



Macinazione

Maria Grazia D'Egidio,
Maria Corbellini



www.colturaecultura.it

Diritti di sfruttamento economico: Bayer CropScience S.r.l.

Realizzazione editoriale: ART Servizi Editoriali S.r.l.

I nomi di coloro che hanno realizzato le fotografie sono riportati sopra le stesse; in tutti gli altri casi le immagini sono state fornite dagli Autori di ciascun capitolo o reperite da agenzie fotografiche.

Contenuto proteico nella dieta di diverse fonti alimentari

Fonte alimentare	%
Cereali	55
Grano	19
Mais	13
Riso	11
Orzo	5
Altri	7
Legumi	13
Soia	10
Fagiolo	1
Pisello	1
Arachide	1
Tuberi	4,5
Patata	2
Cassava	1
Igname	1,5
Piante da olio e ortaggi	3
Colza	0,5
Girasole	0,5
Noce di cocco	0,5
Pomodoro	0,5
Cipolla, cavolo	0,5
Piante da frutto	0,5
Prodotti animali	17
Latte, formaggio, uova	6
Carni	7
Pesce	4
Altro	7

Macinazione

Introduzione

Circa 12.000 anni fa l'uomo scoprì come coltivare le piante e addomesticare gli animali, dando avvio a un processo che ha mutato il volto della terra e la vita di quasi tutti gli organismi che la abitano. In quel tempo la specie umana contava circa 3 milioni di individui, molti dei quali si cibavano principalmente di grano. Dopo 7000 anni di coltivazione di questo cereale, la popolazione ammontava a circa 100 milioni di persone e il contadino egiziano che viveva all'ombra delle prime piramidi era capace di produrre il triplo del cibo necessario per sostenere la sua famiglia. All'inizio dello scorso secolo, dopo altri 5000 anni di coltivazione, il 70% dell'energia alimentare consumata da 1,6 miliardi di individui derivava ancora dai cereali, soprattutto dal grano.

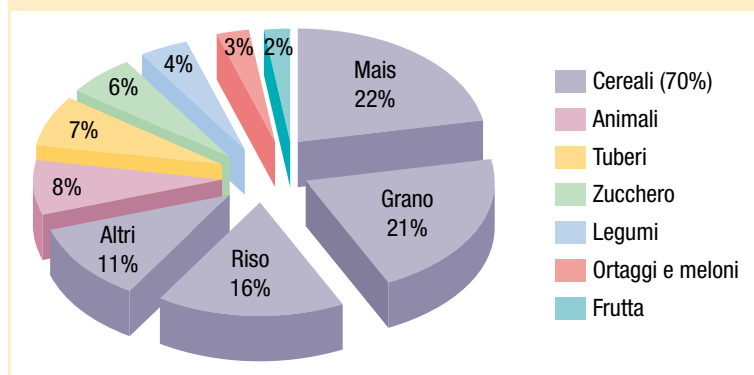
Nel 2000 il 70% dei 2,5 miliardi di tonnellate di materia secca destinata all'alimentazione di 6 miliardi di persone era costituito da cereali, in primo luogo grano (21%), riso (16%) e mais (22%), quest'ultimo destinato in larga misura agli allevamenti zootecnici. Pur avendo perso qualche posizione, il grano è tuttora la principale fonte di proteine alimentari (il 19% del totale), superando gli alimenti di origine animale (carne, pesce, latte, formaggi, uova, complessivamente (il 17%) e i legumi (soia, fagioli, piselli, arachidi, complessivamente (il 13%).

Macinazione

La macinazione è il passaggio fondamentale della trasformazione del frumento in sfarinati e ha come obiettivo principale quello di separare l'albumine amilaceo della cariosside dalle parti periferiche con il migliore rendimento possibile.

Principale prodotto della macinazione del frumento duro sono le semole, mentre del frumento tenero sono le farine.

Produzione di sostanza secca nelle diverse fonti alimentari

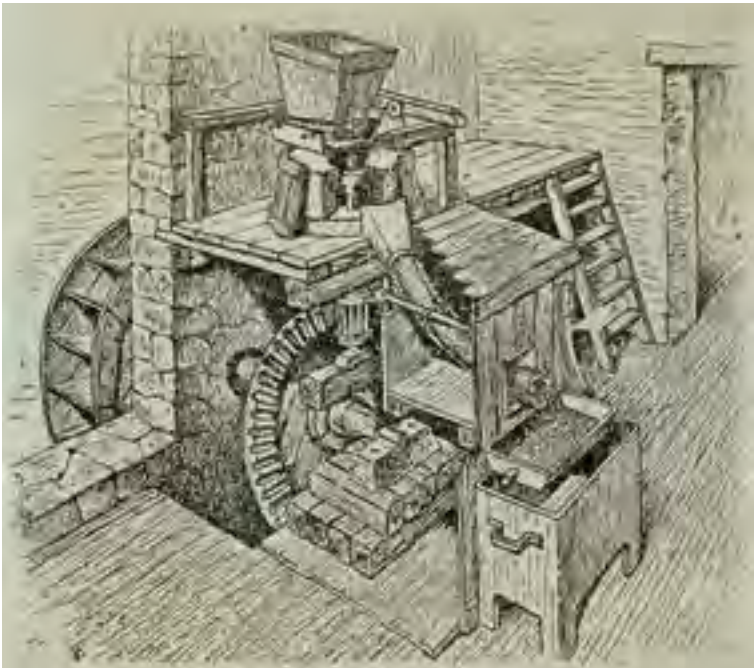


La trasformazione del frumento in sfarinati prevede tre fasi fondamentali: la pulitura del grano, il condizionamento e la macinazione vera e propria.

Pulitura. Ha lo scopo di allontanare materiale estraneo di natura minerale o vegetale; essa riveste grande importanza e deve essere condotta con una cura particolare, in quanto può influenzare la qualità dei prodotti semilavorati e finiti. I diversi sistemi di pulitura adottati hanno comunque dei dispositivi comuni, come quello di aspirazione per eliminare le impurità più leggere (paglie), quello di calibrazione per separare grani grossi da semi estranei di piccole dimensioni, spazzole per pulire la superficie del chicco e infine un dispositivo spietratore e separatore magnetico.

Condizionamento. Fase in cui il grano viene bagnato con una sufficiente quantità di acqua, per facilitare il distacco delle parti esterne (tegumenti) dalla mandorla farinosa e la rottura della stessa. Tale fase ha lo scopo di ammorbidire l'involucro per evitarne la frammentazione e favorirne il distacco, di ridurre la durezza dell'albume per facilitarne la trasformazione in sfarinati e di ottenere un grado di danneggiamento dell'amido ottimale per le diverse destinazioni d'uso. Il condizionamento è influenzato dalla quantità di acqua aggiunta, dalla temperatura del trattamento e dalla durata del riposo del grano.

Foto Archivio Storico Barilla, Parma



Molino "a ruota verticale" con spaccato degli ingranaggi di trasmissione del movimento alla macchina

Foto Archivio Storico Barilla, Parma



Molino "a ritrecine" o "a ruota orizzontale"

Foto Archivio Storico Barilla, Parma



Laminatoio a cilindri del 1890

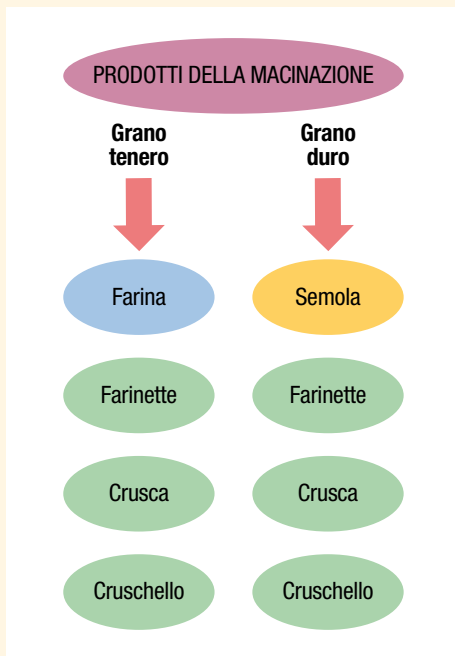


Foto Archivio Storico Barilla, Parma



Miscelatrice meccanica

Con l'idratazione il grano viene portato al 16-17% di umidità, con un tempo di riposo che oscilla dalle 12 alle 48 ore. La durata del riposo è definita sulla base dell'umidità iniziale del grano e del grado di maggiore o minore friabilità della mandorla. Per il frumento tenero, in particolare, il condizionamento è differenziato in funzione della durezza delle cariossidi (*hardness*). In genere per i grani hard sono richieste quantità di acqua e tempi superiori rispetto ai soft. Di conseguenza grani appartenenti a diverse classi di durezza dovrebbero essere macinati separatamente per ottimizzare il processo di molitura. Per questo motivo il parametro della durezza delle cariossidi viene sempre più preso in considerazione nelle transazioni commerciali e nello stoccaggio dei grani.

Macinazione. È costituita da due azioni: la frammentazione/dissociazione delle cariossidi e la separazione dei costituenti. La prima operazione, detta di rottura, permette di dissociare la mandorla centrale e i rivestimenti esterni, di frazionare le semole vestite e di ridurre la mandorla in farina; la seconda assicura la separazione della crusca e dei rivestimenti sulla base della granulometria e delle loro proprietà fisiche. L'apparecchiatura attualmente utilizzata per la macinazione del frumento è il laminatoio a cilindri, entrato in uso verso la fine del XIX secolo. Prima dell'introduzione dei molini a cilindri, la macinazione veniva realizzata mediante palmenti formati da due mole cilindriche, una fissa e l'altra rotante. Erano usati anche i molini a percussione, dotati di martelli o battitori rotanti, ancora oggi in parte utilizzati per polverizzare finemente in un solo stadio materiali diversi o rimacinare gli scarti della molitura. Il laminatoio a cilindri è costituito normalmente da coppie di cilindri; se la macchina comprende una sola coppia, si parla di laminatoio semplice, ma normalmente la situazione più diffusa comprende due o più coppie di cilindri, soluzione progettata per un notevole risparmio di spazio.

Foto Archivio Storico Barilla, Parma



Gramola a molazza dei primi del '900

Foto Archivio Storico Barilla, Parma

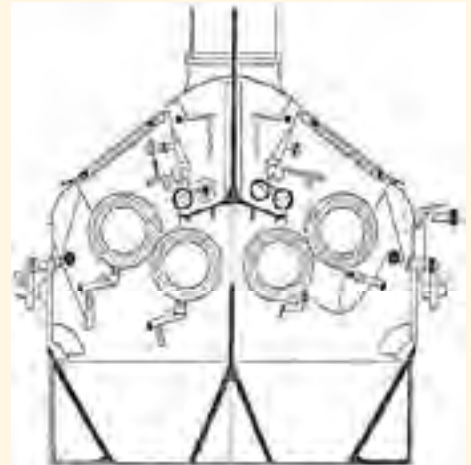


Gramola a rulli conici

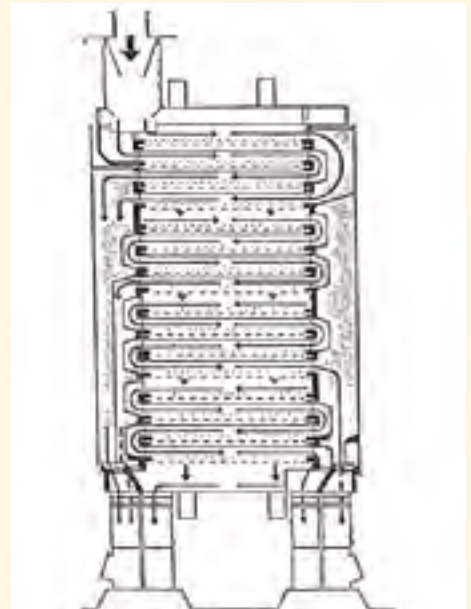
I laminatoi trasformano i chicchi di grano in sfarinati (dalla macinazione del frumento duro si ottengono principalmente le semole, dal frumento tenero le farine) con azioni di rottura, svestimento e rimacina. I laminatoi di rottura hanno la funzione di rompere e di schiacciare i chicchi di grano, e di staccare più o meno completamente la mandorla, che si frantuma, dai rivestimenti, che vengono rimossi sotto forma di crusca. L'operazione di rottura deve essere condotta gradualmente, al fine di evitare l'eccessiva frantumazione delle parti cruscali che altrimenti diventano di difficile separazione. Ogni operazione di rottura è seguita da un'operazione di separazione per setacciamento che permette di classificare i prodotti prima di inviarli sui cilindri successivi. Tale operazione è realizzata con il plansichter, dispositivo costituito da un insieme di setacci posti uno sull'altro e sottoposti a movimento al fine di assicurare un passaggio regolare di prodotti da un setaccio all'altro. I tessuti setaccianti possono essere di metallo o di seta, presentano maglie di forma quadrata attraverso le quali passano le particelle più fini del materiale da selezionare, mentre quelle più grosse finiscono per essere scartate.

I cilindri dei laminatoi sono in ghisa e possono essere rigati o lisci; quelli rigati sono provvisti di scanalature o righe atte a recidere e a ridurre le dimensioni del materiale introdotto, quelli lisci invece agiscono per pressione o stiramento. I cilindri rigati sono costruiti in ghisa durissima e di maggiore resistenza di quella utilizzata per i cilindri lisci.

I cilindri lavorano sempre in coppia; gli elementi di una coppia agiscono con velocità periferiche diverse, quindi si ha sempre un cilindro rapido e uno lento: se infatti le velocità fossero uguali, il materiale subirebbe un'azione di semplice schiacciamento. Nel caso della macinazione del frumento duro, le semole ottenute si separano dai frammenti cruscali ancora attaccati alle particelle di semola mediante la semolatrice, costituita da setacci inclinati sottoposti a movimento oscillatorio e da un sistema di aspirazione



Schema di laminatoio



Schema plansichter

Foto R. Balestrazzi



Semola di grano duro

Foto R. Balestrazzi



Crusca

Foto R. Balestrazzi



Semola integrale

che permette di separare le particelle sulla base delle loro proprietà (forma, taglia e densità).

Proprietà degli sfarinati e metodi di valutazione

I prodotti della macinazione del frumento duro, come prima accennato, sono semole e semolati; quelli del frumento tenero, le farine. La definizione e le caratteristiche delle diverse tipologie di sfarinati sono regolate da un'apposita legge (legge n. 580, del 4 luglio 1967 e successive modifiche) che disciplina la lavorazione e il commercio di cereali, sfarinati, pane e paste alimentari, stabilendo i limiti di alcuni parametri analitici.

Dalla macinazione del frumento duro si ottengono:

- "semola di grano duro" o semplicemente "semola", prodotto granulare a spigolo vivo ottenuto dalla macinazione e dal conseguente abburattamento del grano duro, ripulito dalle sostanze estranee e dalle impurità;
- "semolato di grano duro" o semplicemente "semolato" il prodotto ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano duro, ripulito dalle sostanze estranee e dalle impurità, dopo l'estrazione della semola;
- "semola integrale di grano duro", prodotto granulare a spigolo vivo ottenuto direttamente dalla macinazione del grano duro, ripulito dalle sostanze estranee e dalle impurità;
- "farina di grano duro", prodotto non granulare ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano duro, ripulito dalle sostanze estranee e dalle impurità.

Dalla macinazione del frumento tenero si ottengono:

- "farina di grano tenero" o semplicemente "farina", prodotto ottenuto dalla macinazione e dal conseguente abburattamento del

Foto R. Balestrazzi



Farina

grano tenero ripulito dalle sostanze estranee e dalle impurità. Le farine di grano tenero possono essere prodotte nei tipi "00", "0", "1", "2".

- "farina integrale di grano tenero", prodotto ottenuto direttamente dalla macinazione del grano tenero ripulito dalle sostanze estranee e dalle impurità.

Vengono riportate a lato le caratteristiche di legge degli sfarinati di frumento duro e tenero commercializzati in Italia. I parametri considerati sono essenzialmente l'umidità, il contenuto in sostanze minerali (ceneri) e in proteine. L'umidità massima consentita per tutti gli sfarinati è 14,5%. Il tenore in sostanze minerali di una semola o farina può essere considerato come un indice della sua purezza, ossia della contaminazione da parte degli strati periferici, dal momento che gli strati esterni del chicco sono particolarmente abbondanti in sostanze minerali e che al contrario l'endosperma amilaceo ne contiene solo bassi livelli. Le caratteristiche chimico-fisiche dei vari costituenti della cariosside determinano la qualità degli sfarinati e quindi dei prodotti finiti.

La caratterizzazione qualitativa degli sfarinati richiede analisi chimico-fisiche e reologiche. Queste ultime sono analisi che in genere si effettuano attraverso la simulazione, con appositi strumenti, del comportamento degli impasti durante i processi di lavorazione.

Le analisi chimico-fisiche consentono di determinare i componenti delle cariossidi e degli sfarinati (tenore in ceneri, contenuto proteico, contenuto in glutine, rapporto amiloso/amilopectina, contenuto in lipidi, composizione aminoacidica ecc.) e la tessitura delle cariossidi (*hardness* o durezza). Le analisi reologiche consentono di valutare la qualità del glutine (indice di glutine, indice di sedimentazione, alveografo di Chopin, farinografo di Brabender, estensografo, ecc.), le attività enzimatiche (indice di caduta di Hagberg, test amilografico ecc.), test sperimentali di panificazione e pastificazione.

Di seguito vengono brevemente descritti, a esclusione delle analisi chimiche, alcuni dei metodi maggiormente utilizzati per la caratterizzazione qualitativa di farine e semole.

Hardness o durezza delle cariossidi. Può essere determinata mediante misure della granulometria dello sfarinato integrale o delle farine secondo i metodi PSI (*Particle Size Index*) o NIR (*Near Infrared Reflectance*). Un altro metodo, proposto più recentemente, è basato sulla valutazione della resistenza che le cariossidi oppongono alla frantumazione (*Single Kernel Characterization System*, SKCS). I risultati vengono generalmente espressi da un indice compreso nell'intervallo 1-120 che aumenta all'aumentare della durezza.

Volume di sedimentazione. È un metodo che consente di valutare sia la quantità sia la qualità delle proteine del grano e si basa sulle caratteristiche di rigonfiamento e flocculazione delle proteine in una soluzione di acido lattico. Esistono numerose versioni di tale metodo, le più utilizzate sono il test di Zeleny e il volume di sedimentazione in SDS. I risultati vengono espressi in ml con

Foto Archivio Storico Barilla, Parma



Mulino a cilindri con laminatoi e tubi di trasporto delle granaglie dai silos



SKCS per la determinazione della durezza del seme

Caratteristiche degli sfarinati (legge n. 580 del 4/7/1967 e successive modifiche)

FARINA		% su sostanza secca (umidità max 14,5%)	
Tipo e denominazione	Generi		Proteine (N x 5,7)
	min.	max.	min.
Farina 00	-	0,55	9,0
Farina 0	-	0,65	11,0
Farina 1	-	0,80	12,0
Farina 2	-	0,95	12,0
Farina integrale	1,30	1,70	12,0

SEMOLA		% su sostanza secca (umidità max 14,5%)	
Tipo e denominazione	Generi		Proteine (N x 5,7)
	min.	max.	min.
Semola *		0,90	10,50
Semolato	0,90	1,35	11,50
Semola integrale	1,40	1,80	11,50
Farina	1,36	1,70	11,50

* valore granulometrico: massimo 25% di passaggio al setaccio con luce maglie di 0,180 mm



Glutomatic

Test di sedimentazione in SDS



valore che aumenta proporzionalmente al migliorare delle caratteristiche qualitative.

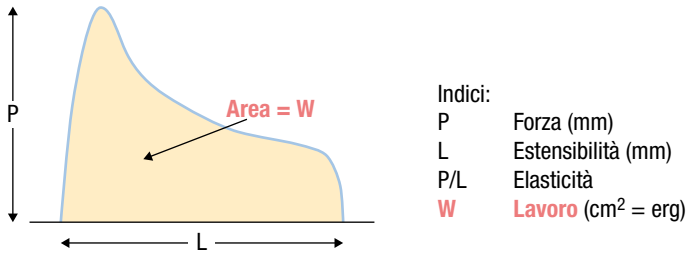
Contenuto in glutine. La quantità di glutine viene determinata a partire dallo sfarinato (semola o farina), che viene impastato con una soluzione salina di cloruro di sodio al 2% e successivamente lavato con acqua allo scopo di eliminare l'amido e le proteine solubili. Il glutine umido così ottenuto può essere asciugato in stufa o con opportune piastre essiccanti. Il risultato viene espresso in percentuale sia come glutine umido sia come glutine secco.

Indice di glutine. È un metodo che consente di valutare la qualità del glutine. Il glutine umido estratto è sottoposto a centrifugazione e spinto a passare attraverso un apposito setaccio in condizioni controllate. La percentuale di glutine che rimane sul setaccio dopo la centrifugazione è definita indice di glutine. Se il glutine è molto debole, passa interamente attraverso il setaccio e l'indice di glutine è 0; viceversa, se il glutine è molto forte non passa affatto e l'indice di glutine è 100.

Indice di caduta di Hagberg o Falling number. È un metodo che consente di evidenziare difetti del grano dovuti a pre-germinazione delle cariossidi e quindi elevata presenza di α -amilasi che rendono gli impasti collosi. L'indice di caduta fornisce indicazioni sulla viscosità di una sospensione di farina in acqua. Il risultato, espresso in secondi, è inversamente proporzionale al contenuto in α -amilasi.

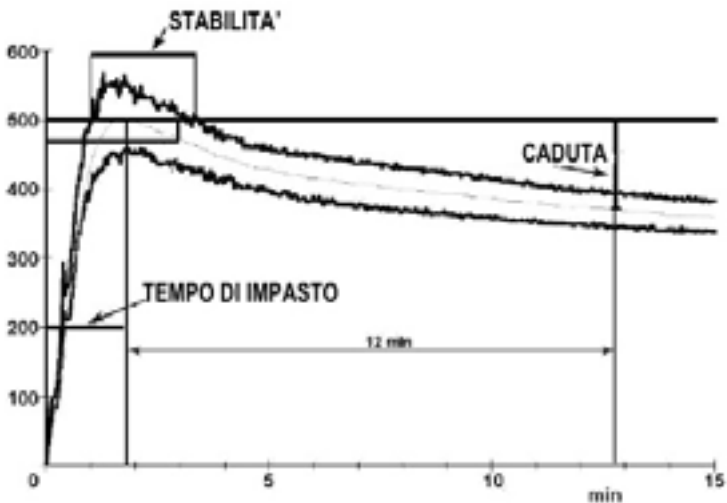
Alveografo di Chopin. Consente di valutare il comportamento dell'impasto, ottenuto a idratazione fissa, quando viene sottoposto a deformazione mediante insufflazione di aria che lo trasforma in una bolla fino a provocarne la rottura. Contemporaneamente a tali trasformazioni si produce un tracciato dal quale si possono ricavare varie informazioni. L'area sottesa al tracciato indica la resistenza opposta dall'impasto alla deformazione, quindi la forza della farina (W); l'altezza della curva rappresenta la tenacità dell'impasto (P); la lunghezza della curva ne rappresenta l'estensibilità (L); il rapporto tra tenacità ed estensibilità ne esprime l'equilibrio (P/L).

Qualità nel grano: alveogramma

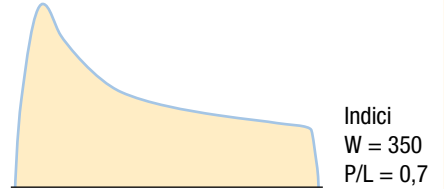


Farinografo di Brabender. Misura e rappresenta graficamente le variazioni di consistenza di un impasto prodotte dalle diverse sollecitazioni meccaniche durante la fase di impastamento. L'assorbimento idrico (%) rappresenta la quantità di acqua massima assorbibile dalla farina per produrre un impasto a consistenza ottimale. Il tempo di sviluppo (min) rappresenta il tempo necessario perché la farina assorba la quantità di acqua ottimale e porti l'impasto a consistenza ottimale. La stabilità (min) rappresenta il tempo in cui la farina mantiene le condizioni ottimali di consistenza; ne consegue che tempi lunghi di stabilità corrispondono a caratteristiche di forza della farina, che assicurano un'elevata resistenza alla lavorazione e alla lievitazione. Il grado di caduta (U.B.) esprime la perdita di consistenza dell'impasto dopo un intervallo di tempo prefissato.

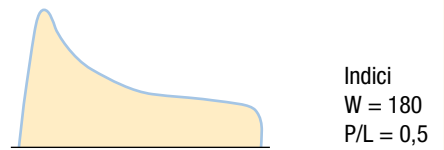
Qualità nel grano: farinogramma



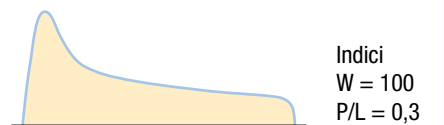
Alveogrammi di grano tenero



Grano di forza



Grano da panificazione comune



Grano da biscotti

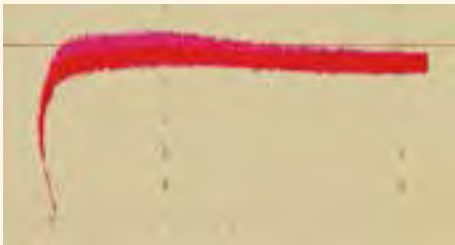


Grano squilibrato per eccesso di tenacità

L'area sottesa al tracciato indica la resistenza opposta dall'impasto alla deformazione, quindi la forza della farina (W); l'altezza della curva rappresenta la tenacità dell'impasto (P); la lunghezza della curva ne rappresenta l'estensibilità (L); il rapporto tra tenacità ed estensibilità ne esprime l'equilibrio (P/L)



Farinografo



Tracciato del farinografo

Test di panificazione. Consente di rappresentare nel modo più completo la qualità panificatoria dei grani. Il metodo maggiormente adottato a livello internazionale (AACC 10-10B) consente di valutare il volume e l'altezza di piccoli pani a cassetta ottenuti a partire da 100 g di farina. Il volume del pane è altamente correlato con tutti i parametri derivati dalle analisi chimico-fisiche e reologiche.

Test di pastificazione. Si esegue su impianti pilota, utilizzando perciò limitate quantità di materiale (2-3 kg di semola), ricavando indicazioni sulla qualità del prodotto finito (pasta). La pasta ottenuta viene poi sottoposta a cottura, in condizioni ben definite, e valutata sulla base di tre parametri: collosità, nervo e ammassamento. La valutazione viene fatta generalmente con un saggio organolettico.

Utilizzazione industriale

Nel caso del frumento duro la quasi totalità degli sfarinati prodotti è destinata alla pastificazione, in quanto le semole di grano duro costituiscono la materia prima di elezione per la fabbricazione di paste alimentari; anche le farine di grano tenero possono essere ugualmente utilizzate per tale scopo, ma danno prodotti di qualità inferiore. Nel caso del frumento tenero gli sfarinati sono impiegati per una pluralità di prodotti, pertanto la destinazione d'uso è stabilita sulla base delle caratteristiche qualitative delle farine. Per rispondere adeguatamente alle variegate richieste dell'industria di prima e seconda trasformazione del grano tenero, è stata avvertita da tempo la necessità di differenziare i grani secondo la destinazione d'uso mediante l'utilizzo di alcuni indici qualitativi ritenuti di fondamentale importanza. La classificazione

Utilizzazione delle farine di grano tenero in funzione dei parametri alveografici

W > 310

farine di forza ottenute da grani hard esteri, utilizzate principalmente per impasti a lunga fermentazione (impasti con metodo indiretto con impiego di biga; prodotti da ricorrenza)

250 < W < 310

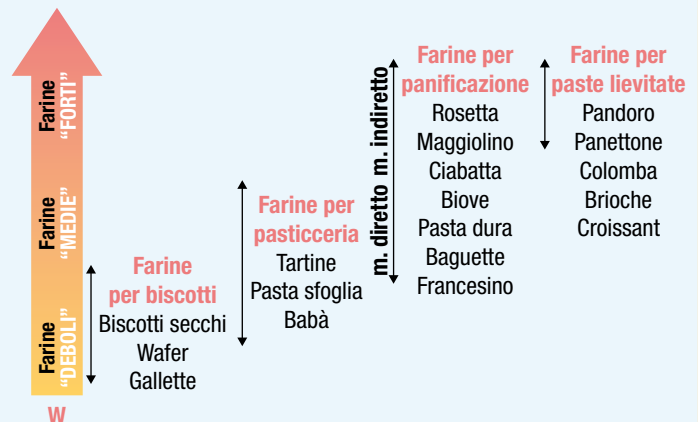
farine di forza ottenute da grani nazionali ed esteri, usate nella produzione di pani come rosetta, biove, baguette

160 < W < 250

farine di media forza usate per paste molli (pugliese, ciabatta, francese), paste dure (ferrarese) e per il rinfresco del lievito naturale

W < 160

farine deboli, non idonee alla panificazione, adatte alla produzione di biscotti



Classificazione qualitativa del frumento tenero

Parametri	Classe			
	FF	FPS	FP	FB
Proteine (%)	>12,5	>11,5	>10,0	<11,0
Farinografo Stabilità (min)	>12	9-11	5-8	<4
Alveografo W (J10-4) P/L	>270 0,7-1,5	220-260 0,8-1,2	140-210 0,5-1,2	80-130 <0,5
Peso ettolitrico (kg/hl)	>75	>75	>75	>75
Falling Number (s)	>250	>250	>220	>220

prevede l'individuazione di cinque classi, ciascuna delle quali fa preciso riferimento alla destinazione d'uso del prodotto: frumento di forza (FF), frumento panificabile superiore (FPS), frumento panificabile (FP), frumento da biscotti (FB) e frumento per altri usi (FAU). La destinazione d'uso dei frumenti teneri è pertanto definita sulla base delle caratteristiche reologiche e tecnologiche degli sfarinati, oltre che di alcuni parametri chimici. Al fine di valorizzare la qualità della produzione nazionale, in assenza di norme ufficiali, sono state predisposte norme volontarie (norme UNI) per la classificazione dei frumenti duri e teneri e dei relativi prodotti trasformati.

Destinazioni del frumento tenero

Classe	Utilizzazione
Frumento di forza = FF	Prodotti ad alta lievitazione, panettoni
Frumento panificabile superiore = FPS	Pane tipo michetta, pasticceria
Frumento panificabile = FP	Pane comune, pan carrè
Frumento biscottiero = FB	Biscotti, prodotti a bassa lievitazione
Tutto quello che non è qui compreso ricade nella classe:	
Frumento per altri usi = FAU	Miscele o uso zootecnico

Qualità del frumento

- Merceologica: bassa percentuale di semi spezzati, bassa presenza di impurità
- Tecnologica: quantità, qualità e caratteristiche delle proteine di riserva
- Sanitaria: assenza di micotossine, allergeni, sostanze antinutrizionali

Indice globale di qualità per frumento duro (IGQ)

Per il frumento duro, destinato principalmente alla produzione di pasta, è stato definito a livello comunitario (Reg. CE 2237/2003) un indice di qualità basato su parametri merceologici e tecnologici. L'indice globale di qualità (IGQ) corrisponde alla somma degli indici rispetto alla media dei testimoni per i seguenti parametri cui sono assegnati diversi valori percentuali:

- peso ettolitrico 10%
- colore 20%
- indice di glutine 30%
- contenuto proteico 40%