scientifici del progetto sono: 1) sperimentazione agronomica, condotta per due campagne colturali consecutive, finalizzata alla validazione di protocolli di coltivazione sostenibile mediante l'impiego di biostimolanti microbici, e strategie innovative di nutrizione e difesa fitosanitaria; 2) ottimizzazione dell'estrazione di amido da mais bianco attraverso processi a basso consumo idrico e la trasformazione dell'amido estratto in amido resistente termostabile (RS3) mediante cicli controllati di gelatinizzazione e retrogradazione. Contestualmente saranno caratterizzati e valorizzati i coprodotti dell'estrazione in un'ottica di economia circolare; 3) caratterizzazione tecnologica, nutrizionale e funzionale dell'ingrediente ottenuto o di alimenti formulati con esso, con particolare riferimento a prodotti bakery e gluten-free, mediante prove di digestione e fermentazione *in vitro* e determinazione dell'effetto sulla risposta glicemica post-prandiale *in vivo*. Infine, il progetto prevederà il trasferimento di processi su scala pilota, la definizione di modelli di business e la valutazione della fattibilità tecnico-economica della filiera. MAISTAR mira quindi a creare un nuovo segmento "specialty" per il mais italiano, generando un ingrediente funzionale, contribuendo alla sostenibilità delle produzioni agricole e favorendo lo sviluppo di alimenti con un miglior profilo nutrizionale. Il progetto coinvolge un partenariato multidisciplinare composto da Open Fields S.r.L, Università Cattolica del Sacro Cuore, La Sanfermese S.p.A. e Corn Valley S.r.l., oltre a sette aziende agricole lombarde.

Parole chiave: Amido resistente, Mais bianco, Low-water, Sostenibilità; Biostimolanti

Finanziamento: Complemento per lo Sviluppo Rurale del Piano Strategico Nazionale della PAC 2023-2027 della Regione Lombardia, Intervento SRG01. Nr. Procedimento: 202503305244

Attrattività e suscettibilità del grano arso verso il punteruolo del grano, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae)

Ilaria D'Isita, Cristiana Chiorazzi, Onofrio Marco Pistillo, Giacinto Salvatore Germinara

Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG)

Sitophilus granarius (L.) (Coleoptera, Curculionidae) è uno dei principali fitofagi primari dei cereali conservati. Negli ultimi anni si è registrata una significativa riscoperta dei prodotti della tradizione rurale, tra cui il "grano arso". Attualmente, il grano arso è prodotto mediante processi controllati di tostatura che conferiscono note aromatiche affumicate e che ne fanno un prodotto molto apprezzato dai consumatori. Nel presente lavoro, l'attrattività e la suscettibilità del grano arso verso gli adulti di *S. granarius* sono state confrontate con quelle di frumento duro non tostato, inoltre, è stata valutata l'efficienza di utilizzazione dei due substrati da parte del curculionide. Infine, i composti organici volatili (VOCs) emessi da cariossidi di grano arso sono stati estratti dallo spazio di testa, mediante microestrazione in fase solida (HS-SPME), e identificati in analisi di gascromatografia abbinata a spettrometria di massa (GC-MS). La risposta comportamentale degli adulti di *S. granarius* agli odori emessi dalle cariossidi di grano arso è stata valutata in biosaggi a caduta di doppia scelta che hanno permesso di calcolare un Indice di risposta (IR) variabile tra 100 (totale attrazione) e -100 (totale repellenza). La suscettibilità del grano arso ad attacchi di *S. granarius* è stata valutata mediante un Indice di Suscettibilità (IS) che tiene conto del numero di progenie sviluppatosi sul substrato e del tempo medio di sviluppo. Biosaggi di ingestione con dischetti di sfarinato integrale di grano arso e di grano non tostato utilizzato come controllo, hanno permesso di calcolare alcuni indici nutrizionali (RCR, Relative Consumption Rate; RGR, Relative Growth Rate; ECI, Efficiency Conversion of Ingested Food; FDI, Feeding Deterence Index) per valutare accettazione e utilizzazione dei substrati.

Il grano arso ha indotto un IR negativo e significativo, indicante un marcato effetto repellente verso gli adulti del curculionide; contrariamente il grano non testato ha indotto un IR positivo e significativo dimostrando un chiaro effetto attrattivo verso gli insetti. Tale differenza nella risposta comportamentale è stata probabilmente determinata dal diverso profilo di VOCs emessi da cariossidi non tostate rispetto a quelle tostate che, per effetto del processo di tostatura, hanno evidenziato un elevato contenute di pirazine e composti furanici. Sulla base dei valori di IS, il grano arso è stato classificato come resistente agli attacchi di *S. granarius* mentre il grano non tostato è risultato suscettibile. Nei biosaggi di ingestione, il valore di RCR del grano arso è risultato significativamente inferiore rispetto al controllo, indicando che il substrato è stato consumato in minore quantità e meno velocemente. I valori medi di RGR e di ECI sono risultati negativi indicando, rispettivamente, una diminuzione del peso medio degli insetti durante l'esperimento e una scarsa efficienza di conversione alimentare del substrato; al contrario, entrambi gli indici sono risultati positivi per il grano non tostato. L'indice FDI calcolato per lo sfarinato di grano arso è risultato positivo, indicando effetti fagodeterrenti verso gli insetti, e negativo per il grano non tostato. Nel complesso, la repellenza, la resistenza e la deterrenza del grano arso suggeriscono un possibile ruolo della tostatura nella prevenzione delle infestazioni da insetti in postraccolta.

Parole chiave: insetti del postraccolta, tostatura, deterrenza, repellenza, resistenza

La filiera dei legumi: dal campo alla tavola, un viaggio tra innovazione e sostenibilità

Federica Colucci[1], Manuela Costanzo[1], Antonella Del Fiore[1], Luciana Di Gregorio[1], Valerio Miceli[2], Giorgia Miccoli[2], Chiara Nobili[1], Maurizio Notarfonso[1], Silvia Tabacchioni[1], Andrea Visca[1]

[1]ENEA, Dipartimento Sostenibilità - Divisione Sistemi Agroalimentari Sostenibili Laboratorio Innovazione delle Filiere Agroalimentari, C.R. Casaccia, Via Anguillarese 301, 00123 Roma (RM);
[2]ENEA, C.R. Brindisi, Cittadella della Ricerca SS7 km 706, 72100 Brindisi (BR)

Nell'ambito della Notte Europea delle Ricercatrici e dei Ricercatori 2025 organizzata da ENEA come partner del Progetto NET - scieNcE Together; il Laboratorio Innovazione delle Filiere Agroalimentari ha organizzato una attività dedicata alla filiera dei legumi con l'obiettivo di raccontare l'articolazione della filiera nelle diverse tappe, dal campo alla tavola, il ruolo delle innovazioni agroalimentari e del consumatore, favorire una visione condivisa sul futuro sostenibile del settore e accrescere consapevolezza sul ruolo della ricerca.
La Notte Europea delle Ricercatrici e dei Ricercatori è un progetto promosso dalla Commissione Europea nell'ambito delle attività di HORIZON Europe dal 2005 ed è inquadrato nelle azioni "Marie Skłodowska-Curie" orientate ad aumentare la consapevolezza sul ruolo della scienza e a promuovere la partecipazione del pubblico, in particolare dei giovani.
L'attività svolta nei laboratori del Centro Ricerche della Casaccia è stata articolata come un tour in 8 tappe: 1) La filiera dei legumi dal campo alla tavola, un viaggio tra innovazione e sostenibilità; 2) Il suolo è vivo. Come i microrganismi aiutano le piante a crescere sane e forti; 3) Agrivoltaico: condividere suolo ed energia solare per una agricoltura sostenibile; 4) Qualità e sicurezza nella filiera dei legumi: muffe, *food spoilage* e micotossine; 5) Dal campo alla tavola quanto cibo perdiamo? Buone pratiche e raccomandazioni per aumentare la sostenibilità del sistema agroalimentare; 6) Dalla Natura agli imballaggi: soluzioni green per la sicurezza alimentare; 7) Microrganismi del suolo e salute umana: una relazione interconnessa; 8) Il carrubo da coltura povera a super food: la filiera del carrubo tra resilienza climatica e innovazione nutrizionale. Ogni tappa, guidata da un ricercatore e accompagnata da un pannello illustrativo dedicato alla specifica tematica, è stata pensata per approfondire un particolare aspetto della filiera dei legumi, evidenziando le innovazioni sviluppate anche da ENEA per migliorarne la sostenibilità lungo l'intero percorso produttivo — dalla coltivazione alla trasformazione, dalla qualità alla sicurezza, all'integrazione con le energie rinnovabili, fino alle opportunità per il consumatore, sia in termini di scelte alimentari che di ruolo attivo nella riduzione degli sprechi. Oltre al percorso tematico in otto tappe, il tour ha previsto anche momenti di interazione digitale per valutare in modo semplice e intuitivo le conoscenze iniziali e finali legate alla filiera dei legumi e ai temi della sostenibilità agroalimentare. Questi momenti di interazione hanno permesso di coinvolgere il pubblico in maniera attiva e partecipata. A completamento del percorso, è stato inoltre consegnato un activity book dedicato ai più piccoli, dal titolo "L'avventura dei legumi dal campo alla tavola" che propone un approccio esperienziale e formativo attraverso giochi e curiosità con l'obiettivo di introdurre i bambini ai temi della coltivazione dei legumi, della riduzione degli sprechi alimentari e delle corrette abitudini di consumo.

Analisi tecniche delle risorse genetiche cerealicole dell'areale campano "Vallo di Diano"

Berardino De Angelis, Laura Perriello, Romina Caroccia, Pietro Paolo Adinolfi, Antonio Mondillo, Michele Mele, Domenico Zito, Antonio Porfidia, Nikita Trotta

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Difesa e Certificazione, S.S. 18 n. 242 km 77,700, 84091 Battipaglia (SA)

L'iniziativa CCAVD "Caratterizzazione dei cereali antichi del Vallo di Diano" rientrava fra le linee di ricerca del progetto "**Agricoltura innovativa e resiliente**" Ag.I.Re, presentato dalla Comunità Montana Vallo di Diano alla Regione Campania in seno alla T.I. 16.7.1 del PSR 2014-2020. L'Associazione Temporanea di Scopo del progetto CCAVD, linea 14 di Ag.I.Re., è risultata composta da tre beneficiari: il Centro di ricerca Difesa e Certificazione del Crea (Crea DC) in qualità di capofila, l'Università degli Studi di Salerno - Dipartimento di Farmacia (DIFARMA), beneficiario diretto e l'Istituto Superiore di Istruzione Marco Tullio Cicerone di Sala Consilina (SA), beneficiario indiretto.
L'obiettivo di CCAVD era rivolto alla caratterizzazione e alla valutazione della biodiversità cerealicola coltivata nell'areale campano del Vallo di Diano per l'ottenimento di farine pregiate da destinare alla panificazione locale.
La azioni di interesse del capofila Crea DC sono state rivolte alla conservazione *ex situ e in situ/on farm* della biodiversità cerealicola del Vallo di Diano, alla caratterizzazione morfofisiologica delle risorse in entrambe le modalità, alla valutazione tecnica del materiale sementiero oggetto del territorio ed infine al recupero di nuove risorse vegetali autoctone, in particolare della famiglia dei cereali. Il Crea DC, inoltre in seno al progetto, ha attivato molte azioni concertate e di accompagnamento per la formazione di agricoltori e studenti, trasferimento di conoscenze nelle tematiche trattate e nella divulgazione delle attività.
Nel presente lavoro saranno presentati tutti i risultati inerenti al campionamento delle sementi presso i cerealicoltori del Vallo, la preparazione per sottoporli al processamento di laboratorio, le analisi di determinazione della specie, della purezza specifica, della ricerca dei semi estranei e del potere germinativo.
A fine progetto tutti i risultati e le metodologie di lavoro sono stati archiviati in una WebApp appositamente implementata per gli agricoltori del Vallo di Diano e per i partner di CCAVD e Ag.I.Re.

Parole chiave: cerealicoltura locale, PSR 2014-2020 Campania, caratterizzazione biodiversità

Bibliografia essenziale

D. Lgs. 2 febbraio 2021, n. 20. Norme per la produzione a scopo di commercializzazione e la commercializzazione di prodotti sementieri. G. U., Serie Generale n. 49, 27 febbraio 2021.
Decreto ministeriale 22 dicembre 1992-Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste (1992). Metodi ufficiali di analisi per le sementi. G.U., Serie Generale n. 2, Suppl. Ordinario n. 1, 4 gennaio1993.
Regione Campania. Bando della Misura 10.2.1 del Programma di sviluppo rurale (PSR) Campania 2014-2020.
Regione Campania. Bando della Misura 16.7.1 del Programma di sviluppo rurale (PSR) Campania 2014-2020.

Certificazione ufficiale delle sementi a scopo di commercializzazione

Berardino De Angelis, Cosimo Di Benedetto, Gianluca Giannatiempo, Maurizio Giannatiempo, Nikita Trotta

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Difesa e Certificazione, S.S. 18 n. 242 km 77,700, 84091 Battipaglia (SA)

La certificazione delle sementi costituisce un'attività che si sviluppa in settori specializzati del comparto agricolo e richiede conoscenze di elevato livello tecnico-scientifico. Nell'ambito di tale attività l'entità fondamentale è costituita dalla "varietà". Il termine indica un "insieme" di piante coltivate che si distingue chiaramente sulla base di caratteri morfologici, fisiologici, citologici e chimici che, quando viene riprodotto, rimane inalterata la sua identità e purezza. Al riguardo, l'iscrizione al Registro Nazionale delle varietà vegetali è il presupposto fondamentale per il riconoscimento ufficiale delle varietà di specie agrarie ed ortive, nonché la condizione basilare necessaria per l'attuazione della certificazione ufficiale delle relative sementi e, quindi, della loro conseguente commercializzazione. L'accesso di una varietà al Registro nazionale e al Catalogo comune richiede l'istituzione di specifiche "prove ed esami" per la verifica delle seguenti condizioni: Distinguibilità, Uniformità, Stabilità (D.U.S.) e, per le specie agrarie, anche del Valore agronomico o di utilizzazione (V.A.U.).
Le sementi derivanti dalle colture "porta-seme" di varietà ufficialmente note possono essere immesse in commercio solo se rispondenti a determinati requisiti di qualità previsti dalla normativa vigente per le diverse specie e categorie. Tali requisiti di idoneità si ottengono attraverso l'attuazione di precise prescrizioni di carattere tecnico mediante una serie di interventi di controllo lungo tutta la filiera di produzione:

- Ispezione ufficiale delle colture porta-seme, effettuata da "ispettori dei controlli delle sementi" per la verifica principalmente dell'identità e purezza varietale;
- Controllo alla selezione meccanica, eseguito successivamente alla raccolta presso gli stabilimenti sementieri nella fase di lavorazione e condizionamento delle sementi;
- Rilascio dei cartelli ufficiali, da parte del Crea DC, che attestano che i prodotti stessi sono stati sottoposti, con esito favorevoli, ai controlli prescritti;
- Analisi di laboratorio, realizzate su campioni di sementi prelevati, durante il precedente controllo, da ciascun lotto di sementi secondo il metodo ufficiale di campionamento. Esse riguardano per tutte le specie: purezza specifica, presenza di semi estranei, grado di germinabilità;
- Controlli a posteriori, mediante prove parcellari in campo, per verificare il buon funzionamento del sistema di certificazione nonché per evidenziare eventuali anomalie riferibili alla selezione conservatrice con presenza di progenie non conformi alla varietà originale. Quest'ultima fase di ispezione è un valido strumento di valutazione e supporto dell'ispezione in campo e della qualità delle operazioni di selezione meccanica operate dalle Ditte sementiere.

Parole chiave: sementi; certificazione; identità varietale; analisi di laboratorio.

Bibliografia essenziale

D. Lgs. 2 febbraio 2021, n. 20. Norme per la produzione a scopo di commercializzazione e la commercializzazione di prodotti sementieri. G. U., Serie Generale n. 49, 27 febbraio 2021.
Decreto ministeriale 22 dicembre 1992-Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste (1992). Metodi ufficiali di analisi per le sementi. G.U., Serie Generale n. 2, Suppl. Ordinario n. 1, 4 gennaio1993.

Caratterizzazione di antociani e composti fenolici in sfarinati di frumento tenero pigmentato a diverso grado di decorticazione

Edoardo Parisi[1], Susanna Della Posta[1], Laura Dugo[1], Elisa De Arcangelis[1], Emanuele Marconi[1,2], Chiara Fanali[1]

[1]Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Álvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Alimenti e Nutrizione, Via Ardeatina 546, 00178 Roma (RM)

I frumenti pigmentati presentano un elevato potenziale nutraceutico, poiché ricchi in composti fitochimici quali antociani e composti fenolici in grado di contribuire alla prevenzione di diverse patologie croniche non trasmissibili (Saini et al., 2021; Garg et al., 2016).
I campioni di frumento tenero pigmentato (black wheat, cv. Zora) e convenzionale (cv. Solehio) sono stati sottoposti a processi di decorticazione progressiva al 3, 6, 9 e 12%, ottenendo, per ciascun livello, la granella decorticata e la rispettiva frazione decorticata.
Il contenuto totale di antociani e il contenuto totale di composti fenolici sono stati quantificati con metodi spettrofotometrici. L'identificazione qualitativa di antociani e composti fenolici è stata effettuata tramite UHPLC-MS/MS.
Nel complesso, le analisi svolte hanno consentito di delineare il profilo fitochimico delle diverse frazioni ottenute, tramite la quali-quantificazione di numerose classi di antociani e composti fenolici e la loro distribuzione nella granella a differente grado di decorticazione e nei rispettivi sfarinati decorticati. La granella e gli sfarinati ottenuti dalla progressiva decorticazione del frumento pigmentato hanno evidenziato un contenuto di antociani significativamente superiore a quello del frumento non pigmentato, mentre il contenuto fenolico totale è risultato equivalente ma diversamente distribuito tra le diverse frazioni/sfarinati. Tali evidenze sottolineano il potenziale del frumento pigmentato come materia prima per la produzione di ingredienti/sfarinati ad elevato valore dietetico-nutrizionale.

Parole chiave: grani pigmentati, grado di decorticazione, antociani, composti fenolici,

Bibliografia essenziale

Garg M., Chawla M., Chunduri V., et al. 2016. Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. *Journal of Cereal Science*, 71: 138.
Saini P., Kumar N., Kumar S., et al. 2021. Bioactive compounds, nutritional benefits and food applications of colored wheat: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(19): 3197-3210.

Approccio multiomico per la discriminazione dei due principali cluster genetici di grano tenero Solina in base a indici qualitativi e metaboliti secondari

Riccardo De Flaviis[1], *Veronica Santarelli*[1], *Anna Giulia Ruggieri*[2,3], *Michele Sallese*[2,3], *Giampiero Sacchetti*[1]

[1]*Università degli Studi di Teramo, Dipartimento di Bioscienze e Tecnologie Agro-Alimentari e Ambientali, Via R. Balzarini 1, 64100 Teramo (TE);*
[2]*Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara, Dipartimento di Tecnologie Innovative in Medicina e Odontoiatria, Via dei Vestini 31, 66100 Chieti (CH);*
[3]*Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara, Centro Studi e Tecnologie Avanzate (CAST), Via Luigi Polacchi 11, 66100 Chieti (CH)*

Il grano tenero Solina è un'antica 'varietà' coltivata almeno dal sedicesimo secolo in Abruzzo. Recenti studi genetici hanno permesso di individuare due cluster genetici nella popolazione di Solina diversificatasi in seguito ad un lungo adattamento a differenti altitudini che caratterizzano l'areale di coltivazione [1,2]. La valutazione delle differenze qualitative tra i cluster genetici è estremamente importante in un'ottica di salvaguardia e di valorizzazione di questa antica varietà. Obbiettivo di questo studio è classificare i due cluster di Solina tramite un approccio statistico multiblocco utilizzando parametri commerciali qualitativi (proteine, peso ettolitrico e peso mille semi), il profilo dei composti organici volatili (VOC), analizzati tramite SPME-GC-MS utilizzando un metodo ottimizzato per il frumento [3], e metaboliti secondari (polifenoli totali, tocoferoli, attività antiossidante). A questo scopo, due accessioni di Solina, rappresentative dei due cluster genetici, sono state coltivate per due anni consecutivi in due campi sperimentali situati a due altitudini diverse. I dati ottenuti sono stati raggruppati in due blocchi (VOCs e indici qualitativi) e analizzati inizialmente tramite un'ANOVA combinata all'analisi simultanea delle componenti (ASCA) e successivamente tramite un'analisi discriminante multiblocco mediante proiezione su strutture latenti sparsificate (MB-sPLS-DA). I risultati indicano che l'anno e il campo di coltivazione sono sempre i fattori più importanti. L'effetto cluster incide significativamente sulla varianza totale per VOCs e indici qualitativi (8.3% e 10.7%, rispettivamente). L'analisi discriminante invece è riuscita a classificare i due cluster con un errore medio del 21%. Questo risultato è promettente se si pensa che comunque la distinzione dei due cluster genetici non è sempre nettissima per tutti gli individui della popolazione. Infine, è stato possibile osservare come il cluster genetico adattato agli inverni più miti è quello che accumula più polifenoli, proteine, aldeidi e terpeni mentre il cluster adattatosi ai climi più rigidi accumula una minor quantità di questi composti e mostra livelli più alti di β-tocoferolo.

Parole chiave: Adattamento varietale, Stress ambientali, Composti organici volatili, Grani antichi, Indici qualitativi

Bibliografia essenziale

[1] De Flaviis R., Tumino G., Terzi V., Morcia C., Santarelli V., Sacchetti G., Mastrocola D. 2022. Exploration of the Genetic Diversity of Solina Wheat and Its Implication for Grain Quality. *Plants*, 11(9): 1170.
[2] Morcia C., De Flaviis R., Terzi V., Gasparelli M. E., Ghizzoni R., Badeck F. W., Rizza F., Santarelli V., Tumino G., Sacchetti G. 2023. Long-term *in situ* conservation drove microevolution of Solina d'Abruzzo wheat on adaptive, agronomic and qualitative traits. *Plants*, 12(6): 1306.
[3] De Flaviis R., Sacchetti G., Mastrocola, D. 2021. Wheat classification according to its origin by an implemented volatile organic compounds analysis. *Food Chemistry*, 341: 128217.

Pasta di grano duro "Senatore Cappelli": un caso di sostenibilità sociale

Gianfranco Desideri[1], Laura Gazza[2], Alessandro Cammerata[2], Alberto Mochi Onori[3], Maria Martuscelli[4]

[1]Università degli Studi di Teramo, Doctoral School, Ph.D in Economic and Social Science, Via R. Balzarini 1, 64100 Teramo (TE);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via Manziana 30, 00189 Roma (RM);
[3]Gustolibero Soc. Coop. sociale onlus, Via di Boccea 695, 00166 Roma (RM);
[4]Università degli Studi di Teramo, Dipartimento di Bioscienze e Tecnologie Agroalimentari e Ambientali, Via R. Balzarini 1, 64100 Teramo (TE)

I cambiamenti socio-economici degli ultimi anni hanno reso i consumatori più consapevoli e responsabili, spingendo le aziende agroalimentari ad adottare strategie ispirate alla sostenibilità e alla responsabilità sociale (1). La pasta di semola di grano antico viene considerata «migliore» da parte dei consumatori, benché abbia caratteristiche e proprietà paragonabili a quelle della pasta di semola classica (3). I consumatori attribuiscono grande importanza all'origine e al tipo di materia prima utilizzata nella produzione della pasta, riconoscendo un elevato valore economico alla pasta prodotta con varietà antiche di grano (2). La pasta Futuro è pasta secca prodotta in un pastificio i cui dipendenti sono giovani detenuti del Carcere minorile di Casal del Marmo di Roma. Il presente studio ha messo a confronto la qualità di due tipologie di campioni: a) pasta secca Futuro, prodotta con grano antico Senatore Cappelli; b) pasta secca Futuro con varietà più recente (Catone). La qualità della pasta cotta è stata valutata da un gruppo di tre assaggiatori esperti, su tre fattori descrittivi (collosità, nervo e ammassamento) con cui è stato ottenuto il giudizio complessivo (Global Judgment, GJ), dalla media aritmetica (espressa con valore da 0 a 100). Inoltre, è stato condotto un test al consumo delle due tipologie di pasta; un gruppo di 50 assaggiatori non addestrati, utilizzando una scala edonistica a 9 punti (1-Estremamente sgradevole; 9-Esremamente gradevole) ha valutato quattro descrittori: apparenza, odore, gusto, consistenza. Infine, interviste di profondità sono state svolte mediante questionario strutturato per conoscere motivazioni e scelte decisionali nell'acquisto di pasta di grani antichi. Dai risultati ottenuti, il GJ è risultato similare per pasta con Senatore Cappelli e pasta con Catone (56.7 ±0.1 e 53.3 ±0.1, rispettivamente). Al contrario, i risultati del *consumer test* hanno evidenziato generalmente variabilità nelle risposte, ma con maggiore preferenza per il gusto della pasta di Senatore Cappelli. L'indagine condotta ha infine dimostrato che la sostenibilità sociale (impiego dei giovani detenuti) incide fortemente sulla decisione all'acquisto, rispetto ad altri parametri considerati. I risultati dello studio permettono di valorizzare tali aspetti, pensando a nuovi claim, con un approccio *market-driven*.

Parole chiave: grani antichi, pasta, sostenibilità sociale

Bibliografia essenziale

(1)Marotta G., Nazzaro C., Stanco M. 2017. How the social responsibility creates value: models of innovation in Italian pasta industry. *International Journal of Globalisation and Small Business*, 9(2-3): 144-167.
(2)Contò F., Antonazzo A.P., Conte A., Cafarelli B. 2016. Consumers perception of traditional sustainable food: an exploratory study on pasta made from native ancient durum wheat varieties. *Italian Review of Agricultural Economics*, 71(1): 325-337.
(3)Suo X., Pompei F., Bonfini M., Mustafa A.M., Sagratini G., Wang Z., Vittadini E. 2023. Quality of wholemeal pasta made with pigmented and ancient wheats. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31. 100665.

Suscettibilità e attrattività di genotipi a cariosside pigmentata verso il punteruolo del grano, *Sitophilus granarius* (L.)

