

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI  
BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-  
ALIMENTARI

CAMPUS DI CESENA

CORSO DI LAUREA IN

TECNOLOGIE ALIMENTARI

TITOLO DELLA TESI

PANE ARTIGIANALE TRA TRADIZIONE E INNOVAZIONE

Tesi in

31580 TECNOLOGIE DEI CEREALI E DERIVATI

Relatore:

Chiar.mo Prof. Giangaetano Pinnavaia

Candidato: Mara Finotti

Matricola N° 0000792927

Anno Accademico 2018/2019

Sessione II



# INDICE

<b>Introduzione</b>	<b>5</b>
<b>Capitolo I - Il pane</b>	<b>6</b>
1.1. Definizione di pane	6
1.2. Pane artigianale vs pane industriale	6
<b>Capitolo II - Il processo di panificazione</b>	<b>7</b>
2.1. Materie prime – Il frumento	7
2.2. Altri cereali e pseudocereali usati in panificazione	8
2.3. Dal frumento alla farina: la macinazione	11
2.3.1. La moderna molitura industriale a cilindri	11
2.3.2. La molitura a pietra tradizionale	13
2.4. Analisi delle farine	14
2.4.1. Alveografo di Chopin	14
2.4.2. Farinografo di Brabender	15
2.4.3. Estensografo Brabender	16
2.4.4. Indice di caduta di Hagberg	16
2.4.5. Amilografo Brabender	17
2.4.6. Glutopeak	17
2.4.7. Mixolab	18
2.5. Classificazione commerciale delle farine	19
2.5.1. Farine integrali	22
2.5.2. Farine raffinate	24
2.6. Caratteristiche degli impasti ottenuti da farina di grano tenero e duro	25
2.6.1. Attitudine panificatoria della farina di segale	26
<b>Capitolo III - Il processo produttivo</b>	<b>27</b>
3.1. L'impastamento	30
3.1.1. Le macchine impastatrici	31
3.2. Consistenza o rendimento dell'impasto (DY, Dough Yield)	33
3.3. Ruolo degli enzimi in panificazione	34
3.3.1. Enzimi endogeni della farina	34

3.3.2. Enzimi aggiunti come miglioratori	35
3.4. La lievitazione	36
3.4.1. Il lievito naturale	37
Approfondimento – Il pane con lievito naturale	41
3.5. La spezzatura e formatura dell’impasto	45
3.6. La cottura	46
3.6.1. I forni	48
3.6.2. Il rafforzamento del pane	50
3.7. Consumo di pane	52
<i>Capitolo IV - Importanza e ruolo dei pentosani in panificazione</i>	53
4.1. Arabinoxilani	54
4.2. Endoxilasi	58
4.3. Gelificazione ossidativa dei pentosani solubili in acqua nella farina di frumento	59
<i>Capitolo V - Il pane artigianale</i>	60
5.1. Caratteristiche del processo produttivo del pane artigianale	60
5.2. Caratteristiche nutrizionali e salutistiche del pane artigianale	63
5.3. Pani tipici regionali	67
<b>Bibliografia</b>	<b>80</b>

## Introduzione

Che cos'è il pane artigianale? È l'ingrediente, il processo produttivo, la quantità di lavoro svolto a mano o con l'uso di macchinari, o il pane stesso che conta di più?

Jeff Yankellow, nel suo articolo "Defining Artisan: What It Is and What It Means", afferma che non esiste una definizione chiara di artigiano. Non essendoci una definizione unica di artigiano si interroga chiedendosi che cosa sia o non sia artigianale. Sono gli ingredienti, il processo, la quantità di lavoro fatto manualmente o a macchina o il pane stesso?

Fino a poco dopo il secondo conflitto mondiale, almeno in Europa e senz'altro in Italia, il pane era un alimento di sostentamento fatto a mano, realizzato senza aggiungere alcun additivo chimico e lievito *commerciale* all'impasto. Il pane era quindi il risultato di un processo che richiedeva molte ore, duro lavoro fisico e conoscenza degli ingredienti per poterli sfruttare al meglio.

Oggi, in seguito allo sviluppo e al perfezionamento dei processi di panificazione con *metodi diretti*, è possibile definire che cos'è il pane artigianale per distinguerlo dal pane prodotto industrialmente in serie. Questo anche se molti panificatori, pur utilizzando tali metodi, attrezzature (impastatrici, spezzatrici, formatrici, ecc.) e farine già additivate, possono comunque essere considerati produttori artigianali. La vera e sola differenza tra pane artigianale e non rimane allora la dimensione industriale, intesa come standardizzazione dei prodotti a fronte di elevati quantitativi nelle produzioni.

Oggi giorno il pane viene prodotto con sistemi tecnologici avanzati che prevedono l'aggiunta di additivi/miglioranti ed enzimi a farine adattate (dai molini) ai diversi usi e tipologie, oltre a processi rapidi (metodi diretti), che in poche ore permettono di ottenere il prodotto. Il risultato è generalmente una penalizzazione a livello di sapore, odore e aroma, oltre alle proprietà nutritive, che allontanano il pane dalle caratteristiche proprie di un tempo.

# Capitolo I

## IL PANE



Fig. 1 - Diversi tipi di pane.

### 1.1. Definizione di pane

Nella legislazione italiana “È denominato «pane» il prodotto ottenuto dalla cottura totale o parziale di una pasta convenientemente lievitata, preparata con sfarinati di grano, acqua e lievito, con o senza aggiunta di sale comune (cloruro di sodio)” (fig. 1) (Legge 4 luglio 1967, n.580, art. 14, comma 1).

Il pane è un alimento ottenuto dalla cottura nel forno di una pasta lievitata preparata con farina di frumento (o di altri cereali), acqua, sale e lievito (Enciclopedia Treccani).

### 1.2. Pane artigianale vs pane industriale

Nel 2018 la rivista *Cereal Foods World* ha pubblicato una serie di articoli sul concetto di pane artigianale (Marti A., de la Peña E., *When “Old Is New Again” Artisan Baking Grows*) che contengono diversi spunti interessanti utili alla comprensione di questa tendenza che si sta affermando nei nostri giorni in diversi paesi del mondo occidentale.

In campo alimentare, infatti, da diversi anni si è instaurata la tendenza alla ricerca di prodotti e processi del “passato”, più o meno recente, dai grani “antichi” all’uso di forni a legna, per rimanere nel settore dei derivati dei cereali (prodotti da forno e della pastificazione), fino alla valorizzazione dei prodotti *tipici e locali*, e, più in generale, in tutti i settori del comparto alimentare, riguardo al prodotto “fresco” trasformato, ma anche alle preparazioni gastronomiche.

## Capitolo II

### IL PROCESSO DI PANIFICAZIONE

#### 2.1. Materie prime - Il frumento

Oggi, nel mondo, la coltivazione del frumento è la più estesa e la più importante (*Macrae et al., 1993; Francis, 2000*). Il frumento è il cereale più utilizzato nell'alimentazione umana e rappresenta un'ottima fonte energetica e una discreta fonte di proteine, sali minerali, vitamine e fibre. È largamente coltivato per via della sua adattabilità ai vari tipi di terreno e di clima. Appartiene al genere *Triticum*, di cui esistono diverse specie che hanno una notevole importanza commerciale, in particolare il *Triticum aestivum* o grano tenero e il *Triticum durum* o grano duro. Il grano tenero si è diffuso nelle aree fresche temperate e piovose, mentre il grano duro si è sviluppato e adattato nei climi caldo-aridi del Mediterraneo grazie alla maggiore resistenza alla siccità. Nel grano tenero la cariosside si presenta alla frattura bianca e sfarinabile e fornisce farine adatte alla panificazione, mentre la cariosside di grano duro si presenta alla frattura di colore ambrato e a spigoli vivi e fornisce la semola utilizzata nella produzione di pasta.

La cariosside di frumento, simile a quella degli altri cereali, è divisa strutturalmente in tre parti:

- pericarpo o parte corticale;
- endosperma o mandorla farinosa;
- germe o embrione.

La parte corticale, nota anche come crusca, ha una funzione prevalentemente protettiva ed è ricca di fibre cellulosiche, pentosani, ceneri (sali minerali) e composti bioattivi. L'endosperma è composto dallo strato aleuronico e dall'endosperma vero e proprio. Lo strato aleuronico è formato da uno strato di cellule in cui sono immagazzinate proteine ad alto valore biologico, vitamine, sali minerali, enzimi e lipidi. La maggior parte della cariosside è occupata dall'endosperma, costituito da granuli di amido immersi in una matrice proteica. Il contenuto in proteine diminuisce dalla periferia verso l'interno, non solo come quantità, ma anche come qualità. La forma e la dimensione dei granuli di amido sono caratteristici per ogni cereale. L'embrione è ricco di proteine e lipidi (acidi grassi essenziali) e vitamine (in particolare vitamina E) ed è rivestito da uno strato epiteliale detto scutello, che fornisce sostanze nutritive utili allo sviluppo della futura pianta durante

la germinazione. L'embrione viene di solito eliminato durante la macinazione per la presenza di grassi che, ossidandosi, limiterebbero la conservazione della farina.

Regione anatomica della cariosside	Percentuale della cariosside	Amido e altri carboidrati (%)	Proteine (%)	Lipidi (%)	Cellulosa Emicellulosa Pentosani (%)	Sostanze minerali (%)
Tegumenti	9	14,0	12,8	2,4	65,2	5,6
Strato aleuronico	8	12,0	32,0	8,0	38,0	10,0
Germe	3	20,0	38,0	15,0	22,0	5,0
Endosperma	80	83,0	11,0	3,0	2,0	1,0

Tab. 2 - Composizione della cariosside di grano e delle sue regioni anatomiche (valori medi – g/100 g di sostanza secca) (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

## 2.2. Altri cereali e pseudocereali usati in panificazione

In panificazione, oltre alla farina di frumento, è possibile impiegare anche farine provenienti da altri cereali, come il riso, il mais, le segale, l'orzo, il farro, il kamut, l'avena e il grano saraceno.

Il riso è un cereale molto diffuso del quale è conosciuta soprattutto la specie *Oryza sativa*, coltivata nelle tre sottospecie *indica*, *japonica* e *javanica*. Il riso è un alimento energetico per il suo alto contenuto in amido (70-80%), superiore a quello degli altri cereali. Le proteine sono presenti in quantità più basse (7-8%) rispetto alla maggior parte degli altri cereali e sono carenti in aminoacidi essenziali come la lisina e il triptofano. Il riso non contiene glutine quindi può essere utile anche nei casi di celiachia e malassorbimento. I grassi del riso contengono soprattutto acido oleico, palmitico e linoleico. Il riso integrale contiene vitamine (tiamina, riboflavina, niacina, piridossina, acido pantotenico, biotina, acido folico, tocoferoli) e sali minerali (fosforo, calcio, sodio, potassio), ma durante la lavorazione gran parte di essi va persa.

Il mais o granturco (*Zea mays*), originario dell'America centro meridionale, è un cereale molto diffuso e coltivato in numerose varietà. La cariosside ha forma poliedrica e colore giallo arancio. Dalla macinazione del mais si ottengono semolati per polenta, farine precotte per polenta istantanea e farine di mais per pane, prodotti a granulometria fine, che si amalgamano facilmente con le farine di frumento. Il mais è costituito per il 70-75%



da amido, per il 9-10% da proteine (prolammine, o zeine, gluteline, globuline) e per il 4,5% da lipidi, ricchi di acidi grassi polinsaturi. Nel mais sono presenti anche le vitamine B1 (tiamina) e B2 (riboflavina), la provitamina A, o betacarotene, e la vitamina E. È carente, invece, in vitamina PP (niacina) e in calcio, ma ricco di fosforo presente sotto forma di acido fitico, sostanza che si lega a calcio e zinco riducendone l'assorbimento intestinale. I prodotti del mais sono particolarmente indicati nella celiachia poiché non contengono glutine.

La segale (*Secale cereale*), coltivata soprattutto nel nord Europa e, in Italia, nella zona alpina, è uno dei cereali più ricchi in sodio, potassio, calcio e iodio. Contiene buoni quantitativi di ferro e di acido folico, importanti nella rigenerazione del sangue. Per le sue proprietà energetiche, rinfrescanti e depurative, la segale è particolarmente indicata per chi compie attività sedentarie.

L'orzo (*Hordeum vulgare*) è un cereale coltivato soprattutto in Cina, Giappone e Stati Uniti. Chimicamente è composto per il 70% da glucidi, per il 10% da protidi, per il 5,7% da lipidi, oltre che da acqua, vitamine (B1, B2, B12, PP), sali minerali (calcio, fosforo, magnesio, ferro e potassio) e cellulosa. L'orzo contiene anche sostanze antiossidanti come i tocoferoli e i tocotrienoli, utili nella prevenzione delle malattie degenerative, e galactoxilano, una gomma che per idrolisi dà galattosio e xilosio. A seguito di diversi studi è stata avanzata l'ipotesi che i beta-glucani, polisaccaridi della parete cellulare, avrebbero azione ipocolesterolemizzante e ridurrebbero il rischio di cardiopatie. Questo cereale, dalle proprietà rinfrescanti e decongestionanti, è utile quando l'organismo è affaticato e in caso di infiammazioni delle vie urinarie e biliari. La farina d'orzo ha scarsa panificabilità e, miscelata con la farina di frumento, forma un impasto che richiede una quantità di acqua maggiore, ha minore capacità fermentativa e dà alla mollica un colore grigiastro.

Il farro è un frumento vestito classificabile in: farro piccolo o spelta minore (*Triticum monococcum* L.), farro medio (*Triticum dicoccum* Schubler) e farro grande o spelta (*Triticum spelta* L.). In Italia l'interesse è rivolto soprattutto al farro medio e allo spelta. Lo spelta contiene in media il 17% di proteine. Il tenore in glutine dello spelta è mediamente del 13%, ma può arrivare al 17%, con un elevato rapporto glutenine/proteine totali. Il farro medio, invece, presenta contenuti proteici e in glutine leggermente inferiori

rispetto allo spelta. Secondo alcuni autori, il farro ha una funzione importante nella cura di molte malattie.

Il kamut è un nome con il quale un'azienda statunitense commercializza un particolare tipo di grano. Con il prodotto Kamut si propone una particolare varietà di grano della sottospecie *Triticum turgidum* ssp. *turanicum*, chiamata comunemente "Khorasan". La farina di Kamut, quindi, altro non è che la farina derivata dalla macinazione del grano Khorasan commercializzata e prodotta dalla Kamut.

L'avena (*Avena sativa*), un cereale largamente coltivato nei paesi a clima temperato freddo e noto per le sue proprietà energetiche, tonificanti, rigeneratrici, diuretiche e disintossicanti, viene impiegata per la produzione di un pane, diffuso in Trentino Alto Adige, ottenuto dalla miscelazione di farina di avena con farina di frumento. Grazie all'elevato contenuto in fibra, costituita da beta-glucani, arabinoxilani e cellulosa, il consumo regolare di avena sembra ridurre il livello ematico di colesterolo totale e LDL (colesterolo cattivo). L'avena, inoltre, stimola il funzionamento della tiroide e aumenta la resistenza dell'organismo al freddo per l'elevato contenuto di lipidi (gli acidi grassi essenziali più abbondanti sono l'acido linoleico e l'acido linolenico). Apporta anche buoni quantitativi di vitamina B1, B2, PP, D, carotene, ferro, calcio, sodio, fosforo e magnesio. Contiene anche antiossidanti naturali, come tocoferoli (vitamina E) e composti fenolici (acido ferulico, acido p-cumarico, vanillina) che hanno azione protettiva nei confronti dei componenti delle membrane cellulari.

Il grano saraceno non è un cereale, ma una poligonacea che fornisce una farina con cui è possibile preparare pane e pasta. È un alimento di grande interesse dal punto di vista nutrizionale, in quanto apporta proteine di alto valore biologico, ricche di lisina e triptofano, aminoacidi essenziali carenti nei cereali, e sali minerali, tra cui calcio, fosforo e magnesio. Il grano saraceno può essere utilizzato nella prevenzione della rottura dei capillari grazie al suo contenuto di rutina, o vitamina P, componente dei bioflavonoidi, principi che favoriscono l'utilizzo della vitamina C e che migliorano la permeabilità dei vasi capillari (Carrai B., *Arte Bianca*).

## **2.3. Dal frumento alla farina: la macinazione**

La macinazione del frumento ha lo scopo di separare l'endosperma amilaceo dalla parte corticale e dal germe. In questo senso può essere considerata un processo di estrazione e di separazione. Allontanando gli strati più esterni della cariosside si determina la rimozione dei composti bioattivi dello strato aleuronico. La trasformazione delle cariossidi di frumento in sfarinati comprende tre fasi: pulitura, condizionamento e macinazione.

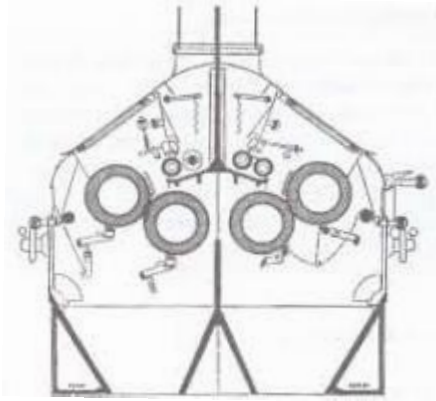
La pulitura ha lo scopo di allontanare le impurità (di natura minerale o vegetale) dal grano e ha una notevole importanza sulla qualità dei prodotti semilavorati e finiti. Il frumento è successivamente bagnato con una quantità sufficiente di acqua per facilitare il distacco dei tegumenti dall'endosperma grazie alla loro maggiore elasticità e minore fragilità, ottenendo sfarinati con maggiore attitudine all'impastamento. L'operazione di molitura deve frantumare le cariossidi e toglierne l'endosperma, rimuovere le parti corticali dall'endosperma, ridurre l'endosperma in farina e setacciare i prodotti intermedi della macinazione.

### **2.3.1. La moderna molitura industriale a cilindri**

I molini moderni sono completamente automatici e hanno un'elevata efficienza produttiva. Il processo di macinazione nei molini a cilindri, o laminatoi, consente di estrarre/separare l'endosperma dalle parti corticali della cariosside sotto forma di sfarinati. Si possono distinguere tre fasi principali: la rottura, lo svestimento e la rimacina. I laminatoi di rottura, costituiti da cilindri rigati, frantumano le cariossidi e cercano di staccare dalla parte farinosa (mandorla) la parte corticale, rimossa sotto forma di larghe scaglie di crusca (frazione non digeribile comunemente chiamata fibra). I laminatoi di svestimento separano le parti tegumentali dall'endosperma, mentre i laminatoi di rimacina riducono i frammenti di mandorla farinosa, provenienti dalla rottura, in farina fino alla granulometria desiderata, attraverso il passaggio su cilindri lisci. Ogni passaggio di macinazione è seguito da un'operazione di separazione per setacciamento attraverso i *plansichters*, ossia dei setacci a maglie decrescenti che oscillano, utilizzati per dividere i prodotti della macinazione in base alla granulometria e al peso specifico. In genere, i *plansichters* sono posti sotto i laminatoi per comodità.

Per il grano duro sono utilizzate anche le semolatrici che, vibrando, fanno sì che la semola si muova lentamente, investita da una corrente d'aria ascensionale. In questo modo la

semola viene sollevata e la corrente d'aria rimuove le particelle più fini. I prodotti principali che si ottengono dalla macinazione del frumento duro e del frumento tenero sono, rispettivamente, semola e farina, mentre i sottoprodotti sono crusca, cruschetto, tritello, farinaccio e farinette.

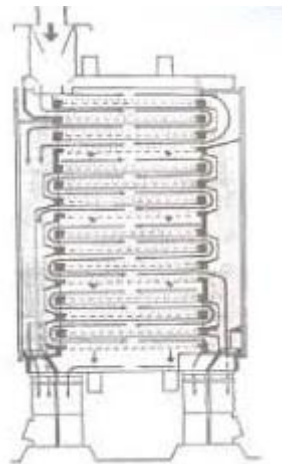


(a)



(b)

Fig. 3 - Laminatoio a cilindri (a) e sala laminatoi in un molino (b).



(c)



(d)

Fig. 4 – Plansichter (c) e sala plansichters (d).

### 2.3.2. La molitura a pietra tradizionale



Fig. 5 – Molino a pietra.

Il molino a pietra (o molino “a palmenti”) è costituito da due mole orizzontali che si muovono in senso inverso. Il grano entra da un’apertura mediante una tramoggia collocata al centro della mola superiore. Le mole sono dotate di scanalature o “raggi” per forzare il grano a compiere un lungo percorso. Per evitare un surriscaldamento del prodotto le mole utilizzate per la macinazione del grano tenero presentano un maggior numero di raggi abbastanza profondi.

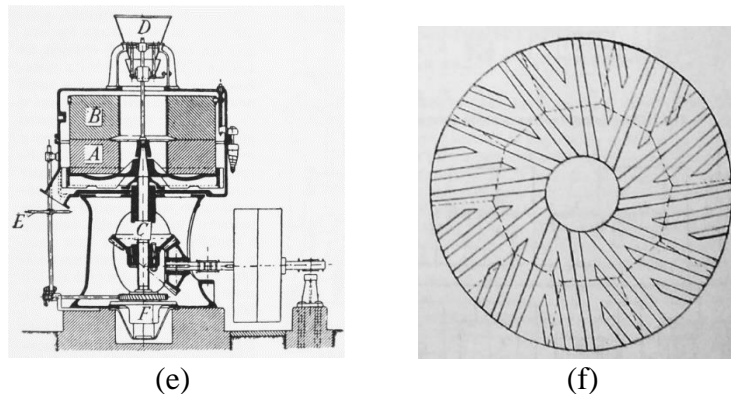


Fig. 6 – Schema di un molino a pietra (e) e della superficie di una mola (f).

Nel molino a pietra si esercita una forte pressione e contemporaneamente un forte sfregamento, al contrario del laminatoio a cilindri in cui prima viene frantumata la cariosside e poi si rimacina l’endosperma. Anche nel caso della macinazione a pietra è necessario un passaggio di selezione in un buratto, ottenendo farine integrali, di tipo “1” e di tipo “2”.

## 2.4. Analisi delle farine

Andrew Ross, nel suo articolo “Flour Quality and Artisan Bread”, valuta le proprietà chimico-fisiche della farina utilizzando dati scientifici e associa queste caratteristiche con le prestazioni della farina nei sistemi artigianali. Per la caratterizzazione qualitativa delle farine sono richieste analisi chimiche, fisiche e reologiche.

Le analisi reologiche vengono eseguite simulando il comportamento delle proteine, dell'amido e le loro interazioni durante l'impastamento e la lievitazione allo scopo di valutare la qualità del glutine e le attività enzimatiche della farina.

Gli strumenti più utilizzati per la valutazione delle proprietà chimico-fisiche della farina sono:

- Alveografo di Chopin;
- Farinografo di Brabender;
- Estensografo Brabender;
- Indice di caduta di Hagberg;
- Amilografo Brabender;
- Glutopeak;
- Mixolab.

