



LESAFFRE

Lievito e soluzioni per la panificazione

Lesaffre

Comunicazione Tecnica

20

LE ANALISI CHIMICO FISICHE DELLE FARINE

Le analisi chimico fisiche svolte sulle farine permettono di conoscerne le caratteristiche tecniche ed analitiche e di accertarne la conformità con le norme vigenti. Tali analisi fanno affidamento su protocolli e strumenti analitici specifici, in modo da verificare le proprietà intrinseche del prodotto, quali la sua composizione (contenuto d'acqua, minerali, lipidi, proteine, amido, fibre), come anche determinate caratteristiche qualitative (grado di acidità dei grassi, qualità del glutine, contenuto di amido danneggiato, attività enzimatica e rilevazione degli ingredienti aggiunti). Ciascuna di queste proprietà viene descritta a seguire sulla base di quanto segue: importanza del parametro considerato; le principali tecniche esistenti con la spiegazione del relativo principio; il metodo di misurazione e i risultati ottenuti; infine, la validità delle misurazioni e delle norme pertinenti.

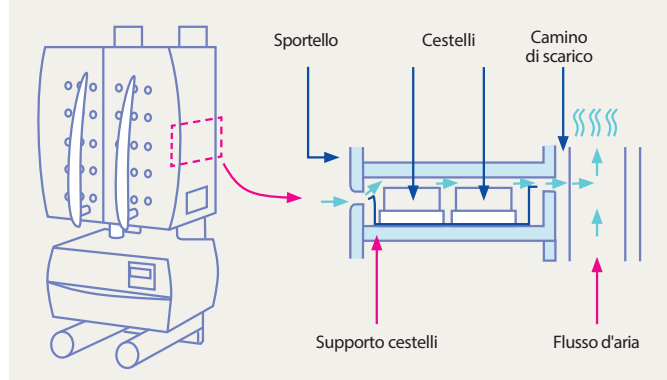
Essendo un importante ingrediente della panificazione, la farina riveste un ruolo chiave nel determinare il risultato di cottura. Di fatto, i micro e macronutrienti contenuti nella farina condizionano in misura rilevante le proprietà reologiche dell'impasto. Risultano pertanto importanti le analisi condotte sulla farina sia durante le prove di panificazione sia durante la formulazione del prodotto. Questo articolo si concentra esclusivamente sulle analisi chimico-fisiche, ossia sulla valutazione del contenuto di acqua, minerali, amido danneggiato, fibre e macronutrienti come lipidi, proteine e amido; inoltre, considera l'attività enzimatica e l'individuazione degli ingredienti aggiunti (ossidanti e agenti riducenti). Le analisi tecniche, come quelle del glutine e quelle effettuate con apparecchi quali alveografo, farinografo ed estensografo, insieme alle analisi sanitarie della farina (batterologiche, filth test/analisi impurità, metalli pesanti, micotossine, pesticidi, OGM) saranno trattate nei prossimi approfondimenti di Lesaffre Technical Library.

1. CONTENUTO D'ACQUA

1.1 L'importanza dell'acqua e il suo legame con la panificazione

Il contenuto d'acqua nella farina riveste un interesse tecnologico (per il processo di panificazione), analitico (partendo da questo contenuto, è possibile determinare la percentuale di sostanza secca del prodotto, usata sia per le analisi chimico fisiche e tecnologiche che per il test all'alveografo o al farinografo) e normativo (rispetto delle norme) (ITCF, 2001). Il livello di umidità della farina ci fornisce indicazioni sulle sue proprietà di conservazione. Le specifiche rilasciate dai principali fornitori di farine per panificazione indicano livelli di umidità compresi tra il 12 e il 15,5%. I livelli variano in base ai parametri di raccolta e macinazione, così come alle condizioni di stoccaggio.

FIGURA 1. SEZIONE FORNO MODELLO EM10 DI CHOPIN®



1.2 Metodi esistenti

1.2.1 Essiccazione alla pressione atmosferica

Principio: un metodo pratico per misurare il contenuto d'acqua di un campione di farina si basa sulla sua essiccazione a una temperatura di 130-133°C in un forno a pressione atmosferica. L'acqua evaporata

viene eliminata da una corrente d'aria naturale all'interno del forno. Quest'ultimo è generalmente composto da più camere (ognuna delle quali equivale a un forno individuale) che ospitano 1 o 2 cestelli ciascuna: ad esempio, un forno di 10 camere con 2 cestelli ciascuna, consente l'analisi simultanea di 20 campioni.

Misurazione: un cestello riempito con circa 5 g di farina viene pesato con precisione prima di entrare nel forno, successivamente avvengono l'essiccazione (90 minuti) e il raffreddamento in un essiccatore ermetico. La differenza di massa rilevata equivale alla quantità di acqua presente nel prodotto.

Espressione dei risultati: il risultato è espresso allo 0,05 g più prossimo rispetto a 100 g di sostanza secca. Il contenuto di acqua si calcola con la seguente formula:

$$\text{Contenuto d'acqua} = \left[\frac{1 - M1/M0}{M0} \right] \times 100$$

MO: massa campione (in g)

M1: massa campione dopo l'essiccazione (in g)

1.2.2 Spettroscopia del vicino infrarosso

Principio: il livello di umidità è uno dei primi parametri che è stato misurato mediante spettroscopia del vicino infrarosso (NIRS – si veda riquadro). Le molecole d'acqua hanno una elevata capacità d'assorbimento nel vicino infrarosso, che ne consente in teoria una quantificazione precisa; tuttavia, il fattore limitante è rappresentato dall'instabilità dell'acqua. Con le dovute precauzioni, è possibile misurare l'umidità mediante spettroscopia del vicino infrarosso, in genere con un errore inferiore all'1% (Bastianelli *et al.*, 2019).

Misurazione: il campione viene esposto a irradiazione elettromagnetica. L'intensità dello spettro riflesso permette di determinare il livello d'umidità. Quando un campione umido viene esposto a una luce del vicino infrarosso, assorbe una frazione della stessa, una seconda frazione viene riflessa e una terza attraversa il

campione (trasmissione). L'intensità della luce riflessa viene misurata (spettro): è proporzionale (non linearmente) alla concentrazione d'acqua; non misura direttamente l'acqua, ma quantifica il numero di legami O-H nel campione.

Espressione dei risultati: nel corso dell'analisi dei campioni (Figura 2), i picchi non vengono interpretati direttamente; vengono valutati mediante metodi statistici complessi da un software integrato nello spettroscopio che fornisce un insieme di dati, tra cui i livelli di umidità espressi in %.

1.3 Validità delle misurazioni e norme pertinenti

L'acqua è un elemento instabile, pertanto il suo livello può variare nel tempo in seguito agli scambi con l'atmosfera. Prima della misurazione il campione deve essere conservato per almeno 24 ore alle condizioni atmosferiche costanti e stabili del laboratorio prima di essere prelevato (ITCF, 2001). Uno studio di performance della NIRS, condotto per determinare il contenuto d'acqua nella farina, ha consentito di definire uno scarto tipo di ripetibilità dello 0,05%, che è equivalente a quello del metodo di riferimento (Lafargue et Jaillais, 2002).

TABELLA A. NORME RELATIVE ALLA MISURAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA.

	ISO	ICC
Essiccazione	ISO 712:2009	ICC 109/1 e ICC 110/1
NIRS		ICC 202

«Il metodo di riferimento per determinare il contenuto d'acqua in un campione si basa sull'essiccazione in forno.»

2. CONTENUTO DI MINERALI

2.1 L'importanza dei minerali e il loro legame con la panificazione

Il contenuto di minerali, vale a dire le ceneri, rappresenta l'1,5-2% del peso del chicco di frumento. Si trovano principalmente nei gusci, i quali rappresentano a loro volta dal 12 al 15% del peso del chicco, e in particolare nello strato aleuronico.

IL RUOLO DETERMINANTE DEL TASSO D'ESTRAZIONE (GRADO DI ABBURATTAMENTO) NELLA COMPOSIZIONE DELLA FARINA.

Il tasso d'estrazione corrisponde alla quantità di farina estratta da 100 kg di frumento e determina, insieme alla composizione dei chicchi, la composizione della farina. Un tasso d'estrazione basso produrrà una farina senza crusca e germe, quindi povera di ceneri, fibre e lipidi; mentre una farina dal tasso d'estrazione elevato, che quindi conserva tutti gli strati del chicco, conterrà 3 volte più ceneri e 5 volte più fibre.