Ilaria D'Isita[1], Onofrio Marco Pistillo[1], Federica Lo Muzio[1], Antonella Marta Di Palma[1], Pasquale De Vita[2], Giacinto Salvatore Germinara[1]

[1]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, SS 673 km 25 + 200, 71122 Foggia (FG)

Il punteruolo del grano, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae), è tra gli infestanti primari più dannosi ai cereali stoccati. L'individuazione di genotipi di cereali resistenti o tolleranti agli attacchi di insetti in postraccolta, da utilizzare anche come fonti di resistenza in programmi di miglioramento genetico, e lo studio delle interazioni semiochimiche insetto-pianta ospite sono tra i principali ambiti di ricerca per lo sviluppo di mezzi di controllo sostenibile. In tale contesto, crescente è l'interesse per i genotipi di frumento pigmentato, la cui colorazione delle cariossidi è correlata alla presenza di polifenoli, in particolare di antocianine, noti per essere coinvolti in fenomeni di resistenza della pianta a stress abiotici e biotici.
Scopo del presente lavoro, è stato quello di approfondire i meccanismi di interazione tra frumenti a cariosside pigmentata e *S. granarius*. A tal fine, è stato utilizzato un set di materiali genetici costituito da *Heterogeneous Inbred Families* (HIF-NILS) di frumento duro e tenero, derivate da famiglie inbred avanzate e segreganti per il colore del pericarpo. Tale materiale genetico ha consentito il confronto diretto tra genotipi contrastanti per il carattere di interesse all'interno di un background genetico sostanzialmente condiviso. La risposta olfattiva di adulti di *S. granarius* agli odori emessi da cariossidi pigmentate e non è stata studiata mediante biosaggi a caduta di doppia scelta in cui è stato definito, per ogni genotipo, un Indice di risposta (IR). La suscettibilità verso *S. granarius* di genotipi a cariosside pigmentata rispetto a genotipi a cariosside gialla è stata studiata in opportuni biosaggi che hanno permesso di calcolare i rispettivi Indici di Suscettibilità (IS), sulla base dello sviluppo di progenie e del tempo medio di sviluppo della prima generazione. Dischetti di sfarinati integrali dei diversi genotipi sono stati impiegati in biosaggi di ingestione che hanno permesso di calcolare alcuni indici nutrizionali (RCR, Relative Consumption Rate; RGR, Relative Growth Rate; ECI, Efficiency Conversion of Ingested Food; FDI, Feeding Deterence Index). Nei biosaggi comportamentali gli adulti di *S. granarius* sono stati significativamente attratti dagli odori delle cariossidi gialle ma non da quelli emessi dalle cariossidi dei genotipi pigmentati. I genotipi a cariosside pigmentata sono risultati, inoltre, meno suscettibili o resistenti dei genotipi a cariosside gialla agli attacchi di *S. granarius*. Così come, gli insetti alimentati su dischetti di farina ottenuti da cariossidi pigmentate hanno mostrato una minore efficienza nella conversione del cibo ingerito rispetto agli insetti alimentati su dischetti di farina prodotta da cariossidi gialle. Infine, i dischetti derivanti da cariossidi pigmentate hanno indotto una fagodeterrenza maggiore di quella osservata per le varietà a cariosside gialla. Nel complesso, la minore attrattività e suscettibilità dei genotipi di frumento a cariosside pigmentata suggerisce un possibile ruolo delle antocianine nei meccanismi di difesa del frumento verso insetti del postraccolta.

Parole chiave: insetti del postraccolta, *Heterogeneous Inbred Families* (HIF-NILS), resistenza, semiochimici, indici nutrizionali

Suscettibilità e attrattività di grani antichi verso *Sitophilus granarius* (L.) e *Rhyzopertha dominica* (F.)

Ilaria D'Isita[1], Onofrio Marco Pistillo[1], Federica Lo Muzio[1], Sandra Pati[1], Antonella Marta Di Palma[1], Pasquale De Vita[2], Giacinto Salvatore Germinara[1]

[1]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, SS 673 km 25 + 200, 71122 Foggia (FG)

Sitophilus granarius (L.) (Coleoptera, Curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera, Bostrichidae) sono tra i principali infestanti primari dei cereali conservati. Negli ultimi anni, la ricerca di cibi tipici e ad elevate proprietà nutrizionali ha portato ad un crescente interesse per i "grani antichi"; tuttavia, le conoscenze sulla suscettibilità e attrattività di queste varietà verso gli insetti dannosi in postraccolta sono molto limitate. Nel presente lavoro, è stata valutata la suscettibilità e l'attrattività di varietà antiche di grano duro (Saragolla Antica, Dauno III, Senatore Cappelli), di un farro dicocco (Padre Pio), di un farro spelta (Benedetto), e di varietà moderne di grano duro (Ofanto, Svevo, Faridur) e tenero (Mec) verso *S. granarius* e *R. dominica.* I composti organici volatili (VOCs) emessi da cariossidi di ciascuna varietà, inoltre, sono stati estratti dallo spazio di testa mediante microestrazione in fase solida (HS-SPME) e identificati mediante gascromatografia abbinata a spettrometria di massa (GC-MS).
E' stato calcolato un Indice di Suscettibilità (IS) sulla base dello sviluppo di progenie e del tempo medio di sviluppo della prima generazione che ha permesso di classificare le varietà in resistenti, moderatamente resistenti, suscettibili e altamente suscettibili. Le varietà antiche e moderne di grano duro sono risultate suscettibili o altamente suscettibili agli attacchi di entrambe le specie. Nei confronti di *S. granarius*, entrambe le varietà di farro sono risultate resistenti se vestite e moderatamente resistenti se prive di glume. Nel caso di *R. dominica*, invece, le stesse varietà di farro sono risultate suscettibili se vestite e altamente suscettibili se prive di glume.
La risposta comportamentale di adulti di *S. granarius* agli odori emessi dai genotipi studiati è stata misurata in biosaggi a caduta di doppia scelta. Per ogni genotipo è stato calcolato un Indice medio di Risposta (IR). Tutti i genotipi di frumento e i farri hanno indotto IR medi positivi e significativi, indicando una reale attrattività verso gli adulti di *S. granarius*. Faridur, tra le varietà di frumento, e Padre Pio, tra i farri, sono risultate le varietà più attrattive. La risposta comportamentale degli adulti di *R. dominica* ai diversi genotipi è stata valutata in aria statica mediante olfattometro a Y. Un orientamento significativo degli adulti di *R. dominica* verso la sorgente odorosa è stato indotto esclusivamente da Saragolla antica, Faridur e Mec. L'analisi GC-MS ha evidenziato la presenza di 33 e 50 VOCs nei profili GC rispettivamente delle varietà di frumento e dei farri.

Parole chiave: insetti del postraccolta, resistenza, progenie, VOCs, GC-MS

Il progetto GRANO.IT - Sistemi avanzati di modellizzazione digitale per il miglioramento e la predizione di resa e qualità nella produzione cerealicola italiana

Fabio Fania[1], Damiano Puglisi[1], Salvatore Esposito[2], Patrizio Spadanuda[1,3], Ivano Pecorella[1], Giuseppina Angione[1,3], Ida Colella[1,4], Pasquale De Vita[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S 673 km 25,200, 71122 Foggia (FG);
[2]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Bioscienze e Biorisorse (CNR-IBBR), sezione di Portici, Via Università 133, 80055 Portici (NA);
[3]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via A. Gramsci 89/91, 71122 Foggia (FG);
[4]Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Via San Camillo de Lellis snc, 01100 Viterbo (VT)

Garantire produzioni stabili e di qualità nel frumento duro (*Triticum durum* Desf.), coltura fondamentale per il sistema cerealicolo italiano e materia prima per la produzione di pasta su circa 1,2 milioni di ettari, richiede oggi una maggiore capacità di prevedere la resa e di individuare le varietà più adatte alle diverse realtà produttive. Questo compito è reso sempre più complesso dalla crisi climatica, dalla variabilità degli ambienti colturali e dalle interazioni genotipo-ambiente (G×E). In questo scenario, il progetto GRANO.IT, nato dalla partnership pubblico-privata CREA-DIGIMAT S.p.A., si propone di sviluppare algoritmi e modelli predittivi di resa e qualità, attraverso l'integrazione delle scienze omiche, delle tecnologie di acquisizione dati ad alta processività e dell'intelligenza artificiale.
Il progetto si sviluppa su due scale complementari: i) territoriale, in cui l'integrazione tra immagini satellitari, informazioni pedoclimatiche e dati reali di produzione acquisiti da mietitrebbia tramite yield monitor consente di elaborare mappe previsionali della resa ad alta risoluzione spaziale. A questo scopo, la provincia di Foggia (Capitanata) è stata individuata come area di riferimento (250.000 ettari a duricoltura), con circa 470 aziende e 2.000 ettari monitorati su base pluriennale nel periodo 2020-2025; ii) parcellare, in cui vengono progettati strumenti di supporto al consiglio varietale basati sull'integrazione di fenomica, genomica e variabili ambientali, finalizzati allo sviluppo di modelli predittivi. In particolare, la piattaforma di fenotipizzazione ad alta processività, allestita presso il CREA e basata sull'impiego di UAV equipaggiati con sensori RGB e multispettrali, confluirà, insieme alla caratterizzazione genetica mediante marcatori SNP di circa 400 varietà e ai dati storici della Rete Nazionale Frumento Duro, in uno strumento multicriterio capace di integrare tali informazioni e supportare la selezione varietale in funzione delle diverse condizioni pedoclimatiche italiane.
L'output finale sarà la piattaforma web GRANO.IT, che renderà accessibili a tutti gli attori della filiera mappe previsionali della resa, del tenore proteico e di stabilità dell'NDVI su scala territoriale e strumenti di supporto alla scelta varietale basati su criteri agronomici, qualitativi e pedoclimatici su scala parcellare. Il progetto, quindi, rappresenta, dunque, un'innovazione di frontiera in cui telerilevamento, fenomica *high-throughput*, genomica e informazione ambientale convergono in un *framework* unitario per rafforzare la resilienza della cerealicoltura italiana ai cambiamenti climatici e alla volatilità dei prezzi lungo l'intera catena del valore.

Parole chiave: Frumento duro, Proteine, UAV, Sentinel-2, Modelli predittivi

Modelli predittivi multi-omici finalizzati al miglioramento simultaneo della resa e del contenuto proteico nel frumento tenero

Fabio Fania[1], Damiano Puglisi[1], Salvatore Esposito[2], Patrizio Spadanuda[1,3], Giuseppina Angione[1,3], Ida Colella[1,4], Ivano Pecorella[1], Pasquale De Vita[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S 673 km 25,200, 71122 Foggia (FG);
[2]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Bioscienze e Biorisorse (CNR-IBBR), sezione di Portici, Via Università 133, 80055 Portici (NA);
[3]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via A.Gramsci 89/91, 71122 Foggia (FG);
[4]Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Via San Camillo de Lellis snc, 01100 Viterbo (VT)

Il miglioramento simultaneo della resa e del contenuto proteico rappresenta una delle sfide più complesse e rilevanti nel breeding del frumento, vista la nota correlazione negativa che limita il progresso genetico simultaneo. In questo contesto, l'impiego integrato di indici derivati dalla relazione tra resa e contenuto proteico, unitamente ad approcci di predizione fenomica e genomica, offre nuove opportunità per migliorare l'efficienza della predizione e selezione. Su tali basi, il presente studio ha valutato il potenziale della predizione fenomica, genomica e della loro integrazione (multi-omica).
L'attività sperimentale è stata condotta su materiali genetici di frumento tenero (*Triticum aestivum* L.) comprendenti una popolazione di 164 linee ricombinanti (RIL) e un pannello di 170 cultivar élite. Le prove sono state realizzate presso il CREA-CI di Foggia in tre stagioni colturali e in due differenti regimi idrici (irrigato e non irrigato). Le popolazioni sono state valutate per la resa in granella (GY), il contenuto proteico (GPC) e gli indici derivati *grain protein deviation* (GPD) e *grain yield deviation* (GYD). Questi indici, basati sullo scostamento rispetto alla relazione attesa tra resa e proteine, consentono di identificare genotipi che esprimono prestazioni superiori rispetto al vincolo fisiologico del *trade-off*.
Gli spettri nel vicino infrarosso (NIR) sono stati acquisiti su sfarinato integrale, mentre la caratterizzazione molecolare è stata effettuata mediante array Illumina 25K. Le prestazioni dei modelli genomici, fenomica e multi-omici sono stati valutati in differenti scenari, sia all'interno dello stesso ambiente (scenario 1) sia tra ambienti differenti (scenario 2).
L'utilizzo degli indici derivati GPD e GYD si è dimostrato efficace nel disaccoppiare la relazione negativa tra resa e contenuto proteico, come evidenziato dalla loro bassa correlazione con i tratti originari (0,07 e 0,06), confermando la loro capacità di catturare variazioni indipendenti dai due caratteri principali. La predizione fenomica ha mostrato un'elevata capacità predittiva per i caratteri maggiormente associati alla qualità della granella, con risultati particolarmente rilevanti per GPD nelle due popolazioni (0,80 e 0,88), comparabile alla predizione multiomica, nello scenario 1. Al contrario, per tratti fortemente influenzati dall'ambiente, quali GY e GYD, le accuratezze dei modelli multi-omici risultano più solide (0,27 e 0,24), rispetto a quelli fenomici (0.13, 0.04) nello scenario 2.
Nel complesso, i risultati indicano che la predizione fenomica rappresenta una strategia in grado di supportare la selezione simultanea di resa e qualità attraverso l'identificazione di genotipi che superano il trade-off fisiologico tra questi due tratti.

Parole chiave: Spettroscopia NIR; yield, grain protein deviation, breeding

Sistema basato sull'intelligenza artificiale a supporto della filiera cerealicola

Donatella Bianca Maria Ficco[1], Carmen Manganiello[1], Giovanni Laidò[1], Anna Maria Mastrangelo[1], Salvatore Colecchia[1], Antonio Troccoli[1], Valeria Menga[1], Clara Fares[1], Maki Habib[2], Chiara Sammarco[3], Antonio Padovano[3], Daniela Marone[1]

[1]Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S. 673, Km 25,200, 71122 Foggia (FG);
[2]The American University in Cairo (AUC), New Cairo Campus, AUC Avenue, P.O. Box 74, Cairo, Egypt;
[3]Università della Calabria, Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Energetica e Gestionale, Via Pietro Bucci - Cubo 46C Terzo Piano, ponte carrabile, 87036 Arcavacata di Rende (CS)

Nell'ambito del progetto CERERE (CEreals REsiliency REvolution for agile supply chain management in the Mediterranean) (Programma PRIMA 2023 – Section 1 – Food Value-chain 2023 – Topic 1.3.1 (RIA) è stata condotta una meta-analisi focalizzata su caratteri agronomici, produttivi e qualitativi di tre tipologie di cereali (frumento duro, frumento tenero e orzo), coltivati nell'area del Mediterraneo. Sono stati collezionati anche i dati relativi al *management* agronomico e alle condizioni ambientali delle località in cui sono state condotte le varie prove di campo. Da questa ricerca sono state selezionate dieci varietà di frumento tenero e duro, adattate agli ambienti mediterranei, testate in pieno campo presso il CREA-CI di Foggia. Durante la prova che è attualmente in corso, sarà installato un prototipo basato su sensori IoT per un'agricoltura intelligente, sviluppato nell'ambito del progetto e attualmente validato a livello di laboratorio. Questi sensori monitoreranno la salute delle colture, le condizioni del suolo, quelle meteorologiche e ambientali, la gestione dell'acqua e dei nutrienti e altri fattori utili per prevedere la resa attesa delle colture. Gli stessi dati saranno valutati anche manualmente e il loro confronto permetterà di stimare l'accuratezza e l'affidabilità delle misurazioni digitali. Inoltre, tutta la conoscenza agronomica prodotta è utile per addestrare modelli basati sull'intelligenza artificiale ed ottenere raccomandazioni in caso di possibili vulnerabilità che possono causare una interruzione della filiera di approvvigionamento dei cereali. Un primo caso studio è la scelta varietale, per cui è stato addestrato un modello regressore CATBoost utilizzando le conoscenze agronomiche storiche raccolte e incorporando parametri come la posizione geografica, le pratiche di gestione e le condizioni ambientali. Questo motore specializzato integra le capacità di ragionamento generiche di un orchestratore intelligente basato su Large Language Model (LLM), offrendo suggerimenti personalizzati attraverso un'interfaccia conversazionale. Questa configurazione permette agli agricoltori e ai piccoli produttori di interagire direttamente con il sistema, consentendo loro di richiedere chiarimenti o esplorare scenari "cosa succederebbe se" riguardo ad un problema decisionale. Questo approccio getta le basi per un sistema di supporto personalizzato e adattabile che si evolverebbe attraverso l'interazione con l'utente, garantendo una guida personalizzata per una gestione resiliente della filiera cerealicola.

High Performance Index: uno strumento pratico e versatile per l'interpretazione dei dati

Antonio Troccoli, Donatella Bianca Maria Ficco, Serafino Suriano, Grazia Maria Borrelli

Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S. 673, Km 25,200, 71122 Foggia (FG)

L'High Performance Index (HPI) è uno strumento pratico e versatile per semplificare l'elaborazione e l'interpretazione dei dati. Esso è particolarmente utile quando, nell'ambito di uno specifico obiettivo di ricerca, diversi caratteri (variabili) influiscono in modo differente sulla risposta complessiva di un fattore (varietà, ambiente, processo tecnologico). L'HPI è un indice derivato da un algoritmo matematico, sviluppato in ambiente Microsoft Excel, che permette di valutare simultaneamente una serie di variabili analitiche con unità di misura differenti. L'algoritmo richiede di stabilire alcuni vincoli. Infatti, di volta in volta, in base allo specifico obiettivo dello studio, occorre definire *a priori* quali variabili influenzano positivamente il carattere di interesse e quali negativamente. Sulla base di questi vincoli l'algoritmo assegna ad ognuna di esse un punteggio (*score*) positivo o negativo la cui somma permette di ottenere un unico valore numerico adimensionale, l'HPI, in grado di fornire informazioni oggettive sulla *performance* di ogni fattore. Allo scopo di dimostrare la sua versatilità sono presentati alcuni esempi applicati a differenti tematiche di ricerca. Esso è stato usato per determinare il contributo di diversi caratteri legati al colore (principalmente attività della lipossigenasi e contenuto in carotenoidi) in frumento duro in funzione del genotipo, dell'ambiente e del processo. Il colore è un importante carattere qualitativo data la preferenza dei consumatori per una pasta giallo brillante che dipende sia dalle caratteristiche della materia prima sia dalle loro variazioni durante i processi di trasformazione primari e secondari. L'uso dell'HPI ha permesso di identificare, in un panel di varietà e di ambienti, quelli con la migliore combinazione dei caratteri che influenzano il colore della pasta. In un altro studio si è valutato, in un set di genotipi, l'effetto del processo di decorticazione sulla variazione dei livelli delle componenti legati al colore nelle frazioni asportate. L'HPI ha permesso di identificare la migliore combinazione "varietà/frazione asportata", individuando contemporaneamente il livello di decorticazione in grado di fornire frazioni ancora ricche di aleurone fonte di composti bioattivi e la varietà che, a quel livello di decorticazione, presenta la migliore *performance.* In un altro studio, l'HPI è stato utilizzato per valutare l'idoneità di alcune varietà di differenti specie di cereali (frumento duro, frumento tenero, farro dicocco e farro spelta) alla produzione di malto da birra, prendendo in considerazione alcuni caratteri qualitativi coinvolti in questo processo.

Impronta elementare e approcci chemiometrici per la caratterizzazione del riso e dei sottoprodotti della lavorazione

Maria Chiara Fontanella[1], *Maria Martin*[2], *Daniele Tenni*[3], *Marco Romani*[3], *Gian Maria Beone*[1]

[1]*Università Cattolica del Sacro Cuore, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una filiera agro-alimentare Sostenibile (DiSTAS), Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza (PC);*
[2]*Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);*
[3]*Ente Nazionale Risi, Centro Ricerche sul Riso, Strada per Ceretto 4, 27030 Castello d'Agogna (PV)*

L'Italia è il principale produttore europeo di riso e la sua lavorazione genera quantità rilevanti di sottoprodotti, in particolare lolla e crusca, caratterizzati da una composizione minerale di potenziale interesse per successive applicazioni. Lo studio ha valutato l'impronta elementare del riso italiano per indagare la variabilità compositiva, verificare la sicurezza del prodotto, discriminare gruppi commerciali e provenienza geografica e caratterizzare i sottoprodotti della lavorazione. Sono stati analizzati 160 campioni di riso bianco e 50 di riso integrale, appartenenti ai gruppi commerciali europei Long A, Long B e Tondo e provenienti da otto province risicole, insieme a 40 campioni di crusca e 40 di lolla. Dopo digestione acida assistita da microonde con HNO_3/H_2O_2, gli elementi sono stati determinati mediante ICP-MS e ICP-OES. Sono stati quantificati 19 elementi nella granella e 27 nei sottoprodotti; l'accuratezza del metodo, verificata con il materiale certificato SRM 1568b, ha fornito recuperi compresi tra 89 e 115%. I dati sono stati elaborati mediante analisi delle componenti principali (PCA), analisi discriminante lineare, support vector machine e random forest, con validazione leave-one-out ed esterna. Il riso integrale ha mostrato concentrazioni generalmente superiori rispetto al riso bianco, soprattutto per K, Mg, Fe, Rb, Ni e Sr; anche Zn, Cu e As erano significativamente più elevati, mentre Cr, Cd e Se non differivano tra le due frazioni. Nel complesso, i campioni sono risultati compatibili con i limiti europei per i contaminanti considerati. La PCA ha evidenziato una tendenza alla separazione dei gruppi commerciali, ulteriormente migliorata dai modelli supervisionati, che hanno raggiunto accuratezze in validazione leave-one-out del 90% per LDA, 93% per SVM e 100% per RF. La fusione dei dati elementari con le componenti principali ha incrementato l'accuratezza esterna del modello RF fino all'85%. Lolla e crusca hanno mostrato profili nettamente distinti, con la crusca maggiormente arricchita in P, K e Mg. L'analisi multielementare combinata con la chemiometria rappresenta quindi uno strumento promettente per autenticazione, tracciabilità e controllo della qualità del riso, oltre a supportare la futura valorizzazione dei sottoprodotti.

Parole chiave: riso; elementi minerali; ICP-MS; chemiometria; sottoprodotti.

Bibliografia essenziale

Regolamento (UE) 2023/915 della Commissione.
Regolamento (UE) 2024/1987 della Commissione.
Ente Nazionale Risi (2023). Relazione annuale 2022/2023.
Kongsri S., Sricharoen P., Limchoowong N., Kukusamude C. 2021. Tracing the geographical origin of Thai Hom Mali rice in three contiguous provinces of Thailand using stable isotopic and elemental markers combined with multivariate analysis. *Foods*, 10: 2349.
Tan B.L., Norhaizan M.E., Chan L.C. 2023. Rice bran: from waste to nutritious food ingredients. *Nutrients*, 15: 2503.

Caratterizzazione polifasica della diversità dei batteri lattici associati al latte di pecora di razza 'Gentile di Puglia', per l'applicazione nel formaggio Pecorino e il design di una bevanda fermentata a base di cereali

Mariagiovanna Fragasso[1] , *Hulya Cunedioglu*[1,2], *Michela Palumbo*[3], *Franco Biasioli*[4], *Giuseppe Spano*[1], *Vittorio Capozzi*[3]

[1]*Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);*
[2]*Scienzanova s.r.l., Via Enrico Mattei 85/87, 86039 Termoli (CB);*
[3]*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di scienze delle produzioni alimentari (CNR - ISPA), Via Protano, 71121 Foggia (FG);*
[4]*Fondazione Edmund Mach, Centro Ricerca e Innovazione (CRI), Via E. Mach 1, 38098 San Michele all'Adige (TN)*

La conservazione e la valorizzazione della biodiversità alimentare pugliese rappresentano un approccio strategico per promuovere l'innovazione nei sistemi agroalimentari delle aree marginali regionali, che includono un'ampia diversità di risorse animali, vegetali e microbiche rilevanti per le fermentazioni tradizionali. La razza ovina autoctona Gentile di Puglia, di origine millenaria e storicamente associata alla provincia di Foggia (aree subappenniniche del Dauno e del Tavoliere), costituisce una componente importante di questo patrimonio ed è strettamente legata alla produzione casearia tradizionale. In questo studio è stata condotta un'indagine nell'area marginale del subappennino del Dauno (Monti Dauni, Puglia settentrionale) con l'obiettivo di isolare batteri lattici (LAB) dal latte crudo di pecora ottenuto da allevamenti di Gentile di Puglia e di valutarne il potenziale tecnologico. Un approccio di caratterizzazione polifasica è stato applicato ai ceppi di LAB isolati per supportare lo sviluppo di colture starter multiceppo per la produzione di formaggio Pecorino e per esplorare un'applicazione di crossover fermentativo mediante la formulazione di una bevanda fermentata a base di cereali, ottenuta dalla varietà di grano duro 'Senatore Cappelli'. I ceppi sono stati valutati per caratteristiche protecnologiche, attività antimicrobica, impatto sulla qualità sensoriale e volatilomica. I risultati evidenziano il potenziale delle risorse microbiche di origine locale per migliorare la diversificazione dei prodotti, supportando al contempo la valorizzazione sostenibile dei territori marginali e della relativa agrobiodiversità. Le attività riportate sono supportate dal progetto "INTelligent, ACTive MicroBIOme-based, biodegradable PACKaging for Mediterranean food (INTACTBioPack)" finanziato dal *PRIMA Programme Section 2 (2023)*.

Parole chiave: batteri lattici, aree marginali, biotecnologie microbiche, prodotti tradizionali, cross-over fermentativo

Bibliografia essenziale

Capozzi V., Fragasso M., Russo P. 2020. Microbiological Safety and the Management of Microbial Resources in Artisanal Foods and Beverages: The Need for a Transdisciplinary Assessment to Conciliate Actual Trends and Risks Avoidance. *Microorganisms,* 8: 306. https://doi.org/10.3390/microorganisms8020306

Indicazioni nutrizionali e salutistiche nei prodotti alimentari tradizionali regionali europei

Mariagiovanna Fragasso[1], *Hiba Selmi*[2], *Michele Napolitano*[2], *Maria Lucia Valeria de Chiara*[3], *Giuliano de Seneen*[2], *Lucia Bonassisa*[2], *Vittorio Capozzi*[3]

[1]*Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);*
[2]*BonassisaLab S.p.A., s.s. 16 Km 684,300 zona industriale ASI Loc. Incoronata, 71122 Borgo Incoronata (FG);*
[3]*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di scienze delle produzioni alimentari (CNR - ISPA), Via Protano, 71121 Foggia (FG)*

Gli alimenti e le bevande tradizionali europei regionali occupano una posizione sempre più rilevante all'intersezione tra patrimonio culturale, percezione del consumatore e competitività di mercato. In tutta Europa, i prodotti tutelati da indicazioni geografiche e da altri regimi di qualità nazionali o regionali sono spesso associati a benefici percepiti in termini di qualità nutrizionale, digeribilità, salute metabolica e benessere generale. Il presente contributo propone un'analisi sistematica delle dichiarazioni nutrizionali e salutistiche associate alle principali categorie di alimenti e alle bevande tradizionali europei, esaminando il rapporto tra tali dichiarazioni, le caratteristiche compositive dei prodotti e il corpus crescente della letteratura scientifica. Particolare attenzione è rivolta alla densità nutrizionale, al contenuto di composti fitochimici, alla presenza di molecole bioattive e agli effetti fisiologici associati ai processi fermentativi. Le attività proposte mirano a sostenere la resilienza, la valorizzazione e la reputazione degli alimenti tradizionali regionali europei attraverso una comunicazione delle proprietà nutrizionali e salutistiche basata su evidenze scientifiche, nel rispetto dei requisiti regolatori e della variabilità intrinseca dei prodotti. Tali attività sono realizzate nell'ambito del progetto "Apulia Alimenta Felix", finanziato dal Programma Regionale Puglia FESR-FSE+ 2021-2027, Avviso Programmi Integrati di Agevolazione.

Parole chiave: claim salutistici, claim nutrizionali, indicazioni geografiche, prodotti tradizionali, prodotti tipici

Bibliografia essenziale

Ballco P., Gracia A. 2022. Tackling nutritional and health claims to disentangle their effects on consumer food choices and behaviour: A systematic review. *Food Quality and Preference*, 101: 104634. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104634

Cardoso V.A., Lourenzani A.E.B.S., Caldas M.M., Bernardo C.H.C., Bernardo R., 2022. The benefits and barriers of geographical indications to producers: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems,* 37: 707-719. https://doi.org/10.1017/S174217052200031X

Crescenzi R., De Filippis F., Giua M., Vaquero-Piñeiro C. 2022. Geographical Indications and local development: the strength of territorial embeddedness. *Regional Studies,* 56: 381-393. https://doi.org/10.1080/00343404.2021.1946499

Holtrop N., Cleeren K., Geyskens K., Verhoef P.C. 2025. The impact of nutrition claims on purchase behavior for food products. *International Journal of Research in Marketing*, 42: 788-808. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2024.11.001

Dalla granella pigmentata allo sfarinato integrale: tecniche di macinazione e frazionamento a secco per la produzione di frazioni ricche di composti bioattivi

Ilenia Gaeta[1], *Michela Quiquero*[1], *Maria Cristina Messia*[1], *Maria Carmela Trivisonno*[1], *Elena Sorrentino*[1], *Emanuele Marconi*[2]

[1]*Università degli Studi del Molise, Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti (DiAAA), Via Francesco De Sanctis, 86100 Campobasso (CB);*
[2]*Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Alvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM)*

L'assunzione di cereali integrali è ampiamente promossa in virtù del loro profilo nutrizionale e degli effetti benefici sulla salute (Garutti *et al*., 2022). Tra le molteplici categorie di composti bioattivi con potenzialità benefiche, è emersa anche quella degli antociani, una classe di composti fenolici, per lo più localizzati negli strati più esterni della cariosside di alcune varietà di frumento, in grado di svolgere una funzione protettiva contro l'insorgenza di diverse patologie (Liang *et al*., 2024). La versione pigmentata dei frumenti può pertanto rappresentare una nuova frontiera del consumo integrale da valorizzare: una matrice alimentare in cui, oltre alla fibra, è possibile trovare una serie di composti fitochimici, tra cui gli antociani, capaci non solo di preservare l'integrità cellulare vegetale, ma anche di esplicare un'attività antiossidante nell'organismo umano (Sharma *et al*., 2018). Le sfide legate all'impiego del frumento pigmentato sono molteplici e includono: la variabilità agronomica, la presenza degli antociani negli strati corticali della cariosside, la loro perdita significativa durante la lavorazione, le loro interazioni con altri nutrienti e l'accettazione sensoriale da parte del consumatore finale. Considerati i numerosi temi di interesse, il presente studio ha analizzato diverse strategie per la produzione di sfarinati integrali ricchi di antociani: 1) ricombinando frazioni specifiche ottenute dalla macinazione a cilindri e 2) producendo frazioni arricchite in antociani mediante micronizzazione e classificazione ad aria di sfarinati integrali prodotti con un molino a martelli. La ricombinazione mirata delle frazioni prodotte dalla macinazione a cilindri e delle frazioni ottenute dalla classificazione ad aria si è dimostrata una soluzione ottimale per la produzione di sfarinati integrali ricchi di antociani. Questo approccio permette infatti di bilanciare il profilo nutrizionale e il contenuto di antociani, superando i limiti tecnologici delle crusche convenzionali e ottenendo una materia prima ricca di composti bioattivi, da destinare alla trasformazione successiva.

Parole chiave: frumento pigmentato, antociani, tecniche di macinazione, frazionamento a secco, sfarinati integrali

Bibliografia essenziale

Garutti M., Nevola G., Mazzeo R., Cucciniello L., Totaro F., Bertuzzi C.A., Caccialanza R., Pedrazzoli P., Puglisi F. 2022. The Impact of Cereal Grain Composition on the Health and Disease Outcomes. *Frontiers in Nutrition*, 9: 888974.

Liang A., Leonard W., Beasley J.T., Fang Z., Zhang P., Ranadheera C.S. 2024. Anthocyanins-gut microbiota-health axis: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(21): 7563-7588.

Sharma S., Chunduri V., Kumar A., Kumar R., Khare P., Kondepudi K.K., Bishnoi M., Garg M. (2018). Anthocyanin bio-fortified colored wheat: Nutritional and functional characterization. *PLOS ONE*, 13(4): e0194367.

Le proprietà climatiche e chimico-fisiche e strutturali dei suoli agricoli del Vallo di Diano in Campania adibiti alla cerealicoltura locale

Carmelinda Vecchio[1], Maurizio Giannatiempo[2-3], Antonio Porfidia[2], Giorgia Raimondi[1], Enrica De Falco[3], Nikita Trotta[2]

[1]Università Telematica San Raffaele Roma, Via di Val Cannuta 247, 00166 Roma (RM);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Difesa e Certificazione, S.S. 18 n. 242 km 77,700, 84091, Battipaglia (SA);
[3]Università degli Studi di Salerno, Dipartimento di Farmacia, Via Giovanni Paolo II n. 132, 84084 Fisciano (SA)

Il presente lavoro nasce da un progetto finanziato dal PSR Campania 2014-2020, Int. 16.2.1 "Caratterizzazione dei cereali antichi del Vallo di Diano".
I tre partner dell'iniziativa, uniti in una A.T.S.: Sede di Battipaglia del Crea DC, DiFARMA dell'UNISA e IIS M. T. Cicerone di Sala Consilina (SA), hanno coinvolto diciassette aziende locali, in modalità in *situ/on farm* del bacino intermontano dell'Appennino meridionale del Vallo di Diano e l'azienda sperimentale Baldascine della Sede Crea di Battipaglia (SA), in modalità *ex-situ*, localizzata nel cuore della Piana del Sele. Fra le diverse attività, il progetto prevedeva lo studio climatico e chimico-fisico strutturale dei suoli di coltivazione, le cui informazioni, associate alle caratteristiche climatiche dell'area, avrebbero individuato la natura dei microambienti più vocati alla coltivazione dei cereali, nel pieno rispetto della sostenibilità ambientale ed alimentare.
I siti, distribuiti lungo un gradiente compreso tra 20 e 930 m s.l.m., sono stati raggruppati in tre macroaree: pianura costiera, fondovalle intermontano e fascia pedemontana-montana. Tale suddivisione ha consentito di confrontare contesti caratterizzati da assetti geologici, drenaggio e dinamiche microclimatiche. Il campionamento è stato effettuato nell'autunno del 2024 mediante prelievo di campioni compositi alla profondità di 50–60 cm. Dopo essiccazione, omogeneizzazione e setacciatura, i campioni sono stati analizzati secondo i metodi ufficiali del D.M. 13/09/1999. Le analisi hanno riguadato: tessitura, scheletro, pH, conducibilità elettrica, calcare totale e attivo, carbonio organico, sostanza organica, azoto totale, rapporto C/N, capacità di scambio cationico, cationi scambiabili e fosforo assimilabile. Per la caratterizzazione climatica dei siti sono stati acquisiti dati termo-pluviometrici e igrometrici georiferiti ottenuti mediante il servizio MSN Weather, successivamente integrati con i risultati delle analisi pedologiche. L'approccio adottato ha consentito di evidenziare le relazioni tra quota altimetrica, condizioni climatiche e qualità dei suoli, contribuendo alla comprensione dei processi che regolano la fertilità dei diversi ambienti agricoli. I risultati attesi potranno fornire indicazioni utili per una gestione agronomica più sostenibile e mirata, valorizzando le peculiarità territoriali del Vallo di Diano e favorendo la conservazione della risorsa suolo nel lungo periodo.

Parole chiave: suolo; proprietà chimico-fisiche del suolo; sostenibilità; clima.

Bibliografia essenziale

Russo F. 1990. I sedimenti quaternari della Piana del Sele.
Giano S. et al. 2014. Dislocazioni quaternarie nel Vallo di Diano. *Culture Territori Linguaggi*, 4(1): 159-173.
Progetto CCAVD 2024. Mappatura del territorio e siti di campionamento nel Vallo di Diano. Documentazione tecnica interna,CREA-DC, DIFARMA e IIS M.T Cicerone.
Microsoft Corporation 2026. MSN Weather Service (ott. 2025-giu. 2026). https://www.msn.com/weather

Creazione di valore e integrazione nella filiera dell'orzo distico da malto

Francesco Licciardo[1], *Pietro Chinnici*[2], *Katya Carbone*[3], *Dario Macaluso*[1]

[1]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Politiche e Bioeconomia, Via Barberini 36, 00187 Roma (RM);*
[2]*Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Viale delle Scienze, Edificio 4, 90128 Palermo (PA);*
[3]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura, Via di Fioranello 52, 00134 Roma (RM)*

La crescente domanda di produzioni brassicole tracciabili e ad elevato contenuto identitario, trainata soprattutto dallo sviluppo delle produzioni artigianali e agricole, sta ridefinendo il ruolo dell'orzo distico nella cerealicoltura italiana. In questo contesto, la creazione di valore non dipende esclusivamente dalla qualità della materia prima o dalla sua trasformazione in malto, ma dalla capacità della filiera di integrare efficacemente produzione agricola, maltazione e birrificazione. Muovendo da questa prospettiva, vengono analizzati i principali fattori che determinano la creazione di valore economico lungo la filiera dell'orzo distico da malto, con particolare attenzione al ruolo dell'integrazione di filiera. L'approccio adottato combina fonti statistiche ufficiali, dati di settore e microdati della Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA), rappresentando un primo tentativo di superamento della frammentazione delle informazioni disponibili con l'obiettivo di ricostruire in modo unitario le relazioni tra produzione agricola, comparto maltario e trasformazione brassicola. In un contesto caratterizzato dalla contrazione delle superfici nazionali investite a orzo (-17,6% nel 2024; ISTAT, 2026), il comparto maltario nazionale ha raggiunto nel 2025 una produzione di 84.319 tonnellate, il livello più elevato dell'ultimo decennio (AssoBirra, 2026). Parallelamente, nonostante la crescita della produzione nazionale di malto, il ricorso alle importazioni rimane strutturalmente elevato, evidenziando l'esistenza di ampi margini di rafforzamento della filiera nazionale. L'analisi dei microdati RICA evidenzia che, nelle aziende agricole coinvolte in percorsi di valorizzazione dell'orzo attraverso la filiera brassicola, circa il 70% del valore della produzione dell'orzo è avviato alla trasformazione, confermando come l'integrazione di filiera consenta di trattenere una quota più elevata del valore aggiunto. Nel complesso, i risultati suggeriscono che i maggiori margini di valorizzazione economica si realizzano nei modelli fondati sul coordinamento tra produzione agricola, maltazione e birrificazione, piuttosto che nelle singole fasi della trasformazione. In tale prospettiva, il rafforzamento dell'integrazione di filiera rappresenta una leva strategica per accrescere la competitività del comparto, favorire la tracciabilità della materia prima e sostenere percorsi di differenziazione dell'orzo distico fondati sull'origine e sulla qualità delle produzioni.

Parole chiave: orzo distico da malto; filiera brassicola; creazione di valore; integrazione di filiera; Rete di Informazione Contabile Agricola.

Bibliografia essenziale

Cipollaro M., Fabbrizzi S., Alampi Sottini V., Fabbri B., Menghini S. 2021. Linking Sustainability, Embeddedness and Marketing Strategies: A Study on the Craft Beer Sector in Italy. *Sustainability*, 13(19): 10903.

Cipollaro M., Alampi Sottini V., Fabbrizzi S. 2018. The role of raw materials in the development of a Tuscan craft beer chain. *Italian Review of Agricultural Economics*, 73(3): 53-64.

Francioni B., Curina I., Masili G., Viganò E. 2019. Global sourcing processes in the Italian agricultural breweries. *British Food Journal*, 121(10): 2277-2295.

Licciardo F., Tomassini S., Macaluso D., Carbone K., Chinnici P. 2026. Produzione e filiera del malto tra Europa e Italia, Imbottigliamento, *in corso di pubblicazione*.

Licciardo F., Chinnici P., Macaluso D. 2026. Orzo, cinque anni tra alti e bassi, *Terra è Vita*, n. 10/2026, pp. 47-49.

Micotossine nel mais: cosa ci insegnano quindici anni di monitoraggio

Sabrina Locatelli, Helga Cassol, Stefania Mascheroni, Gian Fausto Bigoni, Mirko Carrara, Andrea Bossi, Chiara Lanzanova

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Via Stezzano 24, 24126 Bergamo (BG)

Il mais è particolarmente suscettibile alla contaminazione da micotossine, soprattutto quando la coltura è sottoposta a condizioni di stress durante la fioritura e il riempimento della granella. Temperature elevate, carenza idrica e danni causati dagli insetti possono favorire l'insediamento e lo sviluppo di funghi appartenenti, in particolare, ai generi *Fusarium* e *Aspergillus*.
Dal 2011 il CREA conduce un'attività di monitoraggio della contaminazione da micotossine nel mais prodotto nelle principali aree maidicole dell'Italia settentrionale. Ogni anno, campioni di granella vengono prelevati presso centri di essiccazione e stoccaggio e analizzati per la determinazione di fumonisine (FBs), aflatossina B1 (AFB1), deossinivalenolo (DON) e zearalenone (ZEA). La disponibilità di una serie storica pluriennale consente di interpretare l'andamento delle singole annate e di valutare l'evoluzione nel tempo del rischio associato alle diverse micotossine.
I risultati evidenziano criticità differenti in funzione della tossina considerata. Le fumonisine hanno raggiunto concentrazioni elevate in numerose annate, confermandosi una problematica persistente per la filiera maidicola. La presenza di AFB1 mostra invece una maggiore variabilità interannuale ed è strettamente associata alla frequenza di stagioni caratterizzate da temperature elevate e prolungato stress idrico. Il progressivo aumento degli stress climatici potrebbe pertanto accrescere in futuro la rilevanza di questa contaminazione.
L'annata 2025 ha rappresentato un caso particolarmente critico. Le semine tardive, l'emergenza disomogenea, il prolungato deficit idrico e le elevate temperature registrate nelle fasi più sensibili della coltura hanno determinato diffusi danni alle spighe. Il 72% dei campioni analizzati ha superato 4 mg/kg di fumonisine, mentre il 15% ha oltrepassato 20 µg/kg di AFB1, facendo registrare per quest'ultima il valore più elevato dell'intero periodo di monitoraggio. Le contaminazioni da DON e ZEA sono risultate invece contenute.

Parole chiave: mais; micotossine; monitoraggio.

Finanziamenti: attività realizzata con il sostegno finanziario del Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste nell'ambito del programma RETICER, protocollo CREA n. 0002833 del 16 gennaio 2025.

Fermentazione lattica a bassa temperatura per la produzione sostenibile di bevande a base vegetale

Lucia Maiuro[1], *Siria Giorgione*[1], *Franca Vergalito*[1], *Sebastiano Rosati*[1,2], *Elena Sorrentino*[1]

[1]*Università degli Studi del Molise, Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Via Francesco De Sanctis, 86100 Campobasso (CB);*
[2]*Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Via Verdi 8, 10124 Torino (TO)*

I modelli alimentari occidentali contribuiscono in modo significativo al carico globale di malattie croniche e all'impatto ambientale del sistema alimentare, tra cui emissioni di gas serra, consumo idrico, degrado del suolo e perdita di biodiversità [1]. In questo contesto, gli alimenti fermentati a base vegetale rappresentano un'alternativa promettente ai prodotti di origine animale, capace di coniugare sostenibilità ambientale, valori etici e miglioramento della qualità nutrizionale e sensoriale delle proteine vegetali [2].
Obiettivo dello studio è stato selezionare isolati di batteri lattici (LAB) idonei alla fermentazione a bassa temperatura di bevande vegetali [3]. I 14 isolati impiegati sono stati ottenuti da impasti acidi tradizionali (I Tipo) molisani, nell'ambito del progetto SPIGA (Sustainable pigmented grains as fitfood for mediterranean diet). Gli isolati sono stati identificati preliminarmente con metodi tradizionali e tramite gallerie API, quindi sottoposti a screening tecnologico, inoculati in bevande a base di avena, farro e miglio e fermentati a 20 °C per 48 ore. Sono stati valutati pH, conta cellulare vitale, acidità titolabile e capacità di ritenzione idrica (WHC).
I risultati hanno evidenziato che tutti gli isolati sono stati in grado di svilupparsi, abbassando il pH e producendo acidi organici nelle tre bevande a base di cereali, contribuendo così allo sviluppo di note aromatiche caratteristiche. Tuttavia, sono emerse differenze tra gli isolati nella capacità di acidificazione e nella cinetica di crescita. L'isolato 28, preliminarmente identificato come *Lactiplantibacillus plantarum*, è risultato il più performante sia in termini di acidificazione e riduzione del pH, sia per la crescita a 48 h, raggiungendo le cariche microbiche più elevate. I dati di fermentazione di questo isolato sono stati modellati tramite regressione non lineare (modello di Gompertz) con il software GraphPad Prism; l'adeguatezza del modello è stata verificata mediante analisi dei residui e grafico quantile-quantile (QQ plot), confermando un ottimo adattamento ai dati sperimentali.
In conclusione, i risultati ottenuti confermano che la fermentazione a bassa temperatura consente di ottenere bevande vegetali fermentate di elevata qualità, sebbene l'efficacia sia ceppo-dipendente. Lo sviluppo di starter specifici e robusti rappresenta una strategia concreta per produrre alimenti fermentati vegetali più sostenibili, con minore impatto energetico e ambientale rispetto ai processi convenzionali.

Parole chiave: fermentazione lattica, batteri lattici, bevande vegetali, bassa temperatura, sostenibilità.

Bibliografia essenziale

[1] Carey C. N. et al. 2023. The environmental sustainability of plant-based dietary patterns: a scoping review. *The Journal of nutrition*, 153(3): 857-869.
[2] Abbaspour N. 2024. Fermentation's pivotal role in shaping the future of plant-based foods: An integrative review of fermentation processes and their impact on sensory and health benefits. *Applied Food Research*, 4(2): 100468.
[3] Liang C., et al. 2023. New insights on low-temperature fermentation for food. *Fermentation*, 9(5): 477.

Valorizzazione dei sottoprodotti brassicoli per la produzione di una birra artigianale a ridotto contenuto alcolico

Lucia Maiuro[1], *Simone Zicchillo*[1], *Massimo Iorizzo*[1], *Sebastiano Rosati*[1-2], *Elena Sorrentino*[1]

[1]*Università degli Studi del Molise, Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Via Francesco De Sanctis, 86100 Campobasso (CB);*
[2]*Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Via Verdi 8, 10124 Torino (TO)*

La crescente domanda di bevande a ridotto contenuto alcolico sta orientando il settore brassicolo verso lo sviluppo di prodotti compatibili con un consumo più moderato e consapevole [1,2]. Parallelamente, la necessità di ridurre l'impatto ambientale dei processi alimentari, in linea con i principi dell'economia circolare e con gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, rende prioritario il recupero e il riutilizzo di scarti e sottoprodotti agroalimentari. Da queste premesse nasce l'idea di valorizzare trebbie esauste e lievito di recupero, derivanti da una precedente lavorazione brassicola, come risorse per la produzione di una birra artigianale a ridotto contenuto alcolico. In questo contesto, il lavoro ha valutato la fattibilità tecnologica, microbiologica e sensoriale di tale approccio.
La sperimentazione, condotta in impianto pilota, ha previsto una prima produzione di birra tipo Pilsner (utilizzata come riferimento e come fonte di sottoprodotti) seguita dalla produzione di una birra sperimentale a ridotto contenuto alcolico, ottenuta attraverso la modulazione dell'estratto fermentescibile senza ricorrere a tecniche fisiche di dealcolizzazione [2,3]. Le trebbie esauste sono state impiegate come matrice a ridotta disponibilità zuccherina, mentre il lievito recuperato dalla fermentazione primaria è stato riutilizzato come coltura fermentante. L'andamento della fermentazione è stato monitorato mediante determinazione periodica di densità e pH; sul prodotto finito sono stati valutati titolo alcolometrico, densità finale, pH, colore, amaro, diacetile e accettabilità sensoriale.
La birra sperimentale ha mostrato una fermentazione regolare e una minore attenuazione fermentativa rispetto alla Pilsner di riferimento, coerentemente con la ridotta disponibilità di zuccheri fermentescibili. Il titolo alcolometrico finale è risultato pari a 1,4% vol., rispetto al 4,8% vol. della Pilsner. Tale valore rientra nella categoria normativa italiana delle birre leggere, collocandosi poco al di sopra del limite di 1,2% vol. previsto per la denominazione di birra analcolica, secondo la Legge n. 154 del 2016. I principali parametri qualitativi, quali pH, colore, densità, amaro e diacetile, sono risultati comparabili tra le due produzioni. Il test di accettabilità ha evidenziato un giudizio complessivamente positivo, senza difetti sensoriali riconducibili al riutilizzo dei sottoprodotti.
I risultati indicano che il riutilizzo combinato di trebbie esauste e lievito di recupero rappresenta una strategia promettente per ottenere birre artigianali a ridotto contenuto alcolico, contribuendo al tempo stesso alla valorizzazione dei residui di processo e alla sostenibilità della produzione brassicola.

Parole chiave: birra low alcol; trebbie esauste; lievito di recupero; economia circolare.

Bibliografia essenziale

[1] Iorizzo M., Testa B., Lombardi S. J., Sorrentino E. 2021. *Food Microbiology*, 94: 103653.
[2] Piornos J. A., Dapena E., Miralles B. 2023. *Trends in Food Science & Technology*, 131: 1-14.
[3] Simões J., Steensels J., Verstrepen K. J. 2023. *Journal of the Institute of Brewing*, 129(1): 3-16.

MEDPROAGE: Nuovi prodotti alimentari a base di proteine vegetali per il benessere e la longevità nell'area mediterranea

Ombretta Marconi[1,2], *Assunta Marrocchi*[3], *Carmelinda Ruggiero*[4]

[1]*Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari, Ambientali, Borgo XX Giugno 74, 06121 Perugia (PG);*
[2]*Università degli Studi di Perugia, Centro di ricerca per l'eccellenza della birra, Piazza Università 1, 06123 Perugia (PG);*
[3]*Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Via dell'Elce di Sotto 8, 06123 Perugia (PG);*
[4]*Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Medicina e Chirurgia, Sezione di Gerontologia e Geriatria, Piazzale Gambuli 1, 06123 Perugia (PG)*

Il progetto MEDPROAGE si pone l'obiettivo di promuovere il consumo di prodotti proteici vegetali alternativi (PBAP) nella dieta della popolazione anziana dell'area mediterranea, rispondendo alle sfide demografiche e di sostenibilità attuali. La strategia si basa sulla combinazione di legumi locali e proteine estratte da sottoprodotti agroindustriali, in particolare dalle trebbie di birra (BSG), per garantire un'agricoltura locale resiliente e preservare il patrimonio culturale e la biodiversità integrando tecnologie "green" e innovative. Nello specifico, il maltaggio dei legumi selezionati verrà impiegato per migliorarne il valore nutrizionale, la digeribilità delle proteine e la biodisponibilità minerale, riducendo al contempo i fattori antinutrizionali e gli allergeni. Parallelamente, le BSG, ricche di fibre e proteine, saranno valorizzate attraverso metodi di estrazione eco-friendly per migliorare le proprietà funzionali degli ingredienti. Il progetto prevede lo sviluppo di quattro tipologie di prodotti: snack salati; puree; analoghi della carne; mousse dolci a base vegetale. L'ottimizzazione delle formulazioni avverrà tramite l'ausilio dell'Intelligenza Artificiale (AI) e tecniche di Design of Experiments (DoE), con un focus specifico sulla qualità sensoriale e le esigenze nutrizionali della popolazione anziana. Oltre alla validazione della sicurezza microbiologica e chimica, MEDPROAGE valuterà l'impatto dei prodotti sulla salute intestinale e sulla digeribilità, promuovendo l'educazione alimentare verso scelte dietetiche sostenibili attraverso la collaborazione con reti scientifiche specializzate nell'invecchiamento.

Il Progetto è finanziato dal programma PRIMA 2025, Section 2, area tematica Agro-Food Value chain in the nexus, Topic: 2.3.1 Towards a Plant-Based Alternative Protein products Transition in the Mediterranean Region.

Parole chiave: Proteine vegetali, Dieta Mediterranea, Legumi, Trebbie di birra, Sostenibilità, Invecchiamento in salute.

Bibliografia essenziale

Belardi I., De Francesco G., Alfeo V., Bravi E., Sileoni V., Marconi O., Marrocchi A. 2025. Advances in the valorization of brewing by-products. *Food Chemistry*, DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141882.

Belardi I., Marconi O., Marrocchi A., Mussatto S. 2025. Sequential extraction of protein, phenolic compounds, and oligosaccharides from brewer's spent grains. *Separation and Purification Technology*, 371: Open Access, DOI: 10.1016/j.seppur.2025.133385.

Sileoni V., Alfeo V., Bravi E., Belardi I., Marconi O. 2022. Upcycling of a by-product of the brewing production chain as an ingredient in the formulation of functional shortbreads, *Journal of Functional Foods*, 98: Open Access, DOI: 10.1016/j.jff.2022.105292.

PIGMENTA-LO: innovazione, qualità e sostenibilità per la filiera dei frumenti pigmentati in Lombardia

Alessandra Marti[1], Marta Guarise[2], Claudia Sardella[3], Daniele Noè[4], Matteo Gornati[5], Angelo Bresciani[6], Maurizio Vezzani[7], Anna Leone[2], Maurizio Bottoli[8], Massimo Blandino[3]

[1]Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente, Via Celoria 2, 20133 Milano (MI);
[2]Agricola 200, S.C.p.A., Via Trieste 9, 20067 Tribiano (MI);
[3]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[4]Azienda Agricola Auris di Noè Daniele, Via Domenico da Inveruno 14, 20036 Dairago (MI);
[5]Azienda Agricola Gornati Matteo, Via Giuseppe Giusti 34, Casorezzo (MI);
[6]Azienda Agricola Bresciani Angelo, strada Campo Brondino 4, Marcaria (MN);
[7] Zini Prodotti Alimentari S.p.A., Via Libertà 36, 20090 Cesano Boscone (MI);
[8]Distretto della Filiera Cerealicola Lombarda, Via Isorella 16, 25016 Ghedi (BS)

I frumenti pigmentati, caratterizzati da cariossidi di colore giallo, blu, viola o nero, rappresentano un patrimonio genetico di interesse per la valorizzazione della filiera cerealicola e per la produzione di alimenti ad elevato valore aggiunto. L'elevata concentrazione di composti con azione antiossidante, principalmente antociani e carotenoidi, contribuisce alla colorazione della granella e può sostenere lo sviluppo di prodotti cerealicoli con caratteristiche salutistiche distintive. La loro coltivazione e trasformazione restano tuttavia limitate dalla scarsa integrazione tra valutazione varietale, gestione agronomica, processi molitori, trasformazione e qualità del prodotto finito. Lo scopo del progetto PIGMENTA-LO, finanziato dalla Regione Lombardia (Intervento SRG01/1/2024 Sostegno ai Gruppi Operativi PEI-AGRI) è valutare tutti gli elementi tecnici, dal campo alla tavola, necessari a supportare lo sviluppo della coltivazione di frumenti pigmentati, attraverso la verifica delle caratteristiche agronomiche, qualitative e di trasformazione necessarie per un corretto impiego in filiera. Il progetto prevede il confronto, in diversi areali e condizioni produttive, di frumenti pigmentati, al fine di selezionare i materiali più interessanti in termini di caratteristiche agronomiche, qualità tecnologica e valore salutistico. Saranno inoltre definite pratiche agronomiche e di post-raccolta volte a massimizzare i metaboliti secondari di interesse.
I frumenti selezionati saranno sottoposti a processi molitori convenzionali e innovativi, comprendenti macinazione a cilindri, macinazione a pietra, decorticazione e micronizzazione mediante molino a lame diamantate. Gli sfarinati ottenuti saranno caratterizzati per il contenuto in composti bioattivi e contaminanti e per le principali proprietà tecnologiche e reologiche, con particolare riferimento al contenuto di amido danneggiato, alle proprietà di aggregazione del glutine, alla gelatinizzazione e retrogradazione dell'amido e alle proprietà di impastamento ed estensibilità. Le farine e le frazioni selezionate saranno impiegate per lo sviluppo di frumento parboiled. I prodotti saranno valutati mediante analisi fisiche, tecnologiche e sensoriali, integrate dalla determinazione dei principali composti bioattivi, dell'attività antiossidante e dei contaminanti.
Nel complesso, il progetto consentirà di produrre linee guida per la coltivazione sostenibile dei frumenti pigmentati, protocolli di molitura e di sviluppo di prodotto, fornendo indicazioni utili per il trasferimento delle innovazioni lungo la filiera cerealicola lombarda.

Parole chiave: frumenti pigmentati; composti bioattivi; molitura; qualità tecnologica; innovazione di filiera.

Profilo biochimico e potenziale antiossidante di estratti metanolici di genotipi di avena colorata di diverse origini geografiche

Valeria Menga, Romina Beleggia, Valentina Giovanniello, Clara Fares

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi economica (CREA), Centro di ricerca per la cerealicoltura e colture industriali (CI), S.S. 673, km 25.200, 71122 Foggia (FG)

L'avena (Avena sativa L.) è il cereale integrale più consumato per il suo elevato contenuto di fibre solubili (β-glucano), composti fenolici e proteine. Il consumo di avena è aumentato grazie alle indicazioni sulla salute associate al consumo di β-glucano. Inoltre, l'avena si distingue per il contenuto di avenantramidi, polifenoli presenti soltanto in questo cereale, con un elevato potere antiossidante. Tre tipi di avenantramidi derivati dall'acido 5-idrossiantranilico coniugato con l'acido p-cumarico (Av A), l'acido ferulico (Av B) e acido caffeico (Av C), rappresentano circa il 70% del contenuto totale. Diversi studi hanno valutato il legame tra la colorazione dei semi e la presenza di specifici composti antiossidanti. Inoltre, le varietà colorate di diverse specie di cereali presentano una maggiore attività antiossidante rispetto a quelle non colorate. Data la grande rilevanza dell'avena come fonte di alimenti funzionali, sono stati valutati i profili fitochimici degli estratti metanolici di un'ampia collezione di avena di diverse origini geografiche e colorazioni delle glume. La collezione è stata suddivisa in cinque gruppi in base alla colorazione delle glume (bianche, beige, gialle, rosse e brune) più un gruppo di avena nuda. La valutazione è stata eseguita sui campioni di avena integrale e gli estratti metanolici hanno discriminato efficacemente l'ampia variabilità della composizione fitochimica tra le varietà di avena. Il profilo fitochimico ha riguardato la determinazione degli avenantramidi (A, B, C), degli acidi fenolici e dell'attività antiossidante. Il gruppo di avena bianca presentava la più alta concentrazione di avenantramidi, mentre i gruppi di avena gialla e beige quella più bassa. Il più alto contenuto di acidi fenolici totali è stato riscontrato nell'avena bruna, con gli acidi siringico, vanillico, caffeico, ferulico e vanillina, tra i più rappresentativi. Nell'avena nuda, l'acido caffeico era il più abbondante. L'attività antiossidante (AA) misurata mediante ABTS e DPPH era più elevata nei gruppi di avena bianca e bruna, mentre era la più bassa nel gruppo di avena nuda. L'analisi delle componenti principali (PCA) ha indicato che l'elevata attività antiossidante (AA) nei genotipi di avena bianca era attribuita alla presenza di avenantramidi e acido caffeico. Al contrario, per il gruppo di avena bruna, era dovuta all'alto contenuto di acidi fenolici. Lo studio ha indicato anche che le molecole coinvolte nell'AA, sono ben correlate al colore delle glume. Inoltre, è stato evidenziato che anche la differenziazione dei genotipi di avena in base all'origine geografica dipende dalla diversa composizione fitochimica di ciascun gruppo.

Parole chiave: avena colorata, antiossidanti, avenantramidi, estratto metanolico.

Bibliografia essenziale

Peterson D.M., Wesenberg D.M., Burrup D.E., Erickson C.A. (2005). Relationships among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. *Crop Science*, 45(4): 1249-1255. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0063

Varga M., Jójárt R., Fónad P., Mihály R., Palágyi A. (2018). Phenolic composition and antioxidant activity of colored oats. *Food Chemistry*., 268: 153-161. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.035

Suriano S., Iannucci A., Codianni P., Fares C., Russo M., Pecchioni N., Marciello U., Savino M. (2018). Phenolic acids profile, nutritional and phytochemical compounds, antioxidant properties in colored barley grown in southern Italy. *Food Research International,* 113: 221-233. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.072

Sostenibilità e innovazione gustativa: valutazione dell'utilizzo di scarti di asparago per la formulazione di paste funzionali con frumento e avena

Valeria Menga, Romina Beleggia, Valentina Giovanniello, Debora Ianzano, Clara Fares

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi economica (CREA), Centro di ricerca per la cerealicoltura e colture industriali (CI), S.S. 673, km 25.200, 71122 Foggia (FG)

La pasta rappresenta un pilastro della dieta mediterranea e uno degli alimenti più diffusi a livello globale. La sua elevata accettabilità, la sua semplice formulazione e la possibilità di variarne le caratteristiche attraverso l'aggiunta di ingredienti la rendono un veicolo ideale di innovazione nutrizionale. L'avena può essere utilizzata per aumentare la funzionalità degli alimenti grazie all'elevato contenuto di β-glucano (fibra solubile), ad azione prebiotica, offrendo benefici per la salute come la riduzione del colesterolo. Le proteine dell'avena agiscono come emulsionanti, addensanti e agenti schiumogeni, mentre i composti fenolici (come le avenantramidi) aggiungono proprietà antiossidanti e antinfiammatorie. L'asparago (*Asparagus officinalis* L.) è un alimento nutriente grazie al suo basso contenuto calorico e all'elevata concentrazione di fibre e antiossidanti come flavonoidi, acidi fenolici e vitamine. Il principale flavonoide dell'asparago verde è la rutina, che possiede la più alta azione antiossidante rappresentando dal 70% al 90% della concentrazione totale di flavonoidi. La rutina è stata associata alla riduzione dei livelli di colesterolo e del rischio di malattie cardiache. La produzione globale di asparagi è di 10.679.000 tonnellate, tuttavia la parte edibile corrisponde a circa il 50% del suo totale. Gli scarti derivanti dalla lavorazione degli asparagi possono essere una preziosa fonte di molecole bioattive, come i composti fenolici. L'utilizzo di questi sottoprodotti offre una strategia sostenibile per ridurre gli sprechi alimentari, come auspicato nell'agenda 2030, migliorando al contempo il valore nutrizionale degli alimenti di base. Lo scopo di questa ricerca è stato la valutazione di paste funzionali ottenute con l'aggiunta di diverse concentrazioni di farine provenienti da scarti di asparago (2,5%, 6% e 10%), ad una miscela base di frumento duro e avena. In particolare, è stata valutata l'influenza delle farine di asparago e dell'avena sulle proprietà tecnologiche e reologiche della pasta anche durante il processo di trasformazione, l'impatto sul colore e sulla struttura del prodotto finito, il contenuto fenolico e la capacità antiossidante dei campioni. Infine, sono state valutate le caratteristiche sensoriali della pasta cotta. I risultati ottenuti mostrano un miglioramento delle proprietà nutrizionali delle paste, soprattutto per un maggiore apporto proteico, legato principalmente all'aggiunta di avena, e di proprietà antiossidanti dovute principalmente alla rutina dello sfarinato di asparago. Le proprietà tecnologiche e la texture subiscono una modifica progressiva legata alle aggiunte; tuttavia, tali aggiunte non sembrano peggiorare le proprietà sensoriali delle paste, in termini di consistenza, colore, collosità e giudizio sensoriale complessivo, fino al 2,5% di aggiunta. Tale risultato fa ipotizzare una buona accettabilità da parte del consumatore ed un'incoraggiante prospettiva di valorizzazione di questi sottoprodotti.

Parole chiave: pasta, alimenti funzionali, asparago, scarti, avena.

Bibliografia essenziale

Fares C., Menga V. (2012). Effects of toasting on the carbohydrate profile and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum L.*) flour added to durum wheat pasta. *Food Chemistry*: 131, 1140-1148.

Menga V., Beleggia R., Prencipe D.P. Russo M., Fares C. (2025). The Post-Harvest Application of UV-C Rays: Effects on the Shelf Life and Antioxidants of Fresh Green Asparagus (*Asparagus officinalis L.*). *Applied Sciences*, 15, 8533. https://doi.org/10.3390/app15158533

Può la farina di lenticchie rosse essere usata al 100% per lo sviluppo di muffin?

Camilla Messuri, *Lucia De Luca*, *Raffaele Romano, Annalisa Romano*

Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria, Piazza Carlo di Borbone, 80055 Portici (NA)

Negli ultimi anni, l'impiego di farine ottenute da legumi ha suscitato un crescente interesse nel settore alimentare, grazie al loro elevato valore nutrizionale e alle promettenti proprietà chimico-fisiche, funzionali e tecnologiche (Romano et al., 2025). In particolare, la farina da lenticchie (*Lens culinaris* Medikus) può rappresentare un interessante ingrediente nel settore dei prodotti da forno per l'elevato contenuto proteico (20,6– 31,4 g/100 g), di fibre, composti bioattivi e l'assenza di glutine (Romano et al., 2021).
Obiettivo del presente studio è stato valutare l'effetto della composizione chimica, della granulometria e delle proprietà della farina da lenticchie rosse (*Lens culinaris* Medikus. 'Crimson') (RLF) sullo sviluppo di muffin.
A tale scopo RLF è stata separata in quattro frazioni granulometriche: A (< 75 μm), B (75 – 106 μm), C (106 – 150 μm) e D (> 150 μm). Gli sfarinati RLF, A, B, C e D sono stati impiegati al 100% nella formulazione dei muffin.
Ciascun sfarinato è stato caratterizzato mediante analisi nutrizionali, chimico-fisiche (contenuto di umidità e pH) e funzionali, mentre dei campioni sono state determinate le proprietà chimico-fisiche, macrostrutturali e meccaniche (Texture Profile Analysis, TPA).
I risultati hanno evidenziato la correlazione tra composizione chimica -struttura fisica (granulometria) e proprietà funzionali degli sfarinati ($p< 0,05$). In particolare, l'amido totale è risultato maggiore negli sfarinati A e B ($p< 0,05$), mentre il contenuto di ceneri e fibre era maggiore negli sfarinati C e D. Le proprietà funzionali hanno evidenziato una capacità di ritenzione dell'acqua (WHC) maggiore negli sfarinati C e D ($p< 0,05$).
Le proprietà dei muffin sviluppati sono risultate significativamente influenzate dalla tipologia di sfarinato impiegato ($p< 0,05$). Gli indici colorimetrici (L*, a*, b*, ΔE) hanno evidenziato differenze significative ($p< 0,05$), con valori maggiori di L* nei campioni A e B. I muffin con C e D hanno mostrato i valori maggiori del contenuto di umidità (42,2 % e 42,4 %, rispettivamente) e di densità (0,356 g/mL e 0,481 g/mL, rispettivamente) rispetto ai campioni con RLF, A e B.
L'analisi macrostrutturale ha evidenziato un maggiore sviluppo e una più elevata frazione di vuoto nei muffin ottenuti con A (36,05%), B (33,83 %) e C (32,79 %), mentre i campioni con D hanno mostrato una struttura interna più compatta, come evidenziato dai parametri globali (area e numero di alveoli per unità di superficie) ($p< 0,05$).
I valori di hardness del campione D (97,3 N) sono risultati i più elevati, indicando una maggiore resistenza alla compressione nelle formulazioni con il maggior tenore di fibre, di ceneri, contenuto di umidità ($p< 0,05$) e granulometria > 106 μm.
In conclusione, i dati ottenuti forniscono indicazioni utili sull'impiego della farina di lenticchie rosse e delle frazioni più idonee (A e B) per la formulazione di muffin.

Parole chiave: farina di lenticchie, proprietà, macrostruttura, texture, prodotti da forno

Bibliografia essenziale

Romano A., Gallo V., Ferranti P., Masi P. 2021. Lentil flour: nutritional and technological properties, in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry, *Current Opinion in Food Science*, 40: 157-167.
Romano A., De Luca L., Romano R. 2025. Exploring structure, volatile profile, physicochemical and functional properties of raw and extruded- cooked lentil flours for their use in bakery products. *European Food Research and Technology*, 251(4): 603-611.

Lenticchie verdi: da commodity ad ingrediente funzionale e sostenibile nel settore dei prodotti da forno

Federica Cirrincione, Camilla Messuri, Raffaele Romano,
Pasquale Ferranti, Annalisa Romano

Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria,
Piazza Carlo di Borbone, 80055 Portici (NA)

L'uso delle lenticchie (*Lens culinaris* Medik.) sotto forma di sfarinato è di crescente interesse per lo sviluppo di ingredienti funzionali nel settore dei prodotti da forno, grazie alla loro composizione nutrizionale, sostenibilità e promettenti proprietà funzionali e tecnologiche (Romano et al., 2025). In particolare, le lenticchie sono al quarto posto tra i legumi consumati a livello mondiale come commodity (FAOSTAT, 2024) e il loro utilizzo a livello globale è sempre più orientato al consumo fresco dopo decorticazione, con conseguente generazione di sottoprodotti (28%) di scarto, costituiti da tegumenti, germe e cotiledoni frammentati.
Obiettivo del presente studio è stato valutare il potenziale impiego della farina di lenticchie verdi di Altamura (LF) e della farina dai sottoprodotti di decorticazione (LW) nello sviluppo di cialde per gelato (LFW e LWW, rispettivamente). A tale scopo sono state valutate sia le proprietà nutrizionali, chimico-fisiche, termiche e funzionali di LF e LW, che le proprietà nutrizionali, chimico-fisiche (contenuto di umidità, pH e aw) e meccaniche delle cialde per gelato. La formulazione dell'impasto delle cialde LFW e LWW includeva i seguenti ingredienti: LF o LW (100%), acqua (148,0- 188,0%), zucchero (47,2%), uova (44%), olio (34,4- 36,8%), vanillina (1,6%) e sale (0,8%). LF e LW hanno mostrato eccellenti profili nutrizionali, con elevati contenuti di proteine (28,02% e 24,72%), fibre (22,36% e 34,55%) e ceneri (2,77% e 2,87%), nonché un basso indice glicemico stimato (47,21 e 41,72), rispettivamente. Le proprietà funzionali hanno evidenziato valori maggiori di capacità di ritenzione dell'acqua (WHC) e dell'olio (OHC) per LW, mentre LF ha mostrato valori più elevati di variazione di entalpia della gelatinizzazione dell'amido ($p < 0,05$). Le proprietà delle cialde sviluppate - LFW e LWW- sono risultate significativamente influenzate dal tipo di sfarinato impiegato ($p < 0,05$). Dal punto di vista nutrizionale, le cialde LWW hanno mostrato un contenuto di amido totale (15,03 %) ed un eIG (67,99) inferiori rispetto alle cialde LFW (21,47% e 78,01). Gli indici colorimetrici dei campioni LWW hanno mostrato valori di L* ed a* minori (59,2 e 7,48) rispetto a quelli di LFW (64,6 e 13,10). Per quanto riguarda le proprietà chimico fisiche, LWW ha evidenziato un contenuto di umidità maggiore (4,61%) rispetto ai campioni LFW (3,21%) ($p <0.05$), mentre i valori di aw delle due tipologie di cialde erano simili ($p >0,05$). Le proprietà meccaniche hanno mostrato differenze significative ($p < 0,05$), in particolare i valori di hardness di LWW erano inferiori (5,60 N) rispetto a quelli dei campioni LFW (6,26 N).
In conclusione, i dati ottenuti forniscono preziose informazioni sull'utilizzo della farina di lenticchie verdi di Altamura e/o dei suoi sottoprodotti nel settore dei prodotti da forno, contribuendo allo sviluppo di prodotti funzionali e sostenibili per l'utilizzo sia di una farina da leguminosa (LF) che di uno scarto di lavorazione come LW.

Parole chiave: lenticchie, sottoprodotti, cialde per gelato, economia circolare, ingredienti funzionali

Bibliografia essenziale

Romano A., De Luca L., Romano R. 2025. Exploring structure, volatile profile, physicochemical and functional properties of raw and extruded- cooked lentil flours for their use in bakery products. *European Food Research and Technology*, 251(4): 603-611.
FAOSTAT (2024). FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Statistical Database. http://faostat.fao.org (accessed 14.04.24).

Pasta arricchita con grano saraceno germinato: dal comportamento dell'impasto alla qualità in cottura

Matteo Miele, Andrea Bresciani, *Alessandra Marti*

Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente (DeFENS), Via G. Celoria 2, Milano (MI)

A partire da recenti studi sul miglioramento nutrizionale, sensoriale e tecnologico di alimenti arricchiti con grano saraceno germinato (Borgonovi et al., 2023; Giovanelli et al., 2023; Sergiacomo et al., 2025), questo studio ha valutato l'effetto del tempo di germinazione (48 e 72 h) sulle proprietà termomeccaniche (mediante Mixolab) e sull'appiccicosità (mediante Analyzer) di impasti di frumento duro arricchiti con il 30% di grano saraceno. Sulla base dei risultati ottenuti, le miscele sono state impiegate per la produzione di pasta fresca e secca mediante laminazione, successivamente caratterizzata in termini di assorbimento di acqua, perdite di solidi in cottura, consistenza e adesività.
La presenza di grano saraceno germinato, rispetto alla materia prima non germinata, indebolisce il reticolo glutinico e la stabilità termica dell'amido, senza differenze rilevanti in funzione del tempo di germinazione. L'effetto dell'attività enzimatica sulla consistenza e appiccicosità dell'impasto è stato valutato a diversi tempi di riposo (da 5 a 20 min) evidenziando un aumento di appiccicosità tra 5 e 10 minuti e un valore maggiore per la miscela con grano saraceno germinato per 48 h.
I risultati sulla pasta hanno confermato la fattibilità dell'impiego del grano saraceno germinato nella produzione di pasta. In particolare, non sono emerse differenze significative nelle caratteristiche qualitative del prodotto finito in funzione del tempo di germinazione, né nella pasta fresca né in quella secca.
Nel complesso, il grano saraceno germinato si conferma un ingrediente promettente per la produzione di pasta.

Questo lavoro è stato svolto nell'ambito dei progetti CROPDIVA – *Climate Resilient Orphan croPs for increased DIVersity in Agriculture* (Horizon 2020, grant agreement n. 101000847) e ONFoods - Research and innovation network on food and nutrition Sustainability, Safety and Security (PNRR, PE00000003, CUP D93C22000890001).

Parole chiave: grano saraceno, germinazione, pasta, reologia dell'impasto

Bibliografia essenziale

Borgonovi S. M., Chiarello E., Pasini F., Picone G., Marzocchi S., Capozzi F., ... Di Nunzio, M. 2023. Effect of sprouting on biomolecular and antioxidant features of common buckwheat (Fagopyrum esculentum). *Foods*, 12(10): 2047.
Giovanelli G., Bresciani A., Benedetti S., Chiodaroli G., Ratti S., Buratti S., Marti A. 2023. Reformulating couscous with sprouted buckwheat: Physico-chemical properties and sensory characteristics assessed by e-senses. *Foods*, 12(19): 3578.
Sergiacomo A., Bresciani A., Miele M., Marti A. 2025. Valorization of Buckwheat (Fagopyrum esculentum) in Baked Goods Through Sprouting Process. *Food and Bioprocess Technology*, 18(6): 5749-5766.

Formulazione innovativa di tempeh di canapa: effetto di varietà e starter fungini

Giuseppe Cozzi, Martina Loi, Elisabetta Zupa,
Massimiliano D'Imperio, Marco Montemurro

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via Amendola 122/O, 70126 Bari (BA)

La coltura della canapa rappresenta una soluzione sostenibile a livello ambientale, grazie alla rilevante capacità di catturare CO_2 oltre che a essere utilizzata positivamente all'interno di rotazioni colturali in agricoltura biologica. Sebbene sul mercato sono sempre più presenti prodotti alternativi che includono semi e sfarinati di canapa, gli alimenti a base di canapa sono attualmente poco valorizzati e una maggiore attività di ricerca relativa alla loro caratterizzazione, oltre alla formulazione di prodotti innovativi, può favorire il riconoscimento del valore alimentare della canapa [1].
I semi di 4 differenti varietà di canapa (Fiona, USO 31, Naschinoide 15, Ostara 9) sono stati forniti da Canapuglia (Conversano, Italia) e utilizzati per la produzione di un tempeh di canapa impiegando starter fungini sia commerciali che presenti nella Collezione CNR-ITEM. Nel dettaglio, ceppi commerciali di *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus spp*, *Aspergillus oryzae* sono stati acquistati da Top Cultures (Doornlaan, Belgium) e Kenshô (Spain), *Pleurotus eryngii* (SP7) è stato fornito da Funghitalia (Castellaneta, Italia) mentre *Aspergillus oryzae* (ITEM 7529) e *Pleurotus eryngii* (ITEM 13696) dalla Collezione CNR-ITEM. Prove preliminari di crescita su piastre di PDA e MEA e prove di colonizzazione dei semi di canapa commerciali hanno portato alla selezione di 1 ceppo per ogni specie fungina. Successivamente è stata valutata la capacità di colonizzazione di tutte le varietà di canapa da parte dei 3 ceppi fungini precedentemente selezionati. *R. oligosporus* ha mostrato una maggiore velocità di colonizzazione (45 - 52 ore) mentre *P. eryngii* la minore (96 ore). Inoltre, *R. oligosporus* e *A. oryzae* hanno mostrato una maggiore velocità di colonizzazione quando inoculati nelle varietà Naschinoide 15 e Ostara 9. In generale un leggero decremento del contenuto proteico è stato riscontrato nei semi al termine della colonizzazione rispetto ai controlli incubati ma non inoculati. La caratterizzazione degli acidi organici effettuata tramite HPLC-DAD ha mostrato un aumentato significativo della concentrazione di acido succinico in tutti i campioni (fino ad un massimo di 64.47 ± 0.71 g/kg), con livelli leggermente inferiori quando *R. oligosporus* è stato utilizzato come starter. Inoltre, le prove condotte utilizzando *P. eryngii* sono state caratterizzate da un incremento di acido ossalico con valori compresi tra 4 e 5 g/kg. La caratterizzazione dei campioni è ancora in corso per valutare l'influenza delle differenti varietà sulla colonizzazione fungina e selezionare eventuali starter alternativi per la produzione di un tempeh di canapa.
Le attività si riferiscono al progetto HEMp production, characterization, and valorisation of innovative PROducts (HEMPRO) finanziato dalla Regione Puglia, CUP B97G24000300009.

Parole chiave: canapa, tempeh, alternative vegetali

Bibliografia essenziale
[1] Nissen L., Casciano F., Babini E., Gianotti A. 2022. Industrial hemp foods and beverages and product properties. In *Industrial Hemp* (pp. 219-246). Academic Press.

