



**Regione Lombardia**  
Agricoltura



**PROVINCIA  
DI BRESCIA**  
Agricoltura

**FONDAZIONE  
Pianura Bresciana**  
TERRITORIO E TRADIZIONE

**DiSTAM**  
Dipartimento Scienze e Tecnologie Alimentari e Microbiologiche

**CRA**  
CENTRO NAZIONALE PER LA RICERCA  
E LA SPERIMENTAZIONE  
IN AGRICOLTURA



# Progetto MonICA – Monococco per l'Innovazione Cerealicola ed Alimentare

*Quaderni della ricerca*



*n. 95 - ottobre 2008*



Sperimentazione condotta nell'ambito del progetto di ricerca n.1018:  
“ Monococco per l'innovazione cerealicola ed alimentare” (MONICA)  
finanziato nell'ambito della d.g.r. 29/03/2006 n. 2216 - Piano della ricerca 2006.

**Hanno realizzato le attività sperimentali:**

Dott. Andrea Brandolini - C.R.A. - Unità di Ricerca per la Selezione dei Cereali e la Valorizzazione delle Varietà Vegetali - Sant'Angelo Lodigiano (LO)

D.ssa Alyssa Hidalgo Vidal - Università degli studi di Milano - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari e Microbiologiche

Dott. Norberto Pogna - C.R.A. - Unità di Ricerca per la Valorizzazione Qualitativa dei Cereali - Roma

Sig. Riccardo Geminati - Fondazione Pianura Bresciana - Cigole (BS)

Sig. Riccardo Geminati - L'Antica Terra Società Cooperativa Sociale ONLUS - Cigole (BS)

**Responsabile Scientifico**

Dott. Andrea Brandolini

**Hanno collaborato**

Consorzio Aliment, Forneria Regonini, Pastificio Tradizioni Padane

**Si ringraziano per il sostegno al progetto**

Agenzia Territoriale per il Turismo della Pianura Bresciana  
Provincia di Brescia – Assessorato all'Agricoltura, Agriturismo ed Alimentazione  
Confagricoltura - Unione Provinciale Agricoltori di Brescia  
Confcooperative Fedagri Lombardia

**Realizzazione grafica, fotografie**

Cheleo Multimedia, Valerio Gardoni

**Per informazioni:**

Regione Lombardia – Direzione Generale Agricoltura  
U.O. Interventi per la competitività e l'innovazione tecnologica delle aziende  
Struttura Ricerca e innovazione tecnologica  
Via Pola, 12/14 Italia 20124 Milano  
Referente: Luisa Bonomi  
Tel. 02 67652585 Fax 02 67652757  
e-mail: [luisa\\_bonomi@regione.lombardia.it](mailto:luisa_bonomi@regione.lombardia.it)

**Progetto MonICA**  
-  
**Monococco**  
**per l'Innovazione**  
**Cerealicola ed Alimentare**



## SOMMARIO

1. Presentazione	
1.1 Regione Lombardia - Assessorato all'Agricoltura	3
1.2 Partner del progetto	4
2. Relazione sull'attività e sui risultati ottenuti nell'ambito del progetto di ricerca biennale "MonICA - Monococco per l'Innovazione Cerealicola e Alimentare" a cura CRA (sede di Roma e di Sant'Angelo Lodigiano) e del DISTAM	
2.1 Introduzione	6
2.2 Obiettivi del progetto MonICA	7
2.3 Risultati	
2.3.1 Caratterizzazione agronomica	8
2.3.2 Caratterizzazione compositiva e nutrizionale	10
2.3.2 Caratterizzazione tecnologica	12
2.4 Effetti della conservazione sulle caratteristiche delle farine	17
2.5 Parboilizzazione	18
2.6 Tossicità/immunogenicità del grano Monococco per gli individui affetti dalla malattia celiaca	24
3. La farina di monococco nei prodotti da forno Realizzazioni artigianali e profili sensoriali a cura del Consorzio Aliment	30
4. I prodotti e le ricette	34
5. Pubblicazioni realizzate in seguito al progetto MonICA	36

## Regione Lombardia - Assessorato all'Agricoltura



Il rinnovato interesse da parte dell'opinione pubblica per le caratteristiche dietetico-nutrizionali degli alimenti, incentiva la ricerca in agricoltura a sviluppare nuovi prodotti e nuove filiere per il mercato attuale, più attento a salute e benessere.

La domanda di prodotti con particolari caratteristiche distintive e comprensive di un valore, un beneficio, un servizio, che vada al di là del consumo in sé, contribuisce ad aumentare la sensibilità delle imprese agricole e

di trasformazione alimentare, verso l'utilizzo dei risultati della ricerca agro-alimentare per la produzione di alimenti funzionali.

E' in questo contesto che si colloca il progetto "Monococco per l'innovazione cerealicola e alimentare", finanziato da Regione Lombardia e i cui risultati ho il piacere di presentare in questa pubblicazione.

L'attività di ricerca e sperimentazione condotta, si è concentrata sullo studio del frumento Monococco (*Triticum monococcum*) per reintrodurre in coltura questo cereale antichissimo (probabilmente più di 10.000 anni), arrivato in Europa dalla regione storica conosciuta come "Mezzaluna Fertile", e soppiantato dai frumenti tenero e duro perché più produttivi e meno ostili alla lavorazione.

Il progetto, completo e ben articolato, ha dato ottimi risultati ed ha permesso di evidenziare le potenzialità del Monococco sia dal punto di vista delle qualità nutrizionali e tecnologiche, sia in prospettiva di sviluppo di marketing. Si è rivelato, infatti, dotato di eccellenti caratteristiche dietetico-nutrizionali, di ampia adattabilità pedo-climatica, con minori necessità colturali dei frumenti, si adatta bene a sistemi colturali sostenibili e biologici e, se ben organizzato in un processo di filiera, offre margini economici interessanti.

**Luca Daniel Ferrazzi**  
Assessore all'Agricoltura  
Regione Lombardia



## Partner del progetto

Il progetto “Monococco per l’innovazione cerealicola ed alimentare”, è nato con lo scopo di valutare le linee avanzate del cereale dal punto di vista quantitativo e qualitativo per reintrodurlo in coltura in quanto, pur incluso tra le specie “dimenticate”, si presenta promettente candidato per la produzione di alimenti ad elevato profilo nutrizionale, molto rustico e ottimo dal punto di vista dell’adattabilità a tecniche colturali a basso impatto ambientale.

Il team che ha partecipato al progetto è composto da rappresentanti del mondo scientifico e del territorio.

In particolare la parte scientifica è stata svolta dal **Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura (CRA) - Dipartimento di biologia e produzione vegetale e l’Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari e Microbiologiche (DISTAM)**.

Per il CRA sono state coinvolte l’Unità di ricerca per la selezione dei cereali e la valorizzazione delle varietà vegetali di Sant’Angelo Lodigiano, impegnata nel miglioramento genetico e selezione dei cereali, con particolare riferimento a cereali a paglia per la coltivazione nel Nord-Italia e l’Unità di ricerca per la valorizzazione qualitativa dei cereali di Roma, occupata nello sviluppo di metodologie analitiche per la caratterizzazione biochimica e la valutazione qualitativa dei cereali e dei loro prodotti di trasformazione.

Il DISTAM si è impegnato nella tipizzazione dei prodotti e nei controlli della qualità degli alimenti e dei processi di produzione.



Come esponenti del territorio hanno partecipato: la **Fondazione Pianura Bresciana** ([www.raiscultura.it](http://www.raiscultura.it)), impegnata nell’ambito della rivalutazione del territorio con particolare attenzione all’aspetto rurale e all’agricoltura che ha svolto il ruolo di proponente, di segreteria organizzativa e di promotore di scambio del Know-how tra gli stakeholders; la **Cooperativa Sociale Agricola L’Antica Terra** ([www.lanticaterra.it](http://www.lanticaterra.it)), braccio operativo della Fondazione stessa, che si è occupata della coltivazione in campo del Monococco; il **Consorzio Aliment**, network per la diffusione della cultura alimentare che ha aderito al progetto mettendo a disposizione le competenze dei propri associati per la realizzazione dei prodotti da forno a base di farina di Monococco.