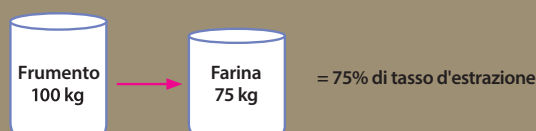
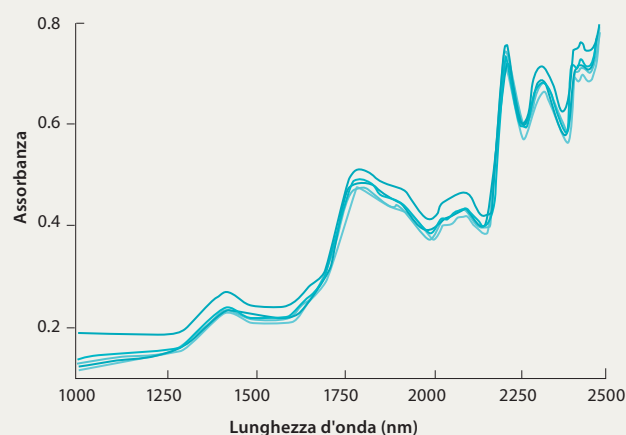


FIGURA 2. IMPRONTES PETTRALI DELLA FARINA DI FRUMENTO NEL VICINO INFRAROSSO.



Fonte: Dong et Sun, 2013

PRINCIPIO DI MISURAZIONE MEDIANTE SPETTROSCOPIA DEL VICINO INFRAROSSO (NIRS)

La spettroscopia del vicino infrarosso (NIRS) è una tecnica analitica che si basa sull'assorbimento della luce da parte della materia organica dei campioni. Le lunghezze d'onda del vicino infrarosso dello spettro luminoso (800-2500 nm) interagiscono con i legami chimici tra gli atomi delle molecole organiche (carbonio, azoto, idrogeno...). L'energia luminosa viene assorbita quando la frequenza della radiazione che colpisce il legame è uguale alla frequenza di vibrazione di quel legame. È quindi possibile collegare una lunghezza d'onda ad un determinato legame e l'assorbimento della luce sarà collegato al numero di legami chimici presenti nel campione e alle loro interazioni e quindi, in ultima analisi, alla sua composizione chimica. Questa tecnica offre diversi vantaggi: durata di misurazione molto breve (pochi secondi), la possibilità d'analizzare più componenti e di effettuare misurazioni di continuo, senza alterare il prodotto.

Il contenuto di ceneri dipende principalmente dal tasso d'estrazione della farina (si veda il riquadro).

La determinazione del contenuto di ceneri è sia di interesse normativo, per la categorizzazione delle farine, sia tecnologico, in quanto ne orienta l'utilizzo in panificazione (Tabella 1).

Ha anche una valenza sul piano nutrizionale. I fosfati e i solfati di potassio, magnesio e calcio rappresentano circa il 95% dei minerali del frumento, il quale contiene anche, in ordine di grandezza, manganese, ferro, zinco, sodio e rame (Cordain, 1999).

2.2 Metodi esistenti

TABELLA 1. CLASSIFICAZIONE ITALIANA DELLE DIVERSE CATEGORIE DI FARINA DI GRANO TENERO.

Tipo e denominazione	Umidità massima %	Su cento parti di sostanza secca		
		Ceneri		Proteine min. (azoto x 5,70)
		Minimo	Massimo	
Farina di grano tenero tipo 00	14,50		0,55	9,00
Farina di grano tenero tipo 0	14,50		0,65	11,00
Farina di grano tenero tipo 1	14,50		0,80	12,00
Farina di grano tenero tipo 2	14,50		0,95	12,00
Farina integrale di grano tenero	14,50	1,30	1,70	12,00

Fonte: D.P.R. 9 febbraio 2001, n. 187

dopo che la temperatura del forno viene portata a 900°C) e il raffreddamento in un essiccatore a tenuta ermetica. Il peso del residuo corrisponde alla quantità di ceneri presenti nel prodotto.

Espressione dei risultati: i risultati espressi sono precisi allo 0,01% e rapportati alla quantità di sostanza secca. Il contenuto di ceneri viene calcolato con la seguente formula:

$$\text{Ceneri} = (M2-M1) \times [100/M0] \times [100/100-H]$$

M0: massa del campione (in g)

M1: massa della capsula d'incenerimento (in g)

M2: massa della capsula e del residuo d'incenerimento (in g)

H: contenuto d'acqua del campione (in %)

2.2.2 Spettroscopia del vicino infrarosso

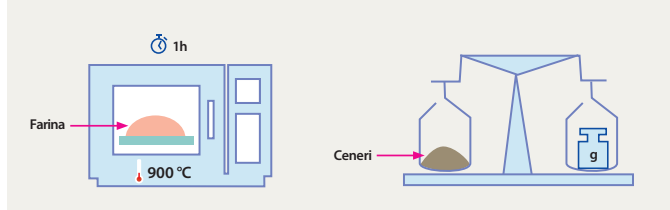
Principio: in genere, il contenuto di minerali viene determinato con la spettroscopia del vicino infrarosso (si veda il riquadro a pag. 3), che rappresenta quindi un metodo alternativo preferito per la sua semplicità, rapidità e precisione. Tuttavia, i minerali che costituiscono le ceneri non hanno legami molecolari che rispondono alla misurazione classica del vicino infrarosso: sono quindi inerti alle lunghezze d'onda utilizzate nella NIRS, pertanto la loro misurazione diretta risulta fisicamente impossibile con questo metodo. La NIRS è un metodo di misurazione indiretta, nel caso delle ceneri, è due volte indiretta. Il contenuto di minerali della farina è associato

2.3. Validità delle misurazioni e norme pertinenti

Data la quantità esigua di ceneri contenute nelle farine, e prendendo come metodo di riferimento il **forno di incenerimento**, è opportuno utilizzare bilance di precisione opportunamente adattate, cioè precise al centesimo di milligrammo. È consigliato, inoltre, l'uso di un campione di controllo per monitorare il processo d'incenerimento. Infine, è opportuno impiegare dei cestelli di quarzo o platino (e non di silice). I cestelli di platino consentono un incenerimento veloce (1 ora), in quanto non temono gli shock termici che altrimenti richiederebbero un aumento graduale della temperatura all'ingresso e all'uscita dal forno (ITCF, 2001).

Si ricorda anche che i risultati ottenuti per i minerali nella NIRS presentano degli errori di predizione variabili a seconda della natura dei campioni e del loro contenuto di ceneri (Bastianelli *et al.*, 2019). Il principale rischio d'errore è la contaminazione da parte di minerali esterni al campione quali sabbia e terra, e risulta quindi minimo nel caso dell'analisi delle farine. Tuttavia, dato che la determinazione del contenuto di minerali si basa sulla misurazione dei composti organici correlati, è pressoché impossibile ottenere una misurazione precisa equivalente a quella del metodo di riferimento (Chopin®).

FIGURA 3. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI MINERALI NEL FORNO DI INCENERIMENTO.



ai componenti cellulorici che compongono i gusci dei chicchi. Essendo organica, la materia cellulorica assorbe le lunghezze d'onda specifiche nella spettroscopia del vicino infrarosso, ed è così che si determina il contenuto di minerali (Chopin®).

Misurazione ed espressione dei risultati: il contenuto di ceneri viene determinato per correlazione a partire dall'intensità dello spettro riflesso con le lunghezze d'onda specifiche dei legami cellulorici. Come avviene per la determinazione del contenuto d'acqua, il risultato viene ottenuto con il software integrato nello spettroscopio dopo l'elaborazione statistica ed espresso in % in rapporto alla sostanza secca.

TABELLA B. NORME RELATIVE ALLA MISURAZIONE DEL CONTENUTO DI MINERALI.

	ISO	ICC
Ceneri da incenerimento	ISO 2171:2009	ICC 104/1

3. CONTENUTO DI LIPIDI E GRADO DI ACIDITÀ DEI GRASSI

3.1 L'importanza dei lipidi e il loro legame con la panificazione

I lipidi rappresentano una piccola frazione dei componenti del chicco di frumento e della farina, inferiore al 2%. Sono composti da lipidi non polari (compresi in particolare i trigliceridi) e lipidi polari (fosfolipidi e glicolipidi) (Figura 4). I lipidi contribuiscono in modo determinante alle caratteristiche di un impasto. Pertanto, i lipidi polari agiscono sulla viscosità e sulla plasticità dell'impasto; inoltre si ritiene che stabilizzino gli alveoli della mollica. Livelli bassi di lipidi polari nella farina influiscono notevolmente sul volume della pagnotta. Infine, durante la conservazione, i lipidi tendono a trasformarsi in acidi grassi

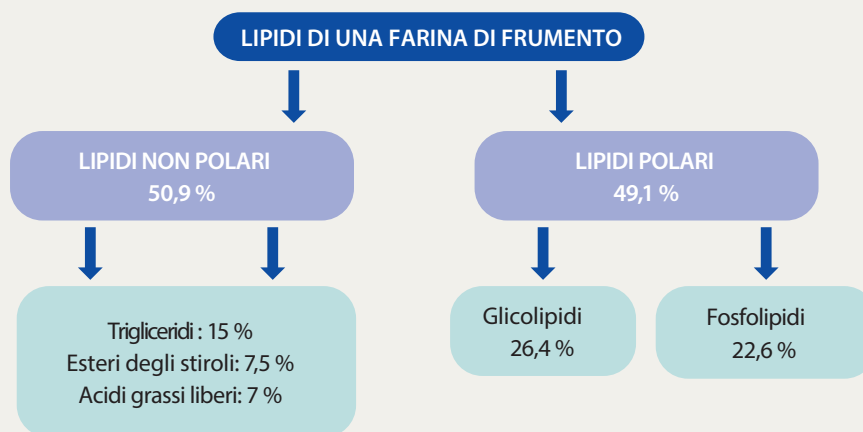
liberi. I livelli di acidità dei grassi (vedi sotto) riflettono le condizioni di conservazione della farina (ITCF, 2001).

3.2 Metodi esistenti

I metodi di quantificazione dei grassi sono raramente utilizzati di routine per le farine. Il metodo Randall è un esempio di un metodo esistente.

«I lipidi di un alimento rappresentano la sua frazione estraibile mediante solventi organici.»

FIGURA 4. CLASSIFICAZIONE DEI LIPIDI DELLA FARINA DI FRUMENTO.



Fonte: LTL1303. Dal grano tenero alle proprietà panificabili della farina. Pyle et Gorton, 2008, sulla base di Pomeranz et Chung, 1978.

3.2.1 Metodo d'estrazione di Randall

Principio: i lipidi presenti in un alimento rappresentano la frazione estraibile mediante solventi organici. Il metodo di riferimento per la determinazione del contenuto di sostanze grasse grezze totali e i grassi totali presenti nei cereali si basa quindi sull'estrazione, seguita dalla pesatura. È da notare che l'Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) ha standardizzato un metodo per la determinazione dei lipidi totali negli alimenti (compresi gli acidi grassi saturi e insaturi), basato sull'idrolisi acida seguita poi da una gascromatografia capillare; questo metodo permette di rispettare la definizione legale di lipidi prevista dalla legge americana sull'etichettatura e sull'educazione nutrizionale, secondo la quale tale contenuto è la somma di tutti gli acidi grassi espressi come trigliceridi (Greenfield e Southgate, 2007).

Misurazione: lo standard internazionale ISO 11085-2015 specifica i metodi operativi per determinare il contenuto di grassi nei cereali, nei prodotti a base di cereali e nei mangimi per animali. La scelta dell'uno o dell'altro metodo dipende dalla natura e dalla composizione del prodotto analizzato, nonché dallo scopo dell'analisi. Il metodo operativo A è un metodo utilizzato per determinare la materia grassa grezza direttamente estraibile, applicabile a tutti i prodotti ad eccezione di quelli che rientrano nell'ambito del metodo operativo B. Il metodo operativo B è un metodo utilizzato per determinare il grasso totale, applicabile a tutti i prodotti dove non è possibile estrarre completamente oli e grassi senza ricorrere prima ad una idrolisi. Va notato che la maggior parte dei cereali presenta un contenuto di sostanze grasse totali significativamente più elevato quando vengono sottoposti a test con utilizzo del metodo operativo B rispetto al metodo operativo A (si veda la norma per i dettagli di questi metodi operativi).

Espressione dei risultati: il contenuto di sostanze grasse totali è espresso allo 0,01% più prossimo nel campione grezzo analizzato.

Grassi totali= $M2-M1/M0 \times 100$

M0: massa del campione (in g)

M1: massa del Büchi d'estrazione prima dell'estrazione (in g)

M2: massa del Büchi d'estrazione dopo l'estrazione (in g)

3.2.2 Spettroscopia del vicino infrarosso

Nella NIRS (si veda il riquadro a pag. 3), i lipidi mostrano forti bande di assorbimento del gruppo carbonile. Questo metodo è stato validato per i cereali (Greenfield et Southgate, 2007).

3.2.3 Grado di acidità dei grassi

Principio e misurazione: questa determinazione si basa su un test colorimetrico di almeno 30 g di farina (ITCF, 2001). Gli acidi grassi liberi vengono posti in una soluzione di etanolo al 95%. La soluzione viene centrifugata e il surnatante viene titolato con idrossido di sodio. Durante la reazione colorimetrica la soluzione vira dal giallo al rosa pallido per pochi secondi. Un filtro di colore arancione può aiutare nella valutazione di questa reazione chimica (ITCF, 2001).

Espressione dei risultati: i risultati ottenuti, espressi come mg di idrossido di sodio/100 g di sostanza secca, possono essere convertiti in mg di idrossido di potassio. Acidità grassa espressa in mg di idrossido di potassio/100 g di sostanza secca = $0,7130 \times \text{acidità grassa misurata in mg di idrossido di sodio/100 g di sostanza secca}$.

3.3 Validità delle misurazioni e norme pertinenti

Il contenuto lipidico totale o l'estratto totale ottenuto dopo l'estrazione in un solvente organico dipende in gran parte dal metodo utilizzato. Un metodo classico, basato sull'estrazione continua con etere di petrolio, viene effettuato in un estrattore Soxhlet su campioni di alimenti secchi, a volte preceduto da idrolisi acida. Questa tecnica richiede molto tempo e l'estrazione dei lipidi è spesso incompleta, soprattutto nei prodotti da forno. Altri solventi, come il tricloroetilene, sono quindi utilizzati in un certo numero di sistemi automatici di tipo Foss-Let e consentono estrazioni più complete (Greenfield et Southgate, 2007).

L'efficacia della NIRS nella misurazione dei lipidi dipende dal livello di calibrazione effettuata su matrici comparabili e dall'uso di un metodo di calibrazione approvato. Per questo motivo è il metodo più comunemente utilizzato per test di routine in grandi serie su alimenti simili come i cereali (Greenfield et Southgate, 2007).

TABELLA C. NORME RELATIVE ALLE MISURAZIONI DEL CONTENUTO E DELLA QUALITÀ DEI LIPIDI.

Sostanze grasse totali	ISO 11085:2015	ICC 136
Acidità grassa	ISO 7305:2019	

4. CONTENUTO DI PROTEINE E GLUTINE

4.1 L'importanza delle proteine e il loro legame con la panificazione

Il contenuto proteico è determinante nella panificazione: è di interesse tecnologico, nutrizionale ed economico. Questo criterio è quindi spesso specificato nei contratti e annotato subito al ricevimento delle partite di frumento.

Le proteine del frumento possono essere classificate in quattro categorie (Osborne, 1907): due categorie di proteine solubili (albumine e globuline) e due categorie di proteine insolubili (gliadine e glutenine) (Figura 5).

Le glutenine e le gliadine sono responsabili della formazione di un complesso proteico viscoelastico: il glutine, caratteristica essenziale delle farine destinate alla panificazione. Il glutine si forma quando la farina viene idratata durante l'impastamento e garantisce che l'impasto trattienga i gas prodotti durante la fermentazione.

Il rapporto gliadine/glutenine riflette l'equilibrio tra estensibilità

poi resi alcalini mediante l'aggiunta di idrossido di sodio, in modo da trasformare il solfato d'ammonio nella sua forma volatile (l'ammoniaca). L'ammoniaca così formata si viene distillata e misurata (ITCF, 2001).