CORE Collection di lenticchia: una risorsa potenziale per la valorizzazione e la gestione del patrimonio genetico

Rocco Sabato[1], Stefania Marzario[2], Valeria Morante[2], Carmen Verrastro[2], Gerardo Pio Placido[2], Giuseppina Logozzo[2], Elena Bitocchi[3], Roberto Papa[3], Tania Gioia[2]

[1]Università degli Studi della Basilicata, PhD School in Agricultural, Forest and Food Sciences, Via dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza (PZ);
[2]Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali, Via dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza (PZ);
[3]Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, Via Brecce Bianche 2-8, 60121 Ancona (AN)

La lenticchia (*Lens culinaris* Medik.) è uno dei principali legumi per il consumo umano, rappresentando un'importante fonte di proteine vegetali e micronutrienti [1]. Le dimensioni e l'eterogeneità delle collezioni conservate nelle banche del germoplasma possono limitarne l'efficace caratterizzazione e utilizzo. Tuttavia, le Core Collections forniscono sottoinsiemi rappresentativi di grandi collezioni di germoplasma, facilitandone la caratterizzazione e l'utilizzo pur conservando gran parte della diversità presente nella collezione originale [2]. Nell'ambito del progetto INCREASE [3,4], sono state selezionate 3107 accessioni di lenticchia fornite da banche del germoplasma, istituti di ricerca, partner del progetto e stakeholders per costituire la Core di Riferimento (R-CORE). Per ciascuna accessione della R-CORE sono state sviluppate linee SSD (Discendenza da Singolo Seme), caratterizzate in condizioni controllate di serra presso l'Università degli Studi della Basilicata. Dalla R-CORE è stata successivamente selezionata una Collezione di Base (T-CORE) di 449 accessioni per una caratterizzazione più dettagliata. La rappresentatività della T-CORE è stata valutata utilizzando i dati di passaporto delle accessioni, l'origine geografica e 18 descrittori morfo-agronomici (9 caratteri qualitativi e 9 quantitativi). Le due collezioni sono state confrontate in termini di composizione geografica e biologica, caratterizzazione morfo-agronomica, relazioni tra i descrittori e struttura multivariata. Nonostante una riduzione delle dimensioni della collezione iniziale pari all'85,5%, la T-CORE ha mantenuto un'ampia rappresentatività geografica e biologica, insieme alla maggior parte delle classi fenotipiche e dei modelli di diversità osservati nella R-CORE. Anche le relazioni tra i caratteri e le principali componenti della struttura fenotipica sono state mantenute, sebbene le differenze relative a specifici descrittori abbiano evidenziato aspetti che richiedono un'ulteriore validazione o un arricchimento mirato. La T-CORE costituisce quindi una potenziale fonte di diversità per la fenotipizzazione ad alta risoluzione, gli studi di associazione e il miglioramento genetico. Il framework R-CORE/T-CORE offre una strategia per trasformare ampie collezioni di germoplasma in risorse accessibili per il miglioramento genetico della lenticchia e la selezione di varietà resilienti ai cambiamenti climatici.

Parole chiave: *Lens culinaris*; core collection; risorse genetiche; diversità fenotipica; pre-breeding.

Bibliografia essenziale

1. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.751429
2. https://doi.org/10.1007/s00122-012-1971-y
3. https://doi.org/10.1002/cpz1.134
4. https://doi.org/10.1111/tpj.15472

Screening di alcaloidi chinolizidinici in sfarinati proteici di lupino

Michele Napolitano[1], Aldo Tava[2], Elisa Biazzi[2], Maria Carmela Trivisonno[1], Lucia Mancini[1], Emanuele Marconi[3], Maria Cristina Messia[1]

[1]Università degli Studi del Molise, Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti (DiAAA), Via De Sanctis snc, 86100 Campobasso (CB);
[2]Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA), Centro di ricerca Zootecnia e Acquacoltura, Viale Piacenza 29, 26900 Lodi (LO);
[3]Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Álvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM)

I semi di lupino (*Lupinus albus L.)* rappresentano una risorsa alimentare promettente per il loro elevato contenuto di proteine, lipidi insaturi e composti bioattivi (Briceno Berru et al., 2021). Il principale ostacolo all'utilizzo del lupino nell'alimentazione umana e animale è l'elevato contenuto di alcaloidi chinolizidinici (QA) amari (e spesso tossici), che conferiscono alla pianta protezione contro patogeni e parassiti. Per ridurre il contenuto di alcaloidi e rendere i semi commestibili, sono stati sviluppati processi tecnologici appropriati e, parallelamente, sono state selezionate varietà con bassi livelli di alcaloidi. Quest'ultima strategia, tuttavia, è ancora di efficacia limitata, poiché le cosiddette varietà "dolci" sono meno produttive, più suscettibili a parassiti e malattie e tendono a riacquistare l'amarezza nel tempo.
I QA sono distribuiti all'interno dei semi e non vengono rimossi o distrutti dai trattamenti termici a secco (come la decorticazione o la tostatura). Un monitoraggio rigoroso e continuo si rivela, pertanto, necessario per mantenerne i livelli entro limiti di sicurezza per il consumatore (EFSA, 2019).
Nell'ambito della sperimentazione è stata testata la possibilità di ottenere farine di lupino arricchite in proteine, utilizzando sistemi di frazionamento a secco quale la setacciatura e la classificazione ad aria. Contestualmente all'arricchimento proteico, sulle diverse frazioni ottenute dalla classificazione ad aria è stata effettuata l'identificazione e la quantificazione di QA mediante gascromatografia a ionizzazione di fiamma (GC-FID) accoppiata a spettrometria di massa (GC-MS) (Barzaghi et al., 2025).
L'approfondimento della composizione chimica di possibili ingredienti da utilizzare nelle preparazioni alimentari costituisce un mezzo per valorizzarli ma al contempo garantisce che gli stessi rispondano ai requisiti di sicurezza alimentare richiesti dal mercato europeo.

Parole chiave: *Lupinus albus*, alcaloidi chinolizidinici, frazionamento a secco, classificazione ad aria

Bibliografia essenziale

Barzaghi S., Ferrari B., Biazzi E., Tava A., Annicchiarico P. 2025. Quinolizidine Alkaloid Composition of White Lupin Landraces and Breeding Lines. *Plants*, 14: 3327.
Briceno Berru L., Glorio-Paulet P., Basso C., Scarafoni A., Camarena F., Hidalgo A., Brandolini A. 2021. Chemical composition, tocopherol and carotenoid content of seeds from different Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) ecotypes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76: 98-104.
EFSA Panel on Contaminants. 2019. Scientific Opinion on the risks related to quinolizidine alkaloids in food. *EFSA Journal*, 17(11): 5810.

Impiego di asparaginasi nella preparazione di biscotti con farina di frumento tenero tipo 0 ed integrale: riduzione dei livelli di acrilammide ed effetti sulla qualità sensoriale

Francesca Masciola, Irene Baiamonte, Rosa Cantalupo, Emanuele Marconi, Francesca Melini, Valentina Melini, Sahara Melloni, Elisabetta Moneta, Patrizia Moro, Nicoletta Nardo, Valentina Narducci, Marina Peparaio, Eleonora Saggia Civitelli, José Sánchez del Pulgar, Fiorella Sinesio, Valeria Turfani, Antonio Raffo

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Alimenti e Nutrizione, Via Ardeatina 546, 00178 Roma (RM)

I trattamenti termici cui sono sottoposti i prodotti da forno a base di cereali inducono una rete di reazioni chimiche, le quali influenzano sia la qualità sia la sicurezza del prodotto. Tra queste, la reazione di Maillard (MR) rappresenta uno dei principali fattori responsabili al tempo stesso dello sviluppo di caratteristiche sensoriali desiderabili, quali colore, aroma e texture, e della formazione di composti indesiderati. La neo-formazione di contaminanti di processo, tra i quali in particolare l'acrilammide (AA), ha suscitato preoccupazione, determinando una crescente attenzione normativa e la necessità di strategie efficaci di mitigazione. La formazione di AA nei prodotti da forno a base di cereali è principalmente associata alla reazione tra asparagina (Asn) libera e zuccheri riducenti durante la cottura ad alte temperature. Nei prodotti a base di frumento, l'Asn libera è in genere riconosciuta come il fattore limitante per la formazione di AA, più che la disponibilità di zuccheri riducenti. La conversione enzimatica dell'Asn mediante aggiunta all'impasto di asparaginasi rappresenta un approccio efficace e tecnologicamente applicabile per ridurre la formazione di AA nei prodotti da forno. L'asparaginasi idrolizza l'Asn in acido aspartico e ammoniaca, rimuovendo il principale precursore dell'AA senza agire direttamente sugli altri amminoacidi principalmente responsabili dello sviluppo di colore e aroma. Numerosi studi hanno dimostrato che l'impiego di asparaginasi, spesso in combinazione con un tempo di riposo controllato dell'impasto, può ridurre sostanzialmente i livelli di AA nei biscotti e in altri prodotti da forno. Poche informazioni, invece, sono disponibili riguardo a effetti secondari sulla qualità sensoriale dei biscotti. In questo studio è stato valutato l'effetto dell'aggiunta di asparaginasi (500 ASNU/kg di farina) nella preparazione di biscotti con farina di grano tenero tipo 0 ed integrale, sulla riduzione del contenuto in AA e sulle caratteristiche sensoriali dei biscotti. L'AA è stata quantificata mediante un metodo analitico in LC-MS. Le caratteristiche sensoriali sono state studiate mediante analisi sensoriale descrittiva quantitativa e analisi strumentale di texture, colore e profilo dei composti volatili.

Parole chiave: acrilammide; asparaginasi; farina tipo 0; farina integrale; biscotti

Bibliografia essenziale

Capuano E., Fogliano V. 2011. Acrylamide and 5-Hydroxymethylfurfural (HMF): A Review on Metabolism, Toxicity, Occurrence in Food and Mitigation Strategies. *LWT - Food Science and Technology*, 44: 793-810, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.002.

Schouten M.A., Tappi S., Rocculi P., Romani S. 2023. Mitigation Strategies to Reduce Acrylamide in Cookies: Effect of Formulation. *Food Reviews International*, 39: 4793-4834, https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2023171.

Masciola F., Baiamonte I., Marconi E., Melloni S., Nardo N., Narducci V., Sanchez Del Pulgar J., Turfani V., Raffo A. 2025. Effect of Asparaginase Treatment on Biscuit Volatile Compounds. *Applied Sciences*, 15: 3779, https://doi.org/10.3390/app15073779.

Il progetto ROTATES: radici e tuberi tropicali come risorsa per lo sviluppo di prodotti innovativi a base di cereali

Chiara Natale[1], Francesca Nocente[1], Hana Chaïr[2], Carla Gouveia[3], Laurent Legendre[4], Sergio Álvarez Ríos [5], Claire Lagorce[6], Laura Gazza[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari, Via Manziana 30, 00189 Roma (RM);
[2]Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement - (CIRAD), Rue Scheffer 42, Paris 75016, France;
[3]Universidade da Madeira (UMa) Praça do Município, Funchal 9000-081, Portugal;
[4]Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE),147 Rue de l'Universite, Paris cedex 07 75007, France;
[5]Unidad de Producción Animal, Pastos y Forrajes en Zonas Áridas y Subtropicales, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), 38200 San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, Spain;
[6]Institut Lyfe Research and Innovation Center, 1A Chemin de Calabert, 69130 Ecully - FRANCE

Radici e tuberi amidacei tropicali (MRT), quali patata dolce, igname, manioca e taro, risultano ancora sottoutilizzati in Europa, nonostante la loro domanda sia triplicata nell'ultimo decennio. In questo contesto si inserisce il progetto europeo ROTATES (Minor ROot and Tuber crops fostering AgrobiodiversiTy and Ecosystem Services), che attraverso un approccio multidisciplinare con il coinvolgimento di partner europei ed extra-europei, mira a favorire l'adozione di queste colture nei sistemi agricoli sia convenzionali sia biologici, contribuendo al miglioramento della biodiversità agro-alimentare e dei servizi ecosistemici.
Il progetto adotta un approccio sistemico lungo l'intera catena del valore, con l'obiettivo di identificare i principali vincoli e le opportunità che influenzano la diffusione delle MRT in Europa. Uno degli elementi chiave riguarda la valorizzazione delle MRT attraverso lo sviluppo di processi sostenibili e innovativi di trasformazione alimentare e mangimistica. La selezione dei genotipi di MRT più idonei per la produzione di alimenti quali pasta, pane e gelato, è stata effettuata sulla base dell'analisi di parametri nutrizionali quali, proteine, amido totale e fibra dietetica totale, molecole antiossidanti e composti antinutrizionali. In particolare, alimenti a basso o nullo contenuto di glutine saranno formulati con sfarinati di MRT anche in miscele contenenti grano monococco e sorgo. I prodotti ottenuti saranno caratterizzati a livello nutrizionale e tecnologico e utilizzati per lo sviluppo di ricette di alta cucina, che verranno valorizzate attraverso un booklet illustrato ed eventi di show-cooking a diffusione internazionale. È prevista, inoltre, la formulazione di mangimi per ruminanti e monogastrici.
Nel complesso, il progetto ROTATES si propone di sostenere la diffusione delle colture MRT in Europa, migliorando la resilienza dei sistemi agricoli, diversificando le produzioni e rispondendo alla crescente domanda di prodotti sostenibili e innovativi.

Parole chiave: Radici e tuberi amidacei, biodiversità, pasta, pane, gelato.

Fermentazione su stato solido della crusca di grano mediante *Aspergillus oryzae* per la produzione di ingredienti alimentari ad alto valore aggiunto

Chiara Nobili[1], *Camilla Barbieri*[2], *Antonella Del Fiore*[1], *Silvia Procacci*[1], *Marzia Beccaccioli*[2], *Francesco Mura*[2]

[1]*Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Laboratorio Innovazione delle Filiere Agroalimentari, Via Anguillarese 301, 00123 Roma (RM);*
[2]*Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Biologia ambientale, P.le Aldo Moro 5, 00185 Roma (RM)*

La crusca di grano rappresenta uno dei principali sottoprodotti dell'industria molitoria e costituisce una matrice di elevato interesse nutrizionale per l'elevato contenuto in fibra alimentare, composti fenolici e micronutrienti. Tuttavia, il suo impiego diretto negli alimenti è limitato da criticità tecnologiche, e nutrizionali, quali ridotte proprietà reologiche, scarsa biodisponibilità di alcuni nutrienti e presenza di fattori anti-nutrizionali. In questo contesto, la fermentazione su stato solido (SSF) emerge come una strategia sostenibile e circolare, efficace per la sua valorizzazione. Il presente lavoro ha avuto come obiettivo la caratterizzazione chimico-fisica e microbiologica della crusca di grano sottoposta a fermentazione su stato solido mediante *Aspergillus oryzae*, microrganismo storicamente impiegato nei processi fermentativi tradizionali asiatici (*koji*) e oggi riconosciuto per l'elevato potenziale biotecnologico. L'attività enzimatica del fungo è stata valutata in relazione alle modificazioni della matrice, alla biodisponibilità dei composti bioattivi e alle proprietà funzionali della crusca fermentata, nonché al suo impiego nella formulazione di un prodotto da forno innovativo (grissini). La crusca prima e dopo fermentazione, sia cruda che sottoposta a trattamento termico, è stata valutata per il contenuto di fibra alimentare totale, composti fenolici, attività antiossidante, acidi grassi, solidi solubili, acido fitico e proprietà reologiche (WAI e WSI). I grissini sono stati inoltre valutati mediante analisi sensoriale. I risultati evidenziano come la SSF induca una profonda riorganizzazione strutturale della crusca, con incremento della frazione solubile, maggiore disponibilità di composti bioattivi e riduzione dei fattori anti-nutrizionali. Tali effetti si riflettono positivamente anche nel prodotto finito, migliorandone alcune caratteristiche funzionali e sensoriali. Nel complesso, lo studio conferma il potenziale della SSF come approccio sostenibile per la valorizzazione della crusca di grano, in linea con i principi di economia circolare e sviluppo di alimenti funzionali.

Parole chiave: fermentazione su stato solido (SSF), economia circolare, *Aspergillus oryzae*, crusca di grano, composti bioattivi.

Bibliografia essenziale

Murai T., Annor G.A. 2025. Improving the Nutritional Profile of Intermediate Wheatgrass by Solid-State Fermentation with Aspergillus oryzae Strains. *Foods*, 14. 395. https://doi.org/10.3390/foods14030395.

Li N., Wang S., Wang T., Liu R., Zhi Z., Wu T., Sui W., Zhang M. 2022. Valorization of Wheat Bran by Three Fungi Solid-State Fermentation: Physicochemical Properties, Antioxidant Activity and Flavor Characteristics. *Foods*, 11: 1722. https://doi.org/10.3390/foods11121722.

Künili İ.E., Akdeniz V., Akpınar A., Budak Ş.Ö., Curiel J.A., Guzel M.., Karagözlü C., Berkel Kasikci M., Caruana G.P.M., Starowicz M., Humblot C., Keyvan E., Chassard C., Pracer S., Vergères G., Kesenkaş H. 2025. Bioactive compounds in fermented foods: a systematic narrative review. *Frontiers in Nutrition,* 12: 1625816. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1625816.

Evoluzione del microbiota indigeno durante la micromaltazione di orzo invernale coltivato in Italia centrale

Gianfranco Pannella, Elisa De Arcangelis, Laura De Gara, Emanuele Marconi

Università Campus Bio-Medico di Roma, Facoltà Dipartimentale di Scienze e Bio-Tecnologie, Via Álvaro del Portillo 21, 00128 Roma (RM)

La maltazione dell'orzo è un processo complesso in cui le trasformazioni biochimiche della cariosside sono strettamente interconnesse con l'evoluzione della componente microbica, la quale può influenzare sia la germinazione sia la qualità tecnologica del malto. In questo studio è stata analizzata la dinamica microbica durante la micromaltazione di orzo invernale distico (*Hordeum vulgare* cv. Stanza) coltivato in Italia centrale. L'orzo è stato sottoposto a un processo di maltazione controllato, condotto in condizioni asettiche, comprendente le fasi di macerazione, germinazione ed essiccamento (kilning). I campioni sono stati prelevati in sei fasi rappresentative del processo e sottoposti ad analisi microbiologiche per valutare l'evoluzione della carica batterica totale (CBT), delle *Enterobacteriaceae*, dei batteri lattici (LAB), dei lieviti e dei funghi filamentosi. L'orzo tal quale presentava una carica microbica iniziale pari a circa 7 log CFU g^{-1}. Tale valore è rimasto pressoché costante durante la macerazione, è aumentato significativamente durante la germinazione, raggiungendo i massimi alla fine della fase germinativa, e si è ridotto di circa un'unità logaritmica dopo il kilning. Le *Enterobacteriaceae* hanno rappresentato il gruppo dominante, mostrando un marcato incremento durante la germinazione, mentre i LAB, inizialmente presenti a livelli molto bassi, hanno evidenziato una crescita progressiva nel corso del processo. I lieviti hanno mantenuto cariche relativamente stabili, con lievi aumenti durante le fasi di macerazione, mentre i funghi filamentosi hanno mostrato differenze legate all'origine geografica dell'orzo, senza variazioni significative durante la maltazione. L'andamento delle popolazioni microbiche osservato risulta in accordo con studi precedenti, che descrivono una significativa proliferazione microbica durante la germinazione e una successiva riduzione associata al trattamento termico del kilning (Laitila et al., 2007). Inoltre, la letteratura scientifica evidenzia come la composizione della comunità microbica possa influenzare parametri tecnologici del malto e del mosto e come l'impiego controllato di batteri lattici possa migliorare le prestazioni del processo, favorendo la crescita dei lieviti e limitando la presenza di microrganismi indesiderati (Laitila et al., 2006). Nel complesso, i risultati del presente studio, sebbene preliminari e meritevoli di ulteriori approfondimenti di tipo chimico-fisico e metagenomico, confermano il ruolo rilevante della successione microbica durante la maltazione e sottolineano il potenziale contributo del microbiota alle trasformazioni biochimiche e alla qualità finale del malto.

Parole chiave: Orzo, malto, micromaltaggio, batteri lattici, *Enterobacteriaceae*

Bibliografia essenziale

Laitila A., Kotaviita E., Peltola P., Home S., Wilhelmson A. 2007. Indigenous microbial community of barley greatly influences grain germination and malt quality. *Journal of the Institute of Brewing*, 113(1): 9-20.

Laitila A., Sweins H., Vilpola A., Kotaviita E., Olkku J., Home S., Haikara A. 2006. *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus* starter cultures as a tool for microflora management in malting and for enhancement of malt processability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11): 3840-3851.

Miglioramento genetico partecipativo e popolazioni evolutive: nuove frontiere per la resilienza del frumento biologico

Ivano Pecorella[1], Fabio Fania[1], Damiano Puglisi[1], Patrizio Spadanuda[1,2], Giovanni Laidò[1], Salvatore Colecchia[1], Antonio Gallo[1], Nino Virzì[3], Patrizia Vaccino[4], Pasquale De Vita[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e colture Industriali, SS 673 m. 25.200, 71122 Foggia (FG);
[2]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);
[3]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e colture Industriali, Corso Savoia 190, 95024 Acireale (CT);
[4]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e colture Industriali, S.S. 11 per Torino km 2,5, 13100 Vercelli (VC)

I cambiamenti climatici e la crescente imprevedibilità ambientale pongono sfide significative alla cerealicoltura biologica del Mezzogiorno, rendendo necessaria la transizione verso sistemi sementieri più resilienti. In questo contesto, i progetti "Piano Nazionale Sementi Biologiche" (PNSB) e "DIVERSI-BIO", coordinati dal CREA-DC e CREA-CI, esplorano il potenziale del Materiale Eterogeneo Biologico (MEB) e delle popolazioni evolutive di frumento duro (*Triticum durum* Desf.). A differenza delle varietà commerciali, selezionate secondo i criteri DUS (Distinguibilità, Uniformità, Stabilità), i MEB valorizzano un'elevata biodiversità intraspecifica, garantendo una maggiore stabilità produttiva attraverso meccanismi di adattamento dinamico e di buffering rispetto a eventi climatici estremi.
La ricerca adotta un approccio di miglioramento genetico partecipativo e decentralizzato, coinvolgendo attivamente agricoltori, associazioni e istituti scolastici. La collaborazione con gli IISS "Di Sangro Minuziano Alberti" di San Severo (FG) e "Leonardo da Vinci" di Martina Franca (TA) ha consentito di integrare gli studenti nelle fasi di semina, monitoraggio fenologico e valutazione qualitativa, favorendo il trasferimento delle conoscenze. Le attività si sviluppano nell'ambito di una rete nazionale di confronto varietale, articolata in nove località, finalizzata al monitoraggio di parametri chiave quali resa, qualità, resistenza alle patologie, competitività nei confronti delle infestanti e tolleranza allo stress idrico. L'integrazione di dati genomici e fenomici (proximal sensing) consente di coniugare la valutazione di accettabilità degli agricoltori con dati molecolari e agronomici robusti. I risultati preliminari indicano che le popolazioni evolutive presentano un'elevata plasticità fenotipica, risultando idonee alla coltivazione in sistemi a basso input e capaci di mantenere elevati standard agronomici e tecnologici. Lo sviluppo di MEB resistenti alla carie del frumento e caratterizzati da un'elevata efficienza d'uso dell'azoto rappresenta una strategia cruciale per ridurre il ricorso alle deroghe sementiere e rafforzare la sostenibilità della filiera cerealicola italiana.

Parole chiave: MEB, Linee pure, Infestanti, NUE, *Tilletia* ssp.

Variabilità del profilo minerale di due varietà di frumento duro (*Triticum durum* Desf.) coltivate in ambienti pedoclimatici differenti

Oto Miedico[2], Donatella Bianca Maria Ficco[1], Ivano Pecorella[1], Ciro Pompa[2], Valeria Nardelli[2], Pasquale De Vita[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S. 673, m 25200, 71122 Foggia (FG); [2]Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Puglia e della Basilicata, S.C. Chimica, Via Manfredonia n. 20, 71121 Foggia (FG)

I sali minerali svolgono un ruolo fondamentale nella regolazione delle funzioni metaboliche dell'organismo umano e il frumento duro costituisce una fonte preziosa di tali elementi. Questo studio valuta la concentrazione di 17 elementi minerali in campioni di sfarinati integrali di due varietà di frumento duro moderno, provenienti da dieci aree geografiche italiane. I microelementi (Se, V, Cr, Ni, Li, Mo, Co) sono stati determinati con l'ICP-MS e i macroelementi (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn) con l'ICP-OES. I micronutrienti, soprattutto Mo, Se, Cr e Ni mostrano una elevata differenziazione legata principalmente all'ambiente di coltivazione: ad esempio, le produzioni in Benatzu e Foggia mostrano livelli significativamente più alti di Se (~ 0.3 e 0.14 mg/kg), mentre Tarquinia e Conselice spiccano per livelli elevati di Mo (~ 1.1 mg/kg) in entrambe le località. I macroelementi, invece, mostrano una scarsa variabilità tra le diverse località di coltivazione: Cu, Ca, Mg, K, P e S (media di 5.12, 310, 850, 4200, 3200, 3400 mg/kg, rispettivamente) hanno un grado di variabilità inferiore al 10%, il Mg è l'elemento più conservativo, con una variabilità del 3%. Gli altri macronutrienti, come Fe, Mn, Na e Zn mostrano una discreta variabilità influenzata dall'ambiente: Na presenta un range di variabilità da 10 mg/kg (Voghera) a 31 mg/kg (Tarquinia), Zn da 20 mg/kg (Foggia) a 40 mg/kg (Conselice). Queste evidenze possono guidare la selezione varietale per ottimizzare il profilo nutrizionale in specifici contesti pedoclimatici.