I parametri reologici ottenuti da questi test empirici dipendono dall'apparecchio utilizzato, dalle condizioni di analisi, dalla manualità dell'operatore, dalle dimensioni e dalla geometria del campione (*Dobraszczyk et al., 2001*) (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotecnologia dei prodotti lievitati da forno*).

### 2.4.1. Alveografo di Chopin

L'alveografo di Chopin è uno strumento che permette di valutare il comportamento di un impasto sottoposto a rigonfiamento mediante insufflazione di aria fino a rottura della bolla. La pressione all'interno della bolla d'impasto viene registrata dallo strumento. Dal tracciato ottenuto (fig. 7) si possono ottenere diversi parametri:

- tenacità dell'impasto (P): pressione massima necessaria alla deformazione del campione, rappresentata dall'altezza massima della curva;
- estensibilità dell'impasto (L), che corrisponde alla lunghezza della curva;
- forza della farina/semola (W), che corrisponde all'area sottesa alla curva e fornisce informazioni sull'energia necessaria a deformare l'impasto fino alla sua rottura;

-rapporto tra tenacità ed estensibilità della farina (P/L).

Il valore ottimale di P/L è compreso tra 0,40 e 0,70. Quando è inferiore a 0,40 (alveogramma lungo e basso) le farine sono molto estensibili e collose ed il pane che ne risulta è poco sviluppato perché la maglia glutinica non trattiene l'anidride carbonica prodotta dai lieviti. Quando P/L è superiore a 0,70 (alveogramma corto e alto) le farine sono molto tenaci e difficili da impastare e si ottiene un pane poco sviluppato in volume. Il valore di W indica la forza dell'impasto e la qualità tecnologica della farina. Generalmente valori di W inferiori a 150 indicano farine deboli e poco adatte alla panificazione, impasti collosi e difficili da lavorare e pane con alveolatura irregolare. Per valori di W compresi tra 150 e 170 le farine hanno forza mediocre e sono adatte a panificazioni con metodo diretto. Per valori di W compresi tra 170 e 250 le farine si prestano alla panificazione. Farine con valori di W compresi tra 250 e 310 sono farine forti e si prestano a panificazioni anche con metodo indiretto. Per valori superiori a 310 le farine sono molto forti, forniscono impasti difficilmente lavorabili e che richiedono tempi di lievitazione molto lunghi.

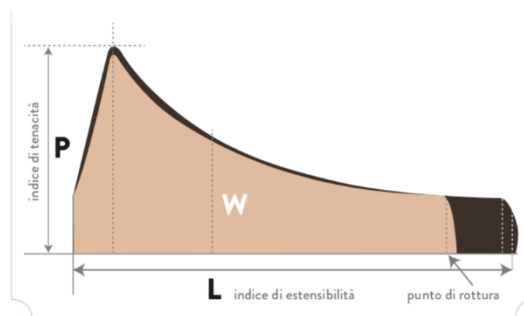


Fig. 7 – Alveogramma.

### 2.4.2. Farinografo di Brabender

Il farinografo di Brabender misura la consistenza di un impasto di farina e acqua e l'assorbimento di acqua che consente di raggiungere una determinata consistenza. Lo strumento registra la resistenza dell'impasto a seguito di sollecitazioni meccaniche durante l'impastamento. Dal grafico (fig. 8) si possono ricavare i seguenti parametri:

- tempo di sviluppo (min): tempo necessario per la formazione di un impasto di consistenza ottimale e pari a 500 UF;
- assorbimento idrico (%): quantità massima di acqua assorbibile dalla farina per ottenere un impasto di consistenza ottimale;

-stabilità (min): intervallo di tempo durante il quale l'impasto si mantiene alla massima consistenza;

-grado di rammollimento o indice di caduta (Unità Brabender, U.B.): perdita di consistenza dell'impasto dopo un intervallo di tempo prefissato;

-elasticità (U.B.): spessore della banda.

Sulla base del grado di rammollimento o indice di caduta possiamo prevedere il comportamento dell'impasto a seguito di un impastamento prolungato e di quantificare l'entità dello snervamento del glutine.

L'assorbimento d'acqua risulta essere correlato positivamente alla quantità di proteine e alla quantità di amido danneggiato (*Zhou et al., 2014*). Farine forti, in genere, sono caratterizzate da lunghi tempi di sviluppo, elevate stabilità ed elevati valori di assorbimento d'acqua che assicurano un'elevata resistenza del reticolo glutinico durante l'impastamento.

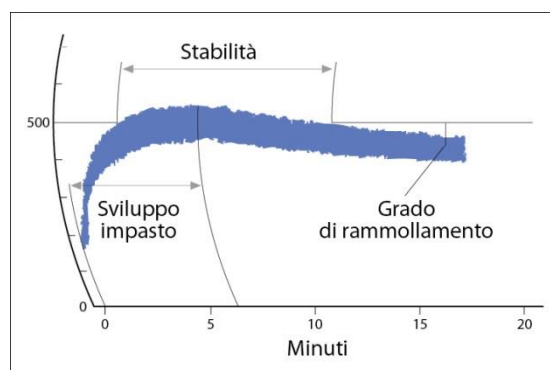


Fig. 8 – Farinogramma (sull'asse delle ascisse è riportato l'intervallo di tempo (min) durante il quale l'impasto si mantiene alla massima consistenza (500 Unità Brabender), indicata sull'asse delle ordinate).

### 2.4.3. Estensografo Brabender

L'estensografo misura l'estensibilità di un impasto sottoposto ad uno sforzo. La resistenza opposta dall'impasto aumenta fino ad un punto massimo per poi diminuire fino alla rottura. L'area dell'estensogramma fornisce la forza dell'impasto.

### 2.4.4. Indice di caduta di Hagberg

L'indice di caduta di Hagberg (o Falling Number) misura la viscosità di una sospensione di farina in acqua. Questo metodo misura l'attività alfa amilasica della farina ed il



risultato, espresso in secondi, è inversamente proporzionale al contenuto in alfa-amilasi. Un elevato indice di caduta indica quindi scarsa attività amilasica; al contrario, un basso indice di caduta indica elevata attività amilasica. Se l'indice è troppo basso, si possono formare impasti collosi data l'elevata presenza di alfa-amilasi.

#### **2.4.5. Amilografo Brabender**

Misura la viscosità di una sospensione di acqua e farina, durante il suo riscaldamento. In questo modo è possibile sia valutare l'attività amilolitica di una farina che determinare le proprietà di gelatinizzazione dell'amido.

#### **2.4.6. Glutopeak**

Il GlutoPeak è uno strumento recentemente proposto da Brabender (*Brabender GmbH and Co KG, Duisburg, Germania*) in grado di valutare in modo rapido la qualità della farina di frumento, in particolar modo la capacità di aggregazione delle proteine di riserva a formare il reticolo glutinico (fig. 9). Rispetto ad altri strumenti, l'analisi richiede 5-10 minuti e pochi grammi di campione. Possono essere sottoposte ad analisi mediante GlutoPeak sia farine raffinate (*Marti et al., 2013a, 2015b*) che sfarinati integrali (*Malegori et al., 2018; Wang et al., 2018*).

Durante il test, il campione di farina è miscelato con acqua e sottoposto ad un'intensa azione meccanica (*Melnyk et al., 2011*) consentendo la formazione della rete glutinica e un forte aumento della consistenza dell'impasto, fino a raggiungere un valore massimo. Sottoponendo l'impasto ad un continuo stress meccanico la rete glutinica si rompe, determinando una diminuzione della consistenza. Lo studio della cinetica di aggregazione del glutine, monitorata mediante GlutoPeak test, consente di ottenere informazioni sulla qualità del glutine. In particolare, dal tracciato ottenuto al GlutoPeak si possono ricavare due indici principali:

-consistenza massima o BEM (*Brabender Equivalent at Maximum Torque*), espresso in GPU (GlutoPeak Unit);

-tempo al picco massimo o PMT (*Peak Maximum Time*) (s), ovvero il tempo necessario per raggiungere la consistenza massima.

Un recente studio condotto su 120 campioni di farina di frumento tenero ha permesso lo sviluppo di un nuovo metodo di valutazione, noto come "Rapid Flour Check". Al termine dell'analisi, il software ricava una serie di indici:

- consistenza massima (GPU);
- tempo al picco (s);
- proteine (g/100 g s.s);
- glutine umido (g/100 g);
- assorbimento d'acqua (%);
- W alveografico ( $10^{-4}$  J).

Questo nuovo metodo di analisi è in grado non solo di fornire gli indici BEM e PMT, ma anche di predire gli indici convenzionalmente usati per la valutazione della qualità degli sfarinati di frumento tenero (contenuto proteico, glutine umido, assorbimento d'acqua e W alveografico) in un'unica analisi.

Recenti studi condotti da Marti A. et al (2015) hanno dimostrato che l'altezza del picco è correlata al contenuto in gliadine, mentre il tempo di aggregazione risulta essere correlato al tenore in glutenine e in particolare alla frazione ad alto peso molecolare e insolubile. Dall'analisi statistica, il tempo al picco massimo (PMT) è risultato essere inversamente correlato al contenuto in proteine e all'assorbimento d'acqua, mentre la consistenza massima (BEM) è risultata essere fortemente correlata al contenuto in proteine, in glutine, all'assorbimento d'acqua, alla stabilità farinografica e al W alveografico, come evidenziato anche dallo studio di Marti et al. (2013b).



Fig. 9 – GlutoPeak.

### 2.4.7. Mixolab

È uno strumento abbastanza recente che consente di caratterizzare il comportamento reologico della componente proteica e il profilo di gelatinizzazione della frazione amilacea di uno sfarinato miscelato con acqua e sottoposto a riscaldamento e successivo raffreddamento (Dubat, 2013) (Marti A., Ulrici A., Foca G., Quaglia L., Pagani M. A.,

*Characterization of common wheat flours (Triticum aestivum L.) through multivariate analysis of conventional rheological parameters and gluten peak test indices*). Dal grafico si possono ricavare i tempi e le temperature di gelatinizzazione, i valori di sforzo rilevati tra le pale impastatrici, l'assorbimento di acqua e la stabilità dello sfarinato.

## 2.5. Classificazione commerciale delle farine

La farina è il prodotto che si ottiene dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano tenero liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

Il D.P.R 9 febbraio 2001 n.187 comporta la revisione della legge n.580 del 4 luglio 1967, riguardante la produzione e la commercializzazione degli sfarinati.

Gli sfarinati di grano tenero possono essere classificati in:

- farina di grano tenero di tipo 00;
- farina di grano tenero di tipo 0;
- farina di grano tenero di tipo 1;
- farina di grano tenero di tipo 2;
- farina integrale di grano tenero.

La normativa prevede anche una classificazione per gli sfarinati di grano duro in:

- semola di grano duro, o semplicemente semola;
- semolato di grano duro o semolato;
- semola integrale di grano duro o semola integrale;
- farina di grano duro.

Nelle seguenti tabelle sono indicati i requisiti richiesti per i vari tipi di farina e di semola.

Tipo e denominazione	Umidità massima %	Su 100 parti di sostanza secca		
		Ceneri		proteine minimo (N x 5,70)
		minimo	massimo	
Farina di tipo 00	14,50	-	0,55	9,00
Farina di tipo 0	14,50	-	0,65	11,00
Farina di tipo 1	14,50	-	0,80	12,00
Farina di tipo 2	14,50	-	0,95	12,00
Farina integrale	14,50	1,30	1,70	12,00

Tab. 10 – Caratteristiche compositive delle farine di frumento tenero secondo il DPR 187/2001.

Tipo e denominazione	Umidità massima %	Su 100 parti di sostanza secca		
		Ceneri		proteine minimo (N x 5,70)
		minimo	massimo	
Semola	14,50	-	0,90	10,50
Semolato	14,50	0,90	1,35	11,50
Semola integrale	14,50	1,40	1,80	11,50
Farina di grano duro	14,50	1,36	1,70	11,50

Tab. 11 – Caratteristiche compositive delle farine di frumento duro secondo il DPR 187/2001.

È denominato “*farina di grano tenero*” il prodotto ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano tenero liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

È denominato “*farina integrale di grano tenero*” il prodotto ottenuto direttamente dalla macinazione del grano tenero liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

È denominato “*semola di grano duro*”, o semplicemente “*semola*”, il prodotto granulare a spigolo vivo ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano duro, liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

È denominato “*semolato di grano duro*”, o semplicemente “*semolato*”, il prodotto ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano duro liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

È denominato “*semola integrale di grano duro*”, o semplicemente “*semola integrale*”, il prodotto granulare a spigolo vivo ottenuto direttamente dalla macinazione del grano duro liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

È denominato “*farina di grano duro*” il prodotto non granulare ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano duro liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

I prodotti della macinazione hanno una composizione chimica analoga a quella delle parti da cui provengono. Dalla macinazione si possono ottenere farine più o meno raffinate o integrali che differiscono per il diverso contenuto di fibra e nutrienti (carboidrati, grassi, proteine, vitamine e sali minerali).

La composizione della farina, che proviene dalla parte più interna della cariosside, detta endosperma, dipende dal grado di abburattamento (dal nome buratto o setaccio). Il tasso di abburattamento di una farina è il quantitativo di farina (in kg) ottenuto da 100 kg di grano ed equivale al rendimento delle operazioni di pulitura, molitura e setacciatura. In teoria, poiché l'endosperma rappresenta circa l'85% in peso della cariosside, sarebbe possibile ottenere 85 parti di farina da 100 parti di frumento, ma in realtà la "resa di macinazione", ossia la quantità di farina ottenibile da 100 kg di grano, è molto bassa. Più alta è la resa di macinazione (quindi all'aumentare del tasso di abburattamento), maggiore è la percentuale di proteine, sali minerali e vitamine nelle farine, perché aumenta la quantità di farina estratta dalla parte più esterna dell'endosperma (Carrai B., *Arte Bianca*). Le farine a più basso tasso di abburattamento saranno perciò le più raffinate, povere in fibra, sali minerali e vitamine (fig. 12). Il tasso di abburattamento più frequente per le farine destinate alla panificazione è pari al 75-80%. La composizione media per 100 g di farina è la seguente: acqua 12,30%, proteine 11,0%, carboidrati 75,0%, grassi 1,0%, ceneri 0,50% e cellulosa 0,20% (INRAN,2000).

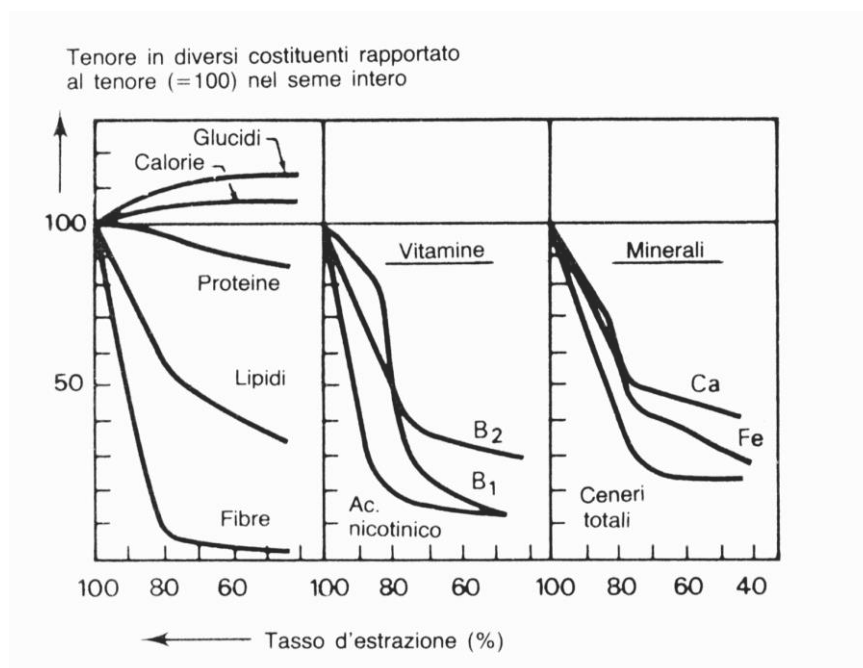


Fig. 12 – Contenuto in diversi costituenti delle farine in funzione del tasso di estrazione.

### 2.5.1. Farine integrali

A seconda dei trattamenti che subisce la cariosside prima della molitura si possono ottenere farine più o meno raffinate o integrali che si differenziano per la presenza di un diverso contenuto di fibra e nutrienti (carboidrati, grassi, proteine, vitamine e sali minerali) (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotecnologia dei prodotti lievitati da forno*).

Negli ultimi anni particolarmente rilevante è l'attenzione al sapore, aroma e potenziali salutistici delle farine integrali, sempre più macinate in mulini a pietra o in mulini di piccole-medie dimensioni. Essendo ottenuta dalla macinazione dell'intera cariosside, nella farina integrale ritroviamo il 100% del chicco.

Nella figura 13 è possibile evidenziare la relazione tra tasso di estrazione (da 100 a 66%) e caratteristiche chimiche e chimico-fisiche delle relative farine (contenuto in ceneri, proteine e fibra, assorbimento dell'acqua % e volume specifico). In una farina integrale (tasso di estrazione 100%) il contenuto proteico risulta superiore rispetto ad una farina più raffinata con tasso di estrazione pari a 78% o 66% e presenta un elevato contenuto in fibra. Il pane ottenuto da farina integrale o con elevato tasso di estrazione presenta un minore sviluppo in volume ed un maggiore assorbimento idrico dovuto alla presenza di pentosani (fig. 13).

#### Effetto del tasso di estrazione sulle caratteristiche chimico-fisiche della farina...

	100%	93%	86%	78%	74%	66%
ceneri (% s.s.)	1.80	1.36	0.89	0.60	0.52	0.46
proteine (% s.s., N x 5.7)	14.0	14.2	14.4	12.8	12.3	11.9
fibra (% s.s.)	11.4	6.6	2.3	2.0	1.9	1.8
assorbimento (%)	68	63	59	55	54	53
volume specifico (L/kg)	3.3	4.3	5.0	5.1	5.2	5.2

#### ... e sulle caratteristiche dei pani ottenuti



Cross sections of loaves made from straight-run flours of the same wheat but with different extraction rates (left to right: 100%, 93%, 86%, 78%, 74%, and 66%).

Fig. 13 – Tasso di estrazione e qualità del pane (da P. Sluimer, *Principles of breadmaking*, 2005).

La farina integrale è la più completa dal punto di vista nutrizionale: è molto più ricca in fibra, minerali, vitamine e sostanze definite *phytochemicals* rispetto alla farina raffinata. La farina integrale è una buona fonte di minerali per la dieta, quali calcio, potassio, magnesio, ferro, zinco e fosforo. La biodisponibilità di questi minerali è limitata dalla presenza di acido fitico, in particolare nei prodotti integrali. Diversi studi (*Harinder et al., 1998; Lioger et al., 2007; De Angelis et al., 2003*) hanno dimostrato come i batteri lattici del lievito naturale possano svolgere un ruolo diretto (attività fitasica microbica) e indiretto (attivazione delle fitasi endogene della farina in seguito alla diminuzione del pH dell'impasto) nella degradazione dell'acido fitico, favorendo una maggiore biodisponibilità di tali elementi.

La tabella 14 riporta la variazione di fibra, folati e acidi fenolici di tre tipologie diverse di pane. È possibile osservare come l'integrazione con il 20% di crusca fermentata con lievito naturale sia in grado di aumentare marcatamente il contenuto in fibra del pane e di arricchire il prodotto lievitato di alcuni componenti d'interesse nutrizionale, quali i folati e gli acidi fenolici liberi.

Tipo di pane	Fibre alimentari (g/porzione)	Folati (µg/porzione)	Acidi fenolici liberi (mg/porzione)
Pane bianco	1,6	15,6	1,0
Pane di farina integrale di segale	4,3	24,0	1,58
Pane di grano addizionato del 20% di crusca fermentata	4,0	19,8	1,13

Tab. 14 – Effetto dell'aggiunta di crusca fermentata con lievito naturale nella produzione di pane bianco (farina di frumento 00) (adattata da Poutanen et al., 2009; Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*). La porzione è relativa a 50 g di prodotto.

Nella tabella 15 è riportata la composizione in aminoacidi degli sfarinati integrali dei principali frumenti coltivati (*Galterio et al., 1998*). È importante precisare che la qualità merceologica del pane è legata alla quantità e alla qualità del glutine. Un più alto rapporto glutenine/gliadine è associato positivamente alla qualità merceologica dei prodotti panari. Dai dati riportati nella tabella è possibile osservare che le proteine del frumento integrale hanno una composizione aminoacidica ricca di un aminoacido essenziale quale il triptofano, mentre sono carenti di altri due aminoacidi, quali treonina e lisina.

Aminoacido	Farina integrale di frumento			Legumi	
	<i>T. monococcum</i>	<i>T. durum</i>	<i>T. aestivum</i>	FAO	<i>Phaseolus vulgaris</i>
	g per 100 g di proteine				
Acido aspartico	5,82	5,05	5,00		13,14
Treonina *	3,16	3,20	3,07	3,4	4,2
Serina	5,54	5,24	4,77		6,28
Acido glutamico	28,07	29,57	32,06		16,30
Glicina	4,15	4,10	4,06		3,71
Alanina	3,57	3,46	3,88		4,03
Cistina	2,33	2,66	2,86		1,16
Valina *	4,23	4,70	3,91	3,5	6,04
Metionina *	1,68	1,85	1,39		1,18
Isoleucina *	3,97	3,92	3,54	2,8	5,45
Leucina *	7,26	7,01	6,98	6,6	8,68
Tirosina	3,03	2,90	2,98		3,55
Fenilalanina *	5,28	4,90	4,86	1,9	5,89
Istidina	2,99	2,41	2,24		2,97
Lisina *	3,29	3,00	2,93	5,8	7,00
Arginina	3,97	4,70	4,12		5,94
Prolina	10,18	10,90	10,00		4,32
Triptofano *	1,22	1,59	1,50	1,1	1,11
Cis. + Met.	4,01	4,51	4,25	2,5	2,04
Fen. + Tir.	8,31	7,80	7,84	6,3	9,44
<b>Proteine tot.</b>	<b>17,8</b>	<b>12,0</b>	<b>10,6</b>		<b>10,2</b>

Tab. 15 – Composizione in aminoacidi di proteine di farine di frumento e leguminose in rapporto con le concentrazioni di aminoacidi essenziali (\*) raccomandate dalla FAO (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

La raffinazione dei cereali è un processo che migliora la conservabilità delle farine, facilita il loro utilizzo nelle produzioni alimentari, attraverso la rimozione di alcune sostanze non nutrienti (fitati, tannini,...) (Silano e Buonocore, 1977), e allontana alcuni composti provenienti da contaminazioni occidentali. Dalle cariossidi di grano vengono eliminate le parti esterne e il pericarpo (crusca) e anche buona parte dell'aleurone e del germe. Della cariosside rimane l'endosperma e una parte dello strato aleuronico e del germe.

Il pane prodotto con farina tipo 1, cioè poco raffinata, ha una composizione diversa rispetto a quello prodotto con farina di tipo 0 o 00. Presenta un maggior contenuto in fibre, proteine, sali minerali (zinco, ferro, calcio) e vitamine del gruppo B e una minor presenza di glucidi, da cui deriva un minor valore calorico.

