anno 69 - n. 11

novembre 2018

TECNICA MOLITORIA

sili - molini - mangimifici - pastifici

PLANNING BUILDING MILLING

Bashundhara Group ha rinnovato la fiducia in **Mill Service** commisionandoci altre tre linee di molitura, portando l'impianto ad una produzione totale di **2150 ton/24h.**

MS Mill Service
PLANNING · BUILDING · MILLING

MS spa
Via A. Meucci, 2 - Z.I. Teolo - PD - Italy
Ph. +39 049 8978743 +39 049 8978744
Fax +39 049 8978780
info@ms-italia.com - www.ms-italia.com

CHIRIOTTI EDITORI

10064 PINEROLO - ITALIA - Tel. 0121393127 - Fax 0121794480 - info@chiriottieditori.it
Poste Italiane spa - Sped. in A.P. - D.L. 353/2003 (Conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 MBPA NORD OVEST - n. 11/2018 - IP

ISSN0040-1862

La fertilizzazione simbiotica

modifica le caratteristiche della farina e influenza la qualità sensoriale del pane, equiparando una moderna varietà di grano alle vecchie

Paola Migliorini[1] - Luisa Torri[1] - Anne Whittaker[2] - Valentina Moschini[2]
Stefano Benedettelli[2] - Giorgio Masoero[3*]

[1] Università degli Studi di Scienze Gastronomiche - Piazza Vittorio Emanuele 9 - 12060 Bra - Italia
[2] Dipartimento di Scienze di Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA) - Piazzale delle Cascine 18 - 50144 Firenze - Italia
[3] Accademia di Agricoltura di Torino - Via A. Doria 10 - 10034 Torino - Italia
*e-mail: giorgioxmasoero@gmail.com; info@accademiadiagricoltura.it

Parole chiave: vecchie varietà, composti secondari, qualità sensoriale del pane, bio-fertilizzante micorrizante simbiotico

SOMMARIO

Per correlare la composizione delle farine alla qualità sensoriale del pane vengono confrontate in coltivazione biologica alcune vecchie varietà di grano tenero ed una moderna, quest'ultima sia con l'ausilio di un fertilizzante simbiotico con inoculi micorrizici che senza di esso. Il fattore simbiotico ha modificato drasticamente i composti secondari, che a loro volta hanno influito sulla panificazione, con il risultato ultimo di assimilare la qualità sensoriale del pane integrale da coltivazione simbiotica della moderna varietà Blasco alle caratteristiche di un pane "antico", in particolare della varietà Sieve, in contrapposizione al pane "moderno".
Sono identificati alcuni collegamenti tra le classi di componenti secondari e la qualità sensoriale del pane, giudicando favorevoli al tipo "antico" i polifenoli e i flavonoidi legati, mentre favorevoli al "moderno" i flavonoidi liberi, i tannini e gli antociani totali.

A symbiotic fertilization modifies the phyto-chemical features and affects the bread's quality,

assimilating a modern variety to ancient wheat varieties

Keywords: old wheat varieties, phytochemicals, bread sensory, mycorrhizal symbiotic fertilizer

ABSTRACT

To correlate the composition of flours to the sensory quality of bread, some ancient varieties are compared in organic cultivation, to a common modern Blasco wheat with and without the aid of a mycorrhizal symbiotic fertilizer. The polyphenols of the modern Blasco variety are significantly lower than the *Andriolo* and *Gentil Rosso*, varieties but the symbiotic factor has increased its content. This factor has drastically modified the secondary compounds, which in turn have influenced the bread making, with the result of assimilating the sensorial quality of the whole wheat bread from symbiotic cultivation to the characteristics of an "ancient" bread, from the Sieve variety, as opposed to the "modern" bread.
Some links between the classes of secondary components and the sensory quality of the bread have been identified, featuring the polyphenols and flavonoids linked to the "ancient" and the free type flavonoids, the tannins, and the total anthocyanins featured in the "modern" type.

INTRODUZIONE

Il grano tenero (*Triticum aestivum L.)* è fonte alimentare primaria nella maggior parte delle regioni temperate del mondo e, come tale, affronta l'ardua sfida per essere prodotto in modo più sostenibile, con livelli ridotti di input esterni. Tuttavia, i mutamenti climatici in atto sono una delle principali minacce per la produzione di grano e la diversificazione genetica delle colture è parte di una strategia globale per mantenere e per migliorare le prestazioni agronomiche sulla base del potenziale di biodiversità atta al tamponamento degli stress abiotici e biotici. La maggior parte del grano tenero è destinata alla produzione di prodotti da forno, in particolare di pane. In Europa il consumo medio giornaliero di pane è di 125 g rispetto a 27 della pasta (O'Mahony e Vilone, 2013). Sebbene nel corso degli anni il consumo sia diminuito, questo cibo è ancora tra i più popolari, consumati e amati. Il pane consiste fondamentalmente in carboidrati complessi, fibre e proteine benefici per la salute. In effetti, studi epidemiologici hanno associato il consumo di cereali integrali e prodotti integrali ad una ridotta incidenza di malattie croniche come malattie cardiovascolari, diabete e cancro (Slavin, 2004). È ampiamente accettato che gli acidi fenolici – compresi gli acidi ferulico, vanillico e p-cumarico – sono i principali antiossidanti nel grano e contribuiscono in modo significativo alle proprietà antiossidanti complessive dell'alimento. I fenoli dietetici comprendono gli acidi fenolici, i polimeri fenolici (comunemente noti come tannini) e i flavonoidi. Gli acidi fenolici sono metaboliti secondari aromatici delle piante, derivati dagli acidi idrossilato benzoico e acido cinnamico.

I fertilizzanti microbici stanno emergendo nell'ambito dell'agricoltura integrata che guarda alla vitalità del suolo c.d. "simbiotica" (Vurukonda *et al.*, 2017). I funghi micorrizici arbuscolari, normalmente presenti nei suoli, entrano in simbiosi con le radici delle piante coltivate, ad eccezione delle crucifere (Bonfante

e Genre, 2008). La loro presenza è favorevole alla strutturazione del suolo e alla capacità di ritenzione idrica stabilizzando gli aggregati micellari attraverso la deposizione di composti organici come glicoproteine o esopolisaccaridi (Zoppellari *et al.*, 2014). Importante si profila il potenziale di organicazione dell'azoto dei funghi micorrizici con riduzione delle minacciose emissioni di N_2O dal suolo (Bender *et al.*, 2014). La funzione ora riconosciuta per questa simbiosi è che la pianta migliora la sua nutrizione minerale – registrandosi sovente un effetto lussureggiante sulla crescita – e concedendo essudati radicali preziosi per la rizosfera. Inoltre, la pianta dimostra essere più resistente agli stress biotici e abiotici, aumentando la tolleranza allo stress idrico o alla presenza di sostanze inquinanti elevando la soglia di resistenza naturale intrinseca ai patogeni comuni.

L'IMPIEGO DI FERTILIZZANTI SIMBIOTICI INTERAGISCE POSITIVAMENTE PORTANDO AD UNA FORTIFICAZIONE DEL POTERE ANTIOSSIDANTE E UN AUMENTO DEL VALORE NUTRIZIONALE DEGLI ALIMENTI

È evidente che qualsiasi mezzo agronomico idoneo a favorire l'accumulo di metaboliti secondari con capacità antiossidante nel grano potrebbe essere di grande beneficio in termini di valore nutrizionale dei prodotti a base di pane e cereali in generale. Numerose evidenze scientifiche (Raiola *et al.*, 2015) hanno dimostrato che l'impiego di fertilizzanti simbiotici interagisce positivamente con la microflora autoctona del suolo e instaura simbiosi con le piante alimentari le quali modificano soprattutto i costituenti secondari con una fortificazione del potere antiossidante e un aumento del valore nutrizionale e funzionale in diverse piante e frutti. Questa tecnologia, come testimoniato nel mais a basso input (Sabia *et al.*, 2015) o nel mais a coltivazione ordinaria intensiva (Masoero *et al.*, 2018), non solleva alcun problema da parte degli ambientalisti perché è basata su selezioni di ceppi naturali e si indirizza a un'agricoltura sostenibile moderna ed economica.

Come Hildermann *et al.* (2009) hanno suggerito, per incorporare metodi rispettosi dell'ambiente nel sistema agricolo utilizzato per la produzione di pane integrale, negli ultimi tempi si è rinnovata l'attenzione

sulle antiche varietà di grano in riferimento alla qualità della cottura. In Italia studi recenti hanno rivalutato le caratteristiche agronomiche del germoplasma di popolazioni e varietà locali e la loro adattabilità all'agricoltura biologica in aree collinari e montane (Migliorini *et al.*, 2016) anche in riferimento alle loro potenziali proprietà funzionali (Dinelli *et al.*, 2007).

Alla base della presente ricerca vi erano tre scopi:

1) confrontare alcuni tratti fitochimici relativi a componenti secondarie, tra quattro vecchie e una moderna varietà di grano tenero e una farina commerciale;
2) valutare l'effetto del trattamento simbiotico di micorrizazione sulla varietà moderna;
3) accertare il verso e la forza delle correlazioni dei tratti fitochimici sulle variabili sensoriali del pane integrale, contrapponendo un prototipo "antico" rispetto ad un prototipo "moderno".

MATERIALI E METODI

Prova agronomica

Una prova di coltivazione di grano si è svolta presso il Parco di Racconigi (CN) su terreno biologico, ex prato perenne (Migliorini *et al.*, 2018). I risultati dell'analisi chimico-fisica classificano il suolo come limoso con un valore pH ottimale (7,45) e con un contenuto molto elevato di sostanza organica (3,13%) e azoto totale (2,1%), anche ricco di sostanze nutritive (CEC 9,90 meq/100 g) con un eccellente rapporto C/N (8,76). Il fosforo disponibile (15,75 mg/kg) e il potassio scambiabile (0:15 meq 100/g) sono un po' bassi senza comportare alcun rischio di lisciviazione. La calce totale (1,08 g/kg) è molto scarsa. La conduttività è bassa (1,28 mS/cm).

Le antiche varietà di grano erano quattro: Inalettabile (I), Gentil Rosso (G), Andriolo (A), Sieve (S) allo studio con il moderno Blasco (B) (CO.NA.SE, Con-

selice, Ravenna, Italia) e il Blasco micorrizato (Bm). Gli appezzamenti di Blasco sono stati seminati con 230 kg/ha di seme a una profondità di 2-3 cm, mentre per le varietà antiche, solo poche centinaia di grammi disponibili e 450 semi/m^2 sono stati seminati a mano in parcelle di 100 m^2 e poi interrati. Il biofertilizzante impiegato è il Micosat F (CCS-Aosta srl, www.micosat.it) un bio-fertilizzante brevettato, iscritto al registro dei fertilizzanti alla categoria "inoculo di funghi micorrizici", un consorzio microbico complesso composto da tre specie di funghi (*Glomus caledonium* GM24, *Glomus intraradices* GG31, *Glomus coronatum* GU53, in forma di spore, ife e frammenti di radici) e tre specie di batteri della rizosfera (*Pseudomonas fluorescens* PA28, *Pseudomonas borealis* PA29, *Bacillus subtilis* BA41) che forniscono una concentrazione totale di 106 g di prodotto distribuito nella seminatrice come polvere ad una dose di 400 g per 100 kg di seme. Essendo la prova condotta in biologico nessun trattamento (erbicida o pesticida) è intervenuto sulla coltura, in assenza di concimazione chimica. Notevole è stata la presenza di eccessive erbe infestanti nei terreni trattati con Micosat.

I seguenti dati sono stati raccolti sulle colture: altezza della pianta, allettamento, indice di accestimento, indice di raccolto, capacità di controllo delle infestanti, sensibilità alle virosi, sviluppo della radice e resa in granella.

Analisi chimiche

Il contenuto di C e N nei campioni essiccati è stato misurato utilizzando con il Flash Elemental Analyzer 1112 NC (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, USA). Per valutare il contenuto funzionale, è stata eseguita l'estrazione di composti fenolici solubili (liberi) e insolubili (legati) secondo il metodo usuale (Dinelli *et al.*, 2009, 2011). Il contenuto di polifenoli, in entrambe le frazioni libere e legate, è stato misurato utilizzando il metodo spettrofotometrico Folin-

Ciocalteu (spettrofotometro Lamba 25, Perkin-Elmer Corporation, USA) con acido gallico come standard di riferimento (Singleton *et al.*, 1999). Analogamente, il contenuto di flavonoidi è stato determinato utilizzando come riferimento un metodo colorimetrico con catechina (Adom *et al.*, 2003). Il contenuto di polifenoli e flavonoidi liberi e legati rispettivamente sono stati sommati per fornire il contenuto totale. Il contenuto totale di antocianina è stato estratto e misurato secondo Nicoué *et al.* (2007). Il contenuto totale di carotenoidi è stato stimato dal contenuto di pigmento giallo, estratto e misurato secondo un micro-metodo sviluppato da Belaggi *et al.* (2010).

Panificazione e valutazione sensoriale

Il pane è stato prodotto a partire dalle farine integrali (tipo 2) ottenute dalla macinazione a pietra (Torri *et al.*, 2013) adottando la seguente formula: 5 kg di farina, 3 kg di acqua, 1,5 kg di lievito madre liquido, 25 g di estratto di malto, 100 g di sale. La panificazione si è svolta così: primo impasto (farina, acqua, lievito) per 4-5 minuti; riposo per 15-20 minuti; secondo impasto (aggiunta di malto, sale, acqua) per 3-4 minuti; riposo a 27 °C per 45 minuti; conformazione (pagnotta da 600 g); lievitazione a 29 °C per 4 h; incisione della superficie del pane; cottura in due fasi consecutive (prima: 5 minuti a 240 °C, seconda: 45 minuti a 220 °C). I campioni di pane sono stati prodotti da un panificio locale e consegnati al laboratorio di valutazione entro 2 ore dalla cottura. La valutazione sensoriale è stata effettuata 3 ore dopo la cottura da un panel di 10 assaggiatori ben addestrati presso l'Università di Scienze Gastronomiche, Bra (Italia). Il panel sensoriale era composto da 5 maschi e 5 femmine e l'età media era 33 anni (range=24-42). Ogni membro aveva almeno due anni di esperienza nella valutazione sensoriale descrittiva di vari tipi di alimenti e bevande. Prima della valutazione, il panel è stato specificamente addestrato alla valutazione descrittiva del pane (Lawless e Hey-

Tabella 1 - Descrittori sensoriali del pane.

Aspetto	1	Scurezza crosta
	2	Scurezza briciole
	3	Porosità, quantità
	4	Porosità, dimensione
Odore	5	Intensità
	6	Lievito
	7	Farinaceo
	8	Nocciolato
	9	Tostato
Sapore/Aroma	10	Salato
	11	Dolce
	12	Acido
	13	Intenso
Consistenza	14	Elasticità
	15	Sbriciolatura
	16	Durezza
	17	Adesività
	18	Umidità

mann, 2010). Sono state condotte quattro sessioni di addestramento di 2 ore. Nella prima sessione di formazione i membri hanno ricevuto l'intera gamma dei prodotti e un elenco contenente 28 attributi e le loro definizioni (Heenan *et al.*, 2008). Dopo aver valutato i campioni, i membri hanno individuato gli attributi sensoriali e le loro definizioni che sarebbero stati utilizzati nello studio. In tre sessioni successive, ai relatori sono stati forniti gli standard di riferimento e l'elenco degli attributi è stato ridefinito. Alla fine della formazione, i partecipanti al panel hanno selezionato e definito i 18 attributi definitivi da adottare nelle valutazioni successive (**tab. 1**). Gli assaggiatori hanno valutato l'intensità degli attributi selezionati per ogni campione su una scala lineare continua con ancoraggi verbali agli estremi (0=bassa intensità; 10=alta intensità). Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sistema computerizzato (FIZZ, versione 2.46A, Biosystèmes). Una mezza pagnotta (~200 g) di ciascun campione, inclusa la crosta e la pasta interna, è stata presentata ai valutatori durante tutte le sessioni di valutazione su piastre Petri monouso codificate con numeri casuali a tre cifre. I campioni sono stati presentati in ordine randomizzato e bilanciato. È stato impostato un intervallo di 60 secondi tra le valutazioni di campioni successivi. Inoltre, ogni valutatore è stato fornito di acqua naturale e crackers non salati in superficie da consumare nella pausa tra un campione e l'altro. I campioni sono stati valutati in cabine sensoriali individuali con luce bianca a temperatura ambiente.

Analisi statistiche

Il disegno sperimentale per le variabili agronomiche e fitochimiche era costituito da tre blocchi con tre ripetizioni randomizzate. I risultati sono stati sottoposti all'analisi ANOVA delle sei tesi (I, G, A, S, B, Bm), utilizzando un modello misto a blocchi casuali e con test di Duncan (SAS/STAT 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC). L'effetto simbiotico è stato accertato in

base al contrasto Bm *vs.* B, mentre il fattore Epoca considerava le varietà antiche rispetto ai lotti di grano Blasco (B e Bm). Nella elaborazione del Tipo di Pane (Antico-A *vs.* Moderno-M) il prodotto del Blasco micorrizato è stato incluso nella tipologia Antico mentre l'Andriolo non è stato panificato. I dati fitochimici delle farine sono stati collegati statisticamente alle proprietà sensoriali del pane utilizzando una regressione chemometrica Partial Least Squares (PLS) (StatBox vs 6.5, Grimmer Logiciel, Parigi, Francia). La rilevanza dei componenti fitochimici rispetto alla valutazione sensoriale è stata espressa considerando il segno e il valore dei coefficienti standardizzati nelle rispettive equazioni.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Prova agronomica

Tutte le caratteristiche (**tab. 2**), eccetto la sensibilità al virus, distinguono il grano moderno dalle vecchie varietà: taglia ridotta della metà (67 *vs.* 125,4 cm), minore allettamento, maggiore accestimento e maggio-

Tabella 2 - Risultati agronomici.

			Antiche varietà				Simbiotico (Micorrize)		Epoca	
Variabili	Unità	R2	I	G	S	A	B	Bm	Antica	Moderna
Taglia	cm	0,84	121b	134a	117b	128ab	63c	70c	125,4x	67,0y
Allettamento	%	0,66	23,8c	61,1b	82,2a	44,2b	0,0c	2,2bc	52,9x	1,1y
Sensibilità virosi	Punti (0/1)	0,14	0,4ab	1,0a	0,3b	0,4ab	0,5ab	0,5ab	0,41	0,55
Accestimento	Steli/m^2	0,34	3,6b	5,6a	3,2b	5,6a	6,0a	7,1a	4,53y	6,58x
Raccolto	Granella/pianta	0,63	0,32d	0,33d	0,37c	0,41b	0,45a	0,44a	0,36y	0,45x
Radici	g/pianta	0,17	36,9a	37,1a	30,2ab	33,6ab	28,2b	24,7b	34,5x	26,5y
Infestanti	g/m^2	0,26	17,0b	10,4b	17,8b	73,5ab	35,6b	113a	29,7y	74,7x
Produzione	t/ha	0,25	3,86a	2,85bc	3,42a	2,53c	2,90bc	2,61c	3,2x	2,7y

a>b>c; x>y: P<0,05; I=Inallettabile; G=Gentil Rosso; S=Sieve; A=Andriolo; B=Blasco; Bm=Blasco con micorrize; R^2 =r-quadro del modello (Tabella tradotta dal lavoro Migliorini *et al.*, 2018, con il permesso dell'Editore).

re raccolto ottenuto con un apparato radicale ridotto mediamente del 23%. Sorprende la scarsa resa produttiva, dovuta probabilmente alla massima invasione di infestanti avvenuta nelle parcelle micorrizate del Blasco (+217%), evidentemente il trattamento simbiotico beneficia anche le malerbe, in effetti il campo (ex-prato stabile) era particolarmente ricco di semi di specie concorrenti rispetto al grano. In una varietà di ecosistemi, le interazioni tra il microbiota del suolo e le piante erbacee possono influenzare fortemente la dinamica della popolazione e della comunità di queste piante. Molte infestanti sono fortemente micorriziche (Husband *et al.,* 2002).

È interessante notare che i moderni programmi di miglioramento genetico sono stati principalmente incentrati sulla resa e sul miglioramento della resistenza alle malattie e ai parassiti piuttosto che sulle caratteristiche nutrizionali e funzionali. Le varietà moderne sono caratterizzate dall'uniformità genetica e dall'adattamento all'agricoltura convenzionale che utilizza in genere input ad alta energia in termini di fertilizzanti, erbicidi e pesticidi. In un'esperienza comparabile di fertilizzazione zero (Dinelli *et al*., 2008) la resa delle varietà moderne (1,5 t/ha) era inferiore alle vecchie varietà (1,99 t/ha) un risultato che è stato osservato anche in questo studio (2,7 contro 3,2, rispettivamente). In prove di confronto varietale su 30 genotipi di grano in Piemonte, la produzione del Blasco era compresa tra 8,06 e 6,01 t/ha (Ferrero *et al.,* 2012), un livello dovuto essenzialmente alla concimazione in copertura di 140 kg N/ha. Quindi, la resa inferiore di Blasco nei nostri lotti (2,90 e 2,61 t/ha in Bm e B, rispettivamente), potrebbe essere spiegata con l'espansione delle malerbe e non dalla fertilizzazione zero applicata. Ciò è confermato da Migliorini *et al*. (2016) in prove di campo realizzate in ambienti pedo-climatici simili con fertilizzazione zero, ove i genotipi tradizionali hanno prodotto 2,05 t/ha *vs.* 3,05 t/ha raggiunti dai grani moderni (Bolero, Blasco, Arabia, Bologna) con il Blasco posto a livello medio di 2,14 t/ha.

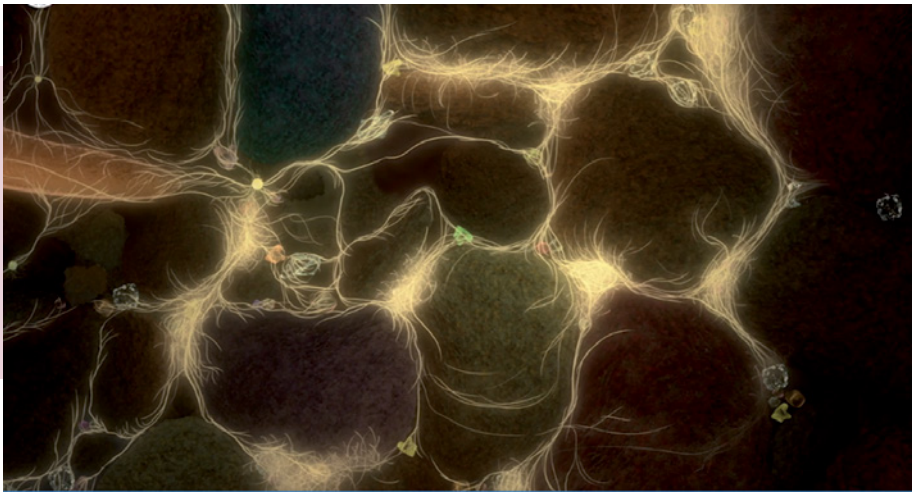
Caratteristiche della farina

Il contenuto totale di polifenoli (**tab. 3**) è variato significativamente tra le vecchie varietà. In particolare, emergono differenze nei contenuti di polifenoli liberi e legati. Il contenuto di polifenoli nella moderna varietà Blasco era significativamente inferiore rispetto alle vecchie varietà, Andriolo e Gentil Rosso. È interessante notare che l'aggiunta del fattore micorrizico al Blasco (4,01) ha aumentato il contenuto di polifenoli totali a un livello paragonabile a quello di Andriolo e Gentil Rosso. In totale i flavonoidi comprendevano circa il 30% del contenuto totale di polifenoli nelle varietà di grano esaminate. Per differenza, il restante 70% del contenuto totale di polifenoli è probabilmente costituito da acidi fenolici. È interessante altresì notare che il trattamento simbiotico con micorrize nel Blasco ha innalzato il contenuto totale di flavonoidi a un livello superiore a quello osservato per le antiche varietà, non ha influito sulla presenza di antociani, mentre ha ridotto il pigmento giallo.

Tabella 3 - Risultati chimici delle farine.

		Antiche varietà				Simbiotico (Micorrize)		Epoca	
	R^2	I	G	S	A	B	Bm	Antica	Moderna
N (%)	0,41	2,36bc	2,47bc	2,29c	2,73a	2,59ab	2,49b	2,47	2,54
C (%)	0,57	41,6c	42,3b	42,2bc	42,5b	43,5a	42,2b	42,21y	42,90x
C/N	0,37	17,7ab	17,3b	18,7a	15,6c	16,8bc	17,0bc	17,3	16,9
Polifenoli totali	0,81	3,74c	4,24a	3,02d	4,00b	3,55c	4,01ab	3,75	3,78
Polifenoli liberi	0,69	1,36ab	1,44a	1,03c	1,36ab	1,18b	1,25b	1,30x	1,22y
Polifenoli legati	0,74	2,38b	2,79a	1,98c	2,64ab	2,36b	2,75a	2,45	2,56
Flavonoidi totali	0,73	1,05c	1,16b	1,03c	1,07c	1,15b	1,30a	1,08y	1,23x
Flavonoidi liberi	0,57	0,38c	0,41bc	0,39bc	0,37c	0,49a	0,43b	0,39yc	0,47x
Flavonoidi legati	0,73	0,66c	0,74b	0,64c	0,69bc	0,66c	0,86a	0,69yc	0,77x
Antociani	0,85	0,018d	0,027a	0,019d	0,025b	0,028a	0,022c	0,023y	0,026x
Pigmento giallo (µg/g s.s.)	0,69	0,010b	0,010b	0,009c	0,013a	0,011b	0,009c	0,0109x	0,0102y

Valori non specificati: mg/g di s.s. (Tabella tradotta dal lavoro Migliorini *et al.*, 2018, con il permesso dell'Editore).



Le ife dei funghi micorrizici permettono l'assorbimento dei minerali da parte delle radici (PHC BV, 2017).

Precedenti ricerche (Dinelli *et al.*, 2008) hanno mostrato nelle antiche varietà un alto livello di polifenoli (in media +21%) e flavonoidi, insieme a maggiori quantità di amido resistente (+200%), glutine e lipidi (+30%). Anche Leoncini *et al.* (2012) hanno osservato un aumento dei polifenoli totali (+21%) e dei flavonoidi (+69%) nelle stesse vecchie varietà studiate in questo articolo. Secondo altre prove (Migliorini *et al.*, 2016) il Gentil Rosso aveva una quantità molto maggiore di polifenoli totali, liberi e legati, facendo osservare differenze significative tra anni e varietà. Secondo la recensione di Shewry e Hey (2015) i composti fenolici totali possono raggiungere valori di 2,71-3,16 mg/g di peso secco per il grano coltivato in Polonia, valori compresi nel range del presente lavoro (3,02-4,24). Le condizioni atmosferiche giocano un ruolo importante nella quantità di polifenoli liberi e nell'attività antiradicalica – non correlata – e le alte temperature possono causare una diminuzione del contenuto di polifenoli (Heimler *et al.*, 2010).

La presenza di erbe infestanti può forzare le colture a reagire con espressione di metaboliti secondari (Farooq *et al.*, 2013). Quindi, i risultati osservati nel presente studio potrebbero essere indirettamente

spiegati per l'aumento delle malerbe promosso dal fattore micorrizico. Tuttavia, proprio la simbiosi micorrizica deve essere considerata come il fattore principale per l'aumento del potenziale antiossidante, come dimostrato in diverse specie da Raiola *et al*. (2015), ma soprattutto nel grano duro, per quanto riguarda i carotenoidi totali (+42%) e i fenoli (+230%), e nel mais da Masoero *et al*. (2018). Una recente prova con Micosat F su grano in biologico (Giovannetti G., 2018, comunicazione personale) ha dimostrato un aumento del valore ORAC del 12% nel grano tenero e del 43% nel grano duro, mentre i polifenoli totali sono cresciuti del 17%, ma solo nel grano duro.

Altri risultati (Dinelli *et al*., 2009, 2011) hanno mostrato che i valori medi del composto fenolico totale e del contenuto totale di flavonoidi nelle varietà di grano antico erano simili a quelli dei genotipi moderni. Tuttavia, l'analisi HPLC-ESI-TOF-MS utilizzata dai citati AA ha evidenziato notevoli differenze tra varietà moderne e vecchie. L'interpretazione degli spettri di massa ha infatti permesso l'identificazione di 70 composti fenolici, tra cui cumarine, acidi fenolici, antociani, flavoni, isoflavoni, proantocianidine, stilbeni e lignani. Gli estratti liberi delle varietà di grano antico mostravano la presenza di un numero medio di composti fenolici più del doppio rispetto ai genotipi moderni; una tendenza simile è stata osservata anche per la frazione fenolica legata. Inoltre, i profili fitochimici hanno mostrato la presenza di composti fenolici unici sia nelle frazioni libere che in quelle leganti di alcuni genotipi di grano studiati.

Nel presente lavoro (dati non riportati in tabelle) è stato riscontrato un alto grado di variabilità fitochimica: la lista delle variabili significativamente discriminanti nella matrice delle combinazioni, elencava 30 casi in cui solo la C non appariva, quando i più rappresentati sono gli antociani totali (11 conteggi), il contenuto di N (4 conteggi) e il pigmento giallo, i polifenoli legati, i flavonoidi liberi e i flavonoidi legati.

Secondo Dinelli *et al.* (2007) la lignina, una classe di sostanze fitochimiche con effetti benefici sulla salute, ha discriminato le nuove e le vecchie varietà di grano, nelle quali si osservava una concentrazione doppia con tre composti esclusivi (arctigenina, hinokinina e syringaresinolo) e un numero più elevato di forme glicosidiche.

Relazioni con la valutazione sensoriale del pane

In base ai risultati multivariati dell'analisi sensoriale, riportati da Torri *et al.* (2013) e qui ripresi nella **fig. 1**, il pane del Blasco micorrizato è totalmente diverso dal non micorrizato e si assimila a quello ottenuto dal Sieve. Esaminando la **tab. 4**, si osservano a destra le 18 caratteristiche ordinate come importanza dalla tipologia Antico (in alto) al Moderno (in basso). Depongono a favore del tipo Antico elasticità, quantità dei pori, dolcezza, odore di lievito e farinaceo, sbriciolamento. Incidono invece a favore del tipo moderno la durezza, l'odore di nocciolato e di tostato, il sapore acido e la crosta più scura. L'intera relazione statistica fra tipologia di pane e valutazione sensoriale ha raggiunto un livello R^2 0,66.

Il lato sinistro della **tab. 4** collima in modo simmetrico, sul gradiente Antico/Moderno, con le varie analisi fitochimiche delle farine: un coefficiente elevato di una sostanza tende al tipo Antico e viceversa. I polifenoli totali (liberi e legati) e i flavonoidi legati presentano la classifica più alta. Di contro il tipo moderno deriva da farine ricche di Carbonio, di antociani totali di flavonoidi liberi e di tannini

Fig. 1 - *Cluster dei 5 gruppi in base alle 18 variabili sensoriali (Figura tratta da Torri et al., 2013, modificata).*

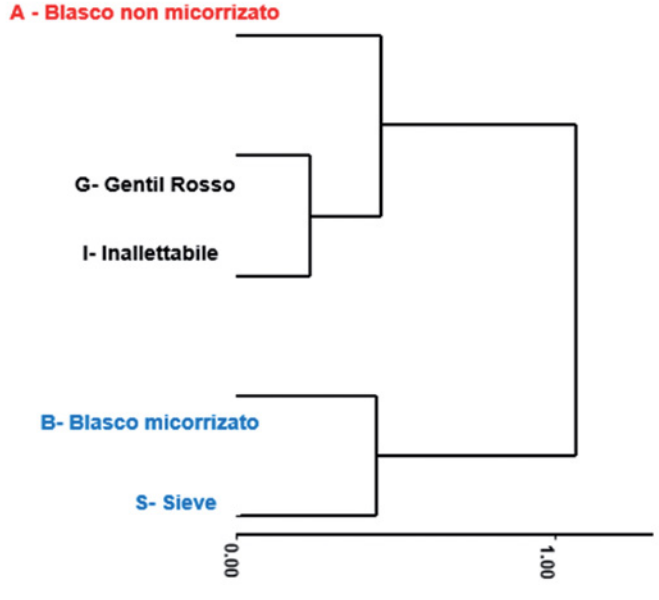


Tabella 4 - Relazioni fra i componenti della farina e le caratteristiche sensoriali del pane.

Componenti della farina	Coeff.[c]	Delta % A/M	Qualità sensoriali del pane	Coeff.[c]	Delta % A/M
			Elasticità	0,234	110%
Polifenoli totali	0,157	7% [a]	Quantità di pori	0,162	36%
Polifenoli liberi	0,152	9% [a]	Dolce	0,145	28%
Polifenoli legati	0,123	6% [a]	Lievito	0,112	33%
Flavonoidi legati	0,105	9% [a]	Farinaceo	0,109	31%
			Sbriciolamento	0,099	22%
			Umido	0,050	
			Intensità di sapore	0,028	
			Dimensione dei pori	0,027	
			Intensità odorosa	0,017	
C/N	-0,005		Briciola scura	0,013	
Pigmento giallo	-0,016		Adesività	-0,011	
N	-0,031		Salato	-0,034	
Flavonoidi totali	-0,062		Crosta scura	-0,037	-16%
Tannini idrolizzabili	-0,201	-23%	Acido	-0,086	-28%
Flavonoidi liberi	-0,265	-18%	Tostato	-0,134	-30%
Antociani totali	-0,286	-22%	Nocciolato	-0,236	-50%
C	-0,301	-3%	Durezza	-0,303	-54%
	Pane "Antico" (A) < > Pane "Moderno" (M)				
	R^2	0,59	R^2	0,66	

[c] Coeff.; coefficienti standard PLS, riportati se P<0,05; Aspetto - Consistenza - Sapore - Aroma.
(Tabella tradotta dal lavoro Migliorini *et al.*, 2018, con il permesso dell'Editore).

idrolizzabili. L'intera relazione statistica fra tipologia di pane e composizione chimica delle farine ha raggiunto un livello R^2 0,59.

Chlopicka *et al*. (2012) hanno riportato che l'aggiunta del 15% e del 30% di pseudocereali (grano saraceno, amaranto e quinoa) ad alto contenuto fenolico era efficace nel potenziare l'attività antiossidante e le proprietà sensoriali del pane. A parte l'importante osservazione di aumentata biodisponibilità di zinco, un elemento carente nelle diete basate sui cereali, che è passata da 20 a 54 mg/kg, nel pane derivato da esperimenti simbiotici (Aghili *et al*., 2014) non constano altre evidenze scientifiche in argomento.

CONCLUSIONI

Per quanto riguarda il fattore simbiotico è riconosciuta un'influenza quantitativa che ha rilevanza economica (Beauregard *et al.,* 2008; Pellegrino *et al*., 2015; Malusà et *al.,* 2016), ma anche l'impatto qualitativo sulle piante e sui composti secondari delle produzioni è di grande interesse (Mader *et al*., 2011; Bona *et al*., 2016). Nel presente studio, una serie di forti effetti qualitativi ha coinvolto i composti secondari. Il Micosat F è un biofertilizzante già affermato in pratiche agricole e recentemente scoperto come acidificante *in vivo* del mais (Masoero e Giovannetti, 2015), della vite (Masoero *et al*., 2015) e del sorgo (Masoero *et al*., 2018). Non nel grano ma nel mais sono state dimostrate attività peculiari delle micorrize sulla maggiore complessità delle proteine essendo fortemente aumentato il contenuto di zeina insolubile (prolamina) del 30%, confermandosi la maggiore concentrazione di zinco e ferro (+18 ÷ +40%) (Berta *et al*., 2013; Bona *et al*., 2016).

In sostanza, l'idea del simbiotico può avere fortuna anche nell'agricoltura fortemente intensiva, in quanto mira esattamente al ripristino delle (perdute) funzioni autoregolate del suolo agrario, una chiave fondamentale della sostenibilità e, come appare da questo lavoro, anche per la diversificazione dei prodotti. Diversa è la conclusione per le antiche specie e le vecchie varietà di grano, la cui riscoperta si delinea in ambito del biologico o di filiere molto specializzate ove le loro svelate peculiarità possono tradursi in prodotti di alta gamma. L'esempio del farro, del grano Senatore Cappelli e quello del Kamut sono esemplari.

Il lavoro ha confermato la separazione metamorfico-biologica di alcune vecchie varietà di grano italiano da una moderna varietà, migliorando allo stesso tempo le ottime proprietà di resa e soprattutto le caratteristiche chimiche che conducono una farina a distinguersi come pane integrale di aspetto, consistenza, odore e sapore Antico.

Si è concluso che la coltivazione biologica di vecchie varietà di grano, o moderna con ausilio di fertilizzanti simbiotici a base di microbi selezionati dal suolo, può promuovere prodotti locali sani e innovativi.

BIBLIOGRAFIA

Adom K.K., Sorrells M.E., Liu R.H. "Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties". J. Agric. Food Chem., 51, 7825-7834, 2003.

Aghili F., Gamper H.A., Eikenberg J., Khoshgoftarmanesh A.H., Afyuni M., Schulin R., Jansa J., Frossard E. "Green manure addition to soil increases grain zinc concentration in bread wheat". PloS one. 2014 Jul 7;9(7):e101487.

Beauregard M.S., Hamel C., Arnaud M.S. "Arbuscular mycorrhizal fungi communities in major intensive north American grain productions". In Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry. Siddiqui ZA, Akhtar MS, Futai K. (Eds.), Springer, 135-159, 2008.

Belaggi R., Platani C., Nigro F., Cattivelli L.A. "Micro-method for the determination of yellow pigment content in durum wheat". J. Cereal Sci., 52, 106-110, 2010.

Bender S.F., Plantenga F., Neftel A., Jocher M., Oberholzer H.R., Köhl L., Giles M., Daniell T.J., Van Der Heijden M.G. "Symbiotic relationships between soil fungi and plants reduce N_2O emissions from soil". The ISME journal, 8(6):1336, 2014.

Berta G., Copetta A., Gamalero E., Bona E., Cesaro P., Scarafoni A., D'Agostino G. "Maize development and grain quality are differentially affected by Mycorrhizal fungi and a growth-promoting pseudomonad in the field". Mycorrhiza, 24, 161-170, 2013.

Bona E., Lingua G., Todeschini V. "Effect of bioinoculants on the quality of crops". In Bioformulations: For Sustainable Agriculture, 93-124, 2016. Springer, New Delhi.

Bonfante P., Genre A. "Plants and arbuscular Mycorrhizal fungi: an evolutionary developmental perspective". Trends in Plant Science, 13:492-498, 2008.

Chlopicka J., Pasko P., Gorinstein S., Jedryas A., Zagrodzki P. "Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads". LWT - Food Sci. Tech., 46, 548-555, 2012.

Dinelli G., Benedettelli S., Marotti I., Bonettti A., Ghiselli L., Segura-Carretero A. "Functional properties of wheat: phytochemical profiles of old and new varieties". Ital. J. Agron., 3, 3 supp, 415-416, 2008.

Dinelli G., Marotti I., Bosi S., Benedettelli S., Ghiselli L., Cortacero-Ramírez S., Carrasco-Pancorbo A., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A. "Lignan profile in seeds of modern and old Italian soft wheat Triticum aestivum L. cultivars as revealed by CE-MS analyses". Electrophoresis 28:4212-4219, 2007.

Dinelli G., Segura-Carretero A., Di Silvestro R., Marotti I., Fu S., Benedettelli S., Ghiselli L., Fernández-Gutiérrez A. "Determination of phenolic compounds in modern and old varieties of durum wheat using liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry". J. Chromat., A 1216:7229-7240, 2009.

Dinelli G., Segura-Carretero A., Di Silvestro R., Marotti I., Arráez-Román D., Benedettelli S., Ghiselli L., Fernandez-Gutierrez A. "Profiles of phenolic compounds in modern and old common wheat varieties determined by liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry". J Chromat., A 1218:7670-7681, 2011.

Farooq M., Bajwa A.A., Cheema S.A., Cheema Z.A. "Application of allelopathy in crop production". Int. J. Agric. Biol., 15:1367-1378, 2013.

Ferrero C., Pilati A., Pons R. "Varietà di orzo, frumento tenero e duro in Piemonte nell'annata 2011-2012". Quaderni Agricoltura Regione Piemonte, 78:38-41, 2012.

Heimler D., Vignolini P., Isolani L., Arfaioli P., Ghiselli L., Romani A. "Polyphenol content of modern and old varieties of Triticum aestivum L. and T. durum Desf. grains in two years of production". J. Agric. Food Chem., 58:7329-7334, 2010.

Hildermann I., Thommen A., Dubois D., Boller T., Wiemkenc T., Mader P. "Yield and baking quality of winter wheat cultivars in different farming systems of the DOK long-term trial". J. Sci. Food Agric., 89:2477-2491, 2009.

Husband R., Herre E., Turner S., Gallery R., Young J. "Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and patterns of host association over time and space in a tropical forest". Molecular Ecology 11:2669-2678, 2002.

Leoncini E., Prata C., Malaguti M., Marotti I., Segura-Carretero A. "Phytochemical profile and nutraceutical value of old and modern common wheat cultivars". PLoS ONE, 7:9:e45997. doi:10.1371/journal.pone.0045997, 2012.

Continua la Bibliografia a pag. 1107

Continua la Bibliografia
da pag. 1095

La fertilizzazione simbiotica modifica le caratteristiche della farina e influenza la qualità sensoriale del pane, equiparando una moderna varietà di grano alle vecchie

P. Migliorini - L. Torri - A. Whittaker - V. Moschini - S. Benedettelli - G. Masoero

Mäder P. *et al*. "Inoculation of root microorganisms for sustainable production of high nutritional quality wheat in India". Soil Biology & Biochemistry, 43:609-619, 2011.

Malusà E., Pinzari F., Canfora L. "Efficacy of biofertilizers: challenges to improve crop production". In Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity 2016 (pp. 17-40). Springer, New Delhi.

Masoero G., Giovannetti G., Bertero E., Cugnetto A. "Il pH in vivo della vite diminuisce con la micorrizazione artificiale ed aumenta nella Flavescenza dorata: risultati preliminari in Piemonte". OICCE Times "OT Rivista di Enologia" ISSN 2240-3388 n. 62 anno XIV, 19-22, 2015.

Masoero G., Peiretti P.G., Cugnetto A., Giovannetti G. "Raw pH fall-out as a sign of a mycorrhizal modifier of *Sorghum sudanensis*". Journal of Agronomy Research, 1(2):1-11, 2018.

Masoero G., Rotolo L., Zoccarato I., Gasco L., Schiavone A., De Marco V., Meineri G., Borreani G., Tabacco E., Della Casa G., Faeti V., Chiarabaglio P.M., Lanzanova C.S., Locatelli C., Aleandri R. "Symbiotic corn can improve yield, reduce mycotoxins and preserve nutritive value". Agricultural Research Updates, Vol. 24:117-140, 2018.

Masoero G., Giovannetti G. "In vivo stem pH can testify the acidification of the maize treated by Mycorrhizal and microbial consortium". J. Env. & Agric. Sci., 3:23-30, 2015.

Migliorini P., Spagnolo S., Torri L., Arnoulet M., Lazzerini G., Ceccarelli S. "Agronomic and quality characteristics of old, modern and mixture wheat varieties and landraces for organic bread chain in diverse environments of northern Italy". Eur. J. Agronomy, 79:131-141, 2016.

Migliorini P., Torri L., Whittaker A., Moschini V., Benedettelli S., Masoero G. "Old and new common wheat (Triticum aestivum L.) varieties in organic: connecting agronomic, microorganism, phytochemical and bread sensory characteristics". Journal of Food, Agriculture and Environment 16(2):22-27, 2018

Nicoué E.E., Savard S., Belkacemi K. "Anthocyanins". In Wild Blueberries of Quebec: Extraction and Identification. J. Agric. Food Chem., 55:626-635, 2007.

O'Mahony C., Vilone G. "Compiled European food consumption database. Supporting publications". EN-415, 2013.

Pellegrino E., Öpik M., Bonaria E., Ercoli L. "Responses of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi: A meta-analysis of field studies from 1975 to 2013". Soil Biology and Biochemistry, 84:210-217, 2015.

Raiola A., Tenore G.C., Petito R., Ciampaglia R., Ritieni A. "Improving of nutraceutical features of many important Mediterranean vegetables by inoculation with a new commercial product". Current Pharm. Biotech. 16:738-746, 2015.

PHC BV "PHC Film: Il suolo è un organismo vivente", https://vimeo.com/246068728, 2017.

Sabia E., Claps S., Morone G., Bruno A., Sepe L., Aleandri R. "Field inoculation of arbuscular mycorrhiza on maize (Zea mays L.) under low inputs: preliminary study on quantitative and qualitative aspects". It. J. Agr. 10:30-33, 2015.

Shewry P.R., Hey S. "Do 'ancient' wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?" J. Cereal Sci., 65:236-243, 2015.

Slavin J. "Whole grains and human health". Nut. Res. Rev., 17:99-110, 2004.

Torri L., Migliorini P., Masoero G. "Sensory test *vs.* electronic nose and/or image analysis of whole bread produced with old and modern wheat varieties adjuvanted by means of the Mycorrhizal factor". Food Res. Int., 54:1400-1408, 2013.

Tripaldi C., Novero M., Di Giovanni S., Chiarabaglio P.M., Lorenzoni P., Meo Zilio D., Palocci G., Balconi C., Aleandri R. "Impact of Mycorrhizal Fungi and rhizosphere microorganisms on maize grain yield and chemical composition". Pak. J. Agri. Sci., 54: 857-865.

Vurukonda S.S.K., Giovanardi D., Stefani E. "Symbiotic Agriculture: increasing knowledge on the mode of action of beneficial microorganisms". Poster, 2017.

Zoppellari F., Malusà E., Chitarra W., Lovisolo C., Spanna F., Bardi L. "Improvement of drought tolerance in maize Zea mays L. by selected rhizospheric microorganisms". It. J. Agromet., 1:5-18, 2014.