Innovazione microbica per un futuro sostenibile: *Lactiplantibacillus plantarum* come modello e gli screening rapidi come strumento strategico

Ester Presutto[1], Mariagiovanna Fragasso[1], Elisa Salvetti[2], Franco Biasioli[3], Giuseppe Spano[1], Vittorio Capozzi[4]

[1]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);
[2]Università degli Studi di Verona, Dipartimento di Biotecnologie, Strada le Grazie 15, 37134 Verona (VR);
[3]Fondazione Edmund Mach, Centro Ricerca e Innovazione (CRI), Via E. Mach 1, 38098 San Michele all'Adige (TN);
[4]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di scienze delle produzioni alimentari (CNR - ISPA), Via Protano 71121 Foggia (FG)

La transizione verso sistemi alimentari sostenibili e resilienti richiede strategie innovative capaci di migliorare la sicurezza e la qualità degli alimenti, la sostenibilità ambientale e la salute umana. Le biotecnologie microbiche e la fermentazione sono sempre più riconosciute come fattori chiave per lo sviluppo di un futuro alimentare ispirato alla natura, in particolare nel settore *plant-based*, in rapida espansione. Tra i batteri lattici, *Lactiplantibacillus plantarum* rappresenta un prezioso organismo modello grazie alla sua versatilità genomica, adattabilità ecologica e ampia diversità metabolica. La sua diffusa presenza negli agroecosistemi, negli alimenti fermentati e nel tratto gastrointestinale umano riflette uno stile di vita nomadico, con plasticità funzionale e rilevanza tecnologica. *L. plantarum* contribuisce alla qualità degli alimenti attraverso molteplici meccanismi, tra cui la bioconversione dei substrati in composti bioattivi, la biosintesi di vitamine del gruppo B, la produzione di metaboliti antiossidanti e la degradazione di fattori antinutrizionali. Inoltre, l'acidificazione e la produzione di batteriocine migliorano gli impieghi orientati a garantire sicurezza microbiologica ed estendere la shelf life, mentre ceppi selezionati possono avere effetti probiotici e postbiotici. Per le attività di selezione e caratterizzazione orientate alla valorizzazione di nuovi ceppi e di nuove applicazioni, le metodologie di screening rapido stanno emergendo come strumenti strategici per accelerare i percorsi di ricerca e sviluppo, consentendo l'identificazione di candidati microbici coerenti con gli obiettivi di sostenibilità e con le esigenze industriali. Lo sviluppo di piattaforme di screening ad alta processività fornisce un quadro scalabile per la progettazione di alimenti fermentati di nuova generazione e di strategie di nutrizione personalizzata, contribuendo alla transizione verde dei sistemi agroalimentari. Le attività riportate sono supportate dal progetto "SpeedyFermHub: Knowledge HUB for SPEEDY characterisation, optimisation and scale-up of FERMented, plant-based new foods improving resilience of European Food Systems" finanziato dalla partnership FutureFoods.

Parole chiave: *plant-based*, sostenibilità, batteri lattici, qualità, sicurezza

Bibliografia essenziale

Moretton M., Khomenko I., Cunedioğlu H., Spano G., Capozzi V., Biasioli F., Fragasso M. 2025a. Comparative volatilome profiling of milk kefir and cereal-based kefir analogues fermented with milk and water kefir grains. *Food Bioscience*, 74: 107731.
Presutto E., Capozzi V., de Chiara M.L.V., Drider D., Spano G., Fragasso M. 2026. Exploring lactic acid bacteria from fresh fruits, vegetables, and edible flowers: from biodiversity valorisation to food applications. *World J Microbiol Biotechnol*, 42: 117.

Dalla diversità genomica alla risposta fenotipica di *Lactiplantibacillus plantarum* in fermentazioni *lupin-based*

Ester Presutto[1], *Mahsa Jafari*[2], *Vittorio Capozzi*[3], *Mariagiovanna Fragasso*[1], *Baoru Yang*[2], *Giuseppe Spano*[1], *Ye Tian*[2]

[1]*Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria, Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG);*
[2]*University of Turku, Department of Life Technologies, Itäinen Pitkäkatu 2, FI-20520, Turku, Finlandia;*
[3]*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via Michele Protano 11, 71121 Foggia (FG)*

I batteri lattici (LAB) svolgono un ruolo chiave nelle fermentazioni alimentari e si distinguono per la loro capacità di adattarsi ad un'ampia gamma di nicchie ecologiche. Nonostante il loro consolidato potenziale tecnologico, il loro impiego nei sistemi vegetali può essere limitato da condizioni intrinseche sfavorevoli, tra cui la presenza di composti antinutrizionali e la ridotta disponibilità di zuccheri fermentescibili. Inoltre, i composti fenolici possono influenzare le proprietà nutrizionali e sensoriali dei prodotti vegetali, ostacolando la fermentazione microbica. *Lactiplantibacillus* (*L.*) *plantarum* rappresenta una specie modello per la sua versatilità metabolica e la capacità di adattamento, mostrando una notevole variabilità intraspecifica e una spiccata resilienza a diversi stress ambientali. In questo studio, 11 ceppi di *L. plantarum*, ciascuno appartenente a un diverso cluster precedentemente definito sulla base della variabilità filogenetica e di *genome-based metabolic model*, sono stati selezionati a partire da un totale di 1596 genomi, al fine di rappresentare un'ampia diversità intraspecifica. I ceppi sono stati sottoposti a una caratterizzazione fenotipica orientata alla fermentazione di matrici a base di lupino, con particolare attenzione alla capacità di crescita e di adattamento in condizioni realistiche di processo. Parallelamente, è stata condotta una caratterizzazione chimica delle matrici fermentate, al fine di valutare le trasformazioni associate all'attività microbica. In questo lavoro presentiamo i primi risultati relativi alla capacità adattativa dei ceppi in sistemi *lupin-based* e alle trasformazioni chimiche associate alla fermentazione, che supportano come questo tratto protecnologico emergente rappresenti una caratteristica specie- e ceppo-dipendente. I risultati ottenuti potranno contribuire alla selezione dei fenotipi più idonei allo sviluppo di alimenti vegetali fermentati innovativi, in linea con la transizione verde nei sistemi agroalimentari. Questo approccio potrà inoltre contribuire per studi di mappatura delle relazioni tra il comportamento fenotipico e il profilo genetico dei ceppi selezionati, con l'obiettivo di raggiungere una comprensione integrata delle dinamiche adattative e funzionali dei LAB negli ecosistemi vegetali. Ye Tian è supportato dal progetto PhenolLAB.

Parole chiave: batteri lattici, *Lactiplantibacillus plantarum*, prodotti vegetali, composti fenolici, fermentazione

Bibliografia essenziale

Yu A.O., Leveau J.H.J., Marco M.L. 2020. Abundance, diversity and plant-specific adaptations of plant-associated lactic acid bacteria. *Environmental Microbiology Reports*, 12. 16-29. https://doi.org/10.1111/1758-2229.12794

Zheng J., Wittouck S., Salvetti E. et al. 2020. A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70: 2782-2858. https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107

Presutto E., Capozzi V., de Chiara M.L.V., Drider D., Spano G., Fragasso M. 2026. Exploring lactic acid bacteria from fresh fruits, vegetables, and edible flowers: from biodiversity valorisation to food applications. *World J Microbiol Biotechnol*, 42: 117. https://doi.org/10.1007/s11274-026-04872-7

Studio di associazione *genome-wide multi-trait* per la caratterizzazione dell'architettura genetica delle componenti della resa nel frumento duro

Damiano Puglisi[1], Valentino Palombo[2], Fabio Fania[1], Salvatore Esposito[3], Giuseppina Angione[1,4], Mariasilvia D'Andrea[2], Pasquale De Vita[1]

[1]Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S 673 km 25.200, 71122 Foggia (FG);
[2]Università degli Studi del Molise, Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Via De Sanctis snc, 86100 Campobasso (CB);
[3]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Bioscienze e BioRisorse (CNR-IBBR), Parco Gussone "Castello", Via Università 133, 80055 Portici (NA);
[4]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG)

La comprensione dell'architettura genetica dei componenti della resa è fondamentale per il miglioramento della produttività del frumento duro [*Triticum turgidum* L. ssp. *durum* (Desf.) Husn.], in presenza di complesse interdipendenze tra i caratteri. In questo studio, un approccio di genome-wide association study multi-trait (MT-GWAS) è stato utilizzato per analizzare la base genetica dei principali caratteri produttivi e investigare le relazioni pleiotropiche. Un set di 173 genotipi è stato valutato per tre annate agrarie in tre epoche di semina. Cinque caratteri, ovvero numero di cariossidi per spiga (GN), peso delle cariossidi per spiga, numero di spighette per spiga (NS), lunghezza della spiga e peso della spiga, sono stati analizzati congiuntamente applicando un modello lineare misto multivariato (Zhou e Stephens, 2014). L'analisi MT-GWAS condotta con 4031 marcatori, ha identificato cinque loci significativi (FDR ≤ 0,05) sui cromosomi 3A, 4B, 7A e 7B. Tali loci hanno mostrato effetti pleiotropici eterogenei, sia sinergici sia antagonisti. Alcuni SNP hanno evidenziato effetti contrastanti sui caratteri NS e GN, indicando contributi specifici dei loci al trade-off tra queste due componenti. La decomposizione della covarianza ha inoltre evidenziato che tali loci modulano la correlazione genetica tra i due caratteri, spiegandone circa l'8%. La path model analysis, in un framework analogo ai cosiddetti Structural Equation Models (Li et al., 2006), ha consentito di distinguere inoltre effetti diretti e indiretti dei marcatori, evidenziando diversi meccanismi alla base della pleiotropia. Nel complesso, i risultati indicano che le componenti della resa nel frumento duro sono regolate da un'architettura genetica complessa e parzialmente modulare, in cui un coordinamento globale coesiste con contributi pleiotropici specifici dei singoli loci. In prospettiva, tali evidenze, opportunamente validate, potrebbero fornire indicazioni utili per lo sviluppo di strategie di miglioramento genetico mirate a ridurre i trade-off e aumentare il potenziale produttivo.

Parole chiave: multi-trait GWAS, durum wheat, yield components, pleiotropy.

Bibliografia essenziale

Li R., Tsaih S-W., Shockley K., et al. 2006. Structural model analysis of multiple quantitative traits. *PLoS Genet,* 2: e114.
Zhou X., Stephens M. 2014. Efficient multivariate linear mixed model algorithms for genome-wide association studies. *Nat Methods*, 11: 407-409.

Strategie biotecnologiche per la formulazione di un pane a ridotto contenuto di FODMAP e valutazione clinica nella sindrome dell'intestino irritabile

Fernanda Galgano[1], Antonella Tramutola[1], Nicola Condelli[1], Teresa Scarpa[1], Angela Lomonaco[1], Rocco Casale[1], Tiziana Di Renzo[2], Stefania Nazzaro[2], Maria Cristina Mele[3], Marco Cintoni[3], Isabella D'Antuono[4], Anna Reale[2]

[1]Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali (DAFNE), Viale dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza (PZ);
[2]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Alimentazione (CNR-ISA), Via Roma 64, 83100 Avellino (AV);
[3]Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS, UOC Nutrizione Clinica, Largo Agostino Gemelli 8, 00168 Roma (RM);
[4]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (CNR-ISPA), Via Amendola 122, 70126 Bari (BA)

La sindrome dell'intestino irritabile (IBS) è un disturbo gastrointestinale diffuso, spesso gestito attraverso interventi dietetici, tra cui la riduzione dei carboidrati fermentescibili, noti come FODMAP (Gralnek et al., 2000). La selezione mirata delle materie prime e l'impiego di microrganismi fermentativi selezionati, rappresentano strategie efficaci per la riduzione dei FODMAP nei prodotti cerealicoli (Biesiekierski et al., 2011; Galgano et al., 2023). In questo contesto, il presente studio, condotto nell'ambito del progetto BREAD4IBS, ha riguardato la formulazione di un pane a ridotto contenuto di FODMAP, destinato a soggetti affetti da IBS. In dettaglio, sono state valutate diverse farine di frumento e strategie di fermentazione per la riduzione del contenuto di FODMAP nel pane. I pani, ottenuti mediante un processo di panificazione ottimizzato, sono stati sottoposti ad analisi fisico-chimiche, microbiologiche, reologiche e sensoriali. È stata inoltre sviluppato un confezionamento in atmosfera protettiva, per garantire la stabilità del prodotto fino a 12 giorni. Parallelamente, è stato applicato un modello di digestione gastrointestinale *in vitro* per valutare la bioaccessibilità dei FODMAP sia nel pane sperimentale, sia nel controllo, mediante un protocollo di digestione in tre fasi (orale, gastrica e intestinale), al fine di stimare la frazione residua potenzialmente disponibile per la fermentazione a livello del colon. Il pane sperimentale prodotto è stato poi sottoposto a valutazione clinica dalla Fondazione Policlinico A. Gemelli, al fine di analizzare la tolleranza gastrointestinale e la risposta sintomatica in pazienti con IBS. I risultati hanno evidenziato la possibilità di ottenere, mediante l'impiego di farine selezionate e ceppi di batteri lattici e lieviti, un pane a basso contenuto di FODMAP con buone caratteristiche sensoriali. Lo studio clinico ha dimostrato un miglioramento significativo dei sintomi nei pazienti affetti da IBS, che hanno seguito una dieta a ridotto contenuto di FODMAP, includendo il pane sperimentale sviluppato nel presente studio.

Parole chiave: batteri lattici; lieviti; carboidrati fermentescibili; digestione in vitro; farine; fruttani; FODMAP; sindrome dell'intestino irritabile (IBS); trials clinici

Bibliografia essenziale

Biesiekierski J.R., et al. 2011. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 24: 154.
Galgano F. et al. 2023. *Foods*, 12;856.
Gralnek I.M. et al. 2000. *Gastroenterology*, 119: 654.

Ringraziamenti

Le attività di ricerca sono state finanziate dall'Unione Europea – *Next Generation EU* nell'ambito del PNRR, Progetto BREADS4IBS (Missione 4, Componente 2, Investimento 1.1 Fondo per il programma nazionale e progetti di rilevante interesse nazionale-PRIN) e Progetto SUS-MIRRI.IT "Strengthening the MIRRI Italian Research Infrastructure for Sustainable Bioscience and Bioeconomy", code n. IR0000005.

Attività del CREA nel progetto europeo MineLandDiv: prove agronomiche a due livelli di concimazione azotata e determinazione della composizione chimica della granella

Rita Redaelli, Alessio Torri, Gianfranco Mazzinelli, Benito Antonino D'Ambrosio, Carlotta Balconi

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Via Stezzano 24, 24126 Bergamo (BG)

Il progetto europeo MineLandDiv "Mining allelic diversity of maize landraces for tolerance to abiotic and biotic stresses" (https://www.suscrop.eu/call-information/4th-call/minelanddiv), prevede la capitalizzazione di risorse genetiche di mais, per il superamento delle limitazioni attuali nell'adattamento di questa coltura alle condizioni agro-ambientali dell'area mediterranea e alle mutate condizioni climatiche. Il progetto mira ad approfondire la caratterizzazione delle varietà di mais autoctone sia a livello genomico che fenotipico, al fine di favorire l'uso della diversità genetica identificando varietà e alleli promettenti per la tolleranza a stress biotici (malattie, attacchi da patogeni fungini e/o insetti fitofagi) e abiotici (siccità, freddo, scarsità di azoto); contestualmente, il focus è indirizzato anche a individuare varietà con una migliore qualità nutrizionale.

Il CREA ha scelto, tramite analisi di dati fenotipici pregressi, 60 varietà tradizionali italiane conservate *ex-situ* presso la Banca del Germoplasma della Sede di Bergamo, da inserire nelle attività collegiali del progetto, contribuendo così alla formazione della core-collection (300 accessioni rappresentative della variabilità genetica delle landraces europee di mais).

Presso l'Azienda sperimentale del CREA di Bergamo sono state condotte prove di campo a due diversi livelli di concimazione azotata, nel corso di due annualità (2024 e 2025), includendo 274 varietà della core-collection e otto ibridi utilizzati quali testimoni di raccordo tra le diverse prove collegiali. Al fine di identificare varietà autoctone di mais tolleranti a bassi livelli di azoto, sono stati condotti rilievi morfo-fenologici (vigore, architettura della pianta, fioriture etc.) e agronomici (produzione, peso dei mille semi) nel corso della stagione maidicola, seguendo un dettagliato protocollo condiviso tra i partners di progetto. Una grande variabilità è stata osservata tra le varietà autoctone sotto studio per quanto riguarda tutti i parametri registrati sia in campo che dopo la raccolta.

La determinazione della composizione chimica della granella (proteine, lipidi, amido, fibre, ceneri), di un sottoinsieme di 30 varietà tradizionali scelte in base alla performance in campo di ciascuna annualità, oltre ad alcuni ibridi di controllo, è stata condotta mediante spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS). Anche per quanto riguarda i parametri chimici sono emerse differenze significative tra le varietà selezionate.

Parole chiave: mais, risorse genetiche, valorizzazione, concimazione azotata

Ricerca sviluppata nell'ambito di:
MineLandDiv ID 69 "Mining allelic diversity of maize landraces for tolerance to abiotic and biotic stresses" - Ricerca della diversità allelica per tolleranza a stress biotici e abiotici in ecotipi di mais" - Joint FACCE-JPI Suscrop - Bando Agrobiodiversità - DM MASAF n.142208 del 07/03/2023

Recupero, caratterizzazione e valorizzazione della Saragolletta Rossa Molisana: primi risultati qualitativi di un antico frumento delle aree interne

Stefano Ripert[1], *Giulia Pastorelli*[2], *Raffaella Pergamo*[2], *Luigi Mastronardi*[1], *Davide Marino*[1]

[1]*Università degli Studi del Molise, Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Contrada Fonte Lappone s.n.c., 86090 Pesche (IS);*
[2] *Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Politiche e Bioeconomia, Via Barberini 36, 00187 Roma (RM)*

La Saragolletta Rossa Molisana (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) è una varietà locale a rischio di erosione genetica, ancora poco conosciuta sotto il profilo agronomico, qualitativo e tecnologico. Il lavoro, condotto nell'ambito del progetto PNRR "FAM" (Filiera Alto Molise), presenta i primi risultati di una sperimentazione avviata a Castel del Giudice (IS), finalizzata al suo recupero e alla sua valorizzazione. L'attività si inserisce nel più ampio interesse verso i frumenti del gruppo delle Saragolle, caratterizzati da significativa variabilità morfologica e genetica (Rascio et al., 2024).
La sperimentazione ha interessato tre appezzamenti con differenti caratteristiche pedologiche, analizzate mediante descrizioni morfologiche dei profili e determinazioni chimico-fisiche. Sono emerse differenze nella tessitura, nella sostanza organica, nella capacità di scambio cationico e nella disponibilità dei principali elementi nutritivi. Prima della raccolta, le spighe riconducibili alla varietà sono state selezionate manualmente per eliminare le contaminazioni varietali e ottenere un campione rappresentativo.
La granella ha mostrato umidità dell'11,7%, peso ettolitrico di 84,2 kg hl^{-1}, contenuto proteico del 14,9% sulla sostanza secca, peso di mille semi di 51,5 g e germinabilità del 95%. I composti fenolici totali, determinati sul seme non epurato, sono risultati pari a 65 mg kg^{-1}, espressi come equivalenti di acido gallico.
La semola ha evidenziato una resa in farina del 56,76%, glutine umido del 36,44%, glutine secco del 14,05% e indice di glutine del 34,14%, indicativo di una limitata forza glutinica. L'indice di giallo (b*) di 21,92 mostra caratteristiche cromatiche di interesse per la trasformazione. I risultati confermano l'influenza della componente varietale sulle caratteristiche tecnologiche e nutrizionali del frumento duro (Mastromatteo et al., 2014; Graziano et al., 2019).
Nel complesso, la Saragolletta Rossa Molisana presenta caratteristiche di interesse per la valorizzazione delle filiere cerealicole delle aree interne. Le attività in corso consentiranno di valutare le relazioni tra qualità della granella, proprietà pedologiche e densità di semina.

Parole chiave: Saragolletta Rossa Molisana; grani antichi; biodiversità agraria; aree interne.

Bibliografia essenziale

Graziano S., Marando S., Prandi B., et al. 2019. Technological quality and nutritional value of two durum wheat varieties depend on both genetic and environmental factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(8): 2384-2395. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06621
Mastromatteo M., Danza A., Lecce L., Spinelli S., Lampignano V., Laverse J., Contò F., Del Nobile M.A. 2014. Effect of durum wheat varieties on bread quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(1): 72-81. https://doi.org/10.1111/ijfs.12276
Rascio A., De Simone V., Goglia L., Paone S., Pellegrino M., Sorrentino G. 2024. Morphological and molecular characterization of 'Saragolla' wheats (*Triticum turgidum* subsp. *durum* from Abruzzo, Italy). *Genetic Resources*, 5(9): 72-82. https://doi.org/10.46265/genresj.WETA7514

Germinazione e Trattamento Termico per l'impiego di sfarinati da lenticchie verdi nel settore dei prodotti da forno

Annalisa Romano, Lucia De Luca, Raffaele Romano

Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria, Piazza Carlo di Borbone, 80055 Portici (NA)

L'uso della farina di lenticchie è di crescente interesse per lo sviluppo di prodotti da forno più sani, sostenibili e "plant- based". Le lenticchie verdi sono ricche di componenti essenziali per la salute umana come carboidrati (50 g/100 g), proteine (21–26 g/100 g), fibre alimentari (8,4 g/100 g), minerali, vitamine (principalmente vitamina B3/niacina) e composti fenolici. Le lenticchie sono solitamente utilizzate per il consumo sotto forma di semi interi o spezzati sottoposti a cottura o trasformate in vari ingredienti (ad esempio farina). La resa in farina dalle lenticchie è pari quasi al 90%, che è un valore simile a quello ottenuto dalla molitura del frumento (Romano et al., 2024). Le tecnologie di processo degli sfarinati possono diversificare l'uso delle farine di legumi come ingrediente nei prodotti da forno, alterandone le caratteristiche principali (Imeneo et al., 2025). Obiettivo del presente studio è stato valutare l'effetto del processo di germinazione e del trattamento termico sulla microstruttura, le proprietà nutrizionali, aromatiche, funzionali e tecnologiche di sfarinati ricavati dalle lenticchie verdi di Altamura IGP per il loro potenziale impiego nel settore dei prodotti da forno.
A questo scopo sono state considerate la farina integrale cruda (LF), la farina termo-trattata (TTF) e la farina germinata per 24 ore (GF) ottenute dalle lenticchie verdi di Altamura IGP. Le proprietà di LF, TTF e GF indagate sono state: la microstruttura tramite microscopio elettronico a scansione (SEM), le proprietà chimico- fisiche (contenuto di umidità, proteine, pH, parametri colorimetrici), le proprietà funzionali quali la capacità di assorbimento di acqua (WHC), di assorbimento d'olio (OHC) e di rigonfiamento dei granuli di amido (SI), aromatiche ovvero la determinazione dei principali composti organici volatili e le proprietà tecnologiche mediante la valutazione degli indici farinografici. Il contenuto di umidità, di proteine, di pH ed i risultati colorimetrici degli sfarinati discriminavano significativamente ($p<0.05$) i campioni. La WHC e l'OHC aumentavano in modo significativo ($p\leq0,05$) nei campioni TTF e GF, con LF che aveva i valori minori ($p\leq0,05$). Con l'aumento della temperatura, lo SI di tutti i campioni è aumentato a causa dell'assorbimento di acqua da parte principalmente dell'amido e delle fibre. Tra i campioni, TTF ha mostrato i valori di SI maggiori ($p\leq0,05$) rispetto a quelli di LF e GF a tutte le temperature in esame. I composti organici volatili (COV) erano significativamente influenzati dalla tipologia di sfarinato. Complessivamente sono stati identificati un totale di 14 (LF) e 17 (GF e TTF) di COV. I principali parametri farinografici (tempo di sviluppo e di stabilità, elasticità e grado di rammollimento) degli impasti mostravano differenze significative ($p<0.05$). In particolare, GF mostrava i valori minori ($p <0.05$).
In conclusione, i dati ottenuti forniscono nuove ed interessanti informazioni per l'impiego di sfarinati da lenticchie verdi processate nel settore dei prodotti da forno.

Parole chiave: lenticchie, farina termotrattata, germinazione, proprietà, microstruttura, composti organici volatili

Bibliografia essenziale

Imeneo V., Tokatli F., Ozen B., Cappa C., Aguiló-Aguayo I., Alamprese C. 2025. Incorporating legume and nut flours into pasta, bakery products, and snacks: Opportunities and challenges. *Future Foods*, 12: 100811.
Romano A., De Luca L., Romano R. 2024. Effects of germination time on the structure, functionality, flavour attributes, and in vitro digestibility of green Altamura lentils (*Lens culinaris Medik*.) flour. *Food Function*, 15: 3539-3551.

Farina di polpa di carruba in panificazione: ruolo della strategia di lievitazione sulle proprietà nutrizionali e sensoriali del pane

Sebastiano Rosati[1,2], Ilenia Gaeta[2], Lucia Maiuro[2], Maria Carmela Trivisonno[2], Maria Cristina Messia[2], Elena Sorrentino[2]

[1]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[2]Università degli Studi del Molise, Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Via F. De Sanctis, 86100 Campobasso (CB)

L'impiego di ingredienti funzionali nella panificazione rappresenta una strategia efficace per migliorare il profilo nutrizionale dei prodotti da forno. In questo contesto, la farina di polpa di carruba (*Ceratonia siliqua*), ricca di fibra, minerali e composti bioattivi, costituisce una promettente materia prima sostenibile [1,2]. Lo scopo dello studio è stato valutare l'effetto della sostituzione del 10% della farina di frumento con farina di polpa di carruba (miscela CB10), in combinazione con differenti strategie di lievitazione (lievito compresso, impasto acido di tipo I e di tipo IV), sulle proprietà nutrizionali, tecnologiche e sensoriali del pane. L'arricchimento con farina di polpa di carruba ha determinato un incremento significativo del contenuto di fibra (5,8%) e ceneri, migliorando il profilo nutrizionale senza compromettere il contenuto proteico complessivo (11,1%). Dal punto di vista tecnologico, la sostituzione al 10% ha mantenuto caratteristiche compatibili con la panificazione, pur evidenziando effetti sulla struttura dell'impasto legati alla presenza di fibra, in accordo con quanto riportato in letteratura per farine di carruba [3]. La strategia fermentativa ha influenzato in modo determinante le caratteristiche del prodotto. Il pane con lievito compresso ha mostrato maggiore volume specifico e una mollica più soffice, ma minore complessità aromatica e stabilità durante la conservazione. Al contrario, l'impasto acido di tipo I ha prodotto pani più acidi e meno accettati sensorialmente, verosimilmente a causa dell'eccessiva acidificazione. Il miglior risultato è stato ottenuto con l'impasto acido di tipo IV, che ha garantito un equilibrio tra sviluppo, acidità e profilo aromatico, risultando il campione più apprezzato nel test di accettabilità. Inoltre, i sistemi a fermentazione indiretta hanno mostrato una maggiore stabilità strutturale e microbiologica durante la shelf-life, probabilmente legata all'attività dei batteri lattici e alla presenza di composti fenolici della carruba. In conclusione, l'integrazione del 10% di farina di polpa di carruba rappresenta una strategia tecnologicamente sostenibile per l'arricchimento nutrizionale del pane, mentre la scelta del sistema di lievitazione rappresenta un fattore chiave per modulare le proprietà sensoriali e la conservabilità. In particolare, l'impasto acido di tipo IV si configura come la soluzione più idonea per applicazioni industriali.