Misurazione ed espressione dei risultati: il contenuto proteico si ricava dal contenuto di azoto. I risultati sono espressi allo 0,01% più vicino per il contenuto di azoto e allo 0,1% più vicino per il contenuto di proteine, e rapportati alla quantità di sostanza secca (ITCF, 2001)

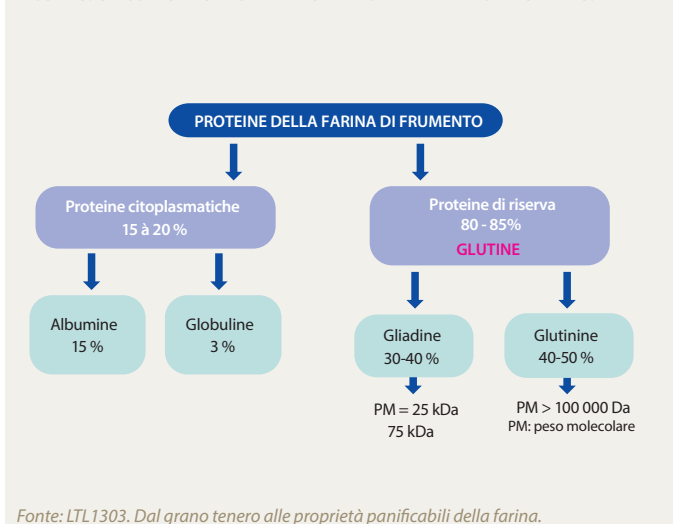
Contenuto di proteine = $5,7 \times N \times [100/100-H]$

5,7: fattore di conversione utilizzato per riflettere il contenuto medio di azoto nelle proteine per i prodotti a base di grano tenero, grano duro e segale. Si fa notare che ad alcuni prodotti della macinazione può talvolta essere applicato un fattore del 6,25 (Norme ISO20483).

N: contenuto di azoto

H: contenuto d'acqua del campione (in %)

FIGURA 5. CLASSIFICAZIONE DELLE PROTEINE DELLA FARINA DI FRUMENTO.



dell'impasto (assicurata dalle gliadine) ed elasticità dell'impasto (assicurata dalle glutenine). Le proprietà viscoelastiche del glutine vengono valutate tramite la "forza" della farina (W) e il rapporto tenacità/estensibilità (P/L), due parametri misurati con l'alveografo di Chopin®.

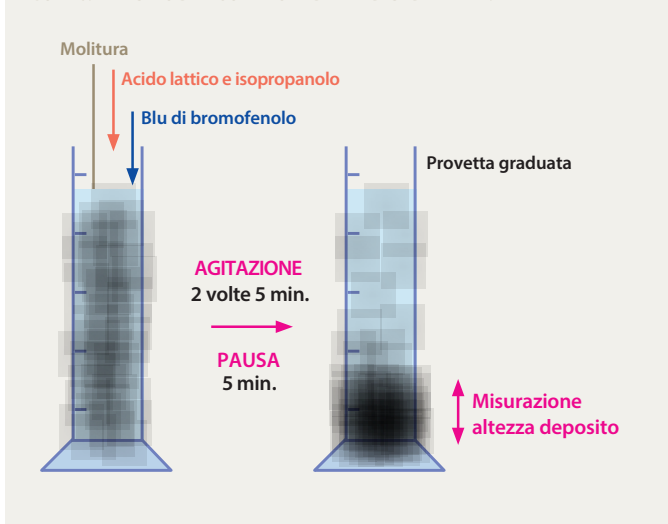
4.2 Metodi esistenti

Esistono due metodi assoluti per la determinazione dell'azoto totale: il metodo Dumas e il metodo Kjeldahl, meno rapido. Sono spesso usati insieme, ed entrambi sono sensibili alle adulterazioni. In entrambi questi due metodi quantitativi, e analogamente nella NIRS, si considera che l'azoto totale della farina sia presente sotto forma di proteine. Pertanto, il risultato dell'azoto indica il contenuto di proteine. L'indice di Zéleny e il sistema Glutomatic® sono più efficaci nel determinare la qualità del glutine.

4.2.1 Metodo Kjeldahl

Principio: il metodo Kjeldahl è il metodo di riferimento per la determinazione del contenuto proteico nei prodotti alimentari. Sviluppata dal ricercatore danese Johan Kjeldahl alla fine del XIX secolo, questa misurazione chimica prevede due fasi: la farina viene prima mineralizzata riscaldando un campione con acido solforico a 420°C sotto una cappa aspirante per un'ora, in modo da trasformare l'azoto organico in azoto minerale. I prodotti della reazione vengono

FIGURA 6. PRINCIPIO DI MISURAZIONE DELL'INDICE DI ZÉLÉNY.



4.2.2 Spettroscopia del vicino infrarosso

La NIRS viene utilizzata per ottenere rapidamente dei risultati con poca attrezzatura e senza la necessità di un laboratorio (si veda il riquadro a pag. 3). L'affidabilità di questo metodo si basa sul forte assorbimento del legame N-H nello spettro infrarosso (Bastianelli et al., 2019).

4.2.3 Indice di Zéleny

L'indice di Zéleny è di interesse normativo e tecnico (classificazione dei frumenti).

Principio e misurazione: il metodo si basa sulla capacità delle proteine della farina di gonfiarsi in un ambiente acido. L'indice corrisponde all'altezza del deposito ottenuto dopo l'agitazione e la sedimentazione di un preparato di farina in sospensione in un reagente (acido lattico, isopropanolo e agente colorante). La norma ISO 5529-2007 si applica esclusivamente al grano tenero (*Triticum aestivum* L.).

Espressione dei risultati: il risultato è espresso in ml, con un numero intero. Il valore è compreso tra 0 e 70. Maggiore è l'indice, maggiore è il contenuto di glutine (Tabella 2).

4.2.4 Contenuto di glutine umido e « Indice di Glutine »

Principio: il contenuto di glutine umido e l'indice di Glutine vengono determinati in maniera automatica e ripetibile con l'ausilio dell'apparecchio Glutomatic® (ITCF, 2001).

Misurazione: il contenuto di glutine della farina viene determinato dopo la sua estrazione. Una soluzione di farina e sale al 2% viene posta in un mixer meccanico a formare un impasto, che viene poi lavato dall'amido (ITCF, 2001) per lasciare come residuo un glutine umido. La qualità del glutine e, più specificatamente, le sue caratteristiche viscoelastiche, vengono determinate facendolo passare attraverso un setaccio forato: maggiore è l'elasticità e la tenacità del glutine, minore è la sua capacità di passare attraverso il setaccio. La parte rimasta all'interno del setaccio viene poi raccolta e utilizzata per valutare la qualità del glutine.

Espressione dei risultati: il contenuto di glutine umido è espresso come % della sostanza secca (o ricondotto ad una farina con il 14% di umidità) arrotondato allo 0,1% più prossimo. L'indice del Glutine, invece, viene arrotondato al numero intero più prossimo (ITCF, 2001):

Indice glutine = $G1 \times 100 / G0$

G0 = glutine totale

Indice glutine = glutine residuo sul setaccio

4.3 Validità delle misurazioni e norme pertinenti

Il metodo Kjeldahl può essere applicato a tutti gli alimenti con deboli interferenze da parte dell'azoto inorganico, con bassi costi di analisi (Greenfield e Southgate, 2007). Per ottenere risultati fedeli e accurati, è necessario tuttavia un attento controllo di ogni fase (ITCF, 2001).

La misurazione con la NIRS dipende molto dalla calibrazione precisa dell'apparecchio. Non esiste una relazione generale tra il contenuto di glutine umido (che dipende molto dalla varietà) e l'indice di glutine misurato col sistema **Glutomatic®** (ITCF, 2001).

TABELLA 2. DETERMINAZIONE DELL'IDONEITÀ ALLA PANIFICAZIONE DI UNA FARINA IN FUNZIONE DEL SUO INDICE DI ZÉLÉNY.

Indice di Zéleny	Idoneità alla panificazione
< 16	Insufficiente (non panificabile)
16-25	Media
25-38	Ottima
> 38	Elevata (miglioratore, farina forte)

TABELLA D. NORME RELATIVE ALLA MISURAZIONE DEL CONTENUTO PROTEICO E DELLA QUALITÀ DEL GLUTINE.