Al completamento dell’attività progettuale hanno inoltre collaborato: CAST Alimenti (l’ente accreditato per la formazione di base superiore nelle discipline gastronomiche), centro arte scienza e tecnologia degli alimenti ; la Forneria Regonini e il Pastificio Tradizioni Padane.



## RELAZIONE SULL'ATTIVITÀ E SUI RISULTATI OTTENUTI

### Introduzione

Il frumento monococco o farro piccolo è un frumento vestito che per migliaia di anni, fino all'età del Bronzo, ha costituito la base della dieta delle popolazioni agricole insieme a farro ed orzo. L'arrivo di frumenti poliploidi, più produttivi e di facile trebbiatura, ne ha ridotto drasticamente l'importanza: attualmente è coltivato solo in aree remote della regione Mediterranea. Il rinnovato interesse per questa coltura è legato alla crescente sensibilità dell'opinione pubblica per le caratteristiche dietetico-nutrizionali degli alimenti ed è giustificato dall'ottima composizione della sua farina, nonché da risultati preliminari che ne suggeriscono una minore allergenicità per persone con intolleranze alimentari tipo la celiachia. L'ottima resistenza naturale a malattie e stress, la necessità di bassi livelli di concimazione ed una spiccata adattabilità ad ambienti colturali diversi lo propongono inoltre come un cereale particolarmente adatto ad un'agricoltura a basso impatto ambientale. Il crescente interesse verso questa coltura è dimostrato anche dal sorgere di numerose iniziative, in Europa ed in Nord-America, volte a migliorare le caratteristiche agronomiche del monococco ed a diffonderne coltura e consumo. Tra tali iniziative ricordiamo, in particolare, l'Indicazione Geografica Protetta ottenuta (4 Marzo 2005) dal monococco prodotto in un'area delle Alpi di Provenza (Francia), che viene attivamente commercializzato dai numerosi agricoltori riuniti in cooperativa, con il valido sostegno delle Autorità locali ([www.petitepeautre.com](http://www.petitepeautre.com)).

**Il progetto si è sviluppato durante un arco temporale di due anni.**



### Obiettivi del progetto MonICA

**Obiettivo generale** del progetto MonICA è lo sviluppo di una filiera lombarda di trasformazione del frumento monococco per l'ottenimento di alimenti (pane, prodotti da forno e pasta) con alto valore nutrizionale. L'organizzazione di tale filiera non può prescindere da un esame approfondito delle caratteristiche agronomiche, nutrizionali e tecnologiche, per individuare i materiali che possiedono una soddisfacente adattabilità a coltivazioni sostenibili ed un'elevata attitudine alla trasformazione in prodotti alimentari.

**Obiettivi specifici** e/o secondari per raggiungere tale fine sono quindi:

- la caratterizzazione agronomica pluriennale di quattro linee avanzate di monococco in tre località: S. Angelo Lodigiano (LO) e Cigole (BS), località rappresentative della pianura Lombarda, nonché Roma;
- la completa caratterizzazione compositiva, nutrizionale e tecnologica di dette quattro linee avanzate di monococco;
- lo studio degli effetti della parboilizzazione sulle caratteristiche biochimiche, reologiche nutrizionali e tecnologiche della granella e della farina.
- la definizione di processi produttivi adatti per la produzione di pane, pasta e prodotti da forno a base di monococco;
- la caratterizzazione compositiva e nutrizionale dei prodotti ottenuti dalla trasformazione delle farine di monococco;
- lo studio dell'evoluzione di sostanze antiossidanti (carotenoidi e tocoli) e di indici di danno termico durante fasi successive del processo di trasformazione da granella a prodotto finito;
- la caratterizzazione delle linee per presenza/assenza e distribuzione di epitopi immuno-dominanti e sequenze citotossiche e valutazione della loro tossicità/immunogenicità per i celiaci mediante test *in vitro* o *ex vivo*, nonché lo studio della distribuzione della sequenza protettiva QQPQDAVQPF e di sequenze altamente omologhe;
- il trasferimento e l'adattamento dei processi produttivi e di trasformazione individuati durante la ricerca alle realtà agricole ed imprenditoriali del territorio-nucleo.



## Risultati

### Caratterizzazione agronomica

Le quattro linee di monococco scelte per la sperimentazione sono state: la cultivar Monlis, le popolazioni ID1395 ed ID331 e la linea avanzata a seme nudo SAL98-32-2. Una quinta linea, SAL98-38-8, non ancora ben stabilizzata ma molto interessante per precocità e facilità di svestitura, è stata aggiunta in tutte le prove. Quale frumento tenero di controllo è stata utilizzata la cultivar Blasco. In entrambi gli anni sono state realizzate quattro prove agronomiche, due con metodi tradizionali (a S. Angelo Lodigiano e Roma) e due in agricoltura biologica (a S. Angelo Lodigiano e Leno). Informazioni relative alla conduzione delle quattro prove sono riportate nella Tabella 1.

Tabella 1. Caratteristiche delle prove agronomiche

Nome prova	SAL06	SALBIO06	LENOBIO06	ROMA06
Tipo prova	Normale	Biologica	Biologica	Normale
Località	S. Angelo L. (LO)	S. Angelo L. (LO)	Leno (BS)	Montelibretti (RM)
Terreno	Sabbioso	Sabbioso	Medio impasto	Medio impasto
Coltura prec.	Mais	Prato	Orzo	Favino
Semina	10/11/2005	28/10/2005	17/11/2005	18/12/2005
Concimazione azotata (kg/ha)	40	80	80	100
Diserbo	SI	NO	NO	SI
Raccolta	17/07/2006	15/07/2006	16/07/2006	11/07/2006
Nome prova	SAL07	SALBIO07	LENOBIO07	ROMA07
Tipo prova	Normale	Biologica	Biologica	Normale
Località	S. Angelo L. (LO)	S. Angelo L. (LO)	Leno (BS)	Montelibretti (RM)
Terreno	Sabbioso	Sabbioso	Medio impasto	Medio impasto
Coltura prec.	Mais	Prato	Colza	Favino
Semina	15/11/2006	12/11/2006	22/11/2006	15/11/2006
Concimazione azotata (kg/ha)	80	80	80	54
Diserbo	SI	NO	NO	SI
Raccolta	17/07/2007	03/07/2007	11/07/2007	26/06/2007

Come si può osservare in Tabella 2 (media dei due anni) i frumenti monococchi sono risultati più alti e più tardivi rispetto al frumento tenero Blasco; la linea SAL98-38-8 è risultata la più bassa e precoce tra i monococchi. La produzione di seme svestito è risultata, come media delle quattro prove, circa il 30% del controllo: tra i monococchi, la migliore produttività è stata dimostrata dalla popolazione ID1395, caratterizzata inoltre da semi di buon peso.

Tabella 2. Risultati delle prove agronomiche

	Altezza	Spigatura	Rendimento in seme nudo	Peso ettolitrico	Peso 1000 semi (15% umid.)
	cm	gg da 1/5	t/ha	kg/hl	g
MONLIS	109	40	1,794	74,0	22,5
ID1395	119	30	2,138	73,1	33,1
ID331	115	38	1,739	74,5	23,7
SAL98-38-8	95	21	1,208	72,4	32,9
SAL98-32-2	107	39	1,464	71,5	25,6
BLASCO	77	20	5,702	83,0	42,6

A livello generale, i migliori risultati produttivi sono stati osservati in coltura normale a S. Angelo L. e Roma; buoni risultati sono stati ottenuti in coltura biologica a S. Angelo L. La prova biologica condotta a Leno ha sempre presentato bassissimi rendimenti.



## Caratterizzazione compositiva e nutrizionale

I risultati relativi alla composizione delle farine integrali di monococchi e testimone sono riportati in Tabella 3 (media dei due anni).