Parole chiave: *Ceratonia siliqua*; farina di polpa di carruba; sistemi di lievitazione; impasto acido; pane

Bibliografia essenziale

1. Benito-Vázquez I., Garrido-Romero M., Hontoria-Caballo G., García-García C., Díez-Municio M., Moreno F.J. 2024. Carob (*Ceratonia siliqua*) Flour as Source of Bioactive Compounds: Production, Characterization and Nutraceutical Value. *Foods*, 13: 3024.
2. Rosati S., Gaeta I., Maiuro L., Trivisonno M. C., Messia M. C., Sorrentino E. 2024. Carob Pulp Flour as a Sustainable and Functional Ingredient in the Bakery: Effects of Leavening Typologies on Dough and Bread Properties. *Life,* 15(10): 1571.
3. Sanmartín G., Prieto J.A., Morard M., Estruch F., Blasco-García J., Randez-Gil F. 2025. The Effects of Sourdough Fermentation on the Biochemical Properties, Aroma Profile and Leavening Capacity of Carob Flour. *Foods*, 14: 1677.

Selezione e impiego di *Lactiplantibacillus plantarum* 18-M6 per la produzione di un analogo di formaggio a coagulazione acida a base di soia

Siria Giorgione[1], Massimo Iorizzo[1], Franca Vergalito[1], Lucia Maiuro[1], Sebastiano Rosati[1,2], Elena Sorrentino[1]

[1]Università degli Studi del Molise, Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti (DiAAA), Via Francesco De Sanctis, 86100 Campobasso (CB);
[2]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO)

Negli ultimi anni la domanda di prodotti *plant based* è aumentata significativamente, in particolare nel settore degli analoghi dei prodotti lattiero-caseari [1]. Le matrici a base di soia rappresentano una valida alternativa, sebbene il loro impiego sia spesso limitato da caratteristiche sensoriali poco gradite e da una digeribilità non sempre ottimale [2]. La fermentazione lattica può contribuire a migliorare tali aspetti, oltre a favorire lo sviluppo di prodotti vegetali con potenziale valore funzionale. Lo scopo del presente studio è stato selezionare una coltura starter idonea alla produzione di un analogo di formaggio a coagulazione acida a base di soia, ottenendo un prodotto con adeguate caratteristiche tecnologiche e potenziale valore funzionale. In una fase preliminare sono stati selezionati e caratterizzati ceppi di batteri lattici appartenenti alla collezione del Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti dell'Università del Molise, al fine di individuare quelli con proprietà tecnologiche e funzionali idonee. Il ceppo *Lactiplantibacillus plantarum* 18-M6 è stato scelto per la maggiore capacità acidificante rispetto agli altri ceppi testati, requisito fondamentale per la coagulazione della matrice. Inoltre, nella selezione sono state considerate una buona attività proteolitica e la presenza di attività β-glucosidasica, associata all'idrolisi dei glicosidi isoflavonici e al miglioramento del valore nutrizionale del prodotto attraverso una maggiore biodisponibilità degli isoflavoni [3], nonché l'assenza di attività lipolitica. Il ceppo 18-M6 ha mostrato anche un'attività antimicrobica nei confronti di *Listeria innocua* e *Pseudomonas putida*, suggerendo un possibile contributo alla stabilità microbiologica del prodotto. Dal punto di vista della sicurezza, il ceppo non ha mostrato produzione di ammine biogene ed è risultato sensibile agli antibiotici di interesse, in accordo con i criteri EFSA. Il ceppo selezionato è stato quindi impiegato nella produzione su scala di laboratorio dell'analogo di formaggio a coagulazione acida. *Lpb. plantarum* 18-M6 si è dimostrato in grado di determinare la coagulazione della bevanda di soia, confermando la sua idoneità tecnologica per questo processo fermentativo. Durante la conservazione per 10 giorni a 4 °C, l'analogo di formaggio a base di soia non ha evidenziato alterazioni sensoriali né sviluppo di muffe. Inoltre, il ceppo 18-M6 ha fatto registrare cariche elevate, pari a circa 10⁹ UFC/g, fino al termine del periodo di conservazione refrigerata. Nel complesso, i risultati indicano che *Lpb. plantarum* 18-M6 rappresenta una coltura starter promettente per la produzione di analoghi di formaggio a base di soia, con potenziale applicazione nello sviluppo di analoghi vegetali fermentati ad elevato valore funzionale.

Parole chiave: Soia; prodotti *plant based*; *Lactiplantibacillus plantarum*; colture starter; analogo di formaggio

Bibliografia essenziale

1. Ueda J. M., Fernández-Ruiz V., Morales P., Ferreira A., Heleno S. A., Carocho M. 2025. An update on fermented plant-based dairy alternatives: Advances towards consumer acceptability and modern diets. *Food Research International*, 117504.
2. Liu H., Zhang X., Zhou Z., Yang C., Chen J., Liu X. 2025. Isoflavones biotransformation and flavor improvement of soymilk fermented by selected lactic acid bacteria and dynamic in vitro protein digestion behavior. *Food Bioscience*, 63: 105634.
3. Paventi G., Di Martino C., Coppola F., Iorizzo M. 2025. β-Glucosidase activity of Lactiplantibacillus plantarum: A key player in food fermentation and human health. *Foods*, 14(9): 1451.

Influenza delle condizioni pedo-climatiche sulle prestazioni agronomiche e sul profilo nutrizionale di cultivar di cece kabuli e desi

Alessandro Rosso[1], Negin Hashemi[2], Bine Wissendorf Simonsen[2], Mosab Halwani[3], Moritz Reckling[3], Milena Corredig[2], Massimo Blandino[1]

[1]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095, Grugliasco (TO);
[2]Aarhus University, Department of Food Science, AgroFood Park 48, Aarhus, DK 8200, Denmark;
[3]Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Eberswalder Straße 84, 15374, Müncheberg, Germany

Nel contesto delle filiere alimentari innovative, il cece presenta un elevato potenziale di impiego come materia prima speciale, ad oggi ancora poco valorizzato rispetto agli attuali criteri di selezione varietale, prevalentemente basati sulla dimensione del seme.
Il presente studio ha confrontato le caratteristiche agronomiche e le proprietà nutrizionali di due cultivar di cece, riferite alle tipologie kabuli e desi, coltivate per quattro annate (2022-2025) in quattro località caratterizzate da differenti condizioni pedo-climatiche: Italia settentrionale e Germania meridionale, centrale e settentrionale. L'obiettivo dello studio è quello di valutare l'interazione dei genotipi coltivati con l'ambiente di coltivazione (14 combinazioni totali di località X anno) sul comportamento agronomico e su parametri qualitativi della granella.
Per quanto riguarda le proprietà agronomiche, è stata riscontrata un'ampia variabilità della resa tra le diverse località considerate, come conseguenza dei differenti andamenti meteo: ad esempio, in Germania meridionale la resa media è risultata pari a 0,9 Mg ha^{-1} nel 2025 e a 2,9 Mg ha^{-1} nel 2024. L'indice del peso dei 1000 semi ha confermato una dimensione significativamente maggiore della cv kabuli (+32%) rispetto alla cv desi.
Il profilo nutrizionale delle due cultivar ha evidenziato un contenuto proteico medio più elevato nel genotipo desi (+3%) e un contenuto lipidico medio superiore nel genotipo kabuli (+12%). L'effetto dell'ambiente sulla composizione nutrizionale è risultato rilevante, con una marcata variabilità del contenuto di proteine e lipidi in funzione delle condizioni pedo-climatiche. L'intervallo di concentrazione proteica media è passato dal dato medio di 13,9%, in Germania meridionale nel 2022, al 21,9%, in Italia settentrionale nel 2024.
La quantificazione degli α-oligosaccaridi della famiglia del raffinosio (RFO), composti antinutrizionali resistenti ai trattamenti termici, ha ulteriormente contribuito alla caratterizzazione nutrizionale delle due cultivar di cece. Il contenuto totale di RFO è risultato superiore nella cv desi (+17%) rispetto a quella kabuli. Anche per gli RFO è emersa una marcata variabilità tra gli ambienti, con valori compresi tra 1,81 g 100 g^{-1}, registrati in Germania centrale nel 2024, e 2,98 g 100 g^{-1}, in Germania meridionale nel 2025.
Nel complesso, i risultati evidenziano l'importanza di considerare l'effetto delle condizioni pedo-climatiche nella valutazione delle performance agronomiche e della qualità nutrizionale del cece, al fine di valorizzare le differenze varietali e orientare strategie di selezione e gestione colturale più mirate.

Questo lavoro è stato supportato dal progetto VALPRO Path (Grant agreement 101059824), finanziato dall'Unione Europea, dal programma di ricerca e innovazione Horizon Europe (HORIZON-CL6-2021-FARM2FORK-01-02).

Parole chiave: condizioni pedo-climatiche, qualità nutrizionale, α-oligosaccaridi, kabuli, desi

Monitoraggio qualitativo del grano duro in Sicilia nel periodo 2016-2025: risultati e prospettive per una filiera della pasta certificata con denominazione di origine

Giuseppe Russo, Bernardo Messina

Consorzio di Ricerca "Gian Pietro Ballatore", Viale della Libertà 203, 90143 Palermo (PA)

La valorizzazione della filiera cerealicola siciliana richiede strumenti oggettivi, rapidi e riproducibili per descrivere la qualità della materia prima, supportare lo stoccaggio differenziato, orientare la trasformazione e costruire percorsi di certificazione fondati su evidenze analitiche. In questo contesto, il Consorzio di Ricerca "Gian Pietro Ballatore" e l'Assessorato dell'Agricoltura, dello Sviluppo Rurale e della Pesca Mediterranea della Regione Siciliana, hanno sviluppato e consolidato a partire dal 2000, un sistema di monitoraggio qualitativo del grano duro siciliano basato sull'impiego della tecnologia NIR (Infratec FOSS), applicata ai principali parametri merceologici e tecnologici di interesse per la filiera pastaia.
I dati qui presentati fanno riferimento al **decennio 2016-2025** e comprendono **52.011 conferimenti**, per un quantitativo complessivo registrato di circa **518.443 tonnellate** di grano duro, provenienti da 31 centri di ammasso (che complessivamente nel corso degli anni hanno preso parte al programma di monitoraggio) e riferibili a oltre **140 varietà**. I parametri considerati includono umidità, contenuto proteico e peso specifico ed evidenziano una significativa variabilità interannuale e territoriale, ma anche la presenza di un patrimonio produttivo dotato di caratteristiche qualitative ricorrenti e misurabili.
Il contenuto proteico medio annuo oscilla tra 11,51% (DS 1,16) nel 2019 e 13,22% (DS 1,72) nel 2024. La media dei lotti che nei dieci anni hanno fatto rilevare un contenuto proteico superiore al 13% è stata pari al 22,25 % (DS 0,12) con valori che oscillano tra 10,60 % (DS 0,61) nel 2019 e 54,95 % (DS 1,20) nel 2024. I valori di peso specifico medi per anno hanno evidenziato valori compresi tra 79,24 kg/hl (DS 3,10) del 2023 e 83,39 kg/hl (DS 2,68) del 2020. I valori di umidità per il decennio considerato si attestano tra il valore di 9,01% (DS 1,37) del 2021 e 10,22% (DS 1,31) del 2020.
Il sistema NIR per rapidità, sostenibilità analitica e capacità di produrre grandi moli di dati in tempi compatibili con le dinamiche commerciali del conferimento, si configura come infrastruttura strategica per la costruzione della filiera "Pasta Siciliana DOP". Il monitoraggio continuo consente infatti di passare da una valutazione episodica della qualità a una conoscenza strutturata, territoriale e storicizzata della materia prima, utile per la definizione di requisiti tecnici, modelli di tracciabilità, criteri di segregazione qualitativa e strumenti di governance della filiera.

Parole chiave: grano duro, Sicilia, NIR, qualità, proteine, glutine, indice di giallo, tracciabilità, Pasta Siciliana DOP.

Bibliografia essenziale

Messina B., Russo G. 2025. Safeguarding and Enhancing Sicilian Pasta: From Historical and Cultural Identity to the Promotion of the Local Product and Supply Chain. International Conference FROM SEED TO PASTA 5 Bari - Italy, 24-27 September 2025. *Book of Abstract*.
Messina B., Russo G. 2019. Monitoraggio della qualità commerciale del grano duro: i dati del raccolto 2019 in Sicilia. *Molini d'Italia*, 11 anno LXX: 54-65.
Messina B., Fonti A., Ventimiglia M., Russo G., Campanella V., Miceli C. 2015. Study of the correlations between agronomic management and quality traits of four durum wheat varieties. *Joint ICC/AISTEC Proceedings of Conference Grains for feeding the world*. World Expo Milan 1-3 July 2015. Pp. 344-349.

Farine di frumento integrali: selezione e ricombinazione delle frazioni molitorie per limitare le contaminazioni di acrilammide e deossinivalenolo

Valentina Guarino[1], Claudia Sardella[1], Valentina Scarpino[1], Fabiano Travaglia[2], Yassine Jaouhari[2], Marco Arlori[2], Massimo Blandino[1]

[1]Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);
[2]Università del Piemonte Orientale, Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Largo Donegani 2, 28100 Novara (NO)

I prodotti da forno integrali presentano potenziali rischi sanitari maggiori rispetto ai corrispettivi raffinati, poiché la farina integrale contiene concentrazioni più elevate di asparagina libera (ASN), principale precursore dell'acrilammide (AA), e della micotossina deossinivalenolo (DON). Il presente studio indaga la possibilità di formulare farine integrali mediante il processo di ricombinazione di diverse frazioni molitorie, come previsto dalla legislazione italiana, per minimizzare il rischio sanitario del prodotto finito.
Due lotti commerciali di frumento tenero sono stati sottoposti a molitura a cilindri, macinazione a pietra e decorticatura progressiva e su tutti i prodotti e frazioni molitorie ottenuti sono state determinate le concentrazioni di ASN e DON. Sulla base dei risultati, le frazioni molitorie sono state ricombinate per la produzione di biscotti integrali (contenuto in ceneri pari a 1.6%), determinando la concentrazione di AA nel prodotto a seguito di cottura.
La concentrazione di ASN è risultata particolarmente elevata nelle frazioni della molitura a cilindri: il germe ha mostrato il valore più alto, fino a 12 volte superiore rispetto alla cariosside iniziale, mentre i livelli sono diminuiti progressivamente in cruschello, farinaccio e crusca. La crusca ha presentato una concentrazione di ASN inferiore del 21% rispetto a cruschello e farinaccio; tuttavia, quest'ultimo è risultato essere la frazione maggiormente contaminata da DON. Dal punto di vista formulativo, l'elevato contenuto in ceneri della crusca (+76% rispetto alla cariosside iniziale) ne limita l'inclusione nella farina integrale rispetto alle altre frazioni della molitura a cilindri. Ciò consente di ridurre l'apporto complessivo di ASN nel prodotto finito, con conseguente diminuzione della formazione di AA e dell'accumulo di DON nei biscotti. Le frazioni ottenute mediante decorticatura hanno evidenziato concentrazioni medie di ceneri inferiori rispetto alle frazioni della molitura a cilindri, ma valori di DON particolarmente elevati. In particolare, le frazioni più esterne del pericarpo (0–5% e 5–10% in peso) hanno mostrato concentrazioni di DON rispettivamente 7 e 4 volte superiori rispetto al valore medio della cariosside iniziale. A parità di contenuto di ASN nelle farine integrali, i biscotti ottenuti da macinazione a pietra hanno evidenziato le concentrazioni più elevate di AA, nonché un rapporto AA/ASN superiore rispetto a quelli formulati con farine ricombinate.
Nel complesso, lo studio conferma il maggiore rischio di accumulo di AA e DON nei prodotti integrali rispetto a quelli da farine raffinate; tuttavia, un'adeguata selezione e combinazione delle frazioni molitorie, in funzione della loro concentrazione in contaminanti e del contributo al contenuto in ceneri, consente di ottenere farine integrali e prodotti da forno in grado di limitarne significativamente le concentrazioni.

Parole chiave: asparagina, micotossine, molitura a cilindri, molitura a pietra, decorticatura, biscotti

Biodiversità del frumento siciliano: caratterizzazione proteica di *landraces* mediante elettroforesi capillare

Fabiola Sciacca[1], *Nello Balnciforti*[2], *Antonio Leonardi*[1], *Stefania Licciardello*[1], *Ezio Li Puma*[1], *Anastasia Pesce*[1], *Nino Virzì*[1]

[1]*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Laboratorio di Acireale, Corso Savoia 190, 95024 Acireale (CT);*
[2]*Stazione Consorziale Sperimentale di Granicoltura per la Sicilia, Via Sirio 1, 95041 Santo Pietro (CT)*

Le *landraces* siciliane di frumento rappresentano una risorsa genetica di straordinario valore agronomico, storico e culturale, configurandosi come un importante serbatoio di biodiversità utile sia per programmi di miglioramento genetico sia per la valorizzazione delle produzioni cerealicole tradizionali. Questi materiali, selezionati nel tempo e diffusi in specifici contesti pedoclimatici, conservano caratteristiche uniche che possono contribuire allo sviluppo di filiere sostenibili e di prodotti ad elevata qualità. In tale ambito, la caratterizzazione delle proteine di riserva, e in particolare delle frazioni gluteniniche, riveste un ruolo centrale sia per l'identificazione varietale sia per la valutazione delle proprietà tecnologiche degli sfarinati, strettamente correlate alla qualità della trasformazione. Nel presente studio è stata condotta una caratterizzazione proteica di una collezione di *landraces* siciliane di frumento duro e tenero, conservate presso la Stazione Sperimentale di Granicoltura di Caltagirone. L'analisi è stata effettuata mediante elettroforesi capillare, impiegata come tecnica analitica avanzata in grado di garantire elevata sensibilità, risoluzione e riproducibilità. L'obiettivo del lavoro è stato quello di definire in modo accurato i profili proteici dei genotipi esaminati, evidenziando le differenze tra le diverse accessioni e valutandone il potenziale utilizzo in ambito varietale, tecnologico e di valorizzazione delle risorse locali. A partire dalle cariossidi dei campioni selezionati sono state estratte le frazioni gluteniniche mediante un protocollo standardizzato, opportunamente adattato alla metodica di elettroforesi.capillare, realizzata con il sistema Capel-105, che consente la separazione delle componenti proteiche all'interno di un capillare sotto l'azione di un campo elettrico. Tale approccio permette una rilevazione automatizzata e la produzione di elettroferogrammi digitali caratterizzati da picchi ben definiti, facilitando sia l'interpretazione dei risultati sia il confronto tra campioni. I risultati ottenuti hanno consentito di identificare con elevata precisione le subunità gluteniniche ad alto e basso peso molecolare, evidenziando pattern proteici distintivi tra le diverse *landraces* analizzate. In particolare, sono state individuate combinazioni proteiche peculiari, oggi raramente riscontrabili nelle varietà moderne, probabilmente a causa dei processi di selezione genetica orientati a specifici standard produttivi e tecnologici. L'elevata risoluzione e sensibilità della tecnica hanno permesso una discriminazione fine dei genotipi, mettendo in luce la significativa variabilità intra- e inter-varietale presente nella collezione.

Parole chiave: *landraces*, *Triticum,* polimorfismo

La Rete Nazionale di confronto varietale del frumento duro: uno strumento a supporto della filiera grano duro-pasta

Patrizio Spadanuda[1,2], Fabio Fania[1], Ivano Pecorella[1], Damiano Puglisi[1], Valentina Giovanniello[1], Valeria Menga[1], Donatella Bianca Maria Ficco[1], Pasquale De Vita[1]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S 673 km 25,200, 71122 Foggia (FG);
[2]Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE), Via Napoli 25, 71122 Foggia (FG)

Il frumento duro (*Triticum durum* Desf.) rappresenta una coltura di rilevanza strategica per il sistema agroalimentare italiano, costituendo la materia prima per la produzione della pasta. In un contesto caratterizzato da un'elevata variabilità climatica e da crescenti esigenze di sicurezza alimentare, l'innovazione varietale e il monitoraggio dei parametri qualitativi rappresentano i fattori chiave per garantire una maggiore competitività all'intero settore produttivo.
In questo scenario, la Rete Nazionale di confronto varietale del frumento duro, coordinata dal CREA-CI di Foggia, si configura come una piattaforma multi-attore essenziale per integrare ricerca e produzione. L'attività della Rete prevede ogni anno la valutazione di circa 30 varietà commerciali di recente introduzione in oltre 30 siti sperimentali dislocati in 16 regioni italiane, raggruppati in sei macro-zone agro-climatiche. Attraverso un protocollo agronomico armonizzato, la Rete garantisce una valutazione oggettiva della fenologia, della resa e della qualità della granella (e.g., tenore proteico, peso ettolitrico) in diversi ambienti di coltivazione. L'obiettivo primario della Rete è fornire alle aziende agricole italiane uno strumento decisionale robusto per la scelta varietale, basato sulla stabilità delle performance e sulle caratteristiche tecnologiche delle varietà attualmente in commercio. Parallelamente, è stato potenziato il monitoraggio sistematico delle micotossine, in particolare del Deossinivalenolo (DON), per verificare la conformità rispetto ai nuovi limiti UE (1.000 µg/kg) e rispondere alle stringenti richieste di sicurezza igienico-sanitaria della filiera.
Questa evoluzione strategica è sostenuta dal Progetto RETICER - "Consolidamento delle Reti nazionali qualità dei cereali come innovazione tecnico-scientifica alle filiere cerealicole e al monitoraggio delle materie prime" - finanziato dal Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (MASAF) per il triennio 2025-2027. Il progetto mira a consolidare le reti nazionali della qualità come fulcro dell'innovazione e della valorizzazione delle produzioni nazionali. In questo lavoro, vengono presentati i risultati quanti-qualitativi ottenuti dalle varietà in prova durante le ultime annate agrarie (2023-2025), caratterizzate da un andamento climatico divergente tra Nord e Sud Italia. Vengono inoltre riportati i dati preliminari del monitoraggio del DON, evidenziando il ruolo della Rete nell'identificazione di genotipi più resilienti e sicuri per i diversi areali. Tali informazioni risultano cruciali per orientare gli investimenti delle aziende agricole e per supportare la sostenibilità economica e la trasparenza dell'intero comparto cerealicolo nazionale.

Parole chiave: RETICER, Resa, Proteine, Micotossine, Interazione GxE

Dalla coltivazione al prodotto alimentare finito: il progetto "SACRA - Strategie innovative per controllare e ridurre il rischio di formazione di acrilammide in pasta e pane di frumento duro"

Alfio Spina[1], Valeria Menga[2], Michele Canale[1], Ivano Pecorella[2], Valentina Giovanniello[2], Laura Gazza[3], Federica Taddei[3], Francesca Nocente[3], Elena Galassi[3], Massimo Lucarini[4], Alessandra Durazzo[4], Josè Sánchez del Pulgar[4], Gabriele Chilosi[5], Roberto Mancinelli[5], Stefano Raimondi[6,7], Maddalena Rossi[6,7], Clara Fares[2]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Corso Savoia 190, 95124 Acireale (CT);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, S.S 673 km 25,200, 71122 - Foggia (FG);
[3]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via Manziana 30, 00189 Roma (RM);
[4]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Alimenti e Nutrizione, Via Ardeatina 546, 00178 Roma (RM);
[5]Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Via San Camillo de Lellis s.n.c, 01100 Viterbo (VT);
[6]Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Scienze della vita, Via G. Campi 287, 41125 Modena (MO);
[7]Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Biogest-Siteia, c/o Tecnopolo di Reggio Emilia, Piazzale Europa 1, 42124 Reggio Emilia (RE)

L'acrilammide è un contaminante di processo con potenziale cancerogeno che si forma durante trattamenti termici ad alte temperature, principalmente attraverso la reazione di Maillard tra asparagina libera e zuccheri riducenti. Sebbene ampiamente studiata in diversi alimenti, la sua formazione nella pasta di frumento duro risulta ancora poco approfondita, mentre nel pane rappresenta un rischio noto. Considerata l'elevata diffusione e il consumo quotidiano di questi prodotti nella dieta mediterranea, risulta fondamentale sviluppare strategie efficaci per ridurne la formazione lungo l'intera filiera produttiva. Il progetto "SACRA - StrAtegie agronomiche, tecnologiche e microbiologiche per Controllare e mitigare il Rischio di formazione di Acrilammide" propone un approccio multidisciplinare integrato volto a individuare i principali fattori che influenzano la presenza dei precursori dell'acrilammide, in particolare dell'amminoacido asparagina, e a sviluppare soluzioni innovative per la loro mitigazione. L'attenzione è rivolta, principalmente, alla gestione agronomica della coltura, ai processi tecnologici di trasformazione e all'impiego di microrganismi funzionali. I risultati attesi contribuiranno a migliorare la qualità e la sicurezza dei prodotti cerealicoli, fornendo indicazioni operative per gli agricoltori e l'industria alimentare, in linea con gli obiettivi della sostenibilità e delle politiche europee "*Farm to Fork*". Il progetto rappresenta, quindi, un passo avanti significativo verso la riduzione dell'esposizione dei consumatori a contaminanti di processo, preservando al contempo il valore nutrizionale e culturale dei prodotti simbolo del Made in Italy.

Parole chiave: acrilammide, agrotecnica, asparagina libera, batteri lattici funzionali, qualità

Bibliografia essenziale

Lineback D. R., Coughlin J. R., Stadler R. H. 2012. Acrylamide in foods: a review of the science and future considerations. *Annual review of food science and technology*, 3(1): 15-35.
Stadler R. H., Blank I., Varga N., Robert F., Hau J., Guy P. A., Riediker S. 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, 419(6906): 449-450.
Halford N. G., Curtis T. Y., Muttucumaru N., Postles J., Elmore J. S., Mottram D. S. 2012. The acrylamide problem: a plant and agronomic science issue. *Journal of experimental botany*, 63(8): 2841-2851.