	ISO	ICC
Contenuto proteico (Kjeldahl)	ISO 1871:2009	ICC 105/2
Contenuto proteico (NIRS)		ICC 159 e 202
Indice di Zéleny	ISO 5529:2007	ICC 116/1
Glutine umido e indice Glutine	ISO 21415-2:2015	ICC 106/2 e 137/1

«Per misurare il contenuto d'amido totale, l'amido resistente deve essere trattato con dimetilsolfossido prima dell'idrolisi enzimatica.»

5. CONTENUTO D'AMIDO

5.1 L'importanza dell'amido e il suo legame con la panificazione

In termini di carboidrati, la farina contiene:

- pochi zuccheri semplici (mono e disaccaridi) presenti in quantità molto limitate, intorno a 1 g/100 g, che fungono da base di partenza per la fermentazione dei lieviti;
- l'amido, il componente principale della farina, che rappresenta circa il 75% del peso della farina, ed è quindi la principale fonte di zuccheri assimilabile dal lievito durante la fermentazione. Tuttavia, affinché il lievito possa utilizzarlo, l'amido deve prima essere idrolizzato in molecole più piccole (soprattutto maltosio) sotto l'azione degli enzimi presenti nella farina: le amilasi.

I carboidrati contribuiscono pure ai fenomeni di colorazione che si verificano durante la cottura (caramellizzazione e reazione di Maillard), nonché al rafforzamento (retrogradazione dell'amido).

5.2 Metodi esistenti

5.2.1 Metodo polarimetrico di Ewers

Principio e misurazione: il metodo Ewers si basa sull'idrolisi acida dell'amido, seguita da due misurazioni polarimetriche: in primo luogo, del potere rotatorio della soluzione di

amido risultante e, in secondo luogo, del potere rotatorio di sostanze solubili in etanolo. Il contenuto di amido viene determinato calcolando la differenza tra queste due misurazioni polarimetriche, moltiplicata per un fattore determinato in base alla natura del campione (ITCF, 2001).

Espressione dei risultati: Il risultato è espresso in rapporto alla sostanza secca.

Contenuto d'amido = $[2000 \times (P-P') / [\alpha]_{D20}] \times [100 / 100-H]$

P: potere rotatorio totale

P': potere rotatorio delle sostanze solubili nell'etanolo

α_{D20} : potere rotatorio specifico del tipo di amido
(cioè + 182,7 ° per l'amido di frumento)

H: contenuto d'acqua (in %)

5.2.2 Metodo enzimatico

Principio e misurazione: il metodo enzimatico permette di misurare l'amido della farina (30 g minimo di farina) dopo aver eliminato gli zuccheri preesistenti. L'amido è sottoposto all'azione di un enzima (amiloglucosidasi) che lo trasforma in glucosio, ed è questo glucosio liberato che viene misurato (ITCF, 2001).

Espressione dei risultati: il contenuto di amido si ricava dal contenuto di glucosio mediante un fattore di conversione dello 0,9 (Thivend *et al.*, 1965; ITCF, 2001).

Contenuto d'amido = $0,9 \times C \times 250 \times D / M0 \times 100 (100 - H)$

C: concentrazione di glucosio misurata sulla curva di calibratura

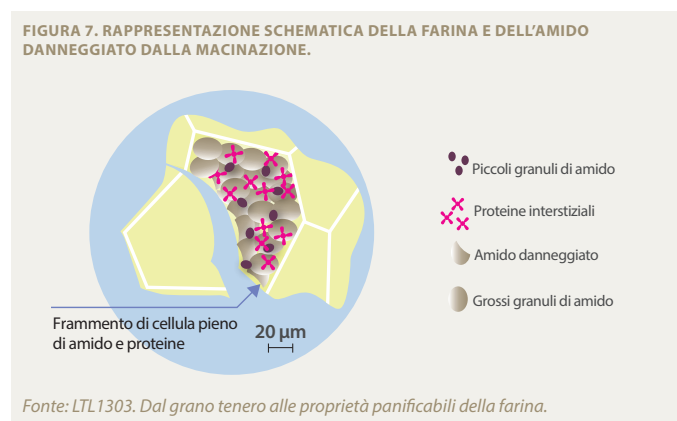
D: fattore di diluizione

M0: massa provino (in g)

H: contenuto d'acqua (in %)

5.2.3 Spettroscopia del vicino infrarosso

Il contenuto di amido come anche quello degli zuccheri totali può essere determinato mediante NIRS (si veda il riquadro a pag. 3). Per la misurazione dell'amido, si ottengono risultati molto precisi negli alimenti e nelle materie prime (Bastianelli *et al.*, 2019).



5.3 Validità delle misurazioni e norme pertinenti

Il metodo di Ewers si applica esclusivamente ai prodotti ricchi d'amido e quindi ai prodotti a base di cereali, anche se, risulta di difficile attuazione dato il gran numero di variabili che possono influenzare il grado d'idrolisi. Il metodo enzimatico è quindi preferibile anche se più dispendioso in termini di tempo. Richiede inoltre, un buon livello di capacità tecnica (ITCF, 2001). I punti essenziali sono la scelta degli enzimi e le condizioni d'idrolisi. Inoltre, se si ricerca il contenuto d'amido totale, l'amido resistente agli enzimi deve essere trattato in precedenza con dimetilsolfossido (DMSO) prima dell'idrolisi (Greenfield et Southgate, 2007).

TABELLA E. NORME PERTINENTI ALLA MISURAZIONE DEL CONTENUTO D'AMIDO.

	ISO	ICC
Metodo Ewers	ISO 10520:1998	ICC 123/1
Metodo enzimatico		ICC 128/1 e ICC 168

6. CONTENUTO DI AMIDO DANNEGGIATO

6.1 L'importanza dell'amido danneggiato e il suo legame con la panificazione

L'amido della farina si compone di granuli solidi che nella loro forma primaria sono praticamente inattaccabili dagli enzimi (Pérez *et al.*, 2009). Durante la macinazione del grano presso il mulino, a causa delle pressioni esercitate dai cilindri, una frazione più o meno rilevante dei granuli di amido subisce un danneggiamento meccanico (Figura 7). Il contenuto di amido danneggiato varia, a seconda del paese, in funzione delle tecniche molitorie usate.

L'amido danneggiato è molto più vulnerabile agli attacchi enzimatici rispetto all'amido classico. In fase di panificazione, influenza l'assorbimento d'acqua (collosità), la fermentazione (apporto di zuccheri fermentabili), così come il comportamento dell'impasto e dei prodotti finiti (minor volume, colorazione rossa).

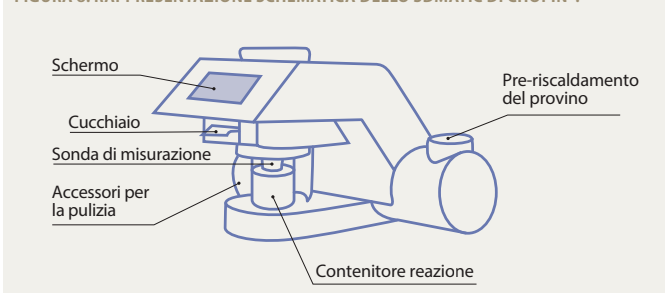
6.2 Metodi esistenti

Il danneggiamento dell'amido rappresenta l'insieme dei cambiamenti strutturali che sono riscontrabili mediante tecniche diverse. Il livello di danneggiamento dell'amido è correlato al numero di granuli d'amido danneggiati e al loro livello individuale di disorganizzazione. La maggior parte dei protocolli sperimentali di misurazione si basano sull'incremento della suscettibilità enzimatica.

6.2.1 Metodo amperometrico (SDmatic Chopin®)

Principio e misurazione: l'SDmatic di Chopin® è un apparecchio di misurazione amperometrico che calcola in maniera rapida (in meno di 10 minuti) la percentuale di amido danneggiato mediante l'assorbimento di iodio da parte di una sospensione diluita di

FIGURA 8. RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLO SDMATIC DI CHOPIN®.



farina. Lo iodio viene adsorbito, poi assorbito dall'amido, tanto più rapidamente se l'amido è danneggiato. È il metodo di riferimento per stimare il danneggiamento dell'amido nella farina di grano tenero (*Triticum aestivum* L.).

Espressione dei risultati: l'apparecchio misura l'intensità elettrica (mA) proporzionale alla quantità di iodio libero in soluzione. Più è considerevole il danneggiamento dell'amido, più la quantità di iodio fissata è considerevole e meno forte risulta la corrente residua alla fine del test. Con lo SDmatic di Chopin®, il risultato è espresso in UCD (unità Chopin® Dubois) +/- 3% e l'ambito di misurazione è compreso tra 12 e 28 UCD.

6.2.2 Metodi enzimatici

Esistono diversi metodi enzimatici (Audidier, AACC, Farrand) per determinare l'amido danneggiato.

Principio: L'aumento della suscettibilità all'idrolisi amilasica dei granuli d'amido danneggiati, rispetto ai granuli d'amido nativi, ha rappresentato la base di numerose metodiche volte a quantificare

il danneggiamento dell'amido. Nella maggior parte di queste metodiche, gli alfa-glucani solubilizzati (glucosio e oligosaccaridi) vengono misurati dopo l'idrolisi mediante α -amilasi o β -amilasi (Champ et Colonna, 1993).

Espressione dei risultati: la percentuale di danneggiamento dell'amido è definita come la quantità di amido (espressa in g) sottoposta ad una idrolisi enzimatica per 100 g di campione su una base d'umidità del 14%. Ogni metodica propone una propria espressione dei risultati.

6.2.3 Spettroscopia del vicino infrarosso

L'amido danneggiato può essere misurato anche mediante NIRS (si veda il riquadro a pag. 3) che ha una buona correlazione con il metodo enzimatico e presenta un margine d'errore simile (Champ et Colonna, 1993).

6.3 Validità delle misurazioni e norme pertinenti

Grazie ai risultati ottenuti in 10 minuti e ad una buona riproducibilità, il metodo amperometrico risulta essere il metodo preferito. Esistono tuttavia delle buone correlazioni con i metodi enzimatici (Rogers *et al.*, 1994). Tra questi, il metodo approvato ufficialmente dall'American Association for Clinical Chemistry (AACC) utilizza una alfa-amilasi fungina, che meglio si adatta alle farine di frumento. Un metodo più rapido (30 minuti) è stato proposto nel 2004 con una buona correlazione rispetto ai metodi tradizionali (Boyaci *et al.*, 2004).

TABELLA F. NORME RELATIVE ALLA MISURAZIONE DELL'AMIDO DANNEGGIATO.

	ISO	ICC	AACC
Metodo amperometrico	ISO 17715 :2015	ICC 172	AACC 76-33.01
Metodo enzimatico		ICC 164	AACC 76-30.02

7. CONTENUTI DI FIBRE

7.1 L'importanza delle fibre e il loro legame con la panificazione

Le fibre sono ubicate principalmente nel pericarpo del chicco di frumento. Come il contenuto di minerali, il contenuto di fibre della farina di frumento dipende quindi sostanzialmente dal tasso d'estrazione della farina.

Le fibre del chicco di frumento si compongono principalmente di carboidrati non amilacei (oligosaccaridi), chiamati comunemente pentosani, che sono presenti per il 2-3% nella farina di frumento (in percentuali superiori nelle farine integrali).

I pentosani possono essere suddivisi in due categorie a seconda della solubilità o della loro struttura (dato che i due criteri sono strettamente collegati). Si distingue tra:

- Pentosani solubili (30%) e pentosani insolubili
- arabinoxilani composti di D-xilosi (pentosani in senso stretto del termine) rispetto agli arabinogalattani composti di D-galattosio.

Durante la panificazione, i pentosani solubili (che corrispondono agli arabinoxilani) hanno la capacità di legare grandi quantità di acqua rendendole non disponibili agli altri componenti dell'impasto come

le proteine, limitando così lo sviluppo della maglia glutinica; da qui il possibile ricorso all'idrolisi mediante le xilanasi. I pentosani hanno pure delle proprietà tensioattive e possono quindi interagire con altri componenti come le proteine del glutine.

7.2 Metodi esistenti

Il problema principale che si presenta quando si tratta di scegliere un metodo d'analisi delle fibre è legato alla loro definizione e alla loro interpretazione in un'ottica analitica (si veda il riquadro a pag. 3).

Parliamo dei «componenti delle pareti vegetali cellulari indigeste degli alimenti», della «somma dei polisaccaridi vegetali e della lignina che non vengono digeriti dagli enzimi del tratto gastro intestinale» o più semplicemente dei «carboidrati indisponibili», vale a dire i polisaccaridi non amilacei a seconda delle diverse definizioni utilizzate?

Inoltre, dato che le misurazioni delle frazioni solubili e insolubili dipendono in larga parte dai metodi applicati, uno studio FAO/OMS (1998) ha concluso che non era giustificato dal punto di

FIBRE ALIMENTARI DEL FRUMENTO E PENTOSANI, DI COSA SI TRATTA?

Esistono numerose definizioni delle fibre alimentari. La definizione dell'Autorità Europea della Sicurezza Alimentare (Efsa) raggruppa, sotto la voce "fibre alimentari", i glucidi edibili composti da almeno 3 unità monomeriche e che non vengono digeriti, tanto meno assorbiti nell'intestino tenue umano (Efsa, 2010).

Nel caso dei prodotti a base di frumento, questa definizione comprende essenzialmente:

- i glucidi a parete vegetale: pentosani, ma anche lignina, composti fenolici, cera, saponine, fitati, cutina e fitosteroli;
- gli oligosaccaridi non digeribili: i fruttanasi;
- l'amido resistente.

Solubili o insolubili, i pentosani sono fibre ad elevata massa molecolare (HMwDF). Questa frazione di fibre non include gli oligosaccaridi non digeribili, tantomeno l'amido resistente, che rientrano comunque nella definizione delle fibre alimentari.

I fruttanasi, che sono i principali oligosaccaridi non digeribili del frumento, sono delle fibre a basso peso molecolare (LMwDF).

Fonte: Bar-I'Helgouac'h *et al.*, 2013.

vista fisiologico fornire dei valori separati basati sulla solubilità (Greenfield et Southgate, 2007). Noi descriviamo quindi solo i metodi che consentono di misurare il contenuto di fibre alimentari totali (Total Dietary Fibre, TDF). Conviene comunque ricordare che, a seconda del metodo utilizzato, il risultato non avrà lo stesso significato (Tabella 3).

7.2.1 Metodo enzimatico-gravimetrico (Prosky)

Il metodo enzimatico-gravimetrico è uno dei metodi di riferimento per la misurazione delle fibre alimentari totali (AOAC 985.29). I residui vengono pesati dopo l'estrazione dell'amido, in modo da fornire una misurazione del TDF. Il metodo implica una correzione per considerare le proteine non digerite e la concentrazione minerale. L'azoto totale e le ceneri sono misurati e sottratti per ottenere il contenuto di TDF che di fatto include solo le fibre ad elevata massa molecolari (HMwDF).

7.2.2 Metodo enzimatico-gravimetrico + HPLC

Esistono due metodi, sempre ufficiali, che derivano da quello precedente. Questi due integrano, in seguito alla misurazione enzimatica-gravimetrica, una cromatografia a fase liquida (HPLC) degli oligosaccaridi non digeribili a bassa massa molecolare (LMwDF). L'aggiunta di questa misurazione consente una maggiore precisione dei risultati rispetto al metodo Prosky.

La differenza tra questi due metodi consiste nel tipo di trattamento enzimatico impiegato:

- **metodo Ohkuma** (AOAC 2001.03): idrolisi rapida grazie a una alfa-amilasi termostabile ad alta temperatura, come nel metodo Prosky;
- **metodo McCleary** (AOAC 2009.01): idrolisi che mima le condizioni fisiologiche della digestione. Come il metodo originale, quello di Ohkuma sottostima la quantità di amido resistente, dato che una parte di questo può essere degradata durante il trattamento enzimatico. Per contro, il metodo di McCleary fornisce una migliore indicazione della quantità di amido resistente, dato che l'amido in questione è resistente ad un processo di digestione in vitro (Tabella 3).

7.3 Validità delle misurazioni

Il metodo Prosky è stato ampiamente adottato ed è molto utilizzato per la misurazione delle fibre alimentari totali. Esso non considera, tuttavia, gli oligosaccaridi non digeribili e non tiene conto dell'amido resistente (Bar-l'Helgouac'h et al., 2013). Inoltre, questa procedura presuppone una vasta esperienza per riuscire a misurare le concentrazioni basse (Greenfield et Southgate, 2007). Un confronto dei tre metodi descritti in precedenza, per la misurazione delle fibre nei prodotti a base di frumento, ha evidenziato che l'ultimo metodo sviluppato (AOAC 2009.01) consente di valutare l'insieme delle fibre alimentari con parametri di fedeltà confrontabili con gli altri due metodi (Bar-l'Helgouac'h et al., 2013). Gli autori di questo studio fanno notare che il suo utilizzo per i prodotti fabbricati a partire da farina di tipo 55 incide considerevolmente sul contenuto di fibre totali, data la quota importante di oligosaccaridi non digeribili e di amido resistente in questi prodotti.

“Nonostante le sue imprecisioni, il metodo Prosky resta molto diffuso.”

TABELLA 3. CONFRONTO DEI PRINCIPALI METODI DI MISURAZIONE DELLE FIBRE ALIMENTARI TOTALI (TDF)

Enzimatico- gravimetrico (Prosky)	Enzimatico- gravimetrico + HPLC (Ohkuma)	Enzimatico- gravimetrico + HPLC (McCleary)
AOAC 985.29	AOAC 2001.03	AOAC 2009.01
Digestione enzimatica « in vitro »		
alfa-amilasi 95°C 15 min		alfa-amilasi 37°C 16 h
Recupero e misurazione delle fibre		
Pesatura fibre solubili e insolubili ad elevata massa molecolare = HM _w DF		
Misurazione fibre a bassa massa molecolare mediante HPLC = LM _w DF		
TDF = HM _w DF	TDF = HM _w DF + LM _w DF	TDF = HM _w DF + LM _w DF Amido resistente incluso

Fonte: Bar-l'Helgouac'h et al., 2013.

«La scelta del metodo d'analisi delle fibre implica la scelta del tipo di fibre. »

8. ATTIVITÀ ENZIMATICA

8.1 L'importanza degli enzimi e il loro legame con la panificazione

Gli enzimi sono proteine che fungono da catalizzatori per reazioni biochimiche. Alcuni sono naturalmente presenti nei chicchi di frumento e si trovano nelle farine. È il caso delle amilasi, utili per la germinazione dei chicchi. Durante il processo di panificazione, le amilasi presenti nella farina convertono l'amido in zuccheri fermentabili dai lieviti o batteri e permettono, così, la produzione della CO₂ necessaria per la lievitazione dell'impasto. Questi sono conosciuti come enzimi endogeni, in contrapposizione agli enzimi esogeni, che possono essere aggiunti come ingredienti funzionali.

Misurare l'attività enzimatica di una farina significa valutarne l'attività amilasica. Una farina con un indice di caduta elevato viene definita ipodiastatica o ipoamilasica. Il frumento da cui è stata ottenuta conteneva pochi chicchi germogliati. Nel processo di panificazione, la fermentazione sarà più lenta e i prodotti da forno risulteranno poco sviluppati, con una crosta pallida. Una farina con un tempo di caduta basso, al contrario, presenta un'attività amilasica eccessiva. Viene definita iperdiastatica o iperamilasica e si ottiene da grano contenente una grande quantità di chicchi germogliati. Il risultato sarà un impasto molle, colloso e privo di tenacità e prodotti da forno dalla colorazione scura.

8.2 Metodi esistenti

8.2.1 Tempo di caduta di Hagberg

Principio: il tempo di caduta di Hagberg, chiamato anche indice di caduta di Hagberg o indice di caduta di Hagberg-Perten, indica l'attività amilasica nella farina. Si tratta di un metodo standardizzato largamente utilizzato per determinare i danni causati dalla germinazione sui chicchi dei cereali. Il principio si basa sulla misurazione della viscosità di una salda d'amido formata dalla gelatinizzazione di una sospensione acquosa di farina. Il tempo di caduta varia a seconda della quantità di amilasi presenti nella farina.

Misurazione: la misurazione necessita di un apparecchio conforme agli standard internazionali. Tale apparecchio è composto da un bagnomaria, una provetta, un'asta di agitazione e un agitatore. Il campione di farina (7 g per una farina con il 15% di umidità) viene posto nella provetta con acqua distillata, quindi agitato energicamente fino ad ottenere un composto omogeneo. Il tubo viene quindi posto nel bagno di acqua bollente e agitato. L'amido gelatinizza e la sospensione diventa viscosa. Allo stesso tempo, la temperatura induce l'azione dell'alfa-amilasi presente nel campione sull'amido, riducendo così la viscosità della soluzione. Dopo 60 secondi di miscelazione, l'agitatore viene rilasciato nella sua posizione superiore nella provetta e l'operatore misura il tempo che l'asta impiega per raggiungere il fondo. La degradazione dell'amido è direttamente proporzionale all'attività amilasica: maggiore è l'attività, minore è la viscosità e più rapido è il tempo di caduta.

Espressione dei risultati: l'indice di caduta di Hagberg è espresso in secondi. Tiene conto del tempo di agitazione (60 secondi) e del tempo di caduta dell'agitatore. Una farina con attività amilasica equilibrata ha un tempo di caduta compreso tra 200 e 300 secondi; una farina ipoamilasica (assenza di chicchi di grano germogliati) presenta un tempo di caduta più elevato, da 300 a 400 secondi; una farina iperamilasica (farina ottenuta da chicchi di grano germogliati) ha un tempo di caduta inferiore, di 200 secondi.

8.2.2 Amilografo

Principio: il principio è simile a quello del tempo di caduta di Hagberg. L'amilografo viene utilizzato per misurare la viscosità di una sospensione acquosa di farina riscaldata per valutare le condizioni di gelatinizzazione dell'amido e quindi determinare l'attività amilasica.

Misurazione: il metodo standardizzato utilizza un amilografo del tipo Brabender. Una sospensione di farina e acqua distillata viene riscaldata in una ciotola rotante ad una velocità costante di 1,5°C/min. Una sonda di misurazione viene inserita nel campione e si sposta nella ciotola in base alla viscosità del campione.

Lo spostamento viene misurato come viscosità rispetto al tempo in funzione della temperatura e viene registrato automaticamente nell'amilografo.

Espressione dei risultati: l'amilografo consente di valutare: la temperatura di inizio gelatinizzazione, il picco di gelatinizzazione e la temperatura di gelatinizzazione. Questa temperatura corrisponde al valore della temperatura al picco della gelatinizzazione (Figura 10). Si calcola partendo dal tempo trascorso per ottenere il picco di gelatinizzazione, dalla velocità di riscaldamento e dalla temperatura di partenza.

8.3 Validità delle misurazioni e norme pertinenti

Una corretta manutenzione degli apparecchi di misurazione e il rispetto degli standard operativi garantiscono misurazioni dell'attività amilasica affidabili (ITCF, 2001). I valori estremi dell'indice

di caduta di Hagberg non possono essere utilizzati per misurare l'effettiva attività enzimatica di una farina. Oltre i 350 secondi si consiglia pertanto di utilizzare un amilografo. Al contrario, per farine estremamente diastasiche, la differenziazione può essere migliorata aumentando la quantità del campione (da 7 g a 9 g).

TABELLA G. NORME PERTINENTI ALLA MISURAZIONE DEL CONTENUTO DI FIBRE TOTALI.

	ISO	ICC
Metodo Prosky	ICC 156	AOAC 985.29
Metodo Ohkuma		AOAC 2001.03
Metodo McCleary	ICC 185	AOAC 2009.01

FIGURA 9. RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL DISPOSITIVO SPERIMENTALE PER LA MISURAZIONE DEL TEMPO DI CADUTA DI HAGBERG.

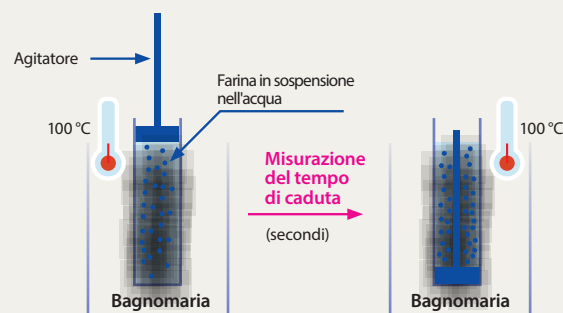


TABELLA H. NORME PERTINENTI ALLA MISURAZIONE DELL'ATTIVITÀ AMILASICA.

	ISO	ICC	AACC
Tempo di caduta di Hagberg	ISO 3093:2009	ICC 107/1	AACC 56-81B
Amilografo	ISO 7973:1992	ICC 126/1	AACC 22-10.01

FIGURA 10. ESEMPIO DI RISULTATO OTTENUTO SU UN AMILOGRAFO TIPO BRABENDER.

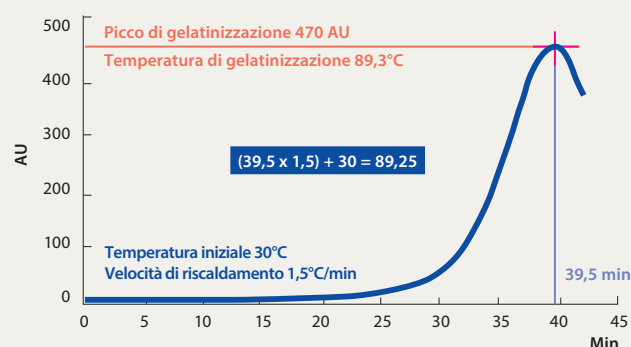


TABELLA 4. CLASSIFICAZIONE DELLE FARINE SECONDO L'ATTIVITÀ AMILASICA, INDICE DI HAGBERG ASSOCIATO E IMPATTO SULLA PANIFICAZIONE.

Farina	Attività amilasica	Indice di Hagberg	Impatto sull'impasto	Impatto sul prodotto finito
Ipo-diastasica	Debole	Da 300 a 400 s	Fermentazione lenta	Assenza volume e colorazione
Equilibrata	Equilibrata	da 200 a 300 s		
Iper-distasica	Forte	< 200 s	Colloso, assenza di tenacità	Colorazione forte

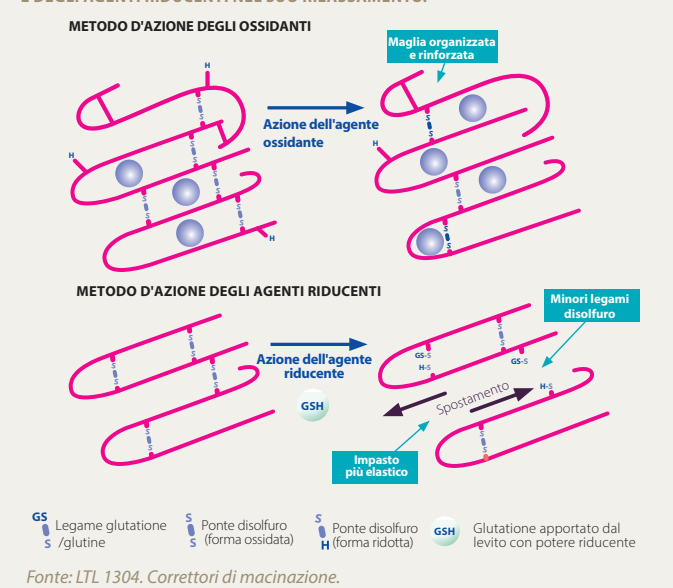
9. RILEVAZIONE DEGLI INGREDIENTI AGGIUNTI

9.1 Ossidanti

9.1.1 L'importanza degli ossidanti e il loro legame con la panificazione

Il principale merito degli ossidanti nell'industria della panificazione è dovuto alla loro capacità di rafforzare la maglia glutinica creando più legami disolfuro, cioè dei legami covalenti forti tra le catene proteiche (Figura 11). L'attività ossidante si esprime con un aumento della forza dell'impasto. Questa tenacità contribuisce a prevenire il rilassamento dell'impasto e lo rende stabile per tutto il processo di lavorazione, dall'impastamento alla cottura. Sebbene qui venga trattato solo l'acido ascorbico, nell'impastamento vengono utilizzati anche altri ossidanti.

FIGURA 11. MECCANISMO D'AZIONE DEGLI OSSIDANTI NEL RINFORZARE L'IMPASTO E DEGLI AGENTI RIDUCENTI NEL SUO RILASSAMENTO.



9.1.2 Esempio del metodo esistente

L'acido ascorbico, o vitamina C, è l'ossidante naturale più diffuso e più presente nella farina di frumento. È anche un additivo alimentare (E300) utilizzato nella panificazione. Viene aggiunto direttamente alla farina o attraverso ingredienti miglioratori. Inizialmente come agente riducente, viene poi trasformato in acido deidroascorbico (ad azione ossidante) in seguito a reazioni enzimatiche e chimiche. Si ritiene che il "quanto basta" sia compreso tra 10 e 300 ppm, a seconda del processo utilizzato (diretto, lievitazione lenta, metodo di surgelamento, ecc.). L'acido ascorbico aiuta a migliorare la fermentazione, ad aumentare la tolleranza e il volume dei prodotti. Contribuisce anche a generare una crosta più lucida, una scalfitura più consistente e una mollica più aerata.

Principio e misurazione: l'acido ascorbico può essere misurato utilizzando un metodo titrimetrico di ossido-riduzione. Si tratta di un metodo utilizzato da Lesaffre, adattato dallo standard AOAC 967.21, in cui l'ossidazione avviene con 2,6-diclorofenolo indofenolo. Quando tutto l'acido ascorbico è stato ossidato, il reagente in eccesso assume una colorazione rosa intensa e persistente.

Espressione dei risultati: i risultati sono espressi in ppm.

Esistono altri metodi quali spettroscopia IR, HPLC, UV e fluorescenza, risonanza magnetica nucleare (RMN).

9.2 Agenti riducenti

9.2.1 L'importanza degli agenti riducenti e il loro legame con la panificazione

Gli agenti riducenti, a differenza degli ossidanti, riducono al minimo la formazione di legami disolfuro e contribuiscono a mitigare il problema delle farine corte. Inoltre, correggono l'impasto rendendolo più flessibile alle effettive condizioni di panificazione (Figura 11) e apportano maggiore regolarità alle linee di produzione automatiche, dall'impastamento alla formatura.

Gli agenti riducenti sono attivi durante le varie fasi della panificazione e contribuiscono a ridurre i tempi di impastamento, ad accelerare la liscatura, a facilitare la stesura e a migliorare la consistenza dei panetti per una riduzione dei fenomeni di ritiro. Queste molecole più piccole agiscono molto rapidamente all'inizio dell'impastamento, prima che l'acido ascorbico crei dei legami nel mezzo del processo di impastamento. Si osserva così un effetto sinergico tra agenti riducenti e ossidanti.

9.2.2 Esempio del metodo esistente

Gli agenti riducenti comunemente utilizzati nelle farine di frumento includono L-cisteina (E920), metabisolfito di sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, E223) o potassio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$, E224), o anche lieviti con potere riducente, noti come lieviti disattivati. Questi ingredienti funzionali vengono utilizzati in piccole quantità, ovvero poche decine di ppm.

Principio e misurazione: Il metodo utilizzato da Lesaffre si basa su una reazione ossido-riducente tra l'agente riducente presente e il nitroprussiato di sodio in mezzo alcalino.

Espressione dei risultati: I risultati sono espressi dalla presenza o assenza di un agente riducente.

Altri metodi esistenti includono colorimetria, HPLC, fluorescenza.

«Ossidanti e agenti riduttori agiscono sulla resistenza della maglia glutinica e quindi sull'impasto.»

CONCLUSIONI

Un'attenta analisi delle caratteristiche chimico fisiche della farina (ingrediente principale dei prodotti della panificazione) è indispensabile per la formulazione degli ingredienti ed un controllo attento delle qualità reologiche dell'impasto e del prodotto finito. Numerosi sono i parametri misurati, tra questi il contenuto di acqua, minerali, lipidi, proteine, amido e fibre, o le caratteristiche qualitative (qualità del glutine, contenuto di amido danneggiato, attività enzimatica, rilevazione degli ingredienti aggiunti). Per ogni tipo di misurazione esistono diverse analisi di riferimento. La lunga esperienza di Lesaffre nell'analisi chimico fisica delle farine permette una comprensione e un impiego ottimale di queste analisi. È importante tenere a mente che l'affidabilità del risultato ottenuto dipende dal rispetto delle condizioni di validità applicabili alle analisi e che la sua interpretazione presuppone una perfetta conoscenza del significato preciso (determinate tecniche di misurazione sono indirette, ad esempio) e dei suoi limiti.

Per ulteriori informazioni e note bibliografiche scrivere a segreteria.lit@lesaffre.com