### 2.5.2. Farine raffinate

Le farine 00 sono le più raffinate, contengono più amido e meno proteine, sali minerali e vitamine. Rispetto alla farina integrale, la composizione in aminoacidi delle proteine



presenti nella farina raffinata è molto diversa. La farina raffinata è più povera dello sfarinato integrale sia per il più basso contenuto proteico sia per la qualità delle proteine. Si osserva una diminuzione di triptofano, aminoacido particolarmente abbondante nelle proteine dello strato aleuronico che viene perso durante la raffinazione. Tuttavia, il processo di raffinazione consente di migliorare la conservabilità nel tempo e la sicurezza d'uso della farina, divenendo pertanto nel complesso un processo favorevole e conveniente per la nutrizione e la nostra salute.

## **2.6. Caratteristiche degli impasti ottenuti da farina di grano tenero e duro**

In panificazione si utilizza prevalentemente la farina di grano tenero in quanto permette di ottenere uno sviluppo in volume più elevato (*Hoseney, 1989*). Le cariossidi delle numerose varietà di frumento tenero hanno un contenuto proteico che si estende dal 10 al 16%. Le migliori caratteristiche reologiche del frumento tenero sono quindi associabili non tanto alla quantità, ma piuttosto alla qualità delle macromolecole proteiche. Molti studi, infatti, evidenziano come la formazione del reticolo proteico, in seguito all'impastamento, dipenda da alcuni fattori chiave: rapporto gliadine/glutenine, struttura, composizione e peso molecolare delle diverse subunità delle frazioni proteiche (*MacRitchie, 1992; Shewry, 2003*).

Durante la lievitazione, gli impasti ottenuti da semola di grano duro si sviluppano poco in volume, essendo caratterizzati da una limitata estensibilità e un'elevata tenacità (*Pogna et al., 1996*). Durante la lievitazione, perciò, l'impasto tende ad avere uno sviluppo in volume inferiore a quello di una buona farina di grano tenero (fig. 17). La semola, per avere una buona attitudine alla panificazione, deve avere un contenuto proteico elevato e una moderata tenacità (*Boggini et al., 1997*).

Un altro fattore che può influenzare le proprietà dell'impasto è l'elevata quantità di polisaccaridi di natura non amidacea presenti nella farina. Queste macromolecole (cellulosa, beta-glucani, arabinoxilani,...), note come fibra, costituiscono le pareti cellulari della cariossidi e, di conseguenza, sono tanto più abbondanti quanto meno raffinata è la farina. La loro struttura lineare, caratterizzata da un elevato numero di gruppi -OH, ha una spiccata affinità per l'acqua. Questo dimostra il fatto che gli sfarinati con alti tassi di estrazione (es. farine integrali) consentono di ottenere una maggior resa di prodotto finito. La presenza di fibra, inoltre, produce un più lento essiccamento della

mollica e porta ad avere impasti meno forti e tenaci, a causa dell'interruzione in alcuni punti del reticolo proteico e della competizione per l'acqua. L'indebolimento strutturale del glutine determina il collasso degli alveoli di piccole dimensioni, giustificando il minor sviluppo in volume del pane che si ottiene dalla farina integrale.

Proprietà	Farina	Semola	Segale	Riso
Volume specifico (mL/g)	3-10	3,0-3,5	2,0-2,2	0,9-1,1
Superficie alveolata (%)	30-70	35-40	15-18	Assente
Proteine (% s.s.)	10-15	10-15	9-14	8-10
Fibra (% s.s.)	4-6	4-6	7-14	0,5-3,0
Ceneri (% s.s.)	1,6-2,0	1,6-2,0	1,7-2,1	0,5-0,7
Acidi (% s.s.)	78-80	75-78	69-71	80-85

Tab. 16 – Caratteristiche dei pani ottenuti da sfarinati di cereali diversi (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

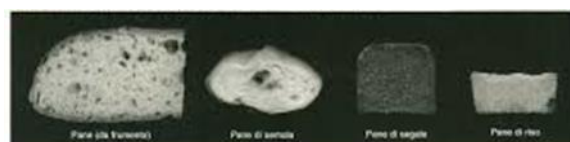


Fig. 17 – Aspetto di pani ottenuti da sfarinati di diversi cereali (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

### 2.6.1. Attitudine panificatoria della farina di segale

La farina di segale è una farina molto debole dal punto di vista reologico (basso indice W). La segale presenta subunità proteiche con un maggiore valore biologico rispetto a quelle del frumento (sono presenti aminoacidi essenziali come lisina e treonina), ma hanno una limitata capacità di trattenere l'anidride carbonica e di espandersi durante la lievitazione, dando un prodotto lievitato compatto e poco sviluppato in volume, come è possibile notare in figura 17 (*He e Hoseney, 1991; Flander et al., 2007*).

La segale contiene un elevato contenuto di enzimi amilasici, destrine e proteine solubili. Non sono presenti in quantità sufficiente le proteine insolubili che danno origine al glutine (gliadine e glutenine). Contiene, inoltre, una quantità elevata di pentosani solubili (40% rispetto al frumento che ne contiene circa il 20-24%) grazie ai quali riesce a legare molta acqua, dando origine ad un pane strutturato. I pentosani svolgono quindi l'azione del glutine mancante (*Bongiovanni A., Basta grano!, Cap. 1*).

## Capitolo III

### IL PROCESSO PRODUTTIVO

In Italia, la produzione di pane, sia a livello artigianale che industriale, è un processo discontinuo in quanto le fasi di impastamento, lievitazione/fermentazione e cottura sono condotte su quantità limitate di materiale e in impianti separati. I processi di panificazione discontinui possono essere realizzati adottando il cosiddetto “metodo diretto” (*straight-dough*), oppure il “metodo indiretto” mediante “biga” (*sponge and dough*). La panificazione con lievito naturale può essere considerata come un particolare metodo indiretto da cui si ottiene un pane con una maggiore sofficità rispetto a quello lavorato con metodo diretto e un’alveolatura più sviluppata e irregolare in quanto i lunghi tempi di lievitazione determinano una lenta e progressiva produzione di anidride carbonica, accompagnata da fenomeni di coalescenza. Il prodotto finale sarà fortemente influenzato non solo dalle condizioni di processo, ma anche dalle caratteristiche della farina e dalla formulazione.

Il metodo diretto (fig. 18) prevede l’aggiunta e la miscelazione di tutti gli ingredienti in un’unica fase di impastamento fino alla formazione di un impasto con determinate proprietà. La prima lievitazione, detta “puntata”, è generalmente effettuata su quantitativi elevati di impasto, per tempi variabili a seconda del processo (da 30 minuti a 3 ore) allo scopo, in primo luogo, di indurre importanti modificazioni delle proprietà reologiche dell’impasto e, in secondo luogo, di far sviluppare in volume l’impasto (*Chargelegue et al., 1994*). Questa fase di puntata consente di migliorare la lavorabilità dell’impasto che acquisisce così la capacità di mantenere la forma assegnata durante la seconda fermentazione o “appretto”. In questa fase quantità discrete di impasto, corrispondenti alla pezzatura finale, sono mantenute per circa un’ora in condizioni controllate di temperatura e umidità al fine di raggiungere il massimo sviluppo in volume.

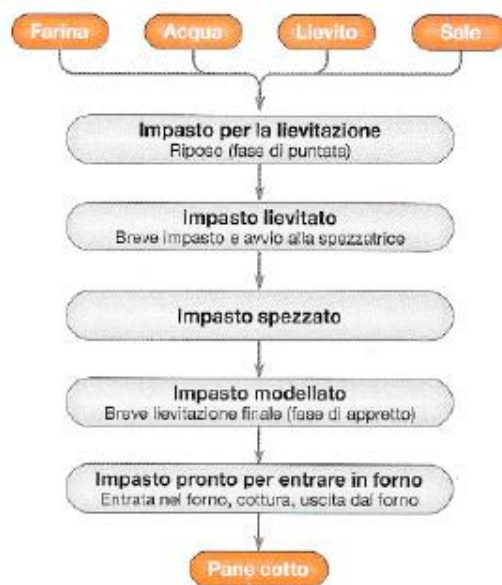


Fig. 18 – Diagramma di panificazione con metodo diretto (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

Nel metodo indiretto (fig. 19), invece, gli ingredienti sono aggiunti in più riprese, durante i cosiddetti “rinfreschi” dell’impasto (Pagani et al., 2007). Nel caso di lavorazioni mediante lievito di birra, si prepara un impasto preparatorio, la biga, miscelando il lievito compresso con una parte della farina e dell’acqua previste nella formulazione. Dopo un periodo di lievitazione, si aggiunge la rimanente parte di farina e di acqua e, eventualmente, gli altri ingredienti a seconda della tipologia di pane che si vuole produrre. Durante questa lunga sosta, detta “maturazione”, il lievito si adatta al sistema impasto raggiungendo capacità fermentative ottimali. Se la fermentazione è lunga (12-20 ore) anche i batteri lattici endogeni della farina possono sviluppare la fermentazione lattica. L’impasto finale è spezzato, modellato, lasciato ancora lievitare per circa un’ora e, infine, cotto. Il prodotto che ne deriva è caratterizzato da un’alveolatura con numerose bolle e alcune di dimensioni rilevanti che garantiscono un’elevata sofficità, mantenuta per tempi più prolungati rispetto al prodotto ottenuto dalla stessa farina ma con metodo diretto (Fessas e Schiraldi, 1998).

La biga può essere indicata con denominazioni diverse a seconda della consistenza. Il/la *poolish* è un impasto (o pre-fermento) di consistenza semiliquida preparato alcune ore prima dell’impasto finale, miscelando acqua e farina in uguale quantità. Il/la *poolish* viene addizionata di lievito in quantità dell’1,5% per una fermentazione di 3 ore a temperatura ambiente, 0,7-0,8% per una fermentazione di 6 ore, 0,5% per una fermentazione di 8 ore. Questo pre-fermento viene poi addizionato di farina, acqua e sale secondo la ricetta.

Questo metodo permette uno sviluppo più rapido dei lieviti e la produzione di un pane che si conserva per più giorni e con un miglior gusto, a seguito della formazione di un aroma delicato.

Il metodo indiretto viene anche utilizzato nella panificazione industriale continua, diffusa prevalentemente nei paesi anglosassoni. Oggi, nella maggior parte delle industrie i processi continui sono stati sostituiti da processi semicontinui che fanno uso di impastatrici veloci.

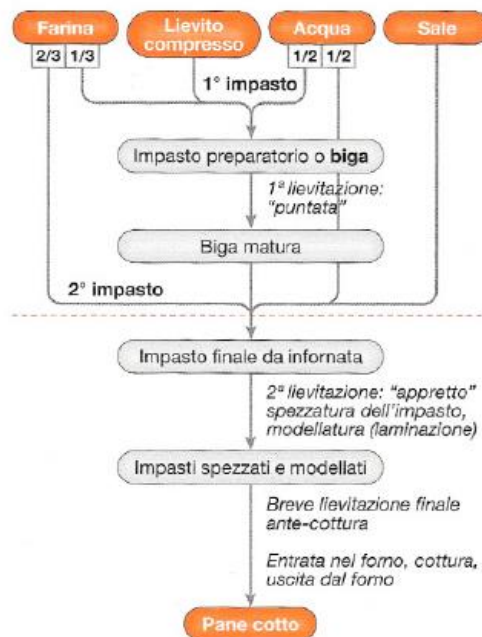


Fig. 19 – Diagramma di panificazione con metodo indiretto mediante biga (Corsetti A., Gobetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

I processi continui, apparsi verso gli anni '50 negli Stati Uniti, non hanno applicazione nel nostro Paese, mentre sono ampiamente utilizzati negli Stati Uniti e in Gran Bretagna. Rispetto alla lavorazione discontinua, il processo continuo è caratterizzato da una netta riduzione dei tempi di lavoro e manodopera, da una maggior compattezza delle apparecchiature e da una maggior costanza delle caratteristiche del prodotto (Pylar, 1988). Questi processi si basano sulla possibilità di eliminare i lunghi tempi di lievitazione necessari perché il lievito si adatti alla matrice farina, mediante l'uso di colture di lievito, o prefermenti, ottenute separatamente in fermentatori. Affinché l'impasto possa sopportare le elevate velocità della fase di impastamento, la farina deve essere addizionata di lipidi con attività emulsionante e di miglioranti con forte attività ossidante, alcuni dei quali vietati dalla legislazione italiana.

### 3.1. L'impastamento

L'impastamento è una delle fasi più importanti del processo di panificazione perché determina la qualità e le caratteristiche del prodotto finito. Durante questa operazione la farina assorbe acqua in misura variabile a seconda della sua granulometria, della qualità e quantità delle proteine presenti e dell'umidità della farina e dell'ambiente. La quantità di acqua aggiunta alla farina, indicata anche come livello di assorbimento o idratazione, è la variabile più importante di questa fase di "sviluppo dell'impasto". La capacità di idratazione della farina è normalmente calcolata sulla base dell'indice di assorbimento farinografico, ma, in genere, l'assorbimento non coincide con il valore ottimale ottenuto dal test farinografico. La quantità di acqua aggiunta all'impasto può essere definita anche come rendimento dell'impasto (Dough Yield).

L'impastamento serve a dare una struttura omogenea all'impasto. Gli ingredienti si distribuiscono in modo uniforme all'interno della massa e viene fornita l'energia necessaria alla formazione del glutine. Le proteine del glutine (gliadine e glutenine), interagendo tra di loro, formano un reticolo viscoelastico che conferisce elasticità e tenacità all'impasto rendendolo lievitabile, ossia capace di trattenere la CO<sub>2</sub> prodotta dalla fermentazione alcolica ed eterolattica dei carboidrati solubili liberati dalla parziale idrolisi dell'amido. Si assiste non solo all'aumento di volume dell'impasto, che diventa più soffice, ma anche al miglioramento delle proprietà sensoriali e nutrizionali in seguito all'arricchimento dei prodotti delle fermentazioni lattica ed alcolica (CO<sub>2</sub>, acidi organici, alcoli, ecc.).

Per la formazione dell'impasto si esegue una prima fase di impastamento a velocità ridotta per circa 5 minuti, durante la quale vengono miscelati farina, acqua e lievito. Successivamente, l'impasto viene fatto riposare nella vasca dell'impastatrice per 30 minuti a temperatura ambiente al fine di favorire la fase di autolisi. Il sostantivo "lisi" deriva dal greco "*lysis*" e significa "scindere" e il significato della parola "autolisi" è: "scissione enzimatica di una sostanza". L'autolisi è una tecnica particolare che consente di sfruttare l'autoevoluzione delle caratteristiche del glutine. Durante questo intervallo di tempo, la farina viene pienamente idratata e inizia lo sviluppo della maglia glutinica.

Questa fase dona al prodotto finale numerosi benefici, dovuti principalmente alle caratteristiche dell'impasto, la cui consistenza risulta liscia, elastica e malleabile, capace di assorbire maggiori quantità d'acqua. Il prodotto finito acquisisce così un volume

maggiore e la sua mollica risulta molto sviluppata e soffice. Si hanno altresì benefici a livello organolettico (come gusto e profumo) e di conservabilità.

Al termine della fase di riposo e quindi dell'autolisi, vengono aggiunti gli ingredienti rimanenti (il sale e l'acqua residua (20%)) e l'impasto viene reimpastato per altri 2 minuti a velocità elevata, includendo bolle d'aria. Alla fine dell'impastamento, l'impasto pronto viene estratto dall'impastatrice e trasferito in bacinelle di lievitazione

Nella formazione dell'impasto si assiste ad una serie di cambiamenti macroscopici e reologici della massa, umida e appiccicosa all'inizio, fino ad ottenere un impasto setoso e vellutato, privo di collosità. Si formano legami sia chimici che intermolecolari di diversa natura. I legami disolfuro si formano per deidrogenazione tra due aminoacidi con un gruppo sulfidrilico (-SH). In questo modo, il residuo di cisteina di una catena proteica può reagire con un residuo di cisteina presente su di un'altra catena (legame intercatena) o della stessa catena (legame intracatena), formando un ponte -S-S-. Ai legami disolfuro intra o intercatena, stabiliti nella farina, si aggiungono anche i nuovi ponti disolfuro, formati durante l'impastamento, tra gruppi sulfidrilici non impegnati o per sostituzione dei legami preesistenti, rotti dall'operazione meccanica di estensione. La presenza di sostanze che provocano l'ossidazione di due gruppi sulfidrilici a ponte disolfuro rinforza la coesione della rete glutinica, aumentando la tenacità del glutine. L'ossigeno dell'aria incorporato durante l'impastamento è l'agente ossidante responsabile dell'ossidazione dei gruppi tiolici (-SH) che conferisce maggiore resistenza al glutine in quanto le proteine, essendo molto ravvicinate, formano una trama più fitta in grado di trattenere l'anidride carbonica prodotta dalla fermentazione. Il legame ionico si forma tra i sali minerali presenti nella farina e quelli aggiunti sotto forma di cloruro di sodio o presenti nell'acqua utilizzata. I sali sono necessari alla formazione del glutine purché in quantità moderata per evitare la formazione di impasti troppo duri con una rete glutinica rigida. Altri tipi di legame fondamentali per la struttura del glutine sono le interazioni di Van der Waals, le forze di attrazione dipolo-dipolo e i legami a idrogeno.

### **3.1.1. Le macchine impastatrici**

Le impastatrici a forcella o a spirale, chiamate così per la particolare forma del braccio, sono le impastatrici più utilizzate nei panifici. Permettono l'ottenimento di un prodotto ben sviluppato in volume e con una porosità fine ed uniforme. Le impastatrici a braccia

tuffanti sono delle impastatrici nelle quali gli organi di impastamento sono due pali che, mimando l'azione delle braccia e delle mani, raccolgono la pasta dal fondo. Nelle impastatrici planetarie, caratterizzate da un diverso tipo di frusta in base al tipo di prodotto che si vuole ottenere, il vuoto che si forma con l'impastamento sul fondo della vasca crea un risucchio che richiama aria, consentendo l'areazione della pasta.



Fig. 20 – Impastatrice a forcella (a), impastatrice a spirale (b), impastatrice a braccia tuffanti (c), impastatrice planetaria (d).

Questi tipi di impastatrici funzionano in discontinuo, ossia prevedono un'operazione di estrazione dell'impasto dalla vasca per poter effettuare una successiva lavorazione. Sebbene siano state sviluppate impastatrici molto rapide per poter aumentare la produttività del processo, in un impianto industriale, dove si lavora con impasti di notevoli dimensioni, i tempi di lavorazione e le attese tra un impasto e l'altro potrebbero dare luogo a seri problemi di discontinuità nell'alimentazione delle macchine successive, con inizio e sviluppo incontrollato della lievitazione.



### 3.2. Consistenza o rendimento dell'impasto (DY, Dough Yield)

L'impasto può essere caratterizzato da una diversa consistenza a seconda del rapporto tra acqua e farina e della diversa capacità della farina o semola di assorbire acqua. La capacità di assorbire acqua dipende da vari fattori, ma principalmente dalla quantità, composizione e grado di frantumazione dei granuli di amido, dalla quantità di glutine e di pentosani e da fattori chimico-fisici, come il pH e la temperatura. Il parametro DY è definito dalla seguente formula:

$$DY = (\text{peso totale dell'impasto}) \times 100 / \text{peso della farina}$$

Il “peso totale dell'impasto”, oltre al peso della farina e dell'acqua, include anche il peso di eventuali altri ingredienti. Tanto più elevato è il valore di DY, tanto maggiore sarà la quantità di acqua utilizzata nella preparazione dell'impasto.

Gli impasti compatti, di consistenza sostenuta, hanno valori di DY pari a 150-160, mentre gli impasti liquidi hanno valori di DY pari a circa 200 (Decock e Cappelle, 2005). Il DY di un lievito naturale e la temperatura di fermentazione influenzano le caratteristiche sensoriali del lievito naturale, determinando il rapporto tra i due principali acidi organici, quali acido lattico e acido acetico. Diverse prove sperimentali hanno dimostrato che bassi valori di DY e di temperatura (es. 25-30°C) determinano una maggiore produzione di acido acetico. Elevati valori di DY, caratteristici di impasti più soffici, e temperature più elevate (ca. 35-37°C), favoriscono una acidificazione essenzialmente lattica dovuta al rapido sviluppo dei batteri lattici omofermentanti (Onno, 1994; Decock e Cappelle, 2005).

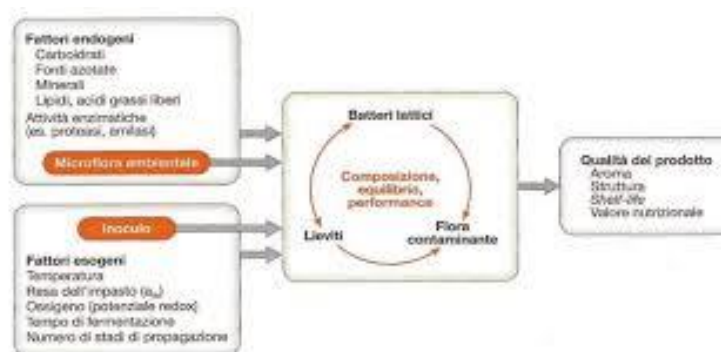


Fig. 21 – Fattori endogeni e parametri di processo che influenzano le caratteristiche e le performance del lievito naturale (adattata da Hammes e Gänzle, 1998; Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

La figura 21 evidenzia come le caratteristiche chimiche e microbiologiche della materia prima (es. farina), in combinazione con i parametri applicati in fase di lavorazione

dell'impasto (incluso l'eventuale impiego di starter o inoculo), condizionino l'equilibrio e il comportamento del microbiota di un lievito naturale e, di conseguenza, la qualità del prodotto nei suoi molteplici aspetti.

### **3.3. Ruolo degli enzimi in panificazione**

#### **3.3.1. Enzimi endogeni della farina**

La farina contiene naturalmente enzimi, come amilasi, proteasi, fitasi, lipasi e lipossigenasi, concentrati soprattutto nell'embrione e nello strato aleuronico. Gli enzimi influenzano la qualità del pane e il comportamento dell'impasto durante il processo produttivo. Le amilasi degradano l'amido a maltosio o ad altri zuccheri riducenti facilmente utilizzabili dai lieviti. Gli zuccheri che derivano dall'idrolisi dell'amido sono molto importanti perché rappresentano il substrato della fermentazione e sono i responsabili della colorazione del prodotto nel corso della cottura. Le amilasi attaccano solo i granuli di amido rotti, mentre i granuli interi non assorbono acqua e quindi non sono attaccabili. I granuli di amido eccessivamente danneggiati nel corso della fermentazione non sono positivi perché, a seguito dell'attività amilasica, si liberano elevate quantità di destrine, le quali, legando molto facilmente l'acqua, portano alla produzione di pane con mollica bagnata e crosta scura. Le alfa-amilasi attaccano le catene di amido al loro interno, in corrispondenza dei legami alfa 1→4 glucosidici, producendo corte catene di destrine a basso peso molecolare e maltosio. Le beta-amilasi agiscono in seguito all'azione delle alfa-amilasi. Attaccano le catene di amido in corrispondenza dei legami alfa 1→4 glucosidici, staccando una molecola di maltosio alla volta e fermandosi in prossimità delle ramificazioni. Gli enzimi amilolitici possono essere presenti in grandi quantità nella farina se è avvenuta una germinazione in campo o durante la conservazione, dopo la raccolta. Sia le alfa che le beta-amilasi si fermano nei punti di ramificazione poiché non sono in grado di rompere il legame alfa 1→6 glucosidico.

Le fitasi migliorano le proprietà nutrizionali del pane perché idrolizzano il fitato (acido fitico) in inositolo e fosfati, diminuendo così il potere demineralizzante dovuto alla presenza di fitato.

Le lipasi idrolizzano i trigliceridi, liberando acidi grassi, mentre le lipossigenasi fissano l'ossigeno sugli acidi grassi, formando gli idroperossidi, responsabili dell'ossidazione dei pigmenti carotenoidi e della provitamina A. Lo sbianchimento della pasta durante l'impastamento è dovuto alla presenza degli idroperossidi durante la fase di

impastamento. Dalla scissione degli idroperossidi durante la cottura si possono originare sapori sgradevoli, causando un peggioramento qualitativo del prodotto finito.

Altri enzimi presenti nel grano sono le pentosanasi (emicellulasi, arabinoxilanasasi, xilanasasi), enzimi che, insieme alle cellulasi, degradano i componenti della fibra, modificandone la capacità di assorbire acqua (Carrai B., *Arte Bianca*).

### **3.3.2. Enzimi aggiunti come miglioratori**

Le farine possono presentare proprietà chimiche, reologiche e fermentative differenti dovute alla variabilità dei genotipi e alle condizioni climatiche. Spesso vengono quindi aggiunti alle farine additivi e miglioratori chimici in quanto le attuali normative comunitarie (Reg. (CE) n°1332/2008) consentono alle industrie molitorie di aggiungere queste sostanze in grado di migliorare le caratteristiche dell'impasto modificandone tenacità, forza ed estensibilità.

Nell'articolo "When "Old Is New Again" Artisan Baking Grows" si discute riguardo l'eventuale aggiunta di enzimi miglioratori agli impasti e se il pane così ottenuto possa considerarsi artigianale. Sebbene un pane artigianale non dovrebbe avere bisogno di enzimi, diverse sono le potenziali applicazioni degli enzimi nella panificazione artigianale.

Gli enzimi utilizzati in panificazione sono additivi che vengono aggiunti alle farine e agli impasti per migliorare la qualità dei prodotti. Dilek Austin, nel suo articolo "Enzyme Applications in Artisan Bread", sostiene, infatti, che gli enzimi possono migliorare la qualità e la conservabilità dei pani artigianali, ottenendo pani con migliorate caratteristiche sensoriali, aroma e maggiore sensazione di morbidezza.

I principali enzimi usati in panificazione come miglioratori sono: amilasi, proteasi, pentosanasi, cellulasi e ossidasi.

Le amilasi, se non sono presenti naturalmente in quantità sufficienti nella farina, possono essere aggiunte o in forma di estratto di malto e farine di cereali maltati o sotto forma di amilasi di origine fungina o batterica. Esse aumentano la quantità di zuccheri fermentescibili a disposizione del lievito per la fermentazione.

Le proteasi risultano utili in farine troppo forti o ad alto contenuto proteico. Agiscono come miglioratori in quanto rompono i legami peptidici delle proteine, rendendo l'impasto meno forte e più estensibile. Contribuiscono anche al miglioramento delle caratteristiche organolettiche del prodotto poiché liberano dalle proteine aminoacidi e

peptidi, precursori d'aroma che possono interagire con gli zuccheri nelle reazioni di Maillard e di caramellizzazione oppure essere metabolizzati dal lievito.

Le pentosanasi e cellulasi modificano la consistenza dell'impasto, idrolizzando pentosani e cellulosa, mentre le ossidasi contribuiscono a ridurre l'estensibilità dell'impasto.

### 3.4. La lievitazione

Il processo di lievitazione dell'impasto mediante lievito di birra o lievito naturale è importante non solo per l'acquisizione di proprietà reologiche e sensoriali ottimali, ma anche per le importanti ripercussioni dal punto di vista nutrizionale.

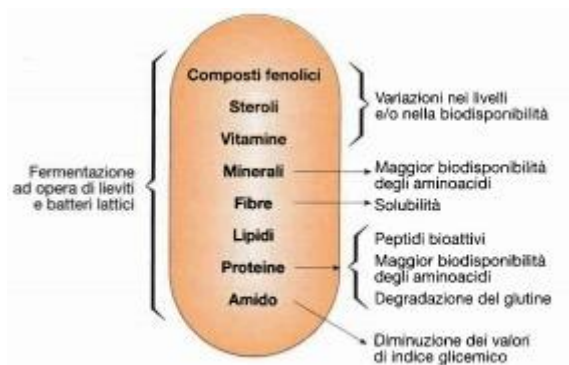


Fig. 22 – Potenziale della fermentazione mediante lievito naturale sulla qualità nutrizionale dei prodotti lievitati da forno (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

Il consumo di prodotti lievitati da forno a base di farine integrali è abbastanza limitato per le caratteristiche sensoriali poco attraenti per i consumatori e per problemi legati alla palatabilità. Tuttavia, l'impiego di lievito naturale migliora non solo la lavorabilità di tali impasti, ma anche le caratteristiche sensoriali di questi prodotti lievitati da forno. Le lunghe fermentazioni utilizzate nella produzione artigianale creano impasti acidi, anche quando viene utilizzato solo lievito di birra. Nel lievito naturale, la presenza di una vasta gamma di *Lactobacillus* spp. eterofermentanti produce elevati livelli di acido lattico e acetico. In seguito alla fermentazione lattica, le condizioni di marcata acidità sembrano influenzare l'attività di enzimi endogeni della farina (es. amilasi, proteinasi, endoxilanasasi,...), i quali modificano parzialmente la lavorabilità e le caratteristiche sensoriali dell'impasto e la solubilità della fibra.

Negli impasti lievitati con lievito di birra, invece, l'acidificazione è dovuta, in primo luogo, all'acido lattico prodotto dal microbiota lattico quando le fermentazioni superano

le 8-12 ore e, in secondo luogo, alla produzione di acido succinico da parte di *Saccharomyces cerevisiae*. L'acido succinico induce rigonfiamento e svolgimento delle proteine del glutine che potenzialmente hanno permesso un maggiore aggrovigliamento all'interno della rete elastica. Allo stesso modo, l'acido lattico provoca un maggiore rigonfiamento delle glutenine rispetto a quello che provoca l'acqua. A seguito di diverse prove, i fornai artigianali hanno notato che l'acidità rafforza l'impasto, ne aumenta la resistenza e ne diminuisce l'estensibilità, contrariamente a quanto affermato in letteratura sull'influenza dell'acido sulle proteine del glutine (il basso pH diminuisce la tolleranza alla miscelazione e attiva le proteasi che idrolizzano le proteine del glutine). L'acidificazione della farina può essere vista come un modo per evitare impasti troppo forti.

La fermentazione mediante lievito naturale può modificare il livello di composti bioattivi. In particolare, diversi studi hanno dimostrato un incremento della concentrazione di folati e delle sostanze fenoliche estraibili (*Kariluoto et al., 2005*), un decremento di tocoferoli e tocotrienoli (*Liukkonen et al., 2003*) e un incremento o decremento di tiamina, a seconda delle condizioni di processo (*Ternes e Freud, 1988*). Si è visto, inoltre, che la fermentazione con lievito naturale è in grado di potenziare l'attività antiossidante (DPPH [1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl] Radical Scavenging Activity), probabilmente come conseguenza dell'incremento di fenoli estraibili (*Poutanen et al., 2009*).

Nel corso della fermentazione con lievito naturale le proteine solubili (albumine e globuline) e il glutine subiscono una parziale degradazione come conseguenza, da un lato, dell'attivazione di proteinasi endogene della farina in seguito al processo di acidificazione e, dall'altro, dell'attività proteolitica dei batteri lattici.

Il contenuto totale di aminoacidi nell'impasto lievitato è quasi il triplo rispetto a quello della farina. Si verifica un considerevole incremento della concentrazione di aminoacidi liberi (*Gobbetti, 1998*) che può avere ripercussioni positive sulla digeribilità dei relativi prodotti lievitati da forno.

### **3.4.1. Il lievito naturale**

Il lievito naturale è impiegato soprattutto a livello artigianale, in particolare nella produzione di panettoni, pandori, colombe e pani tipici regionali, apportando vantaggi di carattere reologico, sensoriale e nutrizionale, oltre a prolungare la shelf-life del prodotto.

Il lievito naturale è “un impasto costituito da farina (in genere di grano e/o segale), acqua ed eventualmente sale, fermentato senza l'intervento di microrganismi volontariamente aggiunti e ottenuto grazie a una serie successiva di rinfreschi che hanno ottimizzato la capacità di acidificazione e lievitazione. La fermentazione è opera di lieviti e batteri lattici endogeni della farina, ai quali si possono aggiungere quelli di derivazione ambientale”. Ciò che caratterizza un lievito naturale è perciò la presenza di una miscela di batteri lattici (soprattutto eterofermentanti facoltativi e obbligati) e lieviti che hanno un ruolo ben specifico nel processo di lievitazione. I batteri lattici sono responsabili dell'acidificazione dell'impasto, mentre i lieviti hanno un ruolo di fondamentale importanza per la lievitazione legata alla produzione di CO<sub>2</sub> (*Hammes e Gänzle, 1998*).

Esistono diverse modalità di produzione e di conservazione del lievito naturale. Il lievito naturale deve essere sottoposto ad una serie di rinfreschi (propagazioni o rinnovi): l'impasto di farina e acqua, lasciato fermentare in un ambiente a temperatura controllata e per un certo periodo di tempo, viene aggiunto come inoculo per avviare la fermentazione di un secondo impasto di farina e acqua. Effettuando una serie di rinfreschi si mantiene la microflora presente metabolicamente attiva e si ottiene un lievito naturale con una capacità lievitante e acidificante costante. Esistono diversi sistemi per la produzione di lievito naturale. Di seguito vengono riportati i principali sistemi.

Il *sistema francese* è impiegato per la produzione di lievito naturale per il *pain au levain* francese. Si prepara un impasto di farina di grano, acqua ed eventualmente sale e malto, che viene lasciato fermentare per circa 24 ore. Durante questa prima fase, i lieviti e i batteri lattici presenti naturalmente nella farina producono CO<sub>2</sub> e acidi organici. L'abbassamento del pH attiva le proteasi della farina che agiscono, assieme agli enzimi idrolitici dei batteri, sul glutine portando ad una diminuzione della consistenza dell'impasto. Nella seconda fase si esegue il primo rinfresco volto ad ossigenare l'impasto e ad apportare nuovo substrato ai microrganismi. Si aggiunge acqua e una quantità di farina pari al peso dell'impasto fermentato. Nella terza fase si effettua una serie di rinfreschi, ad intervalli di 7-8 ore, al fine di mantenere costanti le capacità lievitanti e l'attività fermentativa. Secondo Calvel, il momento ottimale per eseguire il rinfresco è determinato dall'aumento di volume dell'impasto di 3-4 volte rispetto al volume iniziale (*Onno e Roussel, 1994*).

Per la preparazione del lievito naturale, secondo il *sistema americano*, si utilizzano acqua e farina di grano, o farina di segale o una miscela di farina di grano e di segale. In genere

si utilizzano farine integrali per l'elevata carica microbica e il maggiore potere tampone rispetto a farine più raffinate. La miscela di acqua e farina è lasciata fermentare per 24 ore a una temperatura controllata di 32-35°C per fare in modo che si sviluppi una certa acidità. Si esegue il primo rinfresco aggiungendo all'impasto fermentato farina e acqua (rapporto acqua: farina di 1,25:1 o 1,5:1 a seconda della consistenza dell'impasto che si vuole ottenere). Il nuovo impasto viene lasciato fermentare per 8 ore a 32-35°C. Si esegue un secondo rinfresco e si lascia fermentare l'impasto ottenuto per 16 ore. Si effettuano una serie di rinfreschi ogni 8 e 16 ore alternativamente, lasciando fermentare gli impasti alla temperatura di 24-27°C. Per l'ottenimento del lievito naturale con il sistema americano sono necessari circa 5 giorni e per essere mantenuto attivo deve essere conservato a basse temperature (ca. 4 °C) e rinfrescato almeno una volta al giorno (Kulp, 2003).

In Italia non esiste un unico sistema di produzione di lievito naturale, ma diversi metodi legati principalmente alle tradizioni locali.

Indipendentemente dalla procedura impiegata per la preparazione, la composizione microbica di un lievito naturale è rappresentata da un insieme di batteri lattici e lieviti, in genere presenti in un rapporto di circa 100:1, con valori, rispettivamente, di circa  $10^9$  e  $10^7$  UFC/g. I microrganismi dominanti in un lievito naturale non coincidono, nella maggior parte dei casi, con quelli maggiormente presenti su campioni di grano e farine. Durante le prime fasi di fermentazione i batteri lattici (lattobacilli omo- ed eterofermentanti, pediococchi, *Leuconostoc* spp. e *Weissella* spp.) prendono rapidamente il sopravvento sui batteri Gram-negativi, i quali, dopo le prime 24 ore di fermentazione, rappresentano ancora il 98% della popolazione (Hammes e Gänzle, 1998; De Vuyst e Neysens, 2005; Onno e Roussel, 1994). L'inibizione dei batteri Gram-negativi, rappresentati essenzialmente da *Enterobacteriaceae*, è dovuta alla capacità dei batteri lattici di produrre acido lattico e acetico, con conseguente rapido decremento del valore di pH dell'impasto da circa 5,8 a 4,5 nelle prime 24 ore di fermentazione (Onno e Roussel, 1994). In questa fase ai batteri lattici si associano lieviti, tra cui *Saccharomyces cerevisiae* e *S. exigus*. Secondo quanto riportato da Onno e Roussel (1994), dopo circa 72 ore di fermentazione, i batteri Gram-positivi (essenzialmente lattobacilli) rappresentano l'80% (ca.  $10^9$  UFC/g) della popolazione microbica, coesistendo con i lieviti (ca.  $3,2 \times 10^7$  UFC/g). Dopo un periodo di tempo di circa 10 giorni e un certo numero di rinfreschi si osserva una stabilizzazione dei rapporti tra le diverse specie microbiche e una riproducibilità delle performance del lievito naturale (Onno e Roussel, 1994).

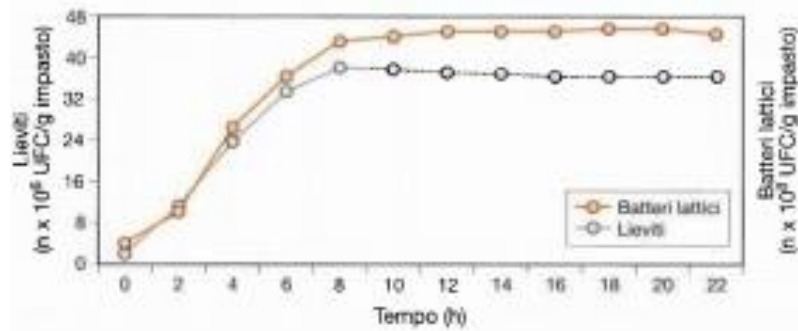


Fig. 23 - Evoluzione delle popolazioni di lieviti e batteri lattici durante la fermentazione del lievito naturale (adattata da Onno e Roussel, 1994; Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

Il grafico riporta un esempio della dinamica della popolazione di lieviti e batteri lattici durante la fermentazione del lievito naturale (fig. 23). Quando quest'ultimo ha raggiunto una capacità lievitante e acidificante costante, le due popolazioni microbiche aumentano di circa un ciclo log in 8 ore, raggiungendo la fase stazionaria di crescita. All'inizio di ogni rinfresco la popolazione si trova di nuovo al livello iniziale per raggiungere nuovamente la fase stazionaria nelle successive 8 ore di fermentazione. Nel caso di rinfreschi eseguiti ogni 8 ore, in assenza di fattori perturbanti, questa dinamica può ripetersi per tempi molto lunghi. La lettera "n" nell'espressione delle UFC/g di impasto indica, di volta in volta, il numero corrispondente di lieviti e batteri lattici sull'asse delle ordinate.

Si sta sempre più diffondendo l'impiego di lievito naturale stabilizzato (per essiccazione) non solo a livello industriale, ma anche artigianale, con la principale funzione di apportare sapore e odore caratteristici dei prodotti a lievitazione naturale. L'aggiunta di enzimi esogeni può favorire una migliore lavorabilità dell'impasto, l'aumento di volume del prodotto lievitato, il rallentamento del processo di raffermaimento e l'acquisizione di specifiche caratteristiche nutrizionali. Il lievito naturale stabilizzato viene conservato per lunghi periodi (ca. 30-60 gg) a temperatura ambiente e aggiunto all'impasto a basse concentrazioni (5-10%). A volte viene aggiunto anche il lievito di birra per consentire un'adeguata lievitazione dell'impasto, sopperendo la ridotta attività metabolica dei batteri lattici nel lievito naturale.



### ***Approfondimento: Il pane con lievito naturale***

Se utilizzato nelle giuste proporzioni (Torrieri et al., 2014), il lievito naturale può migliorare il volume, la consistenza, il sapore e il valore nutrizionale del pane. Il pane con lievito naturale presenta una maggiore conservabilità grazie all'azione di alcuni enzimi che ritardano il raffermamento del pane (Chavan e Chavan, 2011; Zinnai et al., 2012a) e all'aumento di acidità che contrasta lo sviluppo di muffe e protegge il pane dal deterioramento batterico (Oliveira et al., 2014; Zinnai et al., 2012b; Axel et al., 2016).

Il prodotto finito, dal sapore unico lievemente acido, acquista proprietà organolettiche particolari dovute alla produzione di metaboliti (prodotti del metabolismo delle numerose specie microbiche presenti nel lievito naturale) che rendono l'aroma più completo e ricco. Alcuni studi hanno considerato il potenziale della fermentazione mediante lievito naturale sulla qualità nutrizionale dei prodotti lievitati da forno: il pane prodotto con lievito naturale ha una maggiore digeribilità grazie alla trasformazione, da parte dei microrganismi, delle sostanze complesse dell'impasto in sostanze più semplici e facilmente assimilabili.

Nel pane a lievitazione naturale viene utilizzata una coltura starter contenente sia lieviti che batteri lattici (LAB) per far lievitare l'impasto e determinarne le caratteristiche in termini di produzione di acidi, aroma e lievitazione (Jayaram et al., 2013).

Nella panificazione artigianale si utilizzano prevalentemente processi tradizionali discontinui che richiedono un successivo rinfresco dell'impasto primario per ottenere il lievito naturale con un processo singolo o multistadio (Rinaldi et al., 2015).

Come riportato in letteratura (Paraskevopoulou et al., 2012), qualsiasi modifica del processo di produzione del pane o della ricetta può portare a cambiamenti della qualità del pane. In particolare, i composti volatili nella mollica di pane derivano principalmente dal processo di lievitazione della pasta madre, dall'ossidazione dei lipidi della farina e in misura minore dalla reazione di Maillard (Birch et al., 2013), mentre l'aroma della crosta è principalmente dovuto alla reazione di Maillard (Purlis e Salvadori, 2009).

Un gruppo di esperti, aventi precedenti esperienze nell'analisi descrittiva sensoriale del vino e del pane, ha valutato i profili sensoriali del pane, considerando le operazioni adottate durante la cottura. I membri del panel hanno valutato l'intensità di ciascun parametro (tab. I), compresi gli attributi visivi, di aroma e gusto, della crosta e della mollica separatamente, e un parametro edonico come l'apprezzamento generale (Venturi et al., 2014)

Aspect	Smell	Taste	Structure
Intensity of colour	Grain	Sweet	Elasticity
Percentage of white	Acetic Acid	Salty	Compressibility
Density	Hay	Acid	Deformability
Porosity	Yeast	Bitter	Resistance to chewing
Structure regularity	Rancid	Grain Flavour	Surface Moistness
Homogeneity	Frank	Hay Flavour	Compactness
		Yeast Flavour	Cohesiveness
		Astringent	Juiceness
		Aftertaste	
Sensorial evaluation of bread crust			
Aspect	Smell	Taste	Structure
Intensity of colour	Intensity of smell	Sweet	Structure regularity
Regularity of colour	Cereals	Salty	Hardness
Tonality of colour	Roasted	Acid	Friability
(yellow/brown)	Burned	Bitter	Crispness
	Fragrant	Grain Flavour	Resistance to detachment
		Hay Flavour	crust/crumb
		Yeast Flavour	Amount of residual
		Astringent	crumb after detachment
		Aftertaste	

Tab. I - Descrittori sensoriali utilizzati per descrivere separatamente la mollica e la crosta del pane (Venturi F., Sanmartin C., Taglieri I., Nari A., Andrichi G., Zinnai A., *Effect of the baking process on artisanal sourdough bread-making: A technological and sensory evaluation*).

I tre forni artigianali partecipanti al progetto di ricerca differiscono nella procedura di cottura per alcuni aspetti, tra cui:

-le condizioni operative adottate per la conservazione dell'impasto di partenza: nella panetteria A l'impasto di partenza veniva mantenuto immerso in acqua e conservato in condizioni refrigerate ( $T=4^{\circ}\text{C}$ ), mentre le altre due panetterie (panetteria B e panetteria C) conservavano l'impasto esposto all'aria a diverse temperature di conservazione ( $4^{\circ}\text{C}$  per panetteria B e  $17^{\circ}\text{C}$  per panetteria C);

-numero di fasi tra i rinfreschi e la fase di lievitazione: nella panetteria A il lievito naturale è stato rinfrescato una seconda volta prima della preparazione di un pre-impasto che è stato conservato a temperatura ambiente per 8 ore fino alla preparazione dell'impasto finale; nella panetteria C, le pagnotte di pane sono state conservate a  $4^{\circ}\text{C}$  per 15 ore dopo la divisione e lo stampaggio e quindi la temperatura è stata aumentata in modo controllato per 4 ore;

-condizioni operative (tempo, temperatura) adottate per la fase di lievitazione: mentre nelle panetterie A e C la fase di lievitazione è stata promossa in una fase a temperatura ambiente per 3-5 ore, nella panetteria B la fase di lievitazione è stata divisa in due sottofasi a  $35^{\circ}\text{C}$  (1 ora + 2 ore).

Le differenze nelle procedure di cottura potrebbero influenzare la composizione chimica del lievito naturale (tab. II) e del pane finale (fig. I).

Chemical index	Bakery A	Bakery B	Bakery C
$FR = \frac{[(D + L)\text{Lactic Acid}]}{[\text{Acetic Acid}]}$	4.17 ± 0.10	4.71 ± 0.33	3.11 ± 0.06
$MR = \frac{[(D + L)\text{Lactic Acid}]}{[\text{Ethanol}]}$	0.35 ± 0.01	0.51 ± 0.03	0.44 ± 0.01
$TA = [(D + L)\text{Lactic Acid}] + [\text{Acetic Acid}]$	28.17 ± 0.05	33.85 ± 1.18	19.68 ± 0.13

Tab. II - Indici chimici del lievito naturale (Venturi F., Sanmartin C., Taglieri I., Nari A., Andrichi G., Zinnai A., *Effect of the baking process on artisanal sourdough bread-making: A technological and sensory evaluation*).

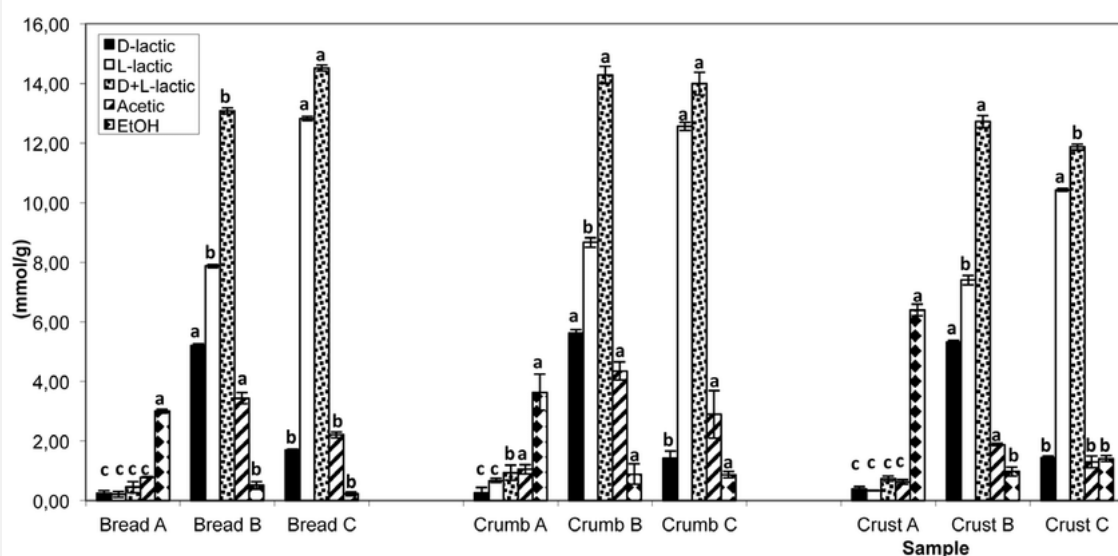


Fig. I - Composizione chimica del pane, crosta e mollica (Venturi F., Sanmartin C., Taglieri I., Nari A., Andrichi G., Zinnai A., *Effect of the baking process on artisanal sourdough bread-making: A technological and sensory evaluation*).

Nella tabella II sono stati inseriti due indici chimici: il rapporto di fermentazione, FR, in grado di descrivere l'attività metabolica dei ceppi di batteri omo/etero-lattici, e il rapporto microbico, MR, in grado di descrivere l'attività metabolica dei ceppi di batteri lattici/lieviti. È presente anche il valore di acidità totale, TA, utilizzato come marker dell'intera attività di fermentazione svolta dai microrganismi del lievito naturale.

Come riportato in letteratura, se il valore di FR è vicino a 3,0 (vedi panetteria C nella tabella II), il pane che ne deriva potrebbe avere un sapore acido negativo a causa della concentrazione troppo elevata di acido acetico prodotto. Il lievito madre della panetteria B ha mostrato i valori più alti di entrambi gli indici MR e TA, quindi è possibile affermare che le condizioni di lavoro adottate nella panetteria B siano le migliori per promuovere l'attività dei LAB.

Analizzando la figura I è possibile notare che il pane (crosta e mollica) della panetteria A ha mostrato un profilo chimico abbastanza diverso dagli altri due. La concentrazione di tutti i metaboliti derivanti dal metabolismo dei LAB (acido D+L-lattico e acido acetico) era la più bassa, mentre il contenuto di etanolo era il più alto. Le condizioni operative per la conservazione dell'impasto starter, il maggior numero di fasi tra i rinfreschi dell'impasto e la fase di lievitazione e le condizioni di conservazione adottate nella panetteria A potrebbero aver promosso l'attività metabolica dei lieviti a discapito di quella dei LAB.

Le condizioni di cottura della panetteria C, invece, sembrano consentire un aumento dell'attività metabolica dei LAB e una riduzione significativa della fermentazione alcolica ad opera dei lieviti. Analizzando il profilo chimico del pane prodotto nella panetteria B sembra che ci sia stata una buona attività metabolica sia dei LAB che del lievito, con una composizione chimica ben bilanciata.

Pani realizzati con diverse procedure di cottura sono caratterizzati da profili sensoriali molto diversi. Il pane C appare caratterizzato dal peggior profilo sensoriale della mollica in relazione al gusto e alle caratteristiche strutturali. Gli altri due pani, invece, sono caratterizzati da attributi positivi, in particolare il pane A ha mostrato il miglior profilo sensoriale per le caratteristiche strutturali e il profumo della mollica e il pane B per la complessità del sapore.

Gli autori di questo articolo affermano che le condizioni operative adottate durante la lievitazione naturale influenzano sia le caratteristiche compositive del lievito che le caratteristiche sensoriali del pane.

In questo studio sono stati calcolati alcuni indici chimici dal rapporto tra la concentrazione dei principali metaboliti microbici nella crosta e nella mollica delle tre pagnotte a lievitazione naturale prodotti dai tre panifici artigianali selezionati.

Il rapporto tra l'acido D+L- lattico e l'acido acetico (FR) è stato il miglior indice in grado di fornire informazioni affidabili sulla qualità del pane. Quando il valore dell'indice FR era vicino a 3,0, il pane mostrava le peggiori caratteristiche strutturali della mollica e un gusto acido sgradevole. Integrando le informazioni provenienti sia da dati chimici che sensoriali è stato possibile individuare le migliori condizioni operative che potrebbero essere adottate nella produzione del pane a lievitazione naturale. Allo stesso modo si potrebbe valutare l'effetto indotto dalle altre variabili di lavoro (temperatura di conservazione del lievito naturale, composizione gassosa dell'atmosfera circostante, ...) sulla qualità del prodotto finito (Venturi F., Sanmartin C., Taglieri I., Nari A., Andrichi G., Zinnai A., *Effect of the baking process on artisanal sourdough bread-making: A technological and sensory evaluation*).

### 3.5. La spezzatura e formatura dell'impasto

La spezzatura è un'operazione che consente di dividere l'impasto in pezzi di determinate dimensioni e può essere condotta manualmente o con macchine spezzatrici (Carrai B., *Arte Bianca*). Le operazioni di spezzatura e formatura qualche decina di anni fa erano completamente manuali. Oggi, invece, i panettieri si avvalgono dell'aiuto di macchine specifiche automatizzate (spezzatrici, lamellatrici, stampatrici, arrotolatrici) secondo i tipi e le pezzature da produrre (Fрати L., *Manuale di panificazione*, Hoepli). Queste macchine vengono utilizzate non solo a livello industriale, ma anche artigianale, soprattutto quando si lavora con notevoli quantità di impasto.

Le operazioni di formatura servono sia per dare al prodotto una struttura omogenea e la forma finale che per eliminare le bolle di grandi dimensioni, consentendo una distribuzione più uniforme degli alveoli (Spicher, 1983) prima della lievitazione finale. Le principali forme adottate sono: forme avvolte, forme arrotondate, forme stampate e filoni. I tagli impressi sulla superficie della pagnotta sono necessari per permettere una migliore lievitazione.



Fig. 24 - Macchine per coppie ferraresi.



Fig. 25 - Formatura manuale.



Fig. 26 – Tagli sulla superficie della pagnotta.

### 3.6. La cottura



Fig. 27 – Esempio di pane cotto.

Nel corso dell'ultima fase del processo tecnologico il prodotto subisce modificazioni fisico/strutturali e biochimiche, determinanti per l'acquisizione delle caratteristiche reologiche, sensoriali e nutrizionali. Durante la cottura avviene sia uno scambio di calore, dall'esterno verso l'interno, sia uno scambio di materia, dall'interno verso l'esterno. Il prodotto passa quindi dallo stato di "schiuma" (*foam*) a quello di "spugna" (*sponge*) (Cauvain e Young, 2003) e si differenziano due zone, crosta e mollica. A seconda della regione del prodotto (crosta o mollica) si assiste a diversi fenomeni sia macroscopici che molecolari. L'effetto dipende dalla natura di queste modificazioni (fisica, chimica e biochimica) e dalla loro intensità, in termini di tempo e di temperatura. La temperatura e i tempi di cottura dipendono dalla consistenza dell'impasto, dalla pezzatura e dalla forma del pane, definita dal rapporto tra superficie esterna e massa interna. Il primo fenomeno, denominato *oven rise*, è associato ad un incremento della produzione di CO<sub>2</sub>, non appena l'impasto viene posto nella camera di cottura, dovuto all'accelerazione delle attività degli enzimi e dei lieviti (Campbell, 2003). A 50°C circa, i lieviti e i batteri lattici muoiono, mentre i gas continuano ad espandersi incrementando ulteriormente il volume. Il prodotto è successivamente interessato da un secondo fenomeno, denominato *over spring*, che determina un'ulteriore espansione in volume e conseguentemente un aumento dell'area superficiale del 10% (Spicher, 1983). In seguito all'aumento della temperatura, i gas (CO<sub>2</sub>, etanolo e vapore acqueo) tendono ad occupare un volume maggiore. Tra i 50 e i 60°C le alfa e beta-amilasi demoliscono l'amido, liberando zuccheri e destrine. A queste temperature l'amido inizia la saldificazione: l'amido si rigonfia, assorbendo acqua, e gelatinizza. Si assiste al passaggio dell'amido allo stato amorfo e alla formazione di una massa gelatinosa, detta salda, che rappresenterà la mollica dopo il raffreddamento. La gelatinizzazione, ossia la distruzione della struttura cristallina dell'amido, è causata dal riscaldamento dell'amido in presenza di sufficiente acqua e comporta cambiamenti

irreversibili: rigonfiamento dei granuli, perdita della cristallinità e della birifrangenza, dispersione e solubilizzazione del materiale dei granuli nel mezzo acquoso con conseguente aumento della viscosità. Le proteine del glutine coagulano perdendo l'acqua di idratazione, in parte assorbita dall'amido, diventando rigide. Il glutine perde la sua estensibilità e acquista proprietà elastiche. La superficie raggiunge lo stato di *sponge* molto più rapidamente rispetto alla parte interna. Essendo esposta a temperature molto elevate, la superficie si disidrata e diventa permeabile, favorendo la fuoriuscita del vapore acqueo accumulato nella parte interna. Quando comincia a formarsi la crosta, l'aumento di volume della forma si arresta perché incontra un ostacolo nella rigidità della struttura. A fine cottura, quando la struttura interna della pagnotta risulta consolidata dalla denaturazione del glutine e dalla gelatinizzazione dell'amido, la crosta ha un'umidità inferiore al 5%, mentre la mollica interna rimane morbida e soffice, mantenendo una maggiore umidità. A 110-120°C l'amido è degradato a destrine di colore giallo, mentre a 130-140°C si formano destrine di colore bruno. A temperature più alte, intorno ai 140-150°C, i fenomeni di caramellizzazione e di imbrunimento non enzimatico formano diversi prodotti responsabili dell'aroma e del colore tipico della crosta (Richard-Molard, 1994). Aggiungendo malto nell'impasto, ossia una fonte di zuccheri per le reazioni di imbrunimento non enzimatico, si ottiene un prodotto con una crosta più colorata. Possono avvenire anche reazioni di degradazione termica di zuccheri e aminoacidi che portano alla formazione di diverse sostanze, tra cui pirroli e pirazine, responsabili dell'aroma e dell'odore del pane caldo.

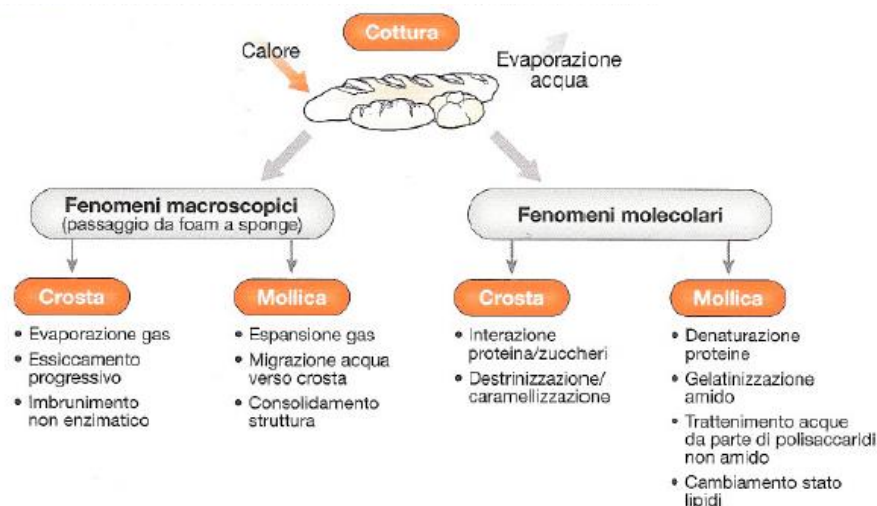


Fig. 28 – Fenomeni a carico di crosta e mollica durante la cottura (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

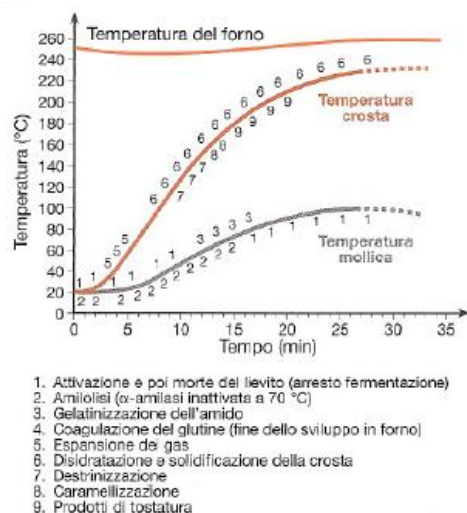


Fig. 29 – Principali fenomeni che avvengono durante la cottura in funzione della temperatura (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

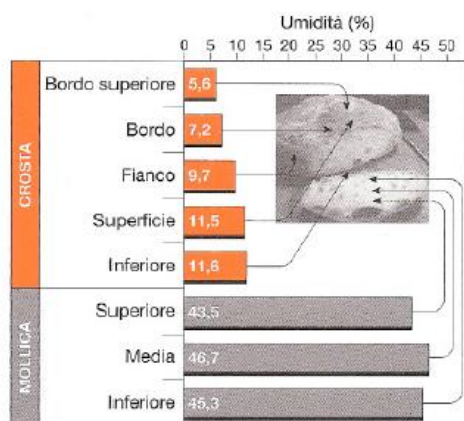


Fig. 30 – Ripartizione del contenuto in acqua nelle diverse zone di una forma di pane (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

### 3.6.1. I forni

I forni più utilizzati a livello artigianale sono a platea fissa, con camere sovrapposte, o ad armadio con carrello rotante. In quest'ultima tipologia il pane è collocato su apposite teglie poste su un carrello, spesso già durante la fase di lievitazione. Il carrello è posto nel forno e la rotazione consente di ottenere una maggiore uniformità di cottura. Il forno a platea fissa richiede un'ulteriore operazione di carico e scarico manuale del prodotto, con pale o specifici dispositivi caricatori, e maggiore tempo e abilità.

Nel sentore comune, il pane artigianale è quello fatto nel forno a legna, ma in realtà per ottenere un pane artigianale si potrebbe anche usare un forno elettrico. La peculiarità di questo forno a platea è la fonte di calore, ovvero la legna. A seconda del tipo di legno



impiegato, infatti, il pane cotto sarà caratterizzato da specifiche note aromatiche. Il forno a legna non viene sempre impiegato perché presenta maggiori problemi igienico-sanitari.



Fig. 31- Forno rotativo ad armadio.



Fig. 32 - Forno a platea fissa con camere sovrapposte.



Fig. 33 - Forno a legna.

Negli impianti industriali, invece, la cottura avviene in continuo all'interno di tunnel. La temperatura può essere regolata in corrispondenza delle diverse sezioni, chiamate fornelle, mentre il tempo di cottura è determinato dalla velocità del nastro di trasporto del prodotto e dalla lunghezza del forno. I forni possono essere a combustibile o elettrici.



Fig. 34 - Forno industriale a tunnel.

### 3.6.2. Il rafferimento del pane

È spesso definito come l'aumento della fermezza della mollica nel tempo, sebbene includa il deterioramento delle caratteristiche della crosta e la perdita o cambiamento dell'aroma. Il rafferimento del pane che si verifica durante la sua conservazione è dovuto alla retrogradazione dell'amilopectina e, in misura minore, dell'amilosio dell'amido e comporta il raddrizzamento delle catene e il loro avvicinamento reciproco con perdita di acqua di idratazione e formazione di ponti idrogeno. Il rafferimento viene provocato anche dalla migrazione di acqua dall'amido al glutine, con conseguente cristallizzazione dell'amido. I pentosani, come già detto in precedenza, oltre a migliorare la consistenza e ad aumentare la viscosità dell'impasto, aumentano la ritenzione dei gas e formano con l'amilopectina dei legami che ritardano il rafferimento. Numerosi studi, infatti, hanno dimostrato il ruolo dei pentosani nel ritardare il rafferimento del pane. I pentosani, secondo alcune ipotesi, sembrerebbero rallentare la retrogradazione dell'amido, contrastando le interazioni tra le molecole di amilosio.

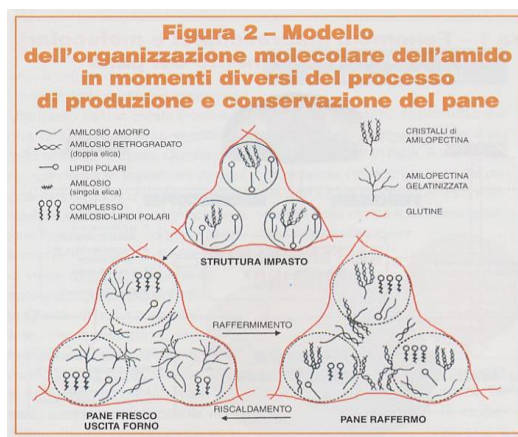


Fig. 35 – Modello dell'organizzazione molecolare dell'amido in momenti diversi del processo di produzione e conservazione del pane.

Non solo il contenuto di umidità, ma anche la temperatura e il tempo di conservazione hanno notevole influenza sull'andamento del fenomeno. Il rafferimento avviene tra 50°C e -7°C e presenta una velocità massima a -2°C. Il pane posto in frigorifero, per questo motivo, rafferma molto più rapidamente rispetto al pane mantenuto a temperatura ambiente. A temperature inferiori a -10°C il fenomeno si arresta e il pane, una volta scongelato, riacquista le proprie caratteristiche di freschezza. Il processo è reversibile per cui un pane rafferma sottoposto a riscaldamento torna alla sua croccantezza.

L'invecchiamento del pane può essere contrastato grazie ad alcuni accorgimenti: l'utilizzo di lievito naturale, la lavorazione degli impasti a basse temperature con metodo indiretto, l'impiego di additivi antiraffermamento che legano l'acqua evitando che essa venga persa dal prodotto durante la conservazione (Carrai B., *Arte Bianca*).

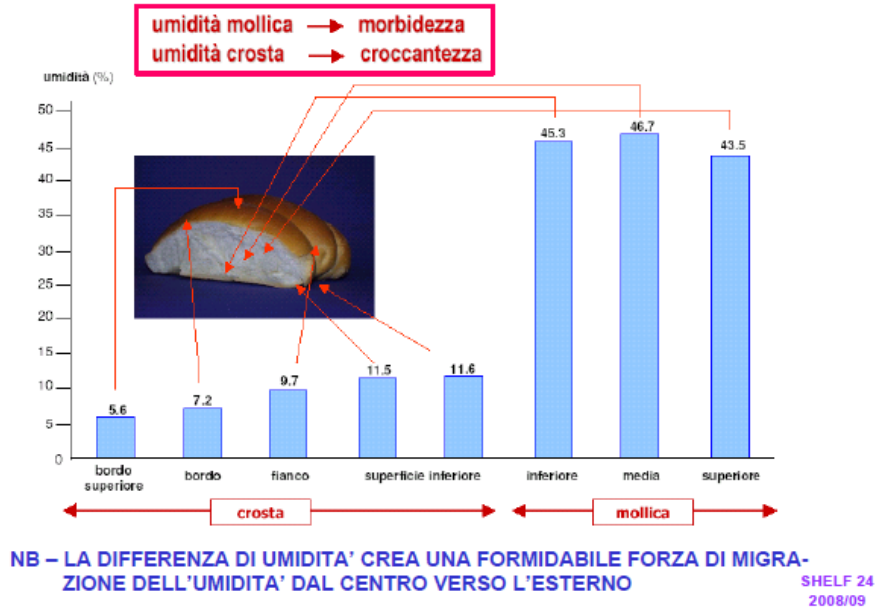


Fig. 36 – Ripartizione del contenuto in acqua nelle diverse parti di un pane.

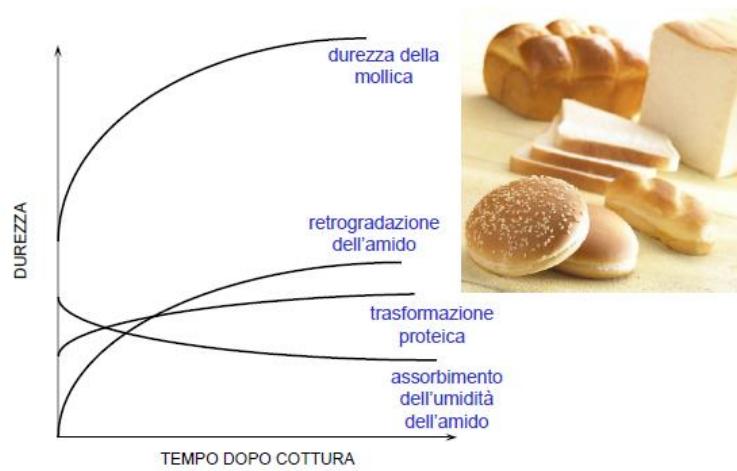


Fig. 37 – Processi di raffermaimento del pane.

### **3.7. Consumo di pane**

Il pane è uno degli alimenti più consumati nel mondo. Ogni anno vengono prodotti circa 9 miliardi di kg di pane (*Pico et al., 2015*). Secondo Coldiretti, il consumo di pane è in calo negli ultimi decenni. Ciò è dovuto al cambiamento delle abitudini alimentari e alla scelta di prodotti sostitutivi al pane, come grissini e crackers. Vi è un maggiore interesse verso il pane biologico, i prodotti senza glutine e a base di cereali diversi dal frumento (kamut e farro) (analisi Coldiretti, 2016). Il pane contiene importanti componenti nutrizionali che forniscono un effetto positivo sulla salute umana. Il consumo di pane artigianale in Italia, anche se in calo, continua ad essere preferito. Il consumatore ricerca prodotti freschi con un elevato valore nutrizionale e che possano apportare benefici per la salute. Un elemento determinante per l'accettabilità del pane da parte del consumatore è perciò la freschezza del prodotto (*Heenan et al., 2008*).

## Capitolo IV

### IMPORTANZA E RUOLO DEI PENTOSANI IN PANIFICAZIONE

I pentosani, polimeri dei pentosi (carboidrati la cui macromolecola deriva dalla condensazione di un elevato numero di pentosi), sono polisaccaridi non-amido di origine vegetale presenti nelle pareti cellulari dei vari tessuti della cariosside. In panificazione essi sono interessanti dal punto di vista tecnologico in quanto la loro principale proprietà è la capacità di legare l'acqua, tanto che nell'impasto possono arrivare a legare ben il 15% dell'acqua presente. Essendo termostabili, non vengono degradati dalla cottura, non retrogradano durante il raffreddamento e possono quindi mantenere legata l'acqua. Inoltre, contribuiscono alla consistenza dell'impasto, aumentano la viscosità e interagiscono con gli altri componenti, oltre a migliorare la shelf-life del prodotto (conservabilità). I pentosani più diffusi sono gli arabinoxilani (costituiti da arabinosio e xilosio) e gli arabinogalattani (costituiti da arabinosio e galattosio).

COMPONENTE	NELLA FARINA	NELL'IMPASTO
AMIDO	75	---
- GRANULI (85%)		26
- DANNEGGIATO (15%)		19
PROTEINE (glutine)	14	31
PENTOSANI	2	23

Tab. 38 – Distribuzione dell'acqua in farina e impasti (%).

Un altro componente delle farine in grado di influenzare notevolmente le proprietà di impasto e, di conseguenza, anche le caratteristiche del prodotto finito, è la fibra. Un'elevata quantità di polisaccaridi di natura non amidacea, tra cui cellulosa,  $\beta$ -glucani e arabinoxilani, è caratteristica delle farine integrali. La presenza di fibra consente di ottenere una maggiore resa ed un essiccamento della mollica più lento, dando luogo però ad impasti meno forti, a causa della competizione per l'acqua e dell'interruzione del reticolo proteico in alcuni punti. Infatti, il pane che si ottiene da una farina integrale ha uno sviluppo minore in volume dato dall'indebolimento strutturale del reticolo proteico.

## 4.1. Arabinoxilani

Gli arabinoxilani (AX) sono il gruppo più importante dei polisaccaridi non amidacei presenti nelle pareti cellulari dell'endosperma (sono circa l'85% dei polisaccaridi non amidacei, i quali rappresentano circa il 75% del peso della sostanza secca). Gli arabinoxilani sono dei polisaccaridi pentosi (pentosani) appartenenti alla categoria delle emicellulose, caratterizzati dalla presenza di xilosio quale unità monomerica di base (xilani), sulla cui catena principale sono presenti ramificazioni costituite da arabinosio. Sono polimeri dei pentosi arabinosio e xilosio e possono essere solubili o insolubili a seconda della configurazione delle catene di zuccheri (<https://digilander.libero.it/silvanodg13/PrincipiNutrizione/fibrePN.htm>).

Caratteristica unica degli arabinoxilani è la presenza di acido idrossicinnamico e soprattutto di acido ferulico, il quale agisce da agente di collegamento trasversale tra i polisaccaridi, e polifenoli che possiedono spiccate proprietà antiossidanti associate ad una riduzione del rischio di malattie cardiovascolari (James M. Lattimer, Mark D. Haub, *Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health*).

Esiste un'altra classe di polisaccaridi non amidacei presenti nell'endosperma, gli arabinogalattan-peptidi (AGP), che spesso vengono considerati come un gruppo chiamato pentosani. Recenti studi di Loosveld e collaboratori sulle funzionalità di arabinogalattan-peptidi nella panificazione hanno dimostrato che si comportano in modo molto diverso dagli arabinoxilani (Courtin C. M., Delcour J. A., *Arabinoxylans and Endoxylanases in Wheat Flour Bread-making*) e, visto che presentano anche notevoli differenze sia nella struttura che nelle proprietà rispetto agli arabinoxilani, è più corretto non identificarli come pentosani.

Gli arabinoxilani sono costituiti da una catena di residui di D- xilopiranoside legati da legami  $\beta$ - 1,4. Il monomero  $\alpha$ -arabinofuranoside può essere presente nella posizione C(O)-3 e/o C(O)-2 della catena di xilano, mentre l'acido ferulico può essere legato al C(O)-5 dell'arabinosio da un legame estere.

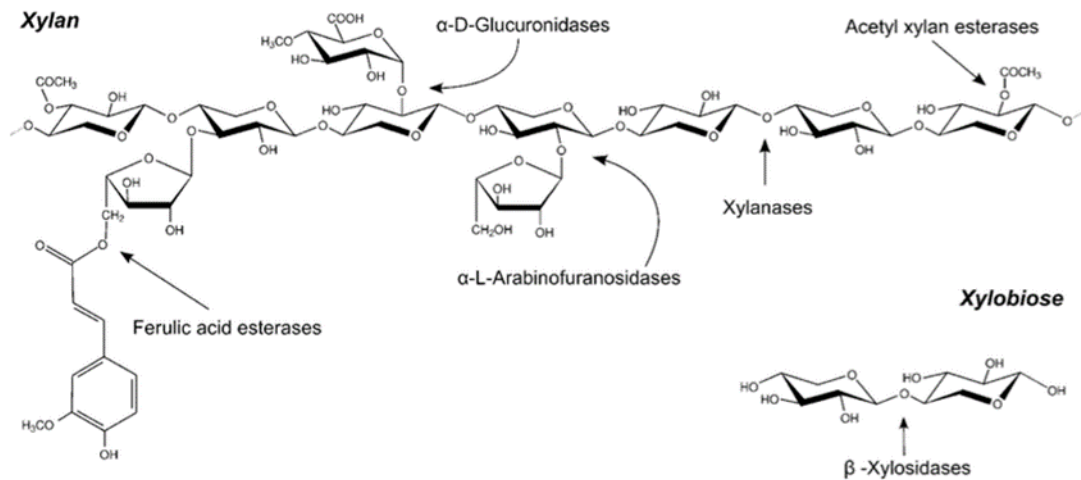


Fig. 39 – Struttura chimica degli arabinoxilani (AX).

Nella figura 40 sono illustrati i quattro elementi costitutivi: xilosio non sostituito, xilosio monosostituito in C(O)-2, xilosio monosostituito in C(O)-3 e xilosio bisostituito in C(O)-2 e in C(O)-3.

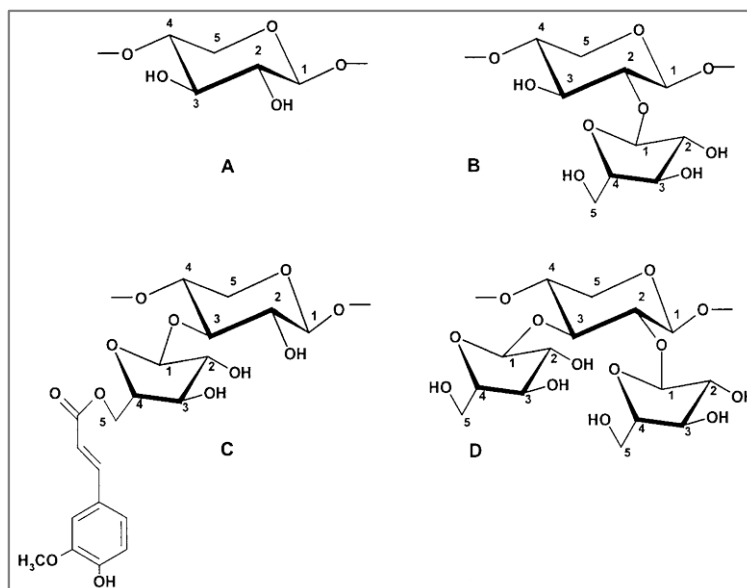


Fig. 40 - Elementi strutturale di AX: (A): residuo di D- xilopiranoside non sostituito; (B) residuo di D- xilopiranoside sostituito sul C(O)-2 con un residuo di L-arabinofuranosil; (C): residuo di D-xilopiranosil sostituito sul C(O)-3 con un residuo di L- arabinofuranosil; (D): residuo di D-xilopiranosil sostituito sul C(O)-2 e sul C(O)-3 con due residui di L-arabinofuranosil. la struttura C mostra il legame dell'acido ferulico al C(O)-5 del residuo di L-arabinofuranosil.

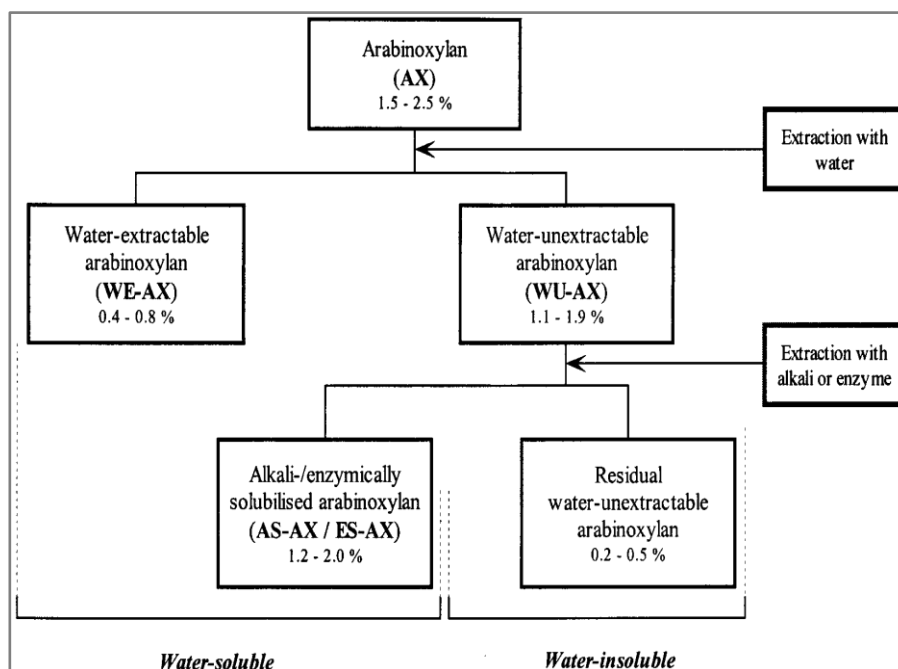


Fig. 41 - Classificazione sulla base dell'estrabilità di AX della farina di grano (la % indicativa è espressa sul peso della farina).

La farina di frumento contiene circa l'1,5-2,5% di arabinosilani. In generale, il 20-30% degli arabinosilani può essere estratto in acqua (WE-AX); gli arabinosilani rimanenti, invece, non sono estraibili in acqua (WU-AX) (Weili Li, Hui Hu, Qi Wang, Charles S. Brennan, *Molecular Features of Wheat Endosperm Arabinosilane Inclusion in Functional Bread*). Gli arabinosilani estraibili in acqua (WE-AX), al contrario degli arabinosilani non estraibili in acqua (WU-AX), non sono trattenuti dalla parete cellulare da interazioni covalenti e non covalenti con altre molecole o con i costituenti della parete cellulare come proteine, lignina e cellulosa. Quando gli arabinosilani non estraibili in acqua (WU-AX) vengono trattati con alcali, i legami tra le molecole degli arabinosilani si rompono e parte di queste molecole viene liberata dalla matrice della parete cellulare ed è resa solubile in acqua (arabinosilani con solubilizzazione alcalina o AS-AX). Quando gli arabinosilani non estraibili in acqua vengono trattati con endoxilasi, invece, si generano gli arabinosilani solubilizzati enzimicamente (ES-AX). Questi ultimi, a differenza degli AS-AX che mantengono inalterato il loro peso molecolare, subiscono anche una riduzione del peso molecolare a causa dell'idrolisi della catena di xilano.

Gli arabinosilani presentano delle regioni fortemente ramificate (circa tre quarti della molecola di arabinosilano), in cui 4 su 7 residui di xilosio sono sostituiti, e delle regioni aperte che possono contenere cinque o più residui di xilosio consecutivi non sostituiti.



Per definire le tre conformazioni dimensionali e il comportamento degli arabinoxilani si considerano quattro parametri:

- la lunghezza della catena principale di xilano;
- il grado di sostituzione, ossia il rapporto A/X;
- il modello di sostituzione, ossia il modo in cui i residui di arabinosio si legano alla catena di xilano;
- il legame tra l'acido ferulico e altre molecole di arabinoxilani o componenti della parete cellulare.

È stato dimostrato che la solubilità di WE-AX e AS-AX in acqua o in miscele di acqua ed etanolo dipende dal grado di sostituzione dell'arabinoxilano. Rimuovendo i residui di arabinosio dalla catena di xilano la solubilità dell'arabinoxilano diminuisce.

Gli arabinoxilani hanno la capacità di formare un reticolo e gelificare in condizioni ossidative. Sulla base dei dati raccolti da Figueroa-Espinoza e Rouau, si può concludere che la reticolazione degli AX deriva dall'interazione di due residui di acido ferulico attraverso un legame covalente. Il sistema ossidativo avvia questo processo attraverso la formazione di un radicale fenossil reattivo, il quale può isomerizzare in varie forme tra cui quella che coinvolge il doppio legame della catena propenoica dell'acido ferulico. Ciascun radicale può dimerizzare o reagire con un altro radicale.

I legami crociati dell'acido ferulico tra singole molecole di arabinoxilani possono anche influenzare la viscosità, in quanto aumentano il peso molecolare degli arabinoxilani e modificano la loro conformazione. Si riscontra un forte aumento della viscosità degli arabinoxilani in soluzione e si forma un gel quando la concentrazione degli arabinoxilani è sufficientemente alta.

Gli arabinoxilani non estraibili in acqua hanno una forte tendenza ad assorbire acqua e a rigonfiarsi. Gli arabinoxilani estraibili in acqua hanno un'elevata capacità di ritenzione idrica.

Izydorczyk e collaboratori osservarono che gli AX stabilizzavano i film proteici nei confronti della rottura termica e che in presenza di AX si verificava una minore formazione iniziale di schiuma.

Il rapporto arabinosio:xilosio (A/X) è un importante parametro per studiare il comportamento degli arabinoxilani. In generale, il valore medio per il gruppo degli arabinoxilani idrosolubili (WE-AX) del grano è 0,5-0,6. A volte, l'arabinosio polimerico può far parte di una catena laterale, così come lo xilosio.

## 4.2 Endoxilanasi

Nei processi di panificazione europei con farina di grano e di segale, nell'ultimo decennio, si utilizzano sempre più spesso le endoxilanasi, enzimi in grado di idrolizzare la catena di arabinosilano.

È stato dimostrato che in alcuni cereali, come grano, orzo e segale, è endogenamente presente una bassa attività delle endoxilanasi. Le endoxilanasi hanno un forte impatto sulla funzionalità e sulla struttura di AX in quanto attaccano in modo casuale la catena principale dell'arabinosilano, diminuendone il grado di polimerizzazione e liberando oligomeri, cellobiosio e xilosio. Questi enzimi endogeni, infatti, agiscono idrolizzando la parete cellulare dell'endosperma, rendendo i componenti di stoccaggio, come l'amido e le proteine del glutine, accessibili alle amilasi e alle proteasi. Le endoxilanasi sono state trovate anche in batteri, funghi, insetti, lumache, crostacei e alghe marine. Le endoxilanasi possono anche essere prodotte industrialmente, sfruttando alcuni di questi organismi, e selezionate in base alla loro funzionalità che a sua volta dipende dalla specificità dell'enzima per il substrato, dalla selettività, dalla temperatura e dagli intervalli di pH di attività.

Nella farina di frumento altri enzimi, come arabinofuranosidasi ed esterasi, attaccano gli AX, agendo in sinergia con le endoxilanasi e provocando una rapida demolizione o solubilizzazione di AX. Nella panificazione le endoxilanasi sono utilizzate in miscele per migliorare le proprietà dell'impasto e, quindi, la qualità del prodotto finito. I risultati ottenuti grazie all'impiego di un preparato enzimatico contenente endoxilanasi attive per la produzione di pane sono stati notevoli. Sono stati migliorati sia il volume della pagnotta che il punteggio complessivo di panificazione, ma anche la struttura della mollica.

Sono stati recentemente scoperti nel grano alcuni inibitori delle endoxilanasi, la cui funzione non è ancora stata compresa. La presenza di questi inibitori probabilmente influenza la funzionalità delle endoxilanasi endogene, come spiegano i bassi valori di attività delle endoxilanasi misurati. Le endoxilanasi possono essere inibite anche da alcuni ioni metallici ( $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ), glicerolo, etandiolo, diversi reagenti sulfidrilici e zuccheri (xiliosio, arabinosio, xilotriosio). È stato dimostrato infatti che gli zuccheri saccarosio, fruttosio e glucosio riducono l'attività delle endoxilanasi negli impasti per biscotti commerciali.

### **4.3. Gelificazione ossidativa dei pentosani solubili in acqua nella farina di frumento**

Alcuni autori, fin dal 1925, hanno ipotizzato che alcuni comuni ossidanti, tra cui l'acido ascorbico, non abbiano un effetto sulla variazione della viscosità dei pentosani solubili in acqua della farina di frumento, ma formano perossido di idrogeno il quale, secondo Durham (1925), aumenterebbe la viscosità degli impasti. Nei decenni successivi altri autori, studiando la viscosimetria di dispersioni di farina e acqua, conclusero che il 95% della viscosità intrinseca era dovuta ai polisaccaridi e il 5% alle proteine solubili, escludendo che la viscosità fosse aumentata dagli altri componenti solubili (Hosenery, R. C., Faubion, J. M., *A mechanism for the oxidative gelation of wheat-flour water-soluble pentosans*).

## **Capitolo V**

### **IL PANE ARTIGIANALE**

Il pane artigianale si differenzia da quello industriale per una serie di motivi: normalmente vengono adottati a) processi di miscelazione a bassa velocità, b) tempi lunghi di lievitazione, c) ingredienti idonei (dal punto di vista qualitativo) al prodotto che si vuole ottenere e, infine, d) uso del lievito naturale. Il pane artigianale è un prodotto che, dal punto di vista sensoriale, si distingue per il gusto e la fragranza.

Il processo di lavorazione più complesso (per i tempi lunghi e l'utilizzo del lievito naturale) permette di ottenere un pane più gustoso e digeribile rispetto ad un pane industriale in quanto vengono rispettati i tempi e modalità di fermentazione, in particolare le fermentazioni secondarie durante le quali vengono prodotti composti aromatici.

Il pane e i processi artigianali sono caratterizzati dall'uso di una formulazione il più semplice possibile, costituita da farina/e, acqua, lievito naturale e sale. In alcuni impasti possono essere eventualmente aggiunti anche malto diastatico e acido ascorbico, volti a migliorare la funzionalità della farina mentre l'uso di grassi, olii o altro è limitato a specifici tipi di pane. Nei casi di farine deboli, l'acido ascorbico viene usato come miglioratore dell'impasto (aumenta il W alveografico) e svolge un effetto ossidante nei confronti dei gruppi tiolici del glutine. I nuovi legami che si instaurano tra le catene proteiche migliorano la maglia glutinica e quindi le caratteristiche reologiche degli impasti.

#### **5.1. Caratteristiche del processo produttivo del pane artigianale**

La tendenza dei fornai che producono pani artigianali è quella di utilizzare grani tradizionali e locali che consentono di produrre un pane con un sapore e aroma migliore oltre a proprietà nutrizionali migliorate rispetto ai pani realizzati con metodo diretto partendo da farine raffinate. Uno degli elementi distintivi del pane artigianale è infatti l'utilizzo di farine poco raffinate, anche se un pane può essere considerato artigianale quando vengono impiegate farine 0 e 00.

Nell'articolo "Flour Quality and Artisan Bread" (Ross A.S., 2018) si giunge alla conclusione che le farine con un contenuto proteico molto elevato che creano impasti

molto forti, principalmente impiegate in USA per la produzione in serie del pane, probabilmente non sono ottimali per la produzione di pane artigianale.

Nei processi artigianali, inoltre, spesso vengono impiegate grandi quantità di acqua, creando impasti morbidi, non sempre facilmente lavorabili.

L'acqua svolge un ruolo chiave sia a livello di impasto che di prodotto, non solo per la shelf-life del prodotto, ma soprattutto per le caratteristiche sensoriali. Durante le varie fasi del processo tecnologico l'acqua subisce importanti modificazioni, sia in termini di quantità assoluta (umidità totale) che di disponibilità (umidità relativa). Nel momento in cui l'acqua viene aggiunta alla farina tutti i componenti idrofilici e le proteine si idratano. Il quantitativo di acqua da aggiungere per ottenere un impasto è variabile in funzione delle caratteristiche della materia prima. Una farina, infatti, assorbe acqua in misura diversa a seconda del suo grado di raffinazione (e quindi del suo contenuto di fibra, in particolare della cosiddetta frazione solubile), della sua granulometria, del livello di amido danneggiato, della qualità e quantità di proteine in essa presenti e della sua umidità. Quantità di acqua inferiori al 35% dell'impasto (*Feillet et al., 1994*) non consentono un'idratazione ottimale ed omogenea delle macromolecole proteiche, nonostante l'aw raggiunga comunque valori superiori a 0,95. L'acqua non è solo indispensabile per la formazione del glutine, ma anche perché svolge un'azione solvente per altri ingredienti presenti nella formulazione, ad esempio sale e zuccheri semplici, e consente l'espressione di attività metaboliche dei microorganismi e degli enzimi esogeni ed endogeni della farina.

Il sale esalta l'aroma del prodotto, maschera sapori anomali (amaro e gusti metallici) e migliora le caratteristiche di elasticità e consistenza dell'impasto (ha un effetto positivo sia sui legami a idrogeno sia sulle interazioni idrofobiche tra le macromolecole proteiche) (*Miller e Hoskeny, 2008*). Il sale rallenta la velocità di produzione del gas (*He et al., 1992*) e quindi tende ad essere aggiunto in basse concentrazioni per non ostacolare l'azione del lievito. In alcuni studi, infatti, è stato osservato come l'assenza di sale nell'impasto determini una maggiore velocità di produzione di anidride carbonica. Aggiunte di NaCl comprese tra 1,5-2% determinano un maggiore aumento in volume del pane, mentre quantità superiori portano ad un minore sviluppo in volume.

Nonostante la semplice formulazione, c'è una grande varietà di pane in funzione delle differenti modalità di lievitazione e tecniche di cottura.

Frank Devos, nel suo articolo "Traditional Versus Modern Leavening Systems", confronta i sistemi di lievitazione tradizionale con quelli moderni.

In passato le condizioni di lavorazione erano molto diverse da quelle attuali. Gli impasti venivano lavorati con altri strumenti (spesso a mano o con impastatrici che non stressavano l'impasto), in quanto non si disponeva di tutte le impastatrici utilizzate attualmente, e per tempi diversi, preferendo l'utilizzo di lievito naturale, ottenuto dallo sviluppo di un impasto di farina e acqua. Con l'introduzione del lievito commerciale (circa 150 anni fa), furono possibili processi molto più veloci, che permisero lo sviluppo della moderna panificazione industriale del XX secolo. Oggi poi molti panificatori si affidano all'uso di formulati da aggiungere all'impasto come innesco per la lievitazione, anche se la tendenza dei consumatori si sta spostando verso pani artigianali realizzati con processi tradizionali. Uno degli elementi chiave dei processi tradizionali di panificazione artigianale è certamente l'uso del lievito naturale per la sua capacità di migliorare il sapore e i suoi potenziali benefici nutrizionali.

In alternativa al lievito naturale si possono aggiungere impasti acidi pronti all'uso. Anche l'uso di farine con un contenuto di ceneri più elevato ha dimostrato avere un'influenza positiva sul vigore di fermentazione e sul sapore del pane, probabilmente attraverso una maggiore produzione di metaboliti (Ross S. A., *Flour Quality and Artisan Bread*). I parametri di processo, come tempo, temperatura e consistenza, influenzano le caratteristiche dell'impasto e, di conseguenza, del pane. I moderni panificatori sperimentano e cercano di applicare le tecniche di panificazione tradizionali nelle panetterie di grandi dimensioni, ricercando nuove materie prime e combinando i diversi parametri adottati.

Una delle principali caratteristiche che contraddistingue le pagnotte artigianali è inoltre la mancanza di uniformità, specialmente in termini di peso e di forma. Le pagnotte artigianali vengono formate manualmente o utilizzando macchine modellanti. Per artigianale infatti non è possibile intendere la totale esclusione dell'utilizzo di macchinari: al giorno d'oggi, anche nei piccoli forni artigiani si impiegano macchine impastatrici e formatrici perché sarebbe davvero difficile lavorare manualmente impasti specie di notevoli dimensioni.

## 5.2. Caratteristiche nutrizionali e salutistiche del pane artigianale

Ci si può domandare se il pane artigianale è davvero più sano del semplice pane bianco. L'uso di farina sbiancata e l'aggiunta di miglioranti (emulsionanti, inibitori di muffe, ecc) sono generalmente considerati malsani e incolpati per i nostri problemi di salute moderni. Nel momento in cui le preferenze dei consumatori hanno iniziato a passare a ingredienti più sani, il pane artigianale ha iniziato a guadagnare popolarità.

Ma in cosa esattamente il pane artigianale è più salutare del pane bianco prodotto industrialmente?

Come detto il pane artigianale è definito come pane prodotto con *metodi e ingredienti* tradizionali. La scelta del tipo di farina, la durata della fermentazione e il modo in cui viene prodotto il pane sono caratteristiche importanti per una pagnotta artigianale (l'impasto viene generalmente prodotto in piccoli lotti spesso con lavorazioni manuali). Con l'aumento della popolarità e delle richieste per questo tipo di produzione artigianale sono stati riscontrati aumenti di produzione, e di conseguenza l'adozione di alcune modalità più moderne. I consumatori comunque credono che questo sia un pane più sano a causa delle dichiarazioni relative alla formulazione (minimamente elaborata), agli ingredienti, e al mancato utilizzo di additivi.

Un recente studio (*Korem T. et al, 2017*) ha cercato di rispondere alla domanda se il pane artigianale sia più sano del pane bianco. 20 adulti sani hanno partecipato a una sperimentazione crossover randomizzata di due sessioni della durata di una settimana. I partecipanti hanno consumato pane integrale a lievitazione naturale preparato tradizionalmente o pane bianco realizzato industrialmente. In seguito a tale assunzione sono stati testati i seguenti parametri clinici: livelli di trigliceridi, colesterolo LDL, colesterolo HDL, colesterolo totale, ALT, AST, GGT, ferro, calcio, creatinina, urea, ormone stimolante la tiroide, LDH e CRP, nel sangue, misurazioni della pressione arteriosa, misurazioni del peso e del metabolismo basale (BMR), livelli medi di glucosio nel sangue nei 15 minuti successivi alla sveglia, risposta di glucosio nel sangue a OGTT 30 minuti prima del pasto e dopo il consumo di 75 g di glucosio, analisi del microbioma eseguita su campioni di feci. I soggetti del test hanno mangiato pasti standardizzati calcolati per avere 50 g di carboidrati disponibili. Il test non ha mostrato alcuna differenza significativa tra il consumo di pane integrale a lievitazione naturale, pane integrale e pane bianco prodotto industrialmente, e che entrambi i tipi di pane hanno avuto risultati molto personali sui partecipanti, ad esempio risposte simili sui picchi glicemici consumando

indifferentemente i due tipi di pane. Infine, i ricercatori hanno scoperto che la composizione del microbiota durante lo studio è rimasta generalmente stabile e specifica per ogni persona.

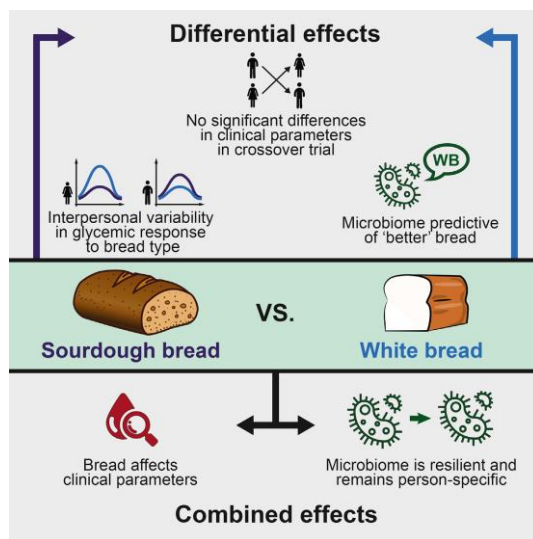


Fig. 42 – Effetti derivanti dal consumo di pane integrale a lievitazione naturale e di pane bianco.

In alcuni degli interventi pubblicati su *Cereal Foods World (CFW)* a proposito della panificazione artigianale vengono analizzate le “tendenze” della panificazione artigianale lungo tutta la filiera sottolineando le sfide e le potenziali soluzioni per la produzione di *massa* del pane artigianale. A fronte di queste considerazioni, e a quelle che seguiranno, è necessario considerare che *CFW* è una rivista, pubblicata negli USA, e che perciò fa riferimento principalmente alla realtà nord-americana, realtà per molti aspetti radicalmente diversa da quella europea e, naturalmente, da quella italiana, la quale presenta peculiarità assolutamente originali e uniche nel panorama dei prodotti della panificazione.

I principali attori dell'industria alimentare, afferma *CFW*, sono stati invitati a fornire, con i loro punti di vista, un'idea su cosa significhi panificazione artigianale: dalla selezione delle materie prime alla formulazione del prodotto (ad esempio, farine raffinate rispetto a quelle integrali), dalla lievitazione fino alla valutazione del prodotto finito. Questi punti di vista considerano da un lato le “imperfezioni” del prodotto considerate quasi come una sorta di “bellezza” del pane artigianale, mentre indagano ed esplorano anche le sfide più tecniche, come possono essere la consistenza dell'impasto, l'estensione della durata di conservazione e il raggiungimento della qualità complessiva del prodotto per il consumatore.



Come detto in precedenza la produzione casalinga e i prodotti fatti a mano stanno guadagnando popolarità tra le persone che cercano “sensorialità” e prodotti che suscitano nostalgia per i tempi passati, per i cibi semplici, “come faceva la nonna”. Percezioni attinenti a salute e qualità vengono collegate agli alimenti realizzati in piccole produzioni, usando ingredienti di provenienza locale e tecniche “antiquate”. La panificazione artigianale, in aumento nelle panetterie e nei negozi di alimenti tipici e locali è quindi una conseguenza di questa tendenza, in particolare nelle regioni industrializzate dei paesi occidentali, specialmente in America del Nord, perchè in Europa e in primis in Italia, la tradizione nelle produzioni alimentari non è mai stata abbandonata, e, anzi, oggi, più che mai ripresa e sviluppata.

Tra gli autori intervenuti su *CFW*, Jeff Yankellow, nel suo articolo “Defining Artisan: What It Is and What It Means”, afferma che non esiste una definizione chiara di artigiano. In un mondo in cui ci sono probabilmente tante definizioni di pane artigianale quanti sono i fornai, invita a unirsi al dibattito su cosa sia e cosa non sia artigianale. "Sono gli ingredienti, il processo, la quantità di lavoro fatto a mano o a macchina, o il pane stesso che conta di più nella decisione di cosa sia artigianale?"

Se poi la farina può essere considerata come il *corpo* della panificazione artigianale, la lievitazione ne diventa l'*anima*. Tali caratteri sono stati valutati scientificamente da Andrew Ross che, nell'articolo “Flour Quality and Artisan Bread” prende in considerazione le proprietà chimiche e fisiche della farina e le associa alle *performances* della stessa nei sistemi artigianali (fig. 43 e fig. 44) mentre Frank Devos in “Traditional Versus Modern Leavening Systems” confronta approcci diversi per integrare comuni processi artigianali con moderne condizioni di panificazione.

Nelle figure 43 e 44 è riportata l'analisi dei componenti principali di una serie di parametri analitici (chimici e strumentali) di farine di grano tenero, raffinate e integrali, che presentano un range come contenuto proteico che varia dall'11,6 al 15,9%. La PCA (Principal Component Analysis) mostra che il volume del pane ottenuto da farine raffinate è fortemente correlato al contenuto proteico, mentre il volume del pane ottenuto da campioni di farine integrali era maggiormente legato ai parametri derivanti dall'analisi al farinografo (tempo di sviluppo e stabilità) e al mixografo (picco della curva), strumento quest'ultimo utilizzato principalmente nel mondo anglosassone. Per quanto riguarda invece la correlazione tra parametri ottenuti all'estensografo e all'alveografo e volume del pane da farina raffinata, è possibile rilevare che la relazione per il parametro L

dell'alveografo e l'estensibilità all'estensografo risultano positive, mentre negativa risulta per il rapporto P/L. Per i pani ottenuti da farine integrali invece, il volume risulta associato alla forza dell'impasto, sia per l'analisi estensografica che alveografica, mentre il contenuto proteico non sembra influenzarlo.

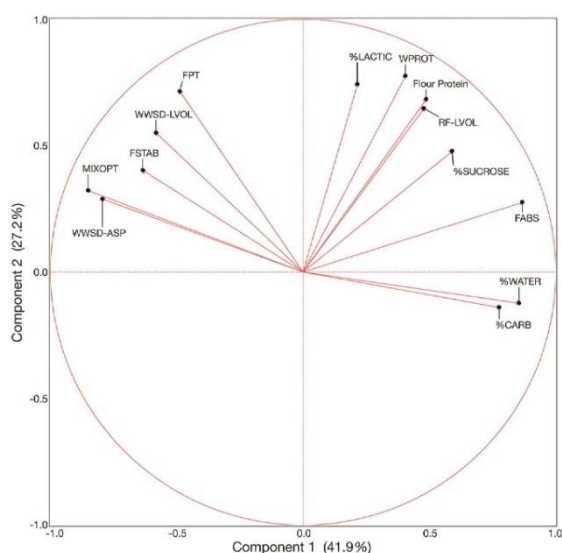


Fig. 43 – Analisi dei componenti principali delle caratteristiche di pane, farina, parametri mixografici, farinografici e SRC (Solvent Retention Capacity), per farina raffinata e integrale (S. Ross. A., *Flour quality and artisan bread*).

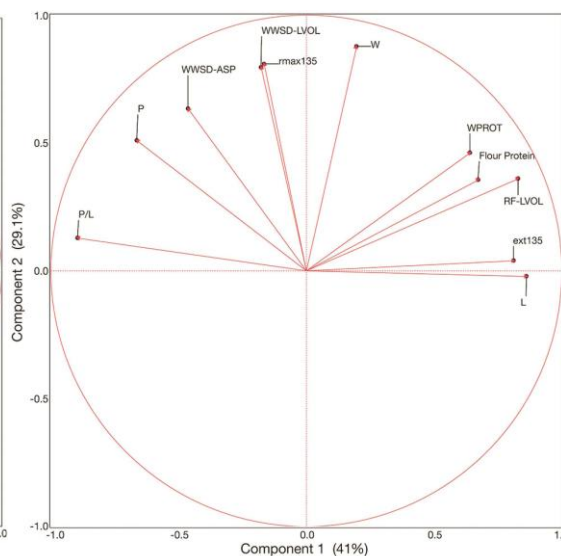


Fig. 44 – Analisi dei componenti principali delle caratteristiche di pane, farina, parametri estensografici e alveografici, per farina raffinata e integrale (S. Ross. A., *Flour quality and artisan bread*).

Bisogna poi tenere presente che in passato vi erano condizioni diverse di lavorazione, ad esempio non erano così diffuse, come al giorno d'oggi, le impastatrici e si faceva uso del lievito naturale ottenuto dallo sviluppo di un impasto di acqua e farina. Oggi, invece, molti panificatori si affidano all'uso di formulati/preparati da aggiungere come "innesco" per la lievitazione. Controversa appare la questione relativa all'aggiunta di enzimi o preparati enzimatici negli impasti: alcuni infatti sostengono che un pane non è artigianale se contiene enzimi aggiunti. Dilek Austin nel suo articolo, "Enzyme Applications in Artisan Bread", afferma che gli enzimi possono migliorare la qualità e la durata dei pani artigianali e fornisce indicazioni tecniche su come possono essere utilizzati nella panificazione, sostenendo che la forma e la formulazione sono le più importanti.

Il pane artigianale, noto per la mancanza di uniformità da pagnotta a pagnotta, pone sfide nell'applicazione dei metodi di valutazione utilizzati per i pani industriali prodotti in serie.

Gli articoli di *CFW* si concludono con alcune ovvie osservazioni; e cioè che le panetterie artigianali tendono ad essere piccole e medie imprese che raggiungono un numero limitato di clienti, e con la domanda se il pane artigianale può essere prodotto in serie. Tali considerazioni, come argomentato in precedenza, possono valere maggiormente in ambienti a cultura e tradizioni anglosassoni, molto meno in paesi come l'Italia dove la risposta alla domanda se il pane artigianale può essere prodotto in serie per molti non può essere che un no! deciso. Riflettendo in modo più oggettivo si potrebbe considerare non impossibile produrre pane in serie con alcune delle caratteristiche che si è visto corrispondono al concetto di artigianalità in panificazione. Ad esempio, non è impossibile realizzare un pane industriale utilizzando lievito naturale, ma nel complesso è molto difficile che esso possa rispondere all'insieme delle peculiarità che contraddistinguono la produzione artigianale.

Cereal Foods World stesso afferma che no, il pane per essere definito artigianale non può essere prodotto in serie; infatti la produzione industriale ha come obiettivo quello di ottenere un prodotto con caratteristiche costanti e standardizzabili, quindi ottenere prodotti della stessa pezzatura, dimensione, peso, ecc. Inoltre, il pane artigianale presenta in genere un prezzo più elevato, rispetto alla corrispondente tipologia prodotta in serie. Le differenze, anche se di poco, sono in genere riferibili alla qualità delle materie prime e ai maggiori costi di processo. Nell'industria si utilizzano spesso farine che costano poco, di bassa qualità, adatte a processi veloci (diretti) e che necessitano di additivi e miglioratori di impasto per accrescere la qualità del prodotto finito. Oggi i molini preparano miscele di farine in modo tale da ottenere prodotti con determinate caratteristiche chimico-fisiche adatti ad un certo tipo di produzione, es. farine per biscotti, per una certa tipologia di pane e così via. Ciò evidenzia il fatto che nella produzione industriale è la farina che si deve adattare al processo produttivo e non il contrario come nel caso della produzione artigianale.

### **5.3. Pani tipici regionali**

La produzione della maggior parte dei pani tipici italiani prevede l'impiego del lievito naturale, rientrando perciò nella tipologia di produzione artigianale. Per la produzione di pane, in Italia, vengono utilizzate sia la farina di frumento tenero (*Triticum aestivum*), specialmente al nord, che la semola di grano duro (*Triticum durum*), utilizzata soprattutto nelle regioni meridionali. Le ricette tradizionali possono prevedere anche l'aggiunta di ingredienti peculiari dell'area di origine, come lo strutto nella Coppia ferrarese o le olive

nella Puccia salentina. Il sale, invece, viene aggiunto nella maggior parte degli impasti, tranne in Toscana, Umbria e Lazio.

La *Coppia ferrarese IGP* è il pane tradizionalmente legato alla città di Ferrara. È costituito da due pezzi di pasta attaccati tra di loro che formano una coppia, uniti nella parte centrale e formanti quattro bracci, chiamati crostini. Si utilizza la farina di grano tenero di tipo “0”, a cui vengono aggiunti acqua, strutto di puro suino, olio extra vergine di oliva, sale, malto e lievito naturale. Il lievito naturale viene ottenuto miscelando farina di grano tenero di tipo “0” (W 220- P/L 0,45-0,50) con acqua (rapporto acqua/farina 45%) ed eventualmente aggiungendo aceto di vino rosso, luppolo o mosto d’uva. Il lievito viene poi fatto fermentare per 24 ore. Il lievito naturale deve essere rinfrescato ogni 12 ore, mediante aggiunta di acqua e farina, per cinque giorni consecutivi, mentre il giorno prima dell’utilizzo viene avvolto in un telo di cotone. L’impasto viene lavorato in una impastatrice a forcilla e successivamente, dopo la fase di raffinatura all’interno di macchine laminatrici, viene tagliato in strisce lunghe 20 cm e spesse 4 cm. Esistono due tecniche per la preparazione della Coppia: le strisce di pasta possono essere finemente lavorate tra le dita e i palmi delle mani, fino ad assumere il particolare aspetto a spirale, oppure possono essere messe nella trafila che forma delle mezze coppie che devono essere unite manualmente. Dopo la formatura, il pane viene lasciato lievitare coperto da un telo su assi di legno. La cottura consente di ottenere un pane croccante e fragrante dal sapore sapido, caratterizzato da una crosta dura, liscia e dorata. All’interno presenta una struttura compatta con alveoli piccoli e uniformi alle estremità, grandi ed eterogenei nella parte centrale in cui si congiungono i due bracci. È previsto un disciplinare di conservazione secondo il quale la Coppia ferrarese deve essere commercializzata entro 24 ore dalla sua produzione senza essere surgelata o congelata.



Fig. 45 – Coppia ferrarese.

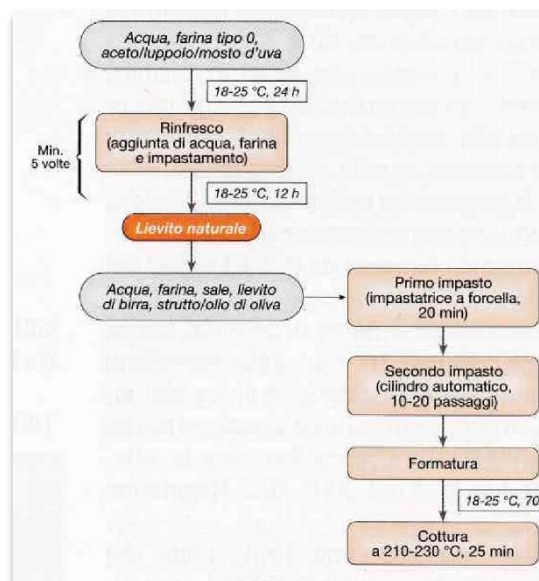


Fig. 46 – Fasi di preparazione della Coppia ferrarese (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

Uno dei pani tipici della Lombardia è la *Michetta* milanese, un pane soffiato caratterizzato da pochi alveoli molto ampi. Si prepara un primo impasto (biga) di farina forte di tipo “00”, acqua e lievito di birra. Poi vengono aggiunti acqua, farina, malto in polvere e sale e impastati al fine di ottenere il secondo impasto. L’impasto viene poi diviso in pezzi di 2,3- 2,5 kg di peso, arrotondati, oliati e messi a riposare. Con uno stampo (detto cappellino se l’operazione di formatura viene condotta manualmente) vengono incise le forme e lasciate lievitare. Dopo essere state capovolte, le forme vengono infine cotte in presenza di vapore.



Fig. 47 – Michetta.

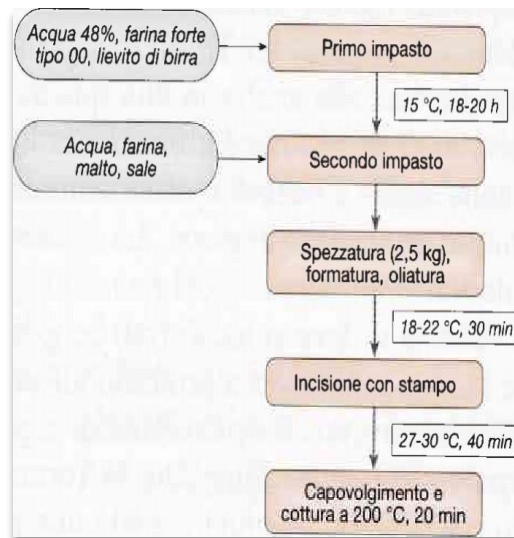


Fig. 48 – Fasi di preparazione della Michetta (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

La *Ciabatta* è un pane soffiato della Lombardia, diffuso anche al di fuori dei confini della regione. È una variante della michetta e se ne differenzia, oltre che per la forma, per essere ottenuta da un impasto di consistenza più molle, a base di farina più forte. Si prepara la biga mescolando farina forte di tipo 00, acqua (55%) e lievito. All'impasto così ottenuto, fatto lievitare per 18-20 ore alla temperatura di 15°C e posto nella vasca impastatrice, vengono aggiunti sale, malto in polvere e una percentuale d'acqua del 20% da versare molto lentamente. L'impasto viene fatto riposare per circa un'ora a temperatura ambiente e successivamente si taglia in pezzi di forma rettangolare e di circa 350-400 grammi. Per ottenere un pane croccante e dalla tipica forma piatta, la ciabatta deve essere stirata a mano più volte. Dopo una lievitazione finale di 40 minuti, la ciabatta è infornata a 220°C con vapore abbondante e a metà cottura vengono aperte le bocchette di scarico del vapore. La *Ciabatta Italia* è un pane tipico di Adria (Rovigo), ideato nel 1982 dalla collaborazione tra Arnaldo Cavallari e Francesco Favaron nel Panificio Sperimentale degli ex Molini Adriesi (Bollettino Ufficiale Regione del Veneto n° 37 del 22/04/2016). Arnaldo Cavallari, abbandonato il mondo dell'automobilismo, decise di dedicarsi all'azienda di famiglia, la Molini Adriesi di Adria, in provincia di Rovigo, nel cuore del Polesine. Qui produsse e brevettò la farina tipo 1 Italia, caratterizzata da un alto contenuto di glutine, particolarmente adatta alle lunghe lievitazioni. Nel 1983, divenuto titolare dei Molini Adriesi, dopo una serie di sperimentazioni, concepì la *Ciabatta polesana* e la registrò come marchio commerciale, con il nome di *Ciabatta Italia*, conosciuta ormai in tutto il

mondo. Il pane, caratterizzato da una percentuale di umidità decisamente superiore rispetto alla maggior parte degli altri pani o alle baguette, deve il suo nome alla tipica forma piatta e allungata che ricorda proprio una ciabatta. Contiene, inoltre, una maggiore quantità di sali minerali e di fibre. È un pane rustico, fragrante e gustoso, caratterizzato da una mollica soffice e alveolata e da una crosta fine e croccante. Oggi, in versione artigianale o industriale, con brevetto e farine di Cavallari, la ciabatta è prodotta in quasi tutte le città della penisola. L'impasto è costituito, oltre che dalla farina tipo 1 Italia, anche da acqua tiepida, lievito naturale, poco olio e sale. Il tutto viene impastato fino a raggiungere una consistenza morbida e vellutata e poi viene fatto lievitare per circa 12 ore. La ciabatta è modellata nella classica forma lunga e schiacciata, incisa con tagli longitudinali, e cotta in forno (*L'Italia del pane*, Slow Food Editore).



Fig. 49 – Ciabatta Italia.

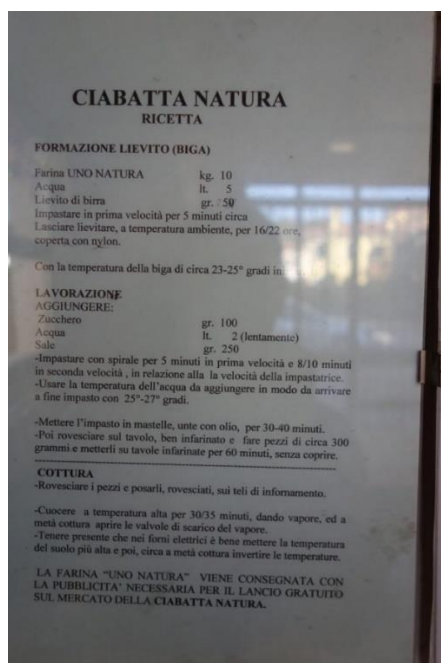


Fig. 50 – Ricetta originale della Ciabatta (foto scattata nel forno di Arnaldo) (<https://www.tripluca.com/paesi/europa/italia/la-ciabatta/>).

Il *pane di Altamura* è stato il primo pane in Europa ad aver ricevuto un riconoscimento DOP (Denominazione di Origine Protetta) (EC Regulation 1291/2003, pubblicato sulla GUCE L. 181 del 19/07/2003). L'origine di questo prodotto è legata alla tradizione contadina della tipica zona di produzione. Il disciplinare di produzione prevede l'utilizzo di semola rimacinata di grano duro appartenente, nella misura minima dell'80%, a una delle seguenti varietà di frumento duro o a una miscela di esse, prodotte esclusivamente nell'altopiano delle Murge: Appulo, Arcangelo, Duilio e Simeto. La granella da macinare per ottenere la semola deve provenire esclusivamente da una zona geografica ricadente nei comuni di Altamura, Gravina di Puglia, Poggiorsini (BA), Spinazzola e Minervino Murge (BAT) (GURI n.190 del 16/08/2000). Secondo quanto riportato nel disciplinare di produzione (par. 4.5 – 19/07/2003 L. 181/16 Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea), la tecnologia di produzione si basa sull'utilizzo del lievito madre proveniente da lievito naturale dopo almeno tre rinfreschi “per aumentare la massa fermentata mediante l'aggiunta di acqua e semola di grano duro, nella percentuale del 20% rispetto al quantitativo di semola rimacinata di grano duro da impastare”. Oltre alla semola, all'acqua e al lievito naturale, viene aggiunto all'impasto sale marino (2%). L'operazione di impastamento si compie in circa 20 minuti grazie all'utilizzo di un'impastatrice a bracci tuffanti che mescola omogeneamente ed energicamente i vari ingredienti. L'impasto ottenuto viene lasciato riposare per almeno 90 minuti a temperatura ambiente, coperto con un telo di cotone. Si procede con la suddivisione dell'impasto in pezzi del peso di 0,5, 1 o 2 kg, e la prima modellatura, effettuata rigorosamente a mano, cui segue una seconda fase di riposo di 30 minuti. Le varie pagnotte necessitano, quindi, di un'ulteriore rimodellatura, che conferirà la forma definitiva, seguita da un periodo di riposo di almeno 15 minuti per completare la lievitazione. Prima di essere infornate, si praticano dei tagli sulle pagnotte per evitare rotture della crosta durante la cottura. (Il fornaio procedeva alla marchiatura delle forme con il marchio in legno o in ferro artigianale riportante le iniziali del capo famiglia, quindi le infornava). L'impasto è quindi cotto a 250 °C per 15 minuti a forno aperto, per 45 minuti a forno chiuso e infine per 5 minuti a forno aperto per consentire la formazione di una crosta asciutta e croccante (GURI n.190 del 16/08/2000). Il forno è alimentato preferibilmente a legna o a gas, a riscaldamento indiretto, e deve raggiungere la temperatura di 250 °C. I forni a riscaldamento diretto utilizzati per la cottura del Pane di Altamura devono essere alimentati con legna del genere quercia che garantisce un'ottima cottura del prodotto, bruciando lentamente e aumentando di calore progressivamente.



Il *pane di Altamura* è caratterizzato da una crosta dello spessore minimo pari a 3 mm, da una mollica di colore giallo paglierino e con alveolatura omogenea, da un profumo caratteristico e da un contenuto di umidità massimo pari al 33%.

Il *pane di Altamura*, oltre che per il suo caratteristico aroma, è molto apprezzato anche per la sua conservabilità, necessaria a soddisfare le esigenze di alimentazione di contadini e pastori del passato. La consuetudine della cottura in forni pubblici traeva fondamento nel divieto posto ai cittadini «di ogni stato o condizione» di cuocere nelle proprie abitazioni qualsiasi tipo di pane o focaccia. Anche l'attività molitoria doveva essere concentrata tutta in Altamura, considerato che agli inizi del 1600 esistevano ben 26 impianti di trasformazione in piena attività (<https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003R1291:IT:HTML>).

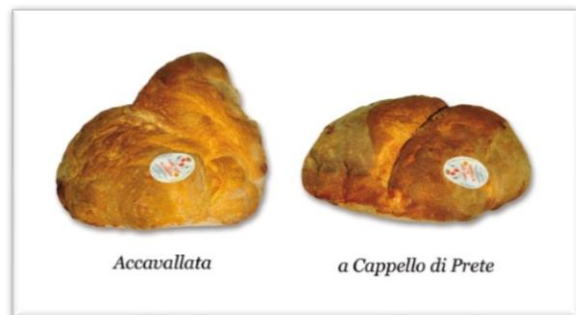


Fig. 51 – Pane di Altamura.

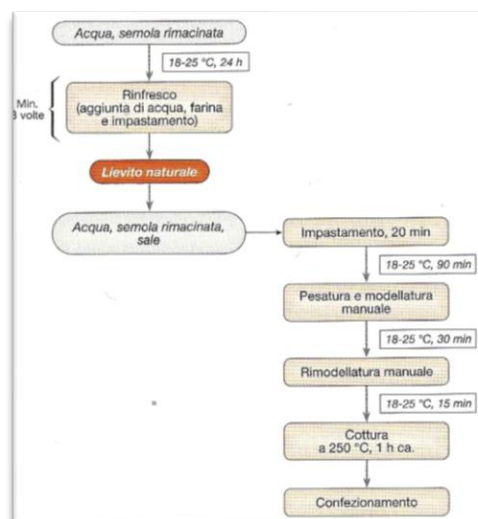


Fig. 52 – Fasi di preparazione del Pane di Altamura (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

Il *pane di segale* è il pane tipicamente diffuso in Valle d'Aosta, Lombardia e Trentino-Alto Adige. Oggi viene prodotto con una miscela di farina di segale e di frumento, a cui vengono aggiunti acqua, sale e lievito naturale per formare il primo impasto. La produzione del pane di segale prevede due fasi di lievitazione. A differenza degli altri tipi di pane, presenta una struttura molto compatta, una crosta dura e croccante, mentre la mollica è umida e ha un sapore acido. Può essere commercializzato sia nella tipologia morbida che nella forma essiccata di maggiore conservabilità. Non è attualmente tutelato da alcun marchio.

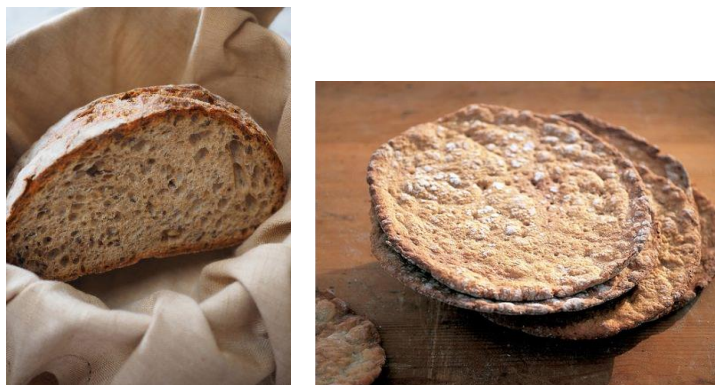


Fig. 53 – Pane di segale.

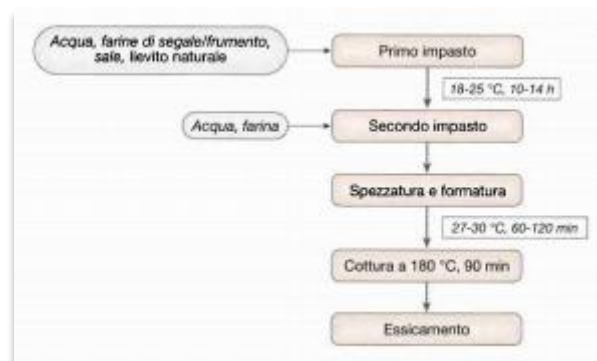


Fig. 54 – Fasi di preparazione del Pane di segale (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

Il *pane a pasta dura* è un pane artigianale che viene prodotto in Sicilia, caratteristico dell'area dei monti Iblei, prodotto con semola rimacinata di grano duro. Questo pane tipico casereccio siciliano a pasta dura (noto anche come pane “scaniatu”) è caratterizzato da un impasto piuttosto asciutto, da una crosta liscia di colore ambrato paglierino e di consistenza tenace, interrotta nella parte superiore e longitudinalmente da una particolare

increspatura, detta “ghiro”. Presenta, inoltre, una mollica chiara e un’alveolatura fitta e minuta, quasi assente. La tradizione vuole che le forme venute con imperfezioni, ossia con grossi alveoli nella mollica, siano presagio di cattive notizie (*Consorzio Ballatore, 2001*). Il pane a pasta dura è contraddistinto da un’elevata conservabilità dovuta alla bassa percentuale di acqua impiegata per la formazione dell’impasto, che lo rende meno suscettibile all’attacco da parte delle muffe.



Fig. 55 – Pane siciliano di grano duro.

Le varietà di grano duro maggiormente impiegate sono il Russello e l’Arcangelo. Sono state effettuate alcune prove sperimentali di panificazione allo scopo di valutare l’adattabilità di diverse semole rimacinate di differenti genotipi di grano duro per la produzione del pane a pasta dura degli Iblei. Nelle prove sono state utilizzate sei diverse semole: tre linee selezionate per l’impiego in panificazione presso la sezione di Catania dell’Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura (ISC) del C.R.A (linea 306, linea 450, linea 453), la popolazione siciliana di grano duro “Russello”, la varietà commerciale Arcangelo ed una miscela in parti uguali di queste ultime.

Nel test sperimentale sono stati ricavati, per ciascuno dei pani ottenuti, i seguenti parametri: volume, altezza, volume specifico e peso. Per l’esecuzione del test di panificazione artigianale è stato seguito un preciso schema di lavorazione che prevedeva l’impiego di semola rimacinata, pasta acida (20 g/kg di semola), acqua (400 mL/kg di semola) e sale (17 g/kg di semola).

In tabella 56 sono riportate le caratteristiche qualitative e reologiche delle semole utilizzate. Arcangelo, Russello e la loro miscela hanno fatto rilevare un contenuto proteico medio di 12,4%, inferiore rispetto ai valori che sono stati rilevati per le 3 linee.

Per quanto riguarda il W alveografico, Russello e la miscela al 50% di Arcangelo e Russello hanno mostrato una discreta forza della semola, con valori rispettivamente pari

a 151 e 142 J×10<sup>-4</sup>. Arcangelo e la linea 450 hanno messo in evidenza valori di W di poco superiori a 100, mentre le linee 306 e 453 hanno mostrato un glutine debole. Il *range* di variazione dei valori del rapporto tra tenacità ed estensibilità (P/L alveografico) è risultato compreso tra 0,86 (linea 453) e 2,25 (Russello). Le tre linee 306, 450 e 453 hanno mostrato assorbimenti idrici superiori al 63%, mentre le semole di Russello, Arcangelo e la loro miscela hanno mostrato, invece, assorbimenti idrici bassi, di poco superiori al 58%.

Varietà	Assorbimento		W (J x 10 <sup>-4</sup> )	P/L
	farinografico (%)	Proteine (% s.s)		
Linea 306	63,1	14,4	67	1,86
Linea 450	63,2	13,4	103	1,45
Linea 453	63,1	14,0	71	0,86
Arcangelo	58,1	12,2	115	1,52
Russello	58,6	12,5	151	2,25
Miscela A+R	58,4	12,4	142	1,64

Tab. 56 – Caratteristiche qualitative e reologiche delle semole utilizzate (Spina A., Palumbo M., *Experimental and handmade bread-making tests for the production of a typical durum wheat bread*).

In tabella 57 sono riportati i principali parametri ottenuti in seguito all'esecuzione del test di panificazione sperimentale. Il volume del pane è variato da 390,0 cm<sup>3</sup> della linea 453 a 322,5 cm<sup>3</sup> della linea 306; valori intermedi sono stati osservati per le altre tesi. I pani ottenuti dalle tre linee hanno mostrato i pesi più elevati (superiori ai 157 g).

Varietà	Volume (cm <sup>3</sup> )	Peso (g)	Volume specifico (cm <sup>3</sup> /g)	Altezza (mm)
Linea 306	322,5	157,8	2,043726236	61
Linea 450	372,5	158,4	2,351641414	73
Linea 453	390	157,4	2,477763659	74
Arcangelo	380	144,2	2,635228849	75
Russello	357,5	145,8	2,451989026	71
Miscela A+R	375	142,8	2,62605042	68

Tab. 57 – Risultati del test di panificazione sperimentale eseguito sui genotipi in studio (Spina A., Palumbo M., *Experimental and handmade bread-making tests for the production of a typical durum wheat bread*).

I risultati hanno evidenziato volumi del pane più elevati per la linea 453, per la varietà Arcangelo e per la miscela Arcangelo e Russello. Questo parametro esprime le potenzialità di una semola per un'ottimale attitudine al processo di panificazione. Infatti, la metodica prevista dal test sperimentale si prefigge di esaltare l'attitudine dell'impasto a fornire volumi elevati del pane allo scopo di evidenziare le differenze fra le diverse tesi. Dai risultati ottenuti si può affermare che l'utilizzo in purezza dell'antica popolazione siciliana Russello consente di ottenere un pane di buona qualità e ottimo aspetto, ottenibile anche impiegando semole rimacinate della varietà Arcangelo e della linea 453, da sole o in miscela con la semola ricavata da Russello.

Arcangelo e la linea 453, essendo dei genotipi migliorati, più produttivi e resistenti all'allettamento, sono una valida alternativa all'impiego della popolazione Russello (Spina A., Palumbo M., *Experimental and handmade bread-making tests for the production of a typical durum wheat bread*).

La *Pagnotta del Dittaino*, un prodotto tipico della Valle del Dittaino (Sicilia centrale), è caratterizzata da una crosta di tenacità media e spessore compreso tra 3 e 4 mm, da una mollica color giallo tenue, altamente elastica e con alveolatura fine, compatta e uniforme, e da un'umidità non superiore al 38%. Grazie all'impiego di semola rimacinata di grano duro e lievito naturale, la Pagnotta del Dittaino mantiene inalterate le proprie caratteristiche sensoriali per circa 5 giorni. La zona di produzione interessa 14 comuni della provincia di Enna (inclusa l'omonima città capoluogo) e tre comuni della provincia di Catania (GUCE C283 del 07/11/2008). Secondo il disciplinare di produzione, la semola rimacinata di grano duro da impiegare per produrre la Pagnotta del Dittaino deve provenire per almeno il 70% da granella appartenente alle cultivar Simeto, Duilio, Arcangelo, Mongibello, Ciccio e Colosseo. Il restante 30% deve essere comunque rappresentato da grano duro appartenente ad altre 16 varietà e, in ogni caso, tutta la granella deve provenire da coltivazioni del territorio locale. La semola è miscelata con acqua, sale e lievito naturale. Quest'ultimo è rinfrescato giornalmente (per ciascun rinfresco sono necessarie almeno 5 ore di fermentazione), impiegando in ragione del 25% il lievito naturale prodotto il giorno precedente. Dopo la lievitazione dell'impasto si procede alla suddivisione dello stesso in pezzi di peso pari a circa 0,5 o 1 kg, che sono modellati in forma rotonda e cotti in forno (GUCE C283 del 07/11/2008). Nel disciplinare non è fatta menzione né del tipo di forno né delle condizioni di cottura (temperatura e durata), ma, tradizionalmente, la cottura avviene in forni a legna (Oddo, 2001). Dopo la

cottura, le pagnotte sono subito confezionate con film plastico microforato o in atmosfera modificata (GUCE C 283 del 07/11/2008).



Fig. 58 – Pagnotta del Dittaino (Fonte: Prof. Biagio Pecorino).

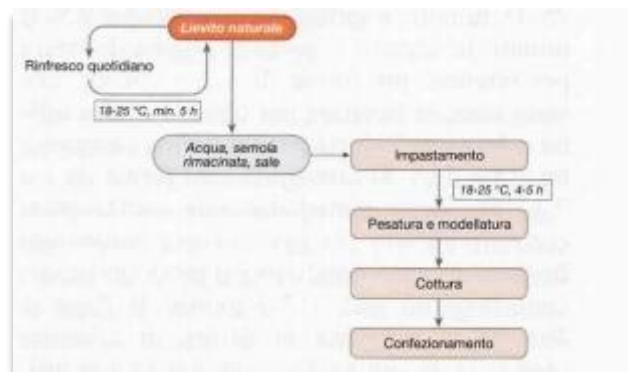


Fig. 59 – Fasi di preparazione della Pagnotta del Dittaino (Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*).

Il *pane bianco in cassetta* o *white pan bread* è uno dei principali tipi di pane più diffusi negli Stati Uniti. La lievitazione può essere realizzata utilizzando lievito di birra o lievito naturale. A seconda della scala produttiva varia la quantità di lievito naturale maturo da aggiungere come starter. Per le produzioni industriali viene aggiunta una quantità maggiore di lievito naturale rispetto alle produzioni artigianali in quanto una percentuale inferiore richiede tempi più lunghi per la maturazione dell'impasto e un'organizzazione del lavoro più complessa e difficilmente adattabile all'impianto industriale. Il processo prevede un solo rinfresco per miscelare il lievito naturale maturo con farina, acqua e altri ingredienti previsti dalla formulazione. L'impasto viene lasciato fermentare per 25-30

minuti a temperatura ambiente (ca. 25-26°C). Viene formato e fatto ulteriormente lievitare per circa 75-100 minuti a 35°C e poi infornato.



Fig. 60 – Pane in cassetta.

## Bibliografia

- Austin D., *Enzyme applications in artisan breads* (March- April 2018), in “*Cereal Foods World*”, 63
- Bongiovanni A., *Basta grano!* (2016), Tecniche nuove, Cap. 1, 36-39
- Cardone G., Vazzola M., Marti A., *Previsione dei principali indici di qualità della farina di frumento tenero mediante GlutoPeak test* (novembre 2018), in “*Tecnica molitoria*”
- Carrai B., *Arte Bianca* (2017), Edagricole
- Corsetti A., Gobbetti M., *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno* (2009), Casa Editrice Ambrosiana, 18-37, 39-63, 171-184, 263-277, 285-291
- Courtin C. M., Delcour J. A., *Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making* (2002), in “*Journal of Cereal Science*”, 35, 225-243.
- Devos F., *Traditional Versus Modern Leavening Systems* (March- April 2018), in “*Cereal Foods World*”, 63.
- Frati L., *Manuale di panificazione* (2007), Hoepli
- Hosenery, R. C., Faubion, J. M., *A mechanism for the oxidative gelation of wheat-flour water-soluble pentosans* (1981), in “*Cereal Chemistry*”, 58, 421-424.
- Korem T., Zeevi D., Zmora N, Weissbrod O., Bar N., Lotan-Pompan M., Avnit-Sagi T., Kosower N, Malka G., Rein M., Suez J., Goldberg B.Z., Weinberger A., Levy A.A., Elinav E., and Segal E., *Bread affects clinical parameters and induces gut microbiome-associated personal glycemic responses* (June 2017), in “*Cell Metabolism*”, 25, 1243–1253.
- Marti A., de la Peña E., *When “Old is new again” artisan baking grows* (March- April 2018), in “*Cereal Foods World*”, 63.
- Marti A., Ulrici A., Foca G., Quaglia L., Pagani M. A., *Characterization of common wheat flours (*Triticum aestivum* L.) through multivariate analysis of conventional rheological parameters and gluten peak test indices* (2005), in “*Food Science and Technology*”, 64, 95-103
- Martin P., *Scoring and evaluation of artisan bread*, in “*Cereal Foods World*”, 63, No. 2.
- S. Ross. A., *Flour quality and artisan bread* (March-April 2018), in “*Cereal Foods World*”, 63, 56-62.



- Spina A., Palumbo M., *Experimental and handmade bread-making tests for the production of a typical durum wheat bread* (febbraio 2006), in “*Tecnica Molitoria*”, 131-141.
- Venturi F., Sanmartin C., Taglieri I., Nari A., Andrichi G., Zinnai A., *Effect of the baking process on artisanal sourdough bread-making: A technological and sensory evaluation* (July-September 2016), in “*Agrochimica*”, 60, No. 3
- Yankellow J., *Defining artisan: what it is and what it means* (March- April 2018), in “*Cereal Foods World*”, 63.
- *L’Italia del pane*, Slow Food Editore

## **Sitografia**

<https://www.panealpane.com/il-pane-oggi.html>

<https://www.mulinopadano.it>

<https://www.verobiologico.it>

<https://eur->

<lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003R1291:IT:HTML>

<https://bur.regione.veneto.it/BurvServices/Pubblica/burvGalleryDettaglio.aspx?id=1468>

<https://panelibrienuvole.com/2016/10/10/pane-ciabatta-di-verona/>

<https://www.agrodolce.it/ricette/pane-ciabatta/>

<https://digilander.libero.it/silvanodg13/PrincipiNutrizione/fibrePN.htm>