Caratterizzazione di collezioni di frumenti tetraploidi: una strategia per valorizzare il grano duro come specialità per prodotti ad alto valore aggiunto

Laura Gazza, Chiara Natale, Elena Galassi, Francesca Nocente, Federica Signorelli, Ester Gosparini, Viviana Del Frate, Alessandra Arcangeli, Romolo Massimiani, Loriana Sereni, Cristina Cecchini, Federica Taddei

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via Manziana 30, 00189 Roma (RM)

L'Italia è uno dei principali produttori di frumento duro insieme al Canada ed il Nord America. L'attuale scenario di cambiamenti climatici mette però a rischio la sua coltivazione, poiché molte varietà moderne o tradizionali non possiedono la resilienza necessaria per affrontare condizioni ambientali sempre più variabili ed estreme. Da ciò deriva l'urgenza di identificare e/o sviluppare varietà più resilienti e sostenibili. In questo contesto si colloca il progetto *Wheat_InItaly* 'Valorizzazione delle attività di ricerca italiana nell'ambito di *Wheat_Initiative*'. Il progetto ha come obiettivi la condivisione delle risorse genetiche e il coordinamento della ricerca sul frumento duro a livello globale. Inoltre, sono previste l'attivazione di un'azione di formazione e *capacity building* per sostenere e valorizzare il miglioramento genetico e lo sviluppo della ricerca anche nei paesi meno avanzati. Tra le attività del progetto rientrano l'incremento dei dati fenotipici disponibili per le analisi genetiche di una collezione di frumenti tetraploidi, con particolare attenzione ai caratteri di qualità tecnologica e la valutazione di componenti nutrizionali e salutistiche. Lo scopo è individuare linee utili per futuri programmi di *breeding* orientati al miglioramento delle caratteristiche tecnologiche e nutrizionali del frumento duro, oltre a contribuire alla conservazione della biodiversità agro-alimentare. I dati preliminari provenienti dall'analisi di 35 accessioni di diverse specie tetraploidi hanno riguardato l'indice di glutine, il contenuto in amilosio, in amido resistente, in fibra alimentare totale e la capacità antiossidante totale. I risultati mostrano una distribuzione ampia per l'indice di glutine: il 22% degli individui appartiene alla prima classe di qualità (IG ≥ 80%), il 5,7% alla seconda (80% ≥ IG ≥ 60%), oltre il 42% alla terza (60% ≥ IG ≥ 30%), mentre il restante risulta non classificabile. Il contenuto in amilosio varia tra 25,35% e 34,60%, mentre l'amido resistente si mantiene sotto il 2%, con un massimo di 0,6% (*T. aethiopicum,* TRI15055). La capacità antiossidante oscilla tra 34,5 (*T.durum,* Kyperounda1) e 52,3 mmol TEAC/kg (*T. turanicum,* PI113393), e la fibra alimentare totale mostra la maggiore variabilità, con valori tra 7,4% (*T. dicoccum,* PI195722/1) e 16,2% (*T. durum,* Trinakria). In conclusione, i risultati preliminari mettono in evidenza la presenza di elevata variabilità confermando il potenziale dei frumenti tetraploidi della collezione come risorsa strategica per selezionare genotipi con un potenziale nutrizionale e tecnologico più elevato, utili sia al miglioramento genetico sia alla valorizzazione di filiere corte e prodotti tradizionali, contribuendo così alla transizione del frumento duro da semplice commodity a vera e propria specialità agroalimentare.

Parole chiave: frumenti tetraploidi*;* biodiversità; resilienza; frumento duro; Wheat Initiative

Da commodity a specialità: il ruolo delle popolazioni evolutive di frumento nella valorizzazione della filiera cerealicola

Corrado Ciaccia[1], Dylan Warren Raffa[1], Elena Galassi[2], Laura Gazza[2], Chiara Natale[2], Francesca Nocente[2], Federica Signorelli[2], Ester Gosparini[2], Viviana Del Frate[2], Alessandro Cammerata[2], Cristina Cecchini[2], Roberto Mortaro[2], Alessandra Arcangeli[2], Angelo Fiore[3], Maurizio Pellerito[1], Stefano Trotta[1], Federica Taddei[2]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, Via della Navicella 2, 00184 Roma (RM);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via Manziana 30, 00189 Roma (RM);
[3]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, Via C. Ulpiani 5, 70125 Bari (BA)

I cambiamenti climatici e la crescente frequenza di eventi estremi stanno mettendo sotto pressione la cerealicoltura, imponendo lo sviluppo di strategie innovative per garantire produzioni sostenibili, stabili e di qualità, favorendo al contempo la valorizzazione delle produzioni locali nell'ambito di percorsi di transizione agroecologica a scala territoriale. In questo contesto, le popolazioni evolutive di frumento tenero e duro rappresentano una risorsa strategica, grazie alla loro elevata eterogeneità genetica e alla capacità intrinseca di adattarsi dinamicamente a condizioni pedoclimatiche variabili.
Nell'ambito del progetto INNOGEN (Innovazioni genetiche per l'agricoltura), sono stati studiati materiali genetici eterogenei biologici (MEB), e tra questi le popolazioni evolutive di frumento tenero e duro, attraverso il confronto con varietà commerciali. L'obiettivo è quello di valutare la risposta agronomica, la produttività e le potenzialità qualitative e di trasformazione di questi MEB. In particolare, sono state caratterizzate due popolazioni evolutive: una di frumento tenero (Furat Li Rosi), coltivata nell'areale romano, e una di frumento duro (Bosco dei frumenti), coltivata nell'area del materano, al fine di valutarne l'attitudine alla trasformazione e il possibile impiego per prodotti ad alto valore aggiunto. Le analisi hanno riguardato parametri fisici, chimici e reologici, tra cui peso di mille semi, peso ettolitrico, contenuto proteico, indice di glutine, ceneri, colore, falling number e W alveografico. I risultati mostrano che Furat Li Rosi presenta un contenuto proteico del 13,4%, con indice di glutine pari a 63 e W di 87, indicando una farina con tenacità e capacità di sviluppo limitate ma idonea a prodotti a lievitazione breve o trasformazioni artigianali. Bosco dei frumenti presenta un contenuto proteico del 12,5%, un indice di glutine pari a 72 e W di 100, evidenziando un comportamento reologico leggermente migliore e una maggiore stabilità dell'impasto. Sebbene tali caratteristiche qualitative e tecnologiche non risultino pienamente rispondenti alle esigenze dell'industria su larga scala, queste popolazioni mostrano un interessante potenziale per produzioni diversificate.
Le popolazioni evolutive possono infatti favorire il passaggio da un modello produttivo basato su commodity standardizzate a sistemi orientati verso specialità ad alto valore aggiunto. La loro adattabilità consente di ottenere produzioni con caratteristiche distintive, in grado di rispondere alle esigenze delle filiere corte e dei mercati locali, nonché alla crescente domanda di prodotti sostenibili e ad elevata identità territoriale, contribuendo alla costruzione di filiere cerealicole più resilienti, diversificate e radicate nei contesti locali.

Parole chiave: materiali eterogenei biologici; identità territoriale; resilienza; frumento; agroecologia

Progettazione e sviluppo di uno snack plant-based e gluten free mediante tecnologia di stampa 3D

Giulia Spagnoli[1], Valeria Turfani[1], Sahara Melloni[1], Nicoletta Nardo[1], Marta Naso[2], Francesca Nocente[2], Laura Gazza[2]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Alimenti e Nutrizione, Via Ardeatina 546, 00178 Roma (RM);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via Manziana 30, 00189 Roma (RM)

La stampa 3D alimentare per estrusione si configura come una tecnologia emergente, capace di superare i limiti dei processi convenzionali in termini di flessibilità compositiva e controllo della struttura. Il progetto "Not So Cool" è stato sviluppato con l'obiettivo di realizzare uno snack salato innovativo, plant-based, 100% edibile e gluten-free, che reinterpreta la forma iconica del gelato tradizionale unendo Food Design e funzionalità. Tre inchiostri vegetali a base di patata, carciofo-patata e barbabietola-ceci, sono stati formulati e ottimizzati per l'estrusione mediante l'aggiunta di agenti addensanti. La realizzazione dei diversi componenti (rolls) dello snack si è ottenuta mediante l'utilizzo della stampante 3D "Foodini" (CREA-AN), mentre lo stecco gluten-free a base di riso e mais è stato progettato e realizzato con stampante 3D "Delta WASP 2040 Clay" (CREA-IT). Il modello digitale del prodotto è stato sviluppato in Blender 4.5 LTS dagli studenti dell'Istituto IIS "Statista Aldo Moro" di Fara in Sabina (RI). La caratterizzazione reologica degli inchiostri è stata condotta mediante analizzatore di consistenza Texture Analyzer con test di estrusione diretta e test di retro-estrusione. I risultati hanno evidenziato, per tutti gli inchiostri, un comportamento pseudoplastico (shear-thinning), con riduzione della viscosità apparente all'aumentare della velocità di taglio, assicurando così la stabilità della struttura stampata. Sul prodotto finito post-stampa e post-cottura è stata condotta la Texture Profile Analysis (TPA) e sono stati determinati i seguenti parametri nutrizionali: proteine, grassi, ceneri, fibra e contenuto in polifenoli totali.
I risultati confermano la stabilità e la riproducibilità delle geometrie stampate, supportate da valori di TPA coerenti con le aspettative per uno snack salato plant-based a struttura compatta. Il profilo nutrizionale è risultato caratterizzato da un adeguato apporto di proteine di origine vegetale, buon contenuto di fibra alimentare, basso tenore di grassi e valore energetico compatibile con il posizionamento del prodotto come snack da merenda. La valutazione sensoriale ha infine evidenziato un'ottima accettabilità globale, con particolare apprezzamento per il valore estetico e l'originalità della forma. In conclusione, il progetto "Not So Cool" dimostra come la stampa 3D alimentare per estrusione rappresenti una tecnologia capace di trasformare matrici vegetali in strutture alimentari complesse con precisione geometrica e composizione controllata, aprendo concrete prospettive per l'innovazione nel settore degli alimenti.

Parole chiave: stampa 3D alimentare; plant-based; gluten-free; food design; snack funzionale

Bibliografia essenziale

Liu X., Blumenthal D., Guénard-Lampron V. 2025 https://doi.org/10.1016/j.ifset.2025.104078
Ritota M., Melloni S., Cianfrini G., Narducci V., Ruggeri S., Turfani V. 2025. https://doi.org/10.3390/app152211891

Monitoraggio delle Micotossine da *Fusarium* e *Alternaria* in frumento prodotto in Emilia-Romagna

Massimo Montanari[1], Nino Virzì[2], Domenica Iraci Capuccinello[3], Roberta Battaglia[4], Federico Siboni[4], Terenzio Bertuzzi[4], Paola Giorni[5]

[1]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Via di Corticella 133, 40128 Bologna (BO);
[2]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, C.so Savoia 190, 95024 Acireale (CT);
[3]Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Difesa e Certificazione, Via di Corticella 133, 40128 Bologna (BO);
[4]Università Cattolica del Sacro Cuore, Dipartimento di Scienze animali, alimentari e nutrizionali (DIANA), Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza (PC);
[5]Università Cattolica del Sacro Cuore, Dipartimento di Produzione agricola sostenibile (DIPROVES), Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza (PC)

I cereali sono tra le colture più esposte alla contaminazione da micotossine, con implicazioni rilevanti per la sicurezza alimentare. Il presente studio indaga la presenza di micotossine nel frumento tenero e duro, con particolare attenzione a quelle prodotte da *Fusarium spp.* (deossinivalenolo, DON) e *Alternaria spp.* (acido tenuazonico, TeA; alternariolo, AOH; alternariolo monometiletere, AME). L'obiettivo è monitorare il livello di contaminazione delle materie prime e fornire indicazioni utili alle strategie di controllo. Parallelamente, è stata valutata l'incidenza di isolamento dei principali generi fungini micotossigeni.
Il quadro normativo europeo stabilisce limiti massimi per il DON pari a 1000 µg/kg per il frumento tenero e 1500 µg/kg per il frumento duro (Regolamento UE 2024/1022), mentre per le tossine di *Alternaria* è disponibile unicamente una Raccomandazione (UE 2022/553) con valori indicativi per prodotti destinati alla prima infanzia.
Il monitoraggio ha interessato complessivamente 90 campioni di frumento prodotti in Emilia-Romagna, raccolti nelle annate 2024 e 2025, rappresentativi di diverse province. Nel 2024 sono stati esaminati 28 campioni di frumento tenero e 18 di frumento duro; nel 2025, 25 di frumento tenero e 19 di frumento duro. Su tutti i campioni sono state determinate le concentrazioni di DON, TeA, AOH e AME.
La contaminazione da DON è risultata diffusa in entrambe le annate, con maggiore incidenza nel 2024: positività nel 64,3% dei campioni di frumento tenero e nel 55,6% di quelli di frumento duro. Nel 2025 si è osservata una lieve riduzione, con il 52% di positivi nel frumento tenero e il 57,9% nel frumento duro. Le concentrazioni medie nel 2024 sono state pari a 279,3 µg/kg nel frumento tenero e 303,2 µg/kg nel frumento duro, che ha fatto registrare livelli medi più elevati in entrambe le annate. I superamenti dei limiti normativi sono stati limitati: un caso nel frumento duro e due nel frumento tenero. Per quanto riguarda le tossine di *Alternaria*, il TeA è risultato il composto più frequentemente rilevato. Nel 2025 la contaminazione ha interessato il 94,7% dei campioni di frumento duro e il 76% di quelli di frumento tenero, con concentrazioni medie rispettivamente di 25,2 µg/kg e 12,3 µg/kg. AOH e AME sono risultate poco diffuse o non rilevate nella maggior parte dei campioni.
In conclusione, la presenza di valori elevati in alcuni campioni evidenzia un'elevata variabilità della contaminazione, prevalentemente legata alle condizioni climatiche durante lo sviluppo del frumento, sottolineando la necessità di un monitoraggio costante delle micotossine nelle produzioni cerealicole.

Parole chiave: *Fusarium*, *Alternaria*, monitoraggio, frumento

LISTA DEGLI AUTORI

Addazii D.; 53
Adinolfi P. P.; 70
Ailoaiei A.-M.; 43
Akiki A.; 52
Alberti I.; 57
Allegra M.; 32; 63
Álvarez Ríos S.; 101
Amenta M.; 63
Angione G.; 60; 77; 78; 108
Arcangeli A.; 33; 40; 121; 122
Arcieri F.; 25
Arlori M.; 117

Baiamonte I.; 100
Balconi C.; 110
Baldassarre F.; 58; 59
Ballistreri G.; 31
Balnciforti N.; 118
Barbagallo I. A.; 31
Barbieri C.; 102
Battaglia R.; 124
Bavaro A. R.; 47; 63
Beccaccioli M.; 102
Beghelli D.; 44
Beleggia R.; 60; 92; 93
Bellucci E.; 25
Bender D.; 41
Beone G. M.; 81
Bertuzzi T.; 124
Bevivino A.; 35
Biasioli F.; 82; 106
Biazzi E.; 99
Bigoni G. F.; 87
Bitocchi E.; 98
Bizzini M.; 63
Blandino M.; 24; 36; 38; 49; 51; 61; 66; 91; 115; 117
Blangiforti S.; 63
Bonassisa L.; 83
Bonucci A.; 45
Borrelli G. M.; 80
Bossi A.; 87
Bottoli M.; 91
Bravi E.; 45
Bresciani A.; 38; 44; 91; 96
Bresciani L.; 44
Broccolini L.; 62
Brunetti G.; 49
Burešová B.; 51
Busconi M.; 34; 67

Caccialupi G.; 34
Cammerata A.; 74; 122
Canale M.; 31; 32; 63; 120
Cantalupo R.; 100
Caponio F.; 43
Capozzi V.; 48; 64; 65; 82; 83; 106; 107
Caprioli G.; 44
Carbone K.; 86
Carbone S.; 49
Carcea M.; 54
Carnovale F.; 38; 66
Caroccia R.; 70
Carrara M.; 87
Casale R.; 109
Cassarino M.; 67
Cassol H.; 87
Castaned M.; 36
Castelli S.; 65
Cat Genova S.; 24; 61
Cecchini C.; 33; 40; 121; 122
Cefola M.; 64
Chaïr H.; 101
Chicco B.; 24; 36
Chilosi G.; 120
Chinnici P.; 86
Chiorazzi C.; 68
Ciaccia C.; 122
Ciavarella F.; 26
Cintoni M.; 109
Ciraldo L.; 49
Cirrincione F.; 95
Colecchia S.; 27; 79; 104
Colella I.; 60; 77; 78
Colombatto P.; 24
Colucci F.; 69
Condelli N.; 109
Corredig M.; 36; 115
Costanzo M.; 69

Cozzi G.; 97
Croci T.; 24
Cunedioglu H.; 82
Cuomo F.; 50

D'Ambrosio B. A.; 110
D'Andrea M.; 108
D'Imperio M.; 47; 97
D'Isita I.; 23; 68; 75; 76
Da Silva Viegas O. M.; 50
Dall'Asta M.; 67
D'Antuono I.; 109
De Angelis B.; 70; 71
De Arcangelis E.; 39; 42; 72; 103
De Bellis P.; 47
de Chiara M. L. V.; 64; 65; 83
De Falco E.; 29; 85
De Flaviis R.; 62; 73
De Francesco G.; 45; 46
De Gara L.; 28; 103
De Luca L.; 94; 112
De Mastro F.; 49
De Santis G.; 26
De Santis M. A.; 27
de Seneen G.; 83
De Vita P.; 23; 60; 75; 76; 77; 78; 104; 105; 108; 119
Del Fiore A.; 35; 69; 102
Del Frate V.; 33; 121; 122
Del Gaudio S.; 29
Del Rio D.; 44
Della Posta S.; 72
Delvento C.; 25
Desideri G.; 74
Di Benedetto C.; 71
Di Gregorio L.; 69
Di Palma A. M.; 75; 76
Di Renzo T.; 109
Dicorato M. A.; 45; 46
Dottori I.; 45
Dugo L.; 72
Durazzo A.; 120

Ejigu Ayano B.; 58
Esposito S.; 77; 78; 108

Fanali C.; 72
Fania F.; 60; 77; 78; 104; 108; 119
Fares C.; 79; 92; 93; 120
Fascella G.; 32
Ferranti P.; 95
Ferreira C.; 52
Ficco D. B. M.; 79; 80; 105; 119
Fiore A.; 122
Fiore M. C.; 32
Flagella Z.; 27
Fogliano V.; 66
Folloni S.; 58; 59; 67
Fontanella M. C.; 81
Fragasso M.; 48; 64; 65; 82; 83; 106; 107
Francia E.; 34
Frascarelli G.; 25
Fratini G.; 58
Frittelli A.; 51; 58
Fryganas C.; 66

Gabor A.; 38; 51
Gaeta I.; 41; 50; 84; 113
Galassi E.; 33; 40; 120; 121; 122
Galgano F.; 109
Gallo A.; 104
Gazza L.; 33; 40; 74; 101; 120; 121; 122; 123
Germinara G. S.; 68; 75; 76
Giannatiempo G.; 71
Giannatiempo M.; 29; 71; 85
Giannelli G.; 34
Gianotti A.; 53
Gioia T.; 25; 98
Giorgione S.; 88; 114
Giorni P.; 124
Giovanetti M.; 28
Giovanniello V.; 60; 92; 93; 119; 120
Giuberti G.; 67
Giudice G.; 25
Giuntoli G.; 59
Giuzio L.; 27
Gornati M.; 91
Gosparini E.; 33; 40; 121; 122
Gouveia C.; 101
Groli E.; 59
Guarino V.; 66; 117
Guarise M.; 91
Guerriero M.; 25
Gugliuzza G.; 32

Gullì M.; 34
Gullo M.; 65

Habib M.; 79
Halwani M.; 115
Hashemi N.; 115

Ianzano D.; 93
Infantozzi C. E. P.; 26
Iorizzo M.; 89; 114
Iraci Capuccinello D.; 124

Jafari M.; 107
Jaouhari Y.; 117

Kotíková Z.; 51

La Terza A.; 44
Laddaga F. M.; 57
Laddomada B.; 25
Lagorce C.; 101
Laidò G.; 79; 104
Laiolo M.; 24; 49; 61
Lanzanova C.; 87
Legendre L.; 101
Leonardi A.; 118
Leone A.; 91
Li Puma E.; 118
Licciardello S.; 118
Licciardo F.; 86
Livietti E.; 34
Lo Muzio F.; 75; 76
Locatelli S.; 57; 87
Logozzo G.; 98
Loi M.; 97
Lomonaco A.; 109
Lonigro S. L.; 47
Lotti C.; 25
Lucarini M.; 120

Macaluso D.; 86
Maccaferri M.; 59
Maiuro L.; 88; 89; 113; 114
Mancinelli R.; 120
Mancini L.; 99
Manganiello C.; 79
Marconi E.; 28; 30; 39; 41; 42; 50; 72; 84; 99; 100; 103
Marconi O.; 45; 46; 90
Marino D.; 111
Marone D.; 79
Marques C.; 52
Marrocchi A.; 90
Marti A.; 24; 38; 44; 91; 96
Martin M.; 81
Martinez-Abad A.; 36
Martuscelli M.; 74
Maruccia S.; 24
Marzario S.; 98
Mascheroni S.; 87
Masci S.; 58
Masciola F.; 100
Massimiani R.; 121
Mastrangelo A. M.; 79
Mastronardi L.; 111
Mazzinelli G.; 110
Mazzitelli D.; 24
Mele M.; 70
Mele M. C.; 109
Melini F.; 100
Melini V.; 100
Melloni S.; 40; 100; 123
Meloni R.; 24; 36; 61; 66
Menga V.; 60; 79; 92; 93; 119; 120
Messia M. C.; 41; 50; 84; 99; 113
Messina B.; 116
Messuri C.; 94; 95
Miccoli G.; 69
Miceli V.; 69
Miedico O.; 105
Miele M.; 96
Mochi Onori A.; 74
Molino A.; 35
Mondillo A.; 70
Moneta E.; 100
Montanari M.; 124
Montemurro M.; 47; 97
Morante V.; 98
Morcone L.; 26
Moro P.; 100
Mortaro R.; 33; 40; 122
Moscaritolo S.; 32
Mura F.; 102

Napolitano M.; 83; 99
Nardelli V.; 105
Nardini C.; 35
Nardo N.; 100; 123
Narducci V.; 40; 100
Naso M.; 123
Natale C.; 33; 40; 101; 121; 122
Nazzaro S.; 109
Nissen L.; 53
Nobili C.; 35; 69; 102
Nocente F.; 33; 40; 101; 120; 121; 122; 123
Noè D.; 91
Notarfonso M.; 69
Novi J. B.; 58; 59

Padovano A.; 79
Palombieri S.; 58
Palombo V.; 108
Palumbo M.; 64; 82
Pannella G.; 28; 103
Papa R.; 25; 98
Papalini S.; 25
Parisi E.; 72
Pasqualone A.; 43
Passuello F.; 59
Pastorelli G.; 111
Pati S.; 76
Pavan S.; 25
Pecchioni N.; 27
Pecorella I.; 60; 77; 78; 104; 105; 119; 120
Pellerito M.; 122
Peparaio M.; 100
Pergamo R.; 111
Perri G.; 49
Perriello L.; 70
Pesce A.; 118
Piga A.; 40
Pilla N.; 42
Pio Placido G.; 98
Pistillo O. M.; 68; 75; 76
Polidori G.; 59
Pompa C.; 105
Pontonio E.; 49
Porfidia A.; 70; 85
Porfiri O.; 58
Prandi B.; 34
Presutto E.; 106; 107
Prinyawiwatkul W.; 39
Procacci S.; 102
Procino S.; 25
Prodi A.; 57
Puglisi D.; 77; 78; 104; 108; 119

Quiquero M.; 50; 84

Raffa D. W.; 122
Raffo A.; 100
Raimondi G.; 85
Raimondi S.; 120
Rametta F.; 49
Ratti C.; 57
Reale A.; 109
Reckling M.; 115
Redaelli R.; 110
Reverberi M.; 35
Reyneri A.; 24
Ricciardi L.; 25
Righetti L.; 66
Rinaldi M.; 26
Ripert S.; 111
Rizzello C. G.; 53
Romani M.; 81
Romano A.; 94; 95; 112
Romano R.; 94; 95; 112
Rosati R.; 88
Rosati S.; 89; 113; 114
Rossi M.; 120
Rosso A.; 36; 115
Ruggieri A. G.; 73
Ruggiero C.; 90
Russo G.; 116

Sabato R.; 98
Sacchetti G.; 52; 62; 73
Saggia Civitelli E.; 100
Sallese M.; 73
Salvetti E.; 106
Sammarco C.; 79
Sánchez del Pulgar J.; 100; 120
Sanfilippo R.; 32; 63
Santamarina C.; 25
Santarelli V.; 73
Sardella C.; 24; 36; 38; 49; 51; 91; 117
Scapino M.; 61
Scarpa T.; 109

Scarpino V.; 49; 66; 117
Sciacca F.; 37; 118
Selmi H.; 83
Sereni L.; 121
Sestili F.; 51; 58
Siboni F.; 124
Signorelli F.; 33; 40; 121; 122
Sinesio F.; 100
Sorrentino E.; 84; 88; 89; 113; 114
Spadanuda P.; 60; 77; 78; 104; 119
Spagnoli G.; 123
Spano G.; 82; 106; 107
Spina A.; 31; 32; 63; 120
Squeo G.; 43
Srbová A.; 51
Strano M. C.; 32; 63
Suriano S.; 80

Tabacchioni S.; 35; 69
Taddei F.; 33; 40; 120; 121; 122
Taranto F.; 25
Tava A.; 99
Tenni D.; 81
Tian Y.; 107
Tomassini E.; 33; 40
Torella E.; 36
Torreggiani A.; 53
Torri A.; 110
Tozzi D.; 27
Tramutola A.; 109
Travaglia F.; 117
Trivisonno M. C.; 41; 50; 84; 99; 113
Troccoli A.; 79; 80
Trotta N.; 29; 70; 71; 85
Trotta S.; 122
Turfani V.; 40; 100; 123

Vaccino P.; 104
Vanara F.; 36; 38; 51
Vecchio C.; 85
Veneziani G.; 45
Vergalito F.; 88; 114
Verni M.; 49; 53
Verrastro C.; 98
Vezzani M.; 91
Virzì N.; 104; 118; 124
Visca A.; 69
Visioli G.; 34
Vittadini E.; 44
Vurro F.; 43

Wissendorf Simonsen B.; 115

Yang B.; 107

Zatta A.; 34
Zicchillo S.; 89
Zito D.; 70
Zupa E.; 97

NOTE

NOTE



Finito di stampare nell'ottobre 2026 da Officine Digitali srls, Foggia