Tabella 3. Composizione centesimale - proteine, ceneri, lipidi e minerali

	Proteine	Ceneri	Lipidi	Acidi grassi					
				Saturi	Mono insaturi	Poli insaturi	Monoins. /saturi	Poliins. /saturi	Insaturi /saturi
				% s.s.	% s.s.	g/kg	%	%	%
MONLIS	18,2	2,6	43,4	18,7	28,2	53,0	1,5	2,8	4,3
ID1395	17,7	2,3	40,1	19,4	27,6	53,0	1,4	2,7	4,2
ID331	18,5	2,6	40,5	19,4	27,5	53,0	1,4	2,7	4,1
SAL98-38-8	19,5	2,6	40,0	20,6	26,2	53,2	1,3	2,6	3,9
SAL98-32-2	20,5	2,7	43,7	18,9	29,2	51,9	1,6	2,8	4,3
BLASCO	11,2	1,7	24,9	24,5	19,2	56,3	0,8	2,3	3,1

	Minerali							
	Mn	Cu	Zn	Fe	Ca	Mg	P	K
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
MONLIS	40,9	8,8	58,0	42,5	550	1420	4834	3430
ID1395	39,6	7,6	63,9	48,5	448	1349	4661	2607
ID331	44,9	7,8	65,3	51,8	448	1343	4742	2729
SAL98-38-8	39,4	8,7	79,4	50,6	430	1280	5226	2699
SAL98-32-2	48,5	7,8	80,3	53,4	322	1456	4846	3534
BLASCO	27,1	4,9	31,1	31,7	419	1007	2771	1789

I monococchi hanno confermato, in tutte le località, un contenuto proteico significativamente superiore a Blasco (in media ca l'80% in più). La loro farina integrale è risultata, inoltre, particolarmente ricca in ceneri ed in microelementi, quali ferro, zinco, rame, ecc. Il contenuto in lipidi del farro piccolo è invece superiore al frumento tenero in una misura che in media varia, a seconda delle linee, tra il 61 ed il 76 %. Particolarmente interessante è il profilo degli acidi grassi che compongono i lipidi: in tutti i campioni di monococco vi è un minor

contenuto in acidi grassi saturi (tra 18,7 e 20,6%) ed una maggior proporzione di monoinsaturi (tra 26,2 e 29,2%).

Il contenuto in amido (Tabella 4, media dei due anni) è leggermente superiore nel frumento tenero, anche come conseguenza del maggior contenuto proteico dei monococchi; quasi tutto l'amido è presente come forma altamente solubile e più rapidamente digeribile. La proporzione di amiloso: amilopectina presenti nell'amido è simile per tutti i campioni analizzati e si aggira attorno al 26%. Beta-glucani e pentosani, due composti con effetti positivi sulla salute, nei monococchi sono presenti in livelli moderati e leggermente inferiori a Blasco; i fruttani (altra sostanza nutrizionalmente interessante) sono invece circa il 50-70% in più rispetto al testimone.

Tabella 4. Composizione centesimale - amido, betaglucani, fruttani, pentosani ed antiossidanti

	Amido solubile	Amido resistente	Amido totale	Amiloso	Beta-glucani	Fruttani	Pentosani	Fibre totali
	% farina	% farina	% farina	% amido totale	g/kg	g/kg	g/kg	
MONLIS	53,6	2,326	55,9	28,6	0,43	1,63	56,40	2,56
ID1395	54,9	2,656	57,6	28,7	0,33	1,88	57,80	2,59
ID331	53,7	2,364	56,1	28,3	0,35	1,72	55,10	2,73
SAL98-38-8	52,6	2,501	55,1	29,5	0,36	1,66	62,40	2,10
SAL98-32-2	53,8	2,345	56,2	27,8	0,33	2,00	60,90	2,53
BLASCO	60,8	7,042	67,8	29,5	0,57	1,21	69,80	2,16

	Luteina	Alfa Tocoferoli	Alfa Tocotrienoli	Beta tocoferoli	Beta tocotrienoli	Tocoli totali	Attività antiossidante
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	nM TE /mg ss
MONLIS	8,88	15,03	18,34	5,38	41,85	80,61	0,81
ID1395	7,34	13,13	13,66	4,93	41,85	73,57	0,71
ID331	5,88	9,18	10,67	3,47	46,60	69,92	0,74
SAL98-38-8	6,88	11,59	11,02	4,75	35,47	62,82	0,68
SAL98-32-2	6,02	15,13	16,79	4,10	43,50	79,52	0,63
BLASCO	1,15	13,12	4,58	7,27	25,23	50,20	0,49



Una decisa superiorità dei monococchi si nota per quanto riguarda due sostanze con un rilevante effetto antiossidante, i carotenoidi ed i tocoli (vitamina E). I carotenoidi (principalmente luteina) sono ca da 5 a 8 volte maggiori rispetto al frumento tenero, mentre i tocoli sono circa il 60% in più. Tale maggior contenuto in luteina e tocoli si riflette nella superiore capacità antiossidante, valutata come capacità di disattivare il radicale sintetico DPPH, delle farine di monococco (in media dal 28 al 64% in più).

Tra le linee di monococco, la varietà Monlis spicca per l'elevato contenuto in lipidi, carotenoidi e tocoli; ottimi risultati sono raggiunti anche dalla linea avanzata SAL98-32-2, che inoltre ha il miglior contenuto proteico.

### Caratterizzazione tecnologica

In Tabella 5, media dei due anni, sono riportati i risultati delle analisi tecnologiche condotte per determinare l'attitudine alla trasformazione in prodotti alimentari delle farine di monococco e del testimone.

Come primo passo è stata confermata (mediante l'analisi del *falling number*) l'assenza di fenomeni di pregerminazione delle farine (ad eccezione nel 2007 per la linea precoce SAL98-38-8); i livelli di alfa- e beta-amilasi presenti, analizzati con metodi enzimatici, sono sempre risultati modesti, eccetto per la menzionata linea SAL98-38-8.

Le proprietà viscoelastiche delle farine integrali sono state analizzate mediante analisi con RVA (Rapid Visco Analyzer). I risultati (Tabella 5) dimostrano che sia i monococchi che il frumento tenero Blasco hanno curve di gelatinizzazione analoghe, con valori di viscosità (picco e finale) simili; la popolazione ID1395 ha tuttavia sempre mostrato una superiore propensione a formare gel di buona qualità e stabilità.

L'attitudine alla panificazione dei cinque monococchi (esaminata mediante test preliminari in SDS e quindi mediante farinografo Brabender) è risultata estremamente diversa: Monlis e ID331 hanno sempre dimostrato ottima attitudine alla preparazione di pani, con valori elevati di sedimentazione, buona stabilità

Tabella 5. Caratteristiche tecnologiche

	Granulometria farine		Falling number	Alfa-amilasi	Beta-amilasi	SDS
	>125 mm	<125 mm				
	CU/g	mm				
MONLIS	15,0	85,0	364	0,20	1229	64
ID1395	17,0	83,0	370	0,20	1389	16
ID331	14,9	85,1	365	0,18	1109	64
SAL98-38-8	17,4	82,6	196	1,43	1307	17
SAL98-32-2	13,9	86,1	341	0,22	1425	45
BLASCO	44,3	55,7	326	0,44	1599	55

	Farinogrammi				Pane	
	Assorbimento	Sviluppo	Stabilità	Caduta	Volume	Altezza
	BU	BU	BU	BU	cm3	mm
MONLIS	61,9	161	135	83	778,8	105,4
ID1395	58,7	78	43	185	455,5	67,1
ID331	62,0	140	109	90	721,0	100,8
SAL98-38-8	61,6	83	42	162	449,8	63,6
SAL98-32-2	61,7	138	91	114	511,2	73,6
BLASCO	65,6	291	274	71	677,8	99,8

	Proprietà viscoelastiche						
	Picco	Minimo	Caduta	Viscosità finale	Retro gradazione	Tempo al picco	Temperatura
	cP	cP	cP	cP	cP	min	°C
MONLIS	2123	1376	747	2272	896	5,88	60,9
ID1395	2101	1454	647	2459	1005	5,88	59,6
ID331	2078	1365	713	2322	956	5,82	59,7
SAL98-38-8	1136	733	403	1314	581	5,09	59,1
SAL98-32-2	1967	1192	776	2133	942	5,79	61,5
BLASCO	1425	850	575	1662	811	5,16	59,0

e ridotta caduta, SAL98-32-2 ha mostrato un'attitudine media, mentre ID1395 e SAL 98-38-8 non sono assolutamente utilizzabili per tale scopo. I dati ottenuti nelle quattro località di coltivazione hanno mostrato un significativo effetto sui risultati ottenuti: i pani migliori sono stati ottenuti dai campioni coltivati a S. Angelo Lodigiano con tecniche tradizionali.

Il test di previsione reofermentografico fornisce indicazioni sulla cinetica di sviluppo in altezza dell'impasto e sulla cinetica di produzione della CO<sub>2</sub> durante la lievitazione. La curva di sviluppo in altezza consente di individuare i tempi di lievitazione più idonei oltre i quali la struttura glutinica mostra segni di cedimento, con conseguente riduzione in volume dell'impasto. L'impasto ottenuto con lo sfarinato di riferimento (Blasco), mostra un comportamento in lievitazione differente rispetto agli sfarinati di monococco (Tabella 6): si registra, infatti, un graduale e continuo sviluppo in altezza per tutta la durata del test (3 ore).

Tabella 6. proprietà tecnologiche - reofermentometro

	Altezza massima	Tempo all'altezza massima	Volume totale	Volume CO <sub>2</sub> perso	Volume ritenuto	Coefficiente di ritenzione
	cm	min	ml	ml	ml	%
MONLIS	73,8	120	1169	15	1154	99,3
ID 1395	74,9	113	1178	14	1164	98,9
ID 331	72,3	122	1136	12	1124	99,0
SAL 98-32-2-1-2-2	75,6	110	1214	19	1195	98,6
BLASCO	63,0	175	1714	168	1548	90,0

Anche la produzione di CO<sub>2</sub> è particolarmente elevata per questo campione e risulta sempre superiore a quella di tutte le altre varietà. Le curve di produzione e di ritenzione della CO<sub>2</sub> delle diverse varietà di monococco evidenziano invece una buona produzione nelle prime fasi di lievitazione, che si esaurisce in tempi notevolmente inferiori rispetto allo sfarinato di riferimento. Anche in questo caso le diverse località presentano un'influenza diversa. Ad esempio le farine provenienti da Roma sono caratterizzate da elevati sviluppi di volu-

me dell'impasto e da una buona stabilità nel tempo, indipendentemente dalla varietà utilizzata; al contrario, le condizioni colturali e pedoclimatiche caratterizzanti la località Leno portano all'ottenimento di impasti che si sviluppano bene, ma che collassano se la lievitazione prosegue per tempi superiori a 100 minuti. Riassumendo, i risultati di questo test indicano che i tempi di lievitazione richiesti dalle farine di monococco per ottenere i migliori risultati in panificazione sono nettamente più brevi rispetto al testimone.

Come sintesi di tali analisi predittive sono state condotte prove di panificazione secondo il metodo ufficiale AACC 10-10B. In un primo momento, i pani sono stati prodotti utilizzando farine integrali: in questo caso tutti i volumi sono risultati scarsi e non hanno permesso di discriminare chiaramente tra le accessioni. Si è deciso quindi di ripetere tali prove utilizzando farina raffinata; in questo caso due monococchi, Monlis e ID331, hanno dimostrato di poter produrre pani significativamente superiori al testimone Blasco (Tabella 5, media dei due anni). Si è notata tuttavia un'ampia variazione tra località, probabilmente dovuta allo specifico andamento climatico e, soprattutto, ai livelli di concimazione azotata adottati.

Il testimone Blasco ha dimostrato ottime caratteristiche panificatorie in tutti i test predittivi, accompagnate dalla produzione di pani di buon volume ed aspetto.

La prova di produzione biscotti secondo un metodo standard ha dimostrato l'ottima qualità dei prodotti a base di farina di monococco, che presentano sempre un'ottima lavorabilità e un diametro maggiore rispetto sia a Blasco che ad un frumento da biscotti (Bramante). La linea ID1395 è risultata significativamente migliore.

Le complesse prove di pastificazione sono state condotte in fasi successive. Dapprima si sono identificate le migliori condizioni per produrre pasta 100% di monococco in un impianto semi-industriale. Le condizioni migliori sono risultate un'umidità dell'impasto pari al 30%, ed un'essiccazione a bassa temperatura (65°C), valide per tipi differenti di pasta (spaghetti e maccheroni). Quindi sono state prodotte paste con tutte le linee in esame, il testimone (Blasco) ed una semola di grano duro commerciale.



Tutte le paste prodotte sono state quindi sottoposte a prove di cottura per determinare sia il tempo ottimale di ebollizione, (nel monococco, in genere 7 minuti), sia le perdite di amido durante il processo. Sorprendentemente le paste a base di monococco hanno mostrato perdite molto basse, uguali od inferiori sia alle paste da noi prodotti con semola di grano duro che a paste commerciali usate come controllo. Particolarmente soddisfacenti sono risultate la linea SAL98-32-2 e la popolazione ID331.

L'analisi della variazione nel contenuto di antiossidanti durante le varie fasi della produzione di pane, biscotti e pasta ha mostrato, in tutti i casi, perdite di carotenoidi e tocoli. Ciononostante, in tutte le tipologie di prodotti il contenuto in carotenoidi e tocoli nei campioni ottenuti dal monococco è sempre risultato significativo e nettamente superiore ai campioni ottenuti dal frumento tenero. L'intensità dei trattamenti termici nei diversi processi è stata limitata e non ha portato, nella maggior parte dei casi, alla formazione di idrossimetilfurfurale e glucosilomaltolo. Il danno termico, espresso come contenuto in furosina, è stato sempre di minor entità nel frumento monococco rispetto ai testimoni frumento tenero e/o frumento duro.



## Effetti della conservazione sulle caratteristiche delle farine

Per determinare l'effetto della conservazione su farine di monococco e frumento tenero, farina raffinata e farina integrale di un monococco (Monlis) e due frumenti teneri (Serio e Blasco) sono stati conservati per un anno a cinque temperature differenti: -20, 5, 20, 30 e 38°C. Durante la conservazione tocoli e carotenoidi si sono degradati in funzione del tempo e della temperatura seguendo una cinetica di primo ordine. Nelle farine integrali, dove tutti i tocoli rilevati sono presenti in quantità considerevoli, gli omologhi  $\alpha$ -T e  $\alpha$ -T3 sono risultati meno stabili degli omologhi  $\beta$ -T e  $\beta$ -T3. Nelle farine, invece, sono risultati meno stabili i tocoli presenti in minor quantità ( $\alpha$ -T3 e  $\beta$ -T).

In generale la degradazione dei tocoli è stata più veloce nella farina che nello sfarinato integrale. Nel caso dei carotenoidi un trend opposto, ma di lieve entità, è stato osservato per luteina, ( $\alpha$ + $\beta$ )-carotene, zeaxantina e carotenoidi totali. Si può quindi affermare che i carotenoidi sono risultati più stabili dei tocoli presenti nella farina ma meno stabili dei tocoli presenti nella farina integrale. Nonostante la velocità di degradazione dei composti antiossidanti e la loro dipendenza dalla temperatura siano simili tra le due specie di frumento studiate, le concentrazioni residue anche dopo tempi e temperature elevati di conservazione rimangono nettamente superiori nel frumento monococco, a causa degli elevati livelli iniziali in questa specie. In particolare carotenoidi,  $\alpha$ -T3 e  $\beta$ -T3 rimangono addirittura superiori ai livelli di partenza osservati nel frumento tenero Serio. Dai risultati si evince comunque la necessità di conservare le farine a temperature inferiori o uguali a 20 °C.

Dal punto di vista delle caratteristiche tecnologiche, l'invecchiamento ha ridotto l'attività  $\alpha$ -amilasica e migliorato le proprietà viscoelastiche delle farine; la qualità panificatoria, invece, dopo un iniziale miglioramento è andata declinando; tali modifiche sono state particolarmente accelerate ed evidenti a 38 e 30° C.

## Parboilizzazione

Una linea di ricerca del progetto MONICA prevedeva lo studio dell'effetto di un trattamento di parboilizzazione sulle caratteristiche tecnologiche delle farine. La parboilizzazione consiste nel sottoporre il seme ancora vestito ad un trattamento idrotermico, seguito da essiccamento. Nel riso ciò determina la parziale gelatinizzazione dell'amido, la denaturazione delle proteine dell'endosperma e la migrazione verso gli strati più interni di alcune vitamine e sali minerali, aumentandone così il valore nutrizionale. I risultati del test di parboilizzazione, condotti sui campioni coltivati nella località di Montelibretti (Roma) sono riportati nella tabella 7. Nel caso del frumento monococco, la parboilizzazione ha avuto un effetto negativo sulle linee di buona qualità panificatoria, rendendo le loro farine completamente inadatte alla produzione di pane: tale comportamento può essere desunto dal crollo dei volumi di sedimentazione delle linee migliori (Monlis, ID331 e Blasco). Le caratteristiche di gelatinizzazione delle farine hanno invece mostrato comportamenti molto variegati. Il picco di viscosità iniziale è risultato sempre ridotto, ma la parboilizzazione ha limitato la caduta e indotto effetti linea-specifici sulla viscosità finale: Monlis e SAL98-32-2 hanno presentato una viscosità finale minore alla viscosità di picco, mentre le altre linee hanno evidenziato incrementi più o meno marcati. Altri effetti sono stati osservati sugli antiossidanti, in particolare sulla luteina il cui contenuto è diminuito in media del 50% rispetto alle farine ottenute da semi non parboilizzati. Lo studio della distribuzione di luteina e tocoli nelle diverse frazioni della cariosside nel seme non trattato e nella cariosside trattata al vapore ha evidenziato una migrazione di luteina dal germe all'endosperma e di  $\alpha$ - e  $\beta$ -tocotrienolo dalla crusca all'endosperma, portando ad un complessivo aumento di tali composti nella farina e di conseguenza a minori perdite in fase di macinazione, nonostante la parziale degradazione nel seme intero. I dati confermano quindi la possibilità di utilizzare il trattamento al vapore come metodo per arricchire le farine raffinate di sostanze a valore nutrizionale. La parboilizzazione ha inoltre inattivato alcuni enzimi, in particolare le amilasi, favorendo quindi lo stoccaggio delle farine. L'analisi della

fufosina ha permesso di notare come la parboilizzazione aumenti in maniera limitata il danno termico, raggiungendo livelli intorno a 27 mg/100 g proteine nelle condizioni di trattamento più spinte (120°C x 10 min).

Tabella 7. Caratteristiche di farine normali e farine da semi parboiled

	Fufosina	mg/ kg		9,16	6,56	4,38	11,38	8,14	9,81		18,9	20,2	16,2	25,1	18,2	27,0
	Tocoli totali	mg/ kg		73,37	68,85	61,25	68,78	79,18	48,85		71,4	63,1	59,1	62,7	76,8	44,6
	Beta toco trienoli	mg/ kg		39,13	37,61	41,97	39,23	46,25	25,56		37,4	34,2	38,8	37,7	42,5	22,9
	Beta toco feroli	mg/ kg		3,45	4,94	2,20	6,76	3,05	6,98		4,4	4,4	2,4	3,8	3,2	6,3
	Alfa toco trienoli	mg/ kg		18,52	13,70	10,20	11,53	16,09	3,75		17,9	13,2	10,4	10,3	18,0	3,7
	Alfa toco feroli	mg/ kg		12,28	12,60	6,88	11,26	13,79	12,55		11,8	11,4	7,5	10,9	13,2	11,7
	Luteina	mg/ kg		7,40	6,35	4,41	6,69	5,20	1,02		4,8	4,3	2,3	4,5	2,2	0,7
	Alfa-amilasi	CU/g		0,18	0,20	0,16	0,23	0,20	0,16		0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Proprietà viscoelastiche	Temperatura	°C		64,6	63,7	63,7	62,9	65,0	61,2		82,6	82,2	81,6	82,2	81,7	66,2
	Tempo al picco	min		6,5	6,4	6,6	6,2	6,4	5,9		6,3	6,3	6,1	6,1	6,3	5,8
	Retro gradazione	cP		962	1087	913	996	1126	1212		1058	1384	1065	1204	1017	1590
	Viscosità finale	cP		2567	2737	2537	2230	2684	2550		2426	2999	2560	2569	2466	3226
	Caduta	cP		429	476	534	672	696	761		82	207	406	111	398	88
	Minimo	cP		1605	1650	1624	1234	1558	1338		1368	1615	1495	1365	1449	1636
	Picco	cP		2033	2126	2158	1906	2253	2099		1449	1822	1901	1476	1847	1724
	SDS	mm		80	23	76	20	62	70		20	26	28	26	26	22
	Controllo			MONLIS	ID1395	ID331	SAL 98-38-8-2-1	SAL 98-32-2-1-2-2	BLASCO	Parboiled	MONLIS	ID1395	ID331	SAL 98-38-8-2-1	SAL 98-32-2-1-2-2	BLASCO

### Granella al 10% umidità

Cinque accessioni di monococco (ID 331; SAL 98-32-2, SAL 98-38-8, ID1395 e cv. Monlis) e una varietà di grano tenero (cv. Blasco, utilizzata come controllo) sono state sottoposte a tre differenti trattamenti idrotermici (parboilizzazione). Tutti e tre i trattamenti hanno mostrato una profonda influenza su gran parte delle caratteristiche chimiche e tecnologiche valutate: contenuto in ceneri, proteine, luteina, tocoli,  $\alpha$ -amilasi, volume di sedimentazione in presenza di SDS e gelatinizzazione dell'amido. Inoltre è stato valutato il danneggiamento dovuto al calore. In particolare il trattamento di parboilizzazione a 120°C per 10 minuti ha favorito la migrazione della luteina e dei tocoferoli verso le parti più interne della cariosside migliorando così gli aspetti nutrizionali della farina di monococco. Il volume di sedimentazione SDS e i parametri di gelatinizzazione invece diminuivano. Inoltre il trattamento più blando di parboilizzazione (120°C per 5 minuti) era l'unico a non compromettere l'attitudine panificatoria della varietà Monlis e dell'accessione ID 331. Inoltre è stato riscontrato un comportamento genotipo-specifico per alcuni caratteri come la gelatinizzazione e un ridotto contenuto di antiossidanti e  $\alpha$ -amilasi nelle varietà a seme nudo.

### Granella al 40% di umidità

Il trattamento di parboilizzazione è stato ripetuto sulla varietà Monlis utilizzando la granella tal quale (12% di umidità) e quella portata al 40% di umidità relativa. Le prove sono state eseguite in triplo per la parboilizzazione su granella tal quale e in doppio per quella al 40% di umidità. Le prove sono state eseguite su semi vestiti, dopo aver scartato i semi rotti o quelli privi di rivestimento (glume).

La trebbiatura condotta su granella vestita non parboilizzata con una trebbia sperimentale da laboratorio produce con un singolo trattamento 80,27% di cariossidi nude, di cui il 41% è costituito da cariossidi spezzate. L'estrema

sofficità della cariosside di grano monococco spiega l'alta frequenza di semi spezzati nel materiale trebbiato meccanicamente. La trebbiatura delle cariossidi parboilizzate al 12% di umidità a 120°C per 10 minuti produce 80,11% di cariossidi nude di cui circa il 31% è costituito da cariossidi spezzate, mentre la trebbiatura delle cariossidi parboilizzate all'umidità relativa del 40% a 120°C per 10 minuti produce 75,4% di cariossidi nude di cui solo il 5% è costituito da cariossidi spezzate.

Pertanto, la parboilizzazione non migliora l'efficienza della trebbiatura (espressa come % di cariossidi nude) ma riduce in modo significativo (8 volte nel caso di parboilizzazione di cariossidi al 40% di umidità) la percentuale di cariossidi spezzate. Questo effetto è dovuto ad un aumento significativo della durezza delle cariossidi causato dal trattamento idrotermico.

Questa conclusione è confermata dal test SKCS (Single Kernel Characterization System), un metodo che misura direttamente la durezza della cariosside sottoponendo a schiacciamento un campione di 300 cariossidi prese singolarmente. La cariosside di grano monococco è caratterizzata da una estrema sofficità (indice medio di SKCS = -5), mentre quella di grano duro è estremamente resistente o "hard" (indice medio di SKCS > 95). Le cariossidi di frumento tenero presentano indici di SKCS di 25-40 nel caso di varietà soffici, di 55-70 nel caso di varietà mediamente dure e di 70-95 nel caso di varietà a cariossidi dure. Orbene le cariossidi di grano monococco parboilizzate al 40% di umidità hanno raggiunto valori di SKCS superiori ad 80, rispetto al valore di -5 riscontrato nelle cariossidi non parboilizzate. L'analisi elettroforetica A-PAGE delle proteine associate ai granuli di amido dimostra che le puroindoline A e B (Figura 1, frecce) legate all'amido nelle cariossidi mature di grano monococco (corsie 1 e 2) vengono staccate dall'amido stesso durante il processo di parboilizzazione a 120°C (corsia 3), fatto che sembra correlato con il drastico aumento della durezza delle cariossidi parboilizzate.

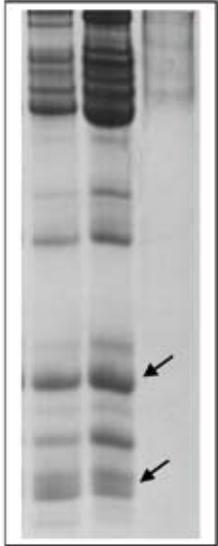


Figura 1.  
Separazione elettroforetica A-PAGE delle proteine associate ai granuli di amido di cariossidi mature di due accessioni di grano monococco (corsie 1 e 2 , da sinistra) a confronto con quelle presenti in cariossidi delle stesse accessioni dopo parboilizzazione a 120°C.

Le frecce indicano le puroindoline A (in alto) e B .

Inoltre, le cariossidi parboilizzate al 40% di umidità relativa, presentano un significativo aumento della percentuale di “amido resistente”. Si tratta della frazione di amido che resiste alla digestione con  $\alpha$ -amilasi e non libera glucosio. Il fenomeno ha una particolare rilevanza dietetica in quanto è associato all'indice glicemico, cioè al picco di concentrazione di glucosio ematico che si riscontra dopo l'ingestione di alimenti. La percentuale di “amido resistente” della granella di grano monococco raddoppia dopo trattamento idrotermico (parboilizzazione) rispetto alla granella non trattata.

### Principali conclusioni

- La parboilizzazione aumenta in modo significativo la durezza delle cariossidi di grano monococco, soprattutto quando il trattamento idrotermico è condotto su cariossidi ad alto contenuto in acqua. L'aumento di durezza è associata al distacco delle puroindoline A e B dai granuli di amido delle cariossidi parboilizzate.
- La parboilizzazione ha un effetto importante sulla localizzazione di alcune molecole di elevato valore dietetico-nutrizionale e fa aumentare significativamente la quota di “amido resistente”.



## Tossicità/immunogenicità del grano Monococco per gli individui affetti dalla malattia celiaca

La malattia celiaca è una grave patologia alimentare causata dall'ingestione di alimenti o bevande ottenuti da grano, orzo o segale da parte di individui geneticamente predisposti. La patologia interessa circa l'1% della popolazione italiana. Gli studi condotti nel corso dei 55 anni trascorsi dalla dimostrazione che la celiachia è causata dalle farine di grano hanno evidenziato che (a) le proteine note come prolamine (gliadine e glutenine) presenti nelle farine di grano, orzo e segale sono la causa scatenante della celiachia. Al contrario, le prolamine di mais, riso e avena non hanno effetti negativi; (b) non tutte le specie di grano sembrano avere lo stesso livello di tossicità e (c) le prolamine di grano manifestano un *effetto citotossico* immediato sulle cellule dell'epitelio intestinale ed un *effetto immunogenico* più tardivo che coinvolge il sistema immunitario ed in particolare i linfociti T della mucosa intestinale. Questi due effetti sono indotti da sequenze aminoacidiche diverse.

Precedenti ricerche condotte su 10 accessioni di grano monococco (De Vincenzi et al. 1996) avevano per la prima volta indicato la ridotta o nulla tossicità del grano monococco in esperimenti condotti *in vitro* su cellule K562(S). Inoltre era stata osservata la presenza in grano monococco di frammenti proteici con *attività protettiva*, cioè in grado di contrastare gli effetti citotossici delle prolamine.

Alla luce di queste osservazioni, nell'ambito del progetto MonICA sono stati condotti studi di citotossicità su cellule Caco2 coltivate *in vitro*. Queste cellule di natura cancerosa sono in grado di organizzarsi in un tessuto epiteliale intestinale e per questa ragione sono diffusamente utilizzate per studi di permeabilità e tossicità intestinale di farmaci, droghe ed alimenti. Inoltre, utilizzando anticorpi policlonali specifici per frammenti proteici di natura prolaminica, sono stati condotti esperimenti di immunoelettroforesi allo scopo di verificare la presenza in grano monococco di sequenze aminoacidiche con attività citotossica, immunogenica o protettiva.

**Analisi delle proteine di grano monococco per la presenza di peptidi prolaminici con attività citotossica, immunogenica o protettiva coinvolti nella malattia celiaca.**

### *Il peptide 33-mer ad attività immunogenica*

Sono stati prodotti anticorpi policlonali con il peptide sintetico 16-mer con sequenza aminoacidica LPYPQPQLPYPQPQPF, corrispondente all'estremità acida del frammento prolaminico immunogenico di grano tenero noto come "33-mer". L'interesse per questo peptide deriva dalla sua resistenza alla digestione da parte di enzimi pancreatici, gastrici e dell'orletto a spazzola, e dal suo contenuto in tre peptidi immunodominanti, con forte attività immunogenica verso i linfociti T della mucosa intestinale celiaca.

Gli anticorpi policlonali sono stati utilizzati in esperimenti di immunoreazione su membrane di nitrocellulosa su cui sono state trasferite le proteine totali, frazionate mediante elettroforesi SDS-PAGE o la sola frazione alcolica (gliadine) separata mediante elettroforesi acida A-PAGE.

Nei campioni di *Triticum monococcum* analizzati (cv. Monlis più otto accessioni, incluse le quattro linee utilizzate nelle prove agronomiche), sono state osservate da 2 a 10 bande di immunoreazione in corrispondenza delle subunità gluteniniche a basso peso molecolare (LMW) e delle  $\alpha/\beta$  gliadine codificate dal cromosoma 6A di grano monococco e bande piuttosto intense sono state riscontrate in corrispondenza di alcune  $\gamma$  gliadine.

### *Il peptide P31-43 ad attività citotossica*

L'interesse per questo peptide risiede nella sua citotossicità per l'epitelio intestinale; esso è in grado di indurre in pochi minuti forti reazioni pro-apoptiche nelle cellule dell'epitelio intestinale e di provocare l'agglutinazione delle cellule K562(S). Anch'esso è fortemente resistente alla digestione enzimatica. Il peptide sintetico con cui sono stati prodotti gli anticorpi policlonali è un frammento di 13 aminoacidi con la sequenza FPGQQQPFPQQP. Sono state analizzate in esperimenti di immunoreazione, su estratti prolaminici digeriti con pepsina/tripsina, l'accessione ID 331, due linee di grano monococco in



prova agronomica (SAL 98-32-2 e SAL 98-38-8) oltre alla cv. Monlis. In nessuno di questi quattro genotipi sono state riscontrate bande di immunoreazione, tranne una debolissima reazione in ID 331 (Figura 2).



Figura 2. Reazione dell'anticorpo specifico per il peptide P31-43 verso le proteine di grano tenero, grano duro, farro e grano monococco. Le proteine di grano monococco (vedi regione compresa tra le due linee bianche verticali) non hanno dato alcuna reazione.

### Il peptide P10-mer ad attività protettiva

Il peptide QQPQDAVQPF presente tra le prolamine della varietà di grano duro Adamello dopo digestione con pepsina / tripsina (PT), è in grado di impedire l'agglutinazione delle cellule K562(S) causata dalle prolamine di grano tenero. Inoltre, questo peptide è in grado di (i) proteggere le cellule Caco2 dall'attività citotossica delle prolamine di grano che si manifesta con alterazioni della resistenza elettrica transmembrana e la sintesi di monossido d'azoto; (ii) ridurre la proliferazione delle cellule mononucleate del sangue periferico (PBMC) e la produzione di citochine pro-infiammatorie da parte di queste cellule quando sono esposte alle prolamine di grano. Gli anticorpi policlonali prodotti contro il peptide sintetico QQPQDAVQPF non hanno dato alcuna reazione con le prolamine estratte da otto accessioni di grano monococco, incluse le quattro linee utilizzate nelle prove agronomiche.

### Tossicità del grano monococco in esperimenti in vitro

#### Citotossicità di peptidi gliadinici su cellule Caco-2 e K562(S)

La citotossicità di una accessione di grano monococco (Mon 1S) è stata misurata su cellule Caco-2 in termini di inibizione della crescita, attivazione dell'apoptosi, rilascio di NO, sintesi di transglutaminasi tissutale (TG II), riarrangiamento della proteina ZO1 e alterazione della resistenza elettrica trans-epiteliale. Inoltre è stata valutata la capacità agglutinante delle prolamine di grano monococco verso le cellule K562(S). Le prolamine di grano monococco digerite con pepsina/tripsina non hanno mostrato alcun effetto negativo su entrambe le linee cellulari, a differenza di quanto osservato per il grano tenero e il grano spelta (Figura 3).

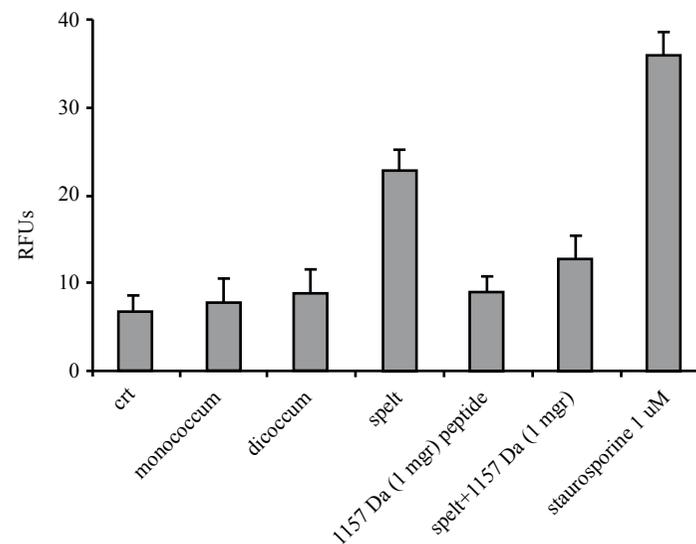


Figura 3. Induzione della sintesi di caspasi indotta nelle cellule Caco-2 da parte delle prolamine di grano monococco, farro e grano spelta. Il peptide protettivo (1157 Da = P10-mer) inibisce parzialmente l'azione stimolante delle prolamine di grano spelta. Ctr = controllo



***Tossicità delle prolamine di grano monococco verso fibroblasti, linee cellulari epiteliali e biopsie intestinali di celiaci***

Sono state analizzate le prolamine digerite con pepsina/tripsina estratte da quattro genotipi di grano monococco (ID 331; SAL 98-32-2, SAL 98-38-8 e cv. Monlis). L'accessione ID331 e le linee SAL 98-32-2 e SAL 98-38-8 (linee utilizzate nelle prove agronomiche) non hanno manifestato alcuna attività citotossica (riarrangiamento dell'actina, induzione di proliferazione cellulare) né hanno indotto risposte di tipo immunitario, mentre la varietà Monlis si è rivelata estremamente attiva sia nella proliferazione degli enterociti (con attività paragonabile a quella indotta da grano tenero) sia nella risposta di tipo immunitario. Recenti esperimenti hanno dimostrato che la varietà Monlis, diversamente da tutte le altre accessioni di grano monococco finora analizzate, è anche in grado di agglutinare le cellule K562(S) con un'efficienza paragonabile a quella dei frumenti teneri.

**Principali conclusioni**

- (a) I numerosi esperimenti condotti nell'ambito del progetto MonICA dimostrano che il grano monococco non presenta alcuna attività citotossica o immunogenica verso la mucosa celiaca, con la sola eccezione della varietà Monlis che sembra comportarsi come il frumento tenero.
- (b) Nel grano monococco, varietà Monlis inclusa, non si riscontra il peptide P31-43 ad attività citotossica. Pertanto, la citotossicità della varietà Monlis per la mucosa celiaca è associata a peptidi diversi dal P31-43.
- (c) Nel grano monococco si riscontrano numerosi peptidi con sequenza simile a quella del peptide immunogenico "33-mer". Tuttavia, con la sola possibile eccezione della cv. Monlis, questi peptidi non sono in grado di stimolare il sistema immunitario del celiaco.
- (d) Nel grano monococco non è presente la sequenza peptidica protettiva QQPQDAVQPF (P10 mer) che si riscontra in grano duro. Pertanto, il grano monococco contiene peptidi protettivi con struttura primaria ancora sconosciuta.





## LA FARINA DI MONOCOCCO NEI PRODOTTI DA FORNO - REALIZZAZIONI ARTIGIANALI E PROFILI SENSORIALI

### Obiettivi

Il consorzio Aliment, network per la diffusione della cultura alimentare, ha ricevuto dalla Fondazione Pianurabresciana l’incarico di mettere a punto alcuni prodotti a base di farina di monococco elaborati seguendo tre criteri guida:

- i prodotti devono essere buoni
- devono possedere una shelf life sufficientemente lunga
- devono essere caratterizzati e coerenti con il valore salutistico e “arcaico” della farina di base.

Le competenze a cui il Consorzio Aliment ha attinto nel’assolvere all’incarico sono quelle dei maestri pasticceri e panificatori che fanno parte della faculty di CAST Alimenti, centro arte scienza e tecnologia degli alimenti, partner principale del consorzio Aliment, ente accreditato per la formazione di base è superiore nelle discipline gastronomiche.

Le competenze professionali degli specialisti pasticceri e panificatori, sono state integrate da una metodologia di definizione del profilo sensoriale dei prodotti, tesa a descrivere le caratteristiche organolettiche dei prodotti, ricorrendo a panel di consumatori addestrati.

La presente sintesi espone esclusivamente i risultati finali di una elaborazione che è stata ampia, ancorché non esaustiva, che tuttavia mostra ampie possibilità di utilizzo della farina di monococco sia nelle preparazioni panarie, sia di pasticceria dolce.

### Piano delle attività

Trattandosi di un processo sperimentale è stato fondamentale il sistematico confronto tra di esperti panificatori e pasticceri e il gruppo di consumatori addestrati operanti all’interno del Consorzio Aliment.

Il responsabile di progetto per la parte di preparazione panaria e di pasticceria è stato il maestro Mauro Marini, già vicepresidente dell’Associazione provinciale panificatori di Brescia; la correttezza metodologica della rilevazione dei dati è stata assicurata dal Dott. Dario Mariotti, docente di valutazione sensoriale nei corsi di pasticceria di CAST Alimenti e giudice esperto per la valutazione di prodotti da forno.

Lo sviluppo temporale dell’attività è stato il seguente:

ATTIVITA'	ANNO 2007												ANNO 2008			
	MESE												MESE			
	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04		
Individuazione degli specialisti	■															
Definizione delle tipologie di prodotto																
Assegnazione delle materie prime	■		■					■	■		■					
Elaborazione dei prototipi		■	■	■				■	■		■	■				
Definizione del profilo sensoriale		■	■	■				■	■		■	■				
Stesura relazione finale															■	



**Metodica di rilevazione delle caratteristiche sensoriali dei prodotti**

Le attività sono state condotte prevalentemente da un gruppo di lavoro formato da sei esperti ai quali sono stati fatti assaggiare progressivamente prodotti da forno sia panari che di pasticceria, a base di farina di monococco, preparati dal maestro panificatore Mauro Marini.

Nel contempo il gruppo ha messo a punto un glossario specifico ed una scheda di rilevazione e valutazione delle caratteristiche sensoriali da parte di consumatori addestrati. Il facsimile della scheda è riportato di seguito.

La scheda è suddivisa in due sezioni: la prima, informata ai criteri dell'analisi descrittiva, finalizzata a rilevare le caratteristiche visive olfattive gustative e tattili in una scala crescente a nove valori; la seconda volta a rilevare il giudizio complessivo sul gradimento del prodotto. Anche in questo caso sono previsti nove livelli di giudizio da "estremamente sgradito" a "estremamente gradito".

Nella presente relazione sono riportati i dati raccolti nella sessione di valutazione, a cui si riferisce anche l'apparato iconografico, tenutasi il giorno 5 febbraio 2008 presso la sede di CAST Alimenti, in via Serenissima, 5 a Brescia. La valutazione è stata compiuta da 39 consumatori addestrati.

Prima di esprimere i loro giudizi, ai consumatori convenuti sono stati illustrati le finalità, il metodo di lavoro, il significato dei descrittori utilizzati. E' stata inoltre effettuata preliminarmente una sessione di taratura per consentire ai giudici di acquisire correttamente il metodo di lavoro e di condividere i parametri di giudizio.

Altre sessioni successive di valutazione, hanno confermato le indicazioni espresse nella presente sintesi.



NOME E COGNOME:	CODICE GIUDICE:
PRODOTTO:	DATA:

ASPETTO ESTERNO. Esame visivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Attrazione della forma esterna									
Attrazione del colore (Cromaticità)									
Tipicità									
Eleganza									
Giudizio sintetico									

ASPETTO INTERNO. Esame visivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Attrazione della struttura interna									
Attrazione del colore interno									
Uniformità di struttura									
Giudizio sintetico									

Esame olfattivo/retroolfattivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Profumo di frumento-farina									
Tostato									
Fragranza (ben cotto e fresco)									
Intensità olfattiva									
Equilibrio aromatico									
Giudizio sintetico									

Esame gustativo / Tattile	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dolce									
Salato									
Lievito									
Crocantezza									
Friabilità									
Deglutibilità									
Giudizio sintetico									

GIUDIZIO COMPLESSIVO SUL GRADIMENTO DEL PRODOTTO (barrare la casella a fianco)

ESTREMAMENTE GRADITO	<input type="checkbox"/>
MOLTO GRADITO	<input type="checkbox"/>
MODERATAMENTE GRADITO	<input type="checkbox"/>
POCO GRADITO	<input type="checkbox"/>
NÉ GRADITO NÉ SGRADITO	<input type="checkbox"/>
POCO SGRADITO	<input type="checkbox"/>
MODERATAMENTE SGRADITO	<input type="checkbox"/>
MOLTO SGRADITO	<input type="checkbox"/>
ESTREMAMENTE SGRADITO	<input type="checkbox"/>



## I PRODOTTI E LE RICETTE

Dopo numerosi tentativi ed aggiustamenti nella formulazione sono stati individuati quattro prodotti:

### Frollini di farina di monococco

**Ingredienti:** Zucchero g 500, Burro g 500, Uova g 230, Farina monococco g 1000, Sale g 4, Bicarbonato di ammonio g 10.



**Preparazione:** Impastare come una normale pasta frolla: montare leggermente zucchero e burro - aggiungere le uova ed il sale, la farina setacciata e unita preventivamente al bicarbonato - lasciare riposare a temperatura di 4 °C per 30 minuti o più - formare biscotti o altro e cuocere a temperatura di 180-190 °C fino a doratura dei bordi.

### Pane con farina di monococco (metodo con polish)

**Polish:** Farina Monococco Kg 2, Lievito madre g 50, Latte o acqua l 2, Riposare 8,00 - 12,00 ore.

**Impasto:** Farina Monococco Kg 2, Farina di grano tenero (facoltativa) g 200, Sale g 80, Lievito compresso g 10, Acqua g 1000-1200.



**Preparazione:** impastare a fondo - riposare per circa 2 ore - formare pani di pezzatura di 350 g - depositare su teglia o assi al riparo dall'aria per circa 40 - 60 minuti - infornare a temperatura di 200 °C e cuocere per circa 35 minuti.

### Pane con farina di monococco in forma di treccia (metodo con biga)

**Biga:** Farina Monococco g 350, Lievito compresso g 3, Acqua g 175, Riposare 12,00 - 15,00 ore.

**Impasto:** Farina Monococco g 2000, Biga g 500, Sale g 40, Lievito compresso g 60, Acqua g 1200.

**Preparazione:** impastare gli ingredienti - riposare per 20 minuti - porzionare in filoncini di circa 100 g - allungare e formare trecce - porre a lievitare per circa 40 minuti - infornare a temperatura di 220 - 230°C e cuocere per circa 40 minuti.



### Grissini di farina di monococco

**Ingredienti:** Farina monococco g 2000, Acqua g 1000, Sale g 40, Olio extravergine di oliva g 200, Bicarbonato di ammonio g 80.

**Preparazione:** Impastare e riposare per 30 minuti. Formare i grissini. Più piccoli sono, più risulteranno friabili e si conserveranno meglio - Lievitare per circa 30 minuti a 35 °C oppure 60 minuti a 25 °C - Infornare a 180 °C. Il tempo è determinato dalle dimensioni del grissino - Comunque devono essere asciutti all'interno.



### Pubblicazioni finora realizzate in seguito al progetto MONICA

- Hidalgo, A.; Brandolini, A.; Pompei, C. Kinetics of tocopherols degradation during the storage of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) and breadwheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) flours. Inviato a Food Chem.
- Hidalgo, A.; Brandolini, A. Kinetics of carotenoids degradation during the storage of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) and breadwheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) flours. Accettato da J. Agric. Food Chem.
- Hidalgo, A.; Brandolini, A.; Gazza, L. Influence of steaming treatment on chemical and technological characteristics of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour. Food Chem. 2008, 111: 549-555.
- Hidalgo, A.; Brandolini, A. Protein, ash, lutein and tocopherols distribution in einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) seed fractions. Food Chem. 2008, 107: 444-448.
- Brandolini, A.; Marturini, M.; Plizzari, L.; Hidalgo, J. C.; Pompei, C.; Hidalgo, A. Chemical and technological properties of *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*. Tecnica Molitoria International. 2008, 59, 5/A, 85-93.
- Vincentini O, Maialetti F, Gazza L, Silano M, Dessì M, De Vincenzi M and Pogna NE. The environmental factors of celiac disease: Cytotoxicity of hulled species *Triticum monococcum*, *T. turgidum* ssp *dicoccum* and *T. aestivum* ssp *spelta*. J. Gastroenterology Hepatology. 2007, 22 (11): 1816-1822.
- Pogna NE, Gazza, L., Vincentini, O and De Vincenzi M., Variation in noxiousness of different wheat species for celiac patients. *Journal of Plant Interactions*. 2008, 3 : 57 – 67.

### Proceedings di conferenze

- Hidalgo, A.; Brandolini, A.; Gazza, L.; Vaccino, P.; Corbellini, M. Chemical compounds distribution in wheat seeds and the effect of parboiling on chemical and technological properties of einkorn (*Triticum monococcum* L.). In Proceedings of the 13th ICC Cereal and Bread Congress. Cereals in the 21st century: present and future. Madrid, Spain, 15-17 June 2008. Pag 222.
- Brandolini, A.; Hidalgo, A.; Hidalgo, J. C.; Plizzari, L.; Vaccino, P. Comparison of some chemical and technological characteristics of different *Triticum* species. In Proceedings of the 13th ICC Cereal and Bread Congress. Cereals in the 21st century: present and future. Madrid, Spain, 15-17 June 2008. Pag. 342.
- Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C. Lipophilic antioxidants of einkorn wheat: tocopherols and carotenoids. 1st International Chester Food Science and Technology Conference, Chester, U.K., 10-13 April 2007. pp. P-03, 45, 3 pages.
- Brandolini, A., Hidalgo, A. Rheological and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L.) flours. 1st International Chester Food Science and Technology Conference, Chester, U.K., 10-13 April 2007. pp. P-04, 46, 3 pages.
- Si ringraziano i seguenti collaboratori scientifici:  
Rosita Caramanico, Maria Corbellini, Daniela Erba, Laura Gazza, Mara Lucisano, Manuela Mariotti, Luca Plizzari, Carlo Pompei, Simona Ratti



**Regione Lombardia**

*Agricoltura*

Il sito della ricerca in agricoltura  
[www.agricoltura.regione.lombardia.it](http://www.agricoltura.regione.lombardia.it)