



Università San Raffaele
Roma

Innovazioni e miglioramenti nelle filiere delle farine: un focus su macchine ed impianti

Prof. Alessio Cappelli, PhD

**Department of Human Science and Quality of Life Promotion
Università Telematica San Raffaele (Roma)**

Ex ante

1 Innovazioni e miglioramenti in campo

1.1 Corretta gestione dei trattamenti agronomici per migliorare la composizione delle farine, la reologia degli impasti e le caratteristiche del pane



Inter

2 Innovazioni e miglioramenti nella macinazione

2.1 Confronto tra macinazione a pietra e a rulli: una revisione degli effetti su farina, impasti e pane

2.2 Miglioramento della macinazione a pietra mediante la valutazione degli effetti del condizionamento del grano e della velocità di rotazione della pietra

2.3 Miglioramento della macinazione a rulli sfruttando il break, il sizing e il reduction system per la differenziazione delle farine

2.4 Ottimizzazione delle cinetiche di essiccazione e della macinazione di castagne e ceci: un focus sui parametri operativi e sulle caratteristiche delle farine

2.5 Effetti del tempo di stoccaggio e delle condizioni ambientali su farine, impasti e sulle caratteristiche dei biscotti (caso studio sul Biscotto di Prato).

3 Innovazioni e miglioramenti nell'impastamento

3.1 Il processo di impastamento: una revisione degli effetti sulla reologia degli impasti e sulle caratteristiche del pane comprensiva di strategie di miglioramento

3.2 Effetti della aggiunta di neve carbonica durante l'impastamento su termoregolazione, reologia degli impasti e caratteristiche del pane

3.3 Migliorare la tenacità e l'estensibilità degli impasti integrali con un processo d'impastamento innovativo

3.4 Effetti del tipo di impastatrice e dei giri totali dell'elemento sulla reologia dell'impasto e sulle caratteristiche finale del pane

Ex post

4 Innovazioni e miglioramenti per incrementare la sostenibilità di farine, pasta e prodotti da forno

4.1 Uso dell' LCA per valutare la sostenibilità ambientale delle filiere di produzione della pasta: un approccio integrato per comparare scenari locali e globali

4.2 Insetti come alimento: una revisione sistematica dei rischi connessi agli insetti commestibili in relazione ad un primo sviluppo di macchine e impianti



Ex ante

1 Innovazioni e miglioramenti in campo

1.1 Corretta gestione dei trattamenti agronomici per migliorare la composizione delle farine, la reologia degli impasti e le caratteristiche del pane

Obiettivo dello studio:

Valutare se le differenti pratiche agronomiche testate:

- ✓ Concimazione azotata su tre livelli (35, 80 e 135 kg di azoto/ettaro)
- ✓ Concimazione con zolfo (0 e 6.4 kg di zolfo/ettaro)
- ✓ Diversa densità di semina (90 e 180 kg di seme/ettaro)

Siano in grado di influenzare:

- ✓ La resa e la composizione del frumento
- ✓ Le proprietà reologiche degli impasti
- ✓ Le caratteristiche del pane

di tre varietà di grani antichi (*Verna, Andriolo e Sieve*)

Principali risultati e conclusioni

La resa in granella è stata influenzata significativamente dalla concimazione azotata.

(N135 - nessuna differenza per N35 e N80).

Densità di semina e concimazione con zolfo non hanno influenzato la resa.



Il contenuto in proteine della cariosside è stato significativamente aumentato dalla concimazione azotata (N135)

La concimazione azotata ha aumentato il glutine totale del 18,2% (passando da N35 a N135).



Il trattamento con zolfo ha cambiato la composizione proteica:

- Diminuzione significativa di albumine, globuline e gliadine
- Aumento significativo delