

# Atti del 12° Convegno AISTEC

## CEREALI E SCIENZA:

resilienza, sostenibilità e innovazione

**15-17 giugno 2022**

Dipartimento di Agraria  
Università degli Studi di Napoli Federico II  
Reggia di Portici, Portici (NA)



A cura di

R. Acquistucci, M. Blandino, M. Carcea, M.G. D'Egidio, E. Marconi,  
M.A. Pagani, G. Panfili, G.G. Pinnavaia, R. Redaelli

**Atti del 12° CONVEGNO AISTEC**

**CEREALI E SCIENZA:  
resilienza, sostenibilità e innovazione**

**15-17 giugno 2022**

**Dipartimento di Agraria  
Università degli Studi di Napoli Federico II  
Reggia di Portici, Portici (NA)**

A cura di

**R. Acquistucci, M. Blandino, M. Carcea, M.G. D'Egidio, E. Marconi,  
M.A. Pagani, G. Panfili, G.G. Pinnavaia, R. Redaelli**

Volume interamente pubblicato dall'AISTEC

Gli autori sono responsabili del contenuto dei loro lavori

In copertina: Sfogliatrice-Sgranatrice per mais (1899) - Centro MUSA, Portici (NA)

© 2022 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)

ISBN: 978-88-906680-7-4

# Indice

## RELAZIONI ORALI

<b>Filiere sementiere biologiche regolamentate di popolazioni evolutive di frumenti: una importante risorsa per il settore biologico - il progetto Breed4Bio .....</b>	<b>2</b>
<i>S. Folloni, M. Marchini, S. Grando, C. Piazza, V. Moschini, C. Gretter, A. Lo Fiego, M. Petitti, A. Sommovigo</i>	
<b>Strategie agronomiche, molitorie e di trasformazione per attenuare il rischio di contaminazione da acrilamide nei prodotti da forno .....</b>	<b>7</b>
<i>M. Blandino, V. Scarpino, F. Travaglia, M. Loscalzo, V. Landolfi, J.D. Coisson, A.M. Colombo, M. Cortassa, A. Valente, M. Arlorio</i>	
<b>Effetto delle condizioni ambientali e del genotipo sul contenuto e sulle caratteristiche molecolari degli arabinoxilani dell'orzo e del malto .....</b>	<b>12</b>
<i>E. Bravi, G. Perretti, V. Sileoni, V. Alfeo, O. Marconi</i>	
<b>Frumenti e mais pigmentati: selezione varietale, gestione colturale e molitoria per l'ottenimento di farine ricche in composti antiossidanti.....</b>	<b>17</b>
<i>C. Sardella, F. Vanara, B. Burešová, P. Martinek, M. Blandino</i>	
<b>Impiego di grani pigmentati per lo sviluppo di prodotti alimentari tracciabili ad alto valore aggiunto naturalmente ricchi di molecole bioattive: il progetto PIGRANI .....</b>	<b>22</b>
<i>P. De Vita, S. Esposito, S. Moscaritolo, F. Sestili, S. Palombieri, M. Volpato, F. Manni, L. Tommasi, L. Bonassisa, E. De Maio, M.C. Messia, E. Marconi</i>	
<b>Impronta del carbonio della <i>Pizza Napoletana Verace</i>.....</b>	<b>27</b>
<i>A. Falciano, A. Cimini, P. Masi, M. Moresi</i>	
<b>L'indirizzo interpretativo dell'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato sulle regole di etichettatura dell'alimento pasta.....</b>	<b>32</b>
<i>D. Monci</i>	
<b>Approcci biotecnologici per migliorare le proprietà nutrizionali e di texture di grano saraceno.....</b>	<b>37</b>
<i>S. Iametti, M. Gardella, M. Rollini, A. Barbiroli, M. Di Nunzio, A. Marti</i>	
<b>Nuovi approcci metodologici allo studio delle interazioni tra proteine in matrici complesse: applicazioni al network proteico di cereali.....</b>	<b>41</b>
<i>D. Emide, A. Barbiroli, F. Bonomi, S. Iametti</i>	
<b>Studio dei fenomeni coinvolti nella lievitazione degli impasti per pizza .....</b>	<b>46</b>
<i>C. Covino, A. Sorrentino, P. Di Pierro, P. Masi</i>	
<b>Miglioramento delle caratteristiche nutrizionali del pane attraverso l'aggiunta di farina di ceci maltati.....</b>	<b>51</b>
<i>A. Cimini, A. Poliziani, M. Moresi</i>	
<b>Pani funzionali di grano duro ottenuti mediante parziale sostituzione della semola con sfarinati integrali di cereali minori e legumi .....</b>	<b>56</b>
<i>A. Spina, P. De Vita, L. Padalino, V. Giannone, L. Lecce, M.A. Del Nobile, V. Giovanniello, M. Canale, D.B.M. Ficco</i>	
<b>Valutazione qualitativa e nutrizionale di pani funzionali, arricchiti con estratti essiccati di <i>Portulaca oleracea</i> L. e <i>Opuntia ficus indica</i> Mill.....</b>	<b>61</b>
<i>F. Sciacca, N. Virzì, M. Palumbo, S. Licciardello, A. Pesce, E. Li Puma, A. Leonardi, V. Di Stefano, M. G. Melilli</i>	
<b>Pane da farine composite di frumento e pannello di canapa (<i>Cannabis sativa</i> subsp. <i>sativa</i>): un'opportunità qualitativa? .....</b>	<b>66</b>
<i>E. Carini, A. Di Fazio, L. Del Vecchio, M. Chiodetti, M. Cirlini</i>	

## **Frumenti e mais pigmentati: selezione varietale, gestione colturale e molitoria per l'ottenimento di farine ricche in composti antiossidanti**

*C. Sardella<sup>1\*</sup>, F. Vanara<sup>1</sup>, B. Burešová<sup>2</sup>, P. Martinek<sup>3</sup>, M. Blandino<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup>University of Life Sciences Prague, Department of Chemistry, Kamýcka 129, 16500, Prague, Czech Republic.

<sup>3</sup>Agrotest Fyto, Ltd., Havlíčkova 2787/121, 767 01, Kroměříž, Czech Republic.

\*E-mail: [claudia.sardella@unito.it](mailto:claudia.sardella@unito.it)

### **Abstract**

In recent years, pigmented cereals have been attracting researchers' and breeders' attention being valuable raw materials for the production of functional foods. Pigments within the kernel layers have showed, indeed, potent antioxidant properties that can add nutritional health benefits to the energy-rich cereal matrix. In the present contribution, the higher content in bioactive compounds of innovative pigmented varieties of bread wheat, tritordeum and corn have been verified. Furthermore, different agronomic practices have been applied to assess their agronomic and management features, as well as different milling strategies, aiming to preserve the bioactive compounds in the final flour. Some varieties of corn and wheat seem to be promising, having good yield and quality performances. Attention needs to be paid to the further genetic improvement of these varieties in terms of yield capacity and sanitary risks, in order to exploit them as functional foods on a large scale. Moreover, suitable milling strategies should be applied depending on the pigmented type and the bioactives that are aimed to be preserved.

### **Riassunto**

Negli ultimi anni, varietà cerealicole caratterizzate da granella colorata hanno conosciuto una crescente attenzione da parte della comunità scientifica in quanto materie prime interessanti per l'ottenimento di prodotti alimentari dal superiore valore funzionale. Innovative varietà pigmentate di frumento tenero, di tritordeum e di mais sono state valutate per quanto riguarda il loro contenuto in composti bioattivi rispetto a varietà di controllo. Diverse gestioni colturali sono state adottate per valutarne la competitività agronomica e gestionale, così come diverse strategie molitorie, al fine di valorizzare appieno il contenuto in composti antiossidanti delle granelle di partenza. Alcune varietà sia di mais sia di frumento, caratterizzate da un contenuto in composti bioattivi significativamente maggiore rispetto al controllo, sembrano essere promettenti per l'inserimento in filiere alimentari avanzate. L'attenzione maggiore deve essere rivolta all'ottenimento di varietà caratterizzate da una maggiore competitività agronomica e sanitaria e ad un'accorta valutazione delle strategie molitorie.

### **Introduzione**

I cereali sono la base dei regimi alimentari mondiali e possono contribuire in larga misura all'assunzione di composti antiossidanti e alla prevenzione dei processi di invecchiamento associati a stress ossidativo. Il miglioramento genetico ha selezionato varietà pigmentate di frumento e mais per la presenza di sostanze antiossidanti, come antociani e carotenoidi, che conferiscono diversa colorazione alla granella rispetto alle varietà convenzionali. Il successo nell'impiego in filiera di questi genotipi dipende dalla loro competitività agronomica e gestionale rispetto alle varietà convenzionali. In questo contributo sono state valutate innovative varietà pigmentate di frumento tenero, nuove specie, quali il tritordeum, e ibridi di mais ottenuti da germoplasma locale, per i parametri produttivi, qualitativi ed il contenuto in composti

antiossidanti nelle farine, considerando anche l'impatto della tecnica colturale e delle strategie molitorie.

### **Materiali e metodi**

In un primo studio, 12 varietà pigmentate di frumento tenero (6 viola, 3 blu, 2 nere e una gialla), una varietà di tritordeum e un frumento convenzionale come controllo sono state oggetto di confronto in 3 differenti scenari agronomici per quanto riguarda il contenuto in azoto del suolo (basso B, medio M, alto A), fornendo 3 livelli di concimazione azotata (0, 80, 160 kg di N/ha).

Il tritordeum è stato oggetto di un confronto varietale nelle annate agrarie 2019-20 e 2020-21, in cui le cultivar in esame sono state sottoposte alla medesima gestione agronomica. Complessivamente, 3 varietà di tritordeum sono state confrontate con 7 varietà di frumento tenero (2 cultivar di forza, 2 panificabili, 2 biscottiere, una vecchia varietà), 2 tipologie di farri (spelta e dicocco), 2 frumenti duri, 2 orzi, 2 triticale e 2 segali.

La prova relativa a mais destinato alla produzione di farine e *hominy grits* ha previsto un confronto agronomico e varietale di nuovi ibridi ottenuti a partire da germoplasma autoctono (Peila 48 e 08 ottenuti dal Pignoletto rosso) e sudamericano (Morello, caratterizzato da granella con pericarpo viola) con ibridi convenzionali di riferimento per la filiera. Il confronto agronomico è avvenuto in due località caratterizzate da una differente gestione del campo (biologica e convenzionale), adottando due diverse densità di semina (6,5 e 8 p.te/m<sup>2</sup>) e tre livelli di concimazione azotata (150, 225, 300 kg di N/ha).

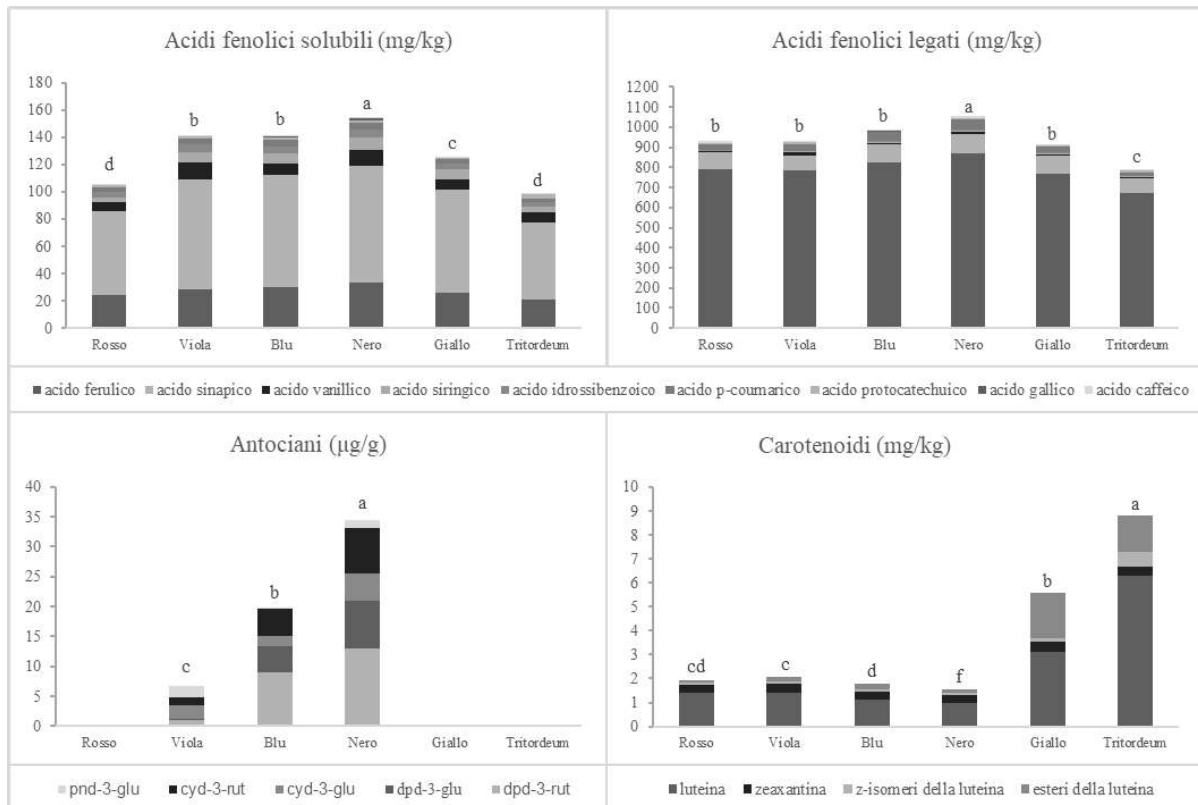
Tutte le varietà sono state oggetto di caratterizzazione agronomica e qualitativa. La resa è stata ottenuta per parcella e adeguata ad un valore di umidità della granella pari al 13%. Il macinato integrale è stato analizzato per quanto riguarda la capacità antiossidante (saggio FRAP, *ferric reducing antioxidant power*) e il contenuto e il profilo in composti bioattivi. L'estrazione e la quantificazione di acidi fenolici solubili e legati è avvenuta tramite cromatografia liquida ad alta prestazione con rilevatore a diodi (HPLC/DAD), come descritto da Giordano *et al.* (2019). Gli antociani sono stati estratti e quantificati tramite cromatografia liquida e spettrometro di massa (LC-MS/MS), come riportato da Šulc *et al.* (2017). Carotenoidi e tocoli sono stati estratti e quantificati rispettivamente tramite HPLC/DAD e HPLC con rilevatore a fluorescenza (FLD), come descritto da Burešová *et al.* (2021). I risultati sono espressi sul peso secco.

### **Risultati e discussione**

#### ***Selezione varietale e gestione colturale: frumenti pigmentati e tritordeum***

Sono stati osservati effetti significativi di tutte e tre le fonti di variazione in esame (genotipo, contenuto azotato del suolo e concimazione azotata) per quanto riguarda la produttività, seppur il contenuto azotato del suolo abbia spiegato una buona parte della variabilità osservata per questo parametro (54%). Tutte le varietà pigmentate oggetto di studio hanno mostrato capacità produttive inferiori rispetto alla varietà di controllo, che è stata scelta tra le più coltivate e produttive nel Nord Italia. Tuttavia, sono state osservate differenze significative tra le varie tipologie di colore e ampia variabilità entro lo stesso gruppo, con le rese più basse osservate nelle varietà a granella gialla (tritordeum -34%; frumento -27%) e capacità produttive simili al controllo da parte delle varietà a granella nera e viola, ancorché con differenze significative (-15%). L'analisi del potere antiossidante ha invece confermato valori maggiori per tutte le varietà pigmentate. In particolare, le varietà a granella nera si sono distinte per la più elevata capacità antiossidante, dato confermato da un elevato contenuto in acidi fenolici, sia solubili (+45% rispetto al controllo) che insolubili (+13%) e di antociani (Fig. 1). Il contenuto di questi ultimi è risultato essere 5 volte maggiore rispetto alle varietà a granella viola e 2 volte maggiore rispetto alle varietà a granella blu. Come atteso, la varietà di tritordeum e di frumento a granella gialla si sono distinte per valori significativamente elevati di carotenoidi (4 e 3 volte maggiori se paragonate al controllo, rispettivamente). La fertilità del suolo e la concimazione azotata hanno influenzato in misura

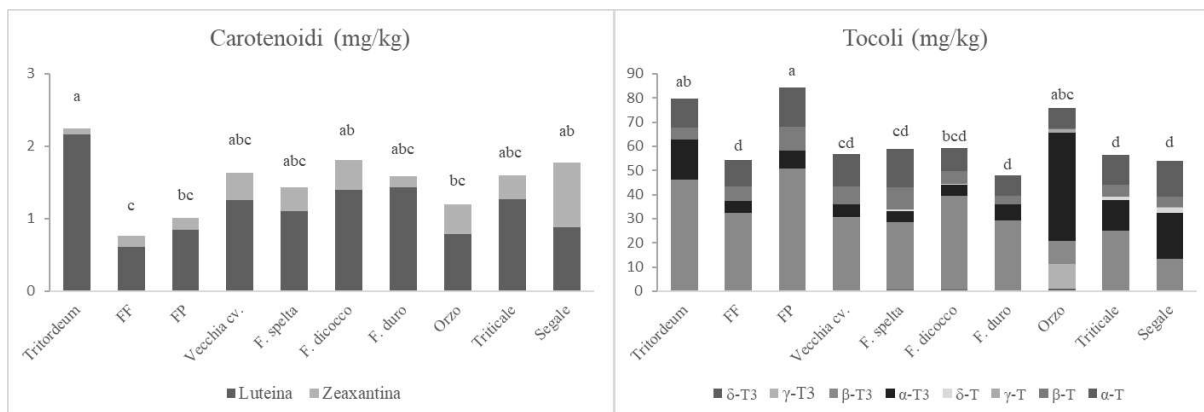
minore il contenuto in composti antiossidanti rispetto al genotipo. Tuttavia, il contenuto in acidi fenolici legati e antociani è risultato maggiore in parcelle provenienti dall'esperimento B (+19% e +135%, rispettivamente, se paragonati all'esperimento A) e da parcelle non concimate (+6% e +9%, rispettivamente, se paragonati al livello di concimazione maggiore). Il contenuto in acidi fenolici solubili ha seguito invece una tendenza opposta, con valori maggiori in parcelle provenienti dall'esperimento A (+14%, in media, rispetto al suolo meno fertile, B).



**Figura 1.** Contenuto in composti bioattivi in varietà di frumento tenero e tritordeum raggruppate sulla base del colore della granella. Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative per  $p(F) < 0.05$ .

### **Selezione varietale: tritordeum e cereali minori**

Differenti varietà di tritordeum sono state messe a confronto con cultivar di frumento tenero, una vecchia varietà di frumento, farro dicocco e spelta, frumento duro, orzo, segale e triticale. I livelli produttivi di orzo sono risultati paragonabili a quelli del frumento tenero. Al contrario, frumento duro, triticale, segale, tritordeum e farro hanno presentato una produzione inferiore tra il 16% e il 47% rispetto al controllo (tritordeum -41%). Le varietà di tritordeum si sono distinte per un contenuto in carotenoidi superiore rispetto a tutte le altre varietà oggetto di confronto (Fig. 2). In particolare, il contenuto in carotenoidi è risultato essere mediamente 2 volte superiore rispetto al frumento tenero e maggiore anche rispetto al frumento duro (+42%). Anche l'analisi dei tocoli ha evidenziato come il tritordeum si distingue sia rispetto al frumento tenero (+19%), sia rispetto al frumento duro (+66%). Il più alti valori antiossidanti sono stati invece osservati negli orzi, seguiti da segali e tritordeum.

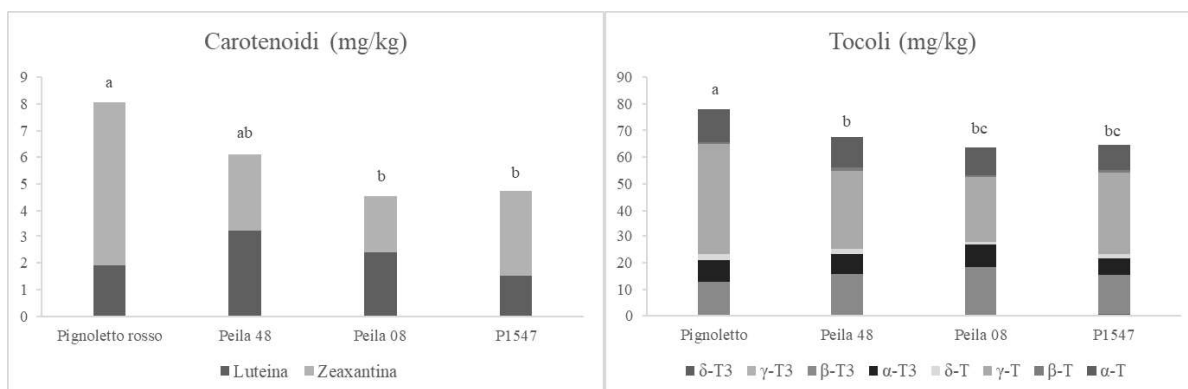


**Figura 2.** Confronto tra le specie di cereali vernini per il contenuto in carotenoidi e tocoli del macinato integrale. FF: frumento tenero di forza; FP: frumento tenero panificabile; F. spelta: farro spelta; F. dicocco: farro dicocco; F. duro: frumento duro. Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative per  $p(F) < 0.05$ .

### Selezione varietale e gestione colturale: mais ibridi pigmentati

Per quanto riguarda il confronto agronomico, le nuove varietà ibride si sono caratterizzate per rese significativamente maggiori rispetto alla varietà a libera impollinazione Pignoletto rosso, ma inferiori rispetto all'ibrido di riferimento per la filiera alimentare, P1547. Tuttavia, queste varietà sono risultate maggiormente tolleranti ad alte densità di semina rispetto alla varietà autoctona. All'aumentare della densità di semina, gli ibridi Peila 48 e Peila 08 hanno incrementato la produttività del 15% e del 24%, rispettivamente, seppur le differenze siano state significative solo nel caso di Peila 08, che ha manifestato in media rese maggiori rispetto a Peila 48. La capacità antiossidante del macinato integrale di tali varietà è stata analizzata nei diversi ambienti e nelle diverse condizioni agronomiche. Maggiori valori sono stati osservati con alte densità di semina e nella località dove il campo è stato gestito in maniera biologica. Bassi e alti livelli di concimazione azotata hanno determinato i valori più alti di capacità antiossidante statisticamente non diversi tra loro.

I nuovi genotipi oggetto del confronto varietale si sono caratterizzati per un quantitativo maggiore di proprietà e composti antiossidanti e per migliori caratteristiche tecnologiche (*hardness* e resa molitoria). In particolare, i valori maggiori di capacità antiossidante sono stati osservati nell'ibrido Morello. Tra i due ibridi di Pignoletto, Peila 48 si è distinto per una maggiore capacità antiossidante rispetto a Peila 08. Pignoletto rosso si è distinto per un maggiore contenuto in carotenoidi e tocoli, seguito da Peila 48 (Fig. 3). Valori inferiori sono stati osservati per Peila 08, che non si è distinto significativamente dall'ibrido P1547.



**Figura 3.** Confronto tra le varietà di mais in esame per il contenuto in carotenoidi e tocoli del macinato integrale. Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative per  $p(F) < 0.05$ .



### ***Gestione molitoria finalizzata all'ottenimento di farine ricche in composti antiossidanti***

Le strategie molitorie da adottare per ottenere farine ricche in composti antiossidanti devono essere idonee a valorizzare tali composti, che sono diversamente distribuiti nei vari strati della granella. La separazione degli strati cruscali, dove sono principalmente localizzati gli antociani, determina l'allontanamento di crusca colorata dalle elevate proprietà antiossidanti e l'ottenimento di farina raffinata dal limitato contenuto in composti bioattivi. È stato osservato come l'incorporazione di crusca in pane a pasta determini un miglioramento delle proprietà antiossidanti, ma non permetta di mantenere la specifica colorazione osservata nelle granelle di partenza. Tecniche di decorticatura progressiva attuate prima del processo di molitura hanno invece permesso di selezionare gli strati cruscali di maggiore interesse per la presenza del pigmento. Tali frazioni possono quindi essere incorporate in farina raffinata per ottenere alimenti dall'alto valore nutrizionale. Tra i carotenoidi, la luteina è il composto maggiormente presente nei cereali, principalmente presente nell'endosperma amilaceo. Tecniche di molitura convenzionali possono essere applicate a varietà a granella gialla al fine di ottenere farine raffinate ricche in xantofille e caratterizzate da un riconoscibile colore giallo. Per quanto riguarda il mais, il contenuto in composti con azione antiossidante è risultato più elevato nelle frazioni molitorie con minor granulometria, dove si sono concentrati però anche i contaminanti.

### **Conclusion**

Tutte le varietà innovative analizzate si sono distinte per un contenuto maggiore in composti antiossidanti rispetto alle varietà di controllo. Tuttavia, i livelli produttivi sono risultati inferiori, con differenze più o meno marcate a seconda della tipologia di cereale considerata. Alcune varietà sia di mais che di frumento si sono caratterizzate per una buona produttività e qualità e ciò che le rende interessanti per l'inserimento in filiere alimentari avanzate. Gli aspetti sanitari non sono stati inclusi nel presente contributo, ma sono di fondamentale importanza per considerazioni successive. L'ampia variabilità genetica che è stata osservata in tutte le prove offre spazio al miglioramento genetico e alla selezione di varietà migliorate e adattate a specifici ambienti colturali. Tali varietà innovative inoltre non necessitano di specifiche gestioni colturali rispetto alle varietà convenzionali; tuttavia, le strategie molitorie devono essere adeguate a mantenere il più possibile i vantaggi nutrizionali osservati nella granella di partenza, così come i processi successivi di trasformazione. Un approccio di filiera è quindi necessario per valorizzare appieno le potenzialità di questi genotipi innovativi e ottenere prodotti trasformati ad alto valore salutistico.

### **Bibliografia**

- Burešová B., Paznocht L., Kotíková Z., Giampaglia B., Martinek P., Lachman J. 2021. Changes in carotenoids and tocopherols of colored-grain wheat during unleavened bread preparation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103: 104108.
- Giordano D., Reyneri A., Locatelli M., Coisson J. D., Blandino M. 2019. Distribution of bioactive compounds in pearled fractions of tritordeum. *Food Chemistry*, 301: 125228.
- Šulc M., Kotíková Z., Paznocht L., Pivec V., Hamouz K., Lachman J. 2017. Changes in anthocyanidin levels during the maturation of color-fleshed potato (*Solanum Tuberosum* L.) tubers. *Food Chemistry*, 237: 981-988.

## Lista degli autori

**A**grimonti C.; 165

Aguzzi A.; 155

Albanese G.; 280

Alberti I.; 189

Alfeo V.; 12

Allegra M.; 284; 289

Amenta M.; 284

Anchisi E.; 184

Angelicola M.; 86; 232

Annabi M.; 247

Arcangeli A.; 179; 318

Arlorio M.; 7

**B**alconi C.; 146

Barbera A.; 373

Barbiroli A.; 37; 41

Basili O.; 179

Beleggia R.; 91

Belocchi A.; 131; 179

Benbelkacem A.; 247

Bertola M.; 247

Bisaglia C.; 212

Bizzini M.; 284; 289; 373

Blandino M.; 7; 17; 111; 160; 207

Blangiforti S.; 151

Bonarrigo M.; 136

Bonassisa L.; 22

Bonomi F.; 41

Borgo L.; 170; 194

Borrelli G. M.; 358

Borriello A.; 101

Boscaino F.; 252

Botticella E.; 81; 91

Bravi E.; 12; 338; 353

Buonocore P.; 151

Burešová B.; 17

**C**abizza R.; 328

Caboni M.F.; 96; 343; 348

Cacciatori P.; 141

Caldara M.; 126

Cali M.; 189

Cammerata A.; 131

Canale M.; 56; 151; 284; 289

Cantale C.; 338

Cantalupi A.; 106; 175

Capo L.; 207

Caponio F.; 266

Cappelletti E.; 189

Caproni R.; 198

Carcea M.; 237; 293

Cardone G.; 363

Carini E.; 66

Carnia A.; 170; 194

Casali M.; 175

Cavella S.; 101

Cecchini C.; 323

Chiaravalle A. E.; 358

Chiodetti M.; 66

Cibelli M.; 308; 313

Ciccoritti R.; 71; 141

Cimini A.; 27; 51; 81; 308; 313

Cirlini M.; 66

Coisson J.D.; 7

Colombo A.M.; 7

Conte P.; 298; 303

Coppola R.; 271; 280

Cormegna M.; 242

Cortassa M.; 7

Costa C.; 323

Costantini M.; 266

Covino C.; 46; 262

Cuomo F.; 76

**D'**Angelo D.; 276

D'Auria G.; 111

Dahdah P.; 328

Dall'Asta C.; 160

De Angelis D.; 266

De Arcangelis E.; 81; 86

De Francesco G.; 338; 353

De Luise G.; 146

De Maio E.; 22

De Vita P.; 22; 56; 91; 116; 212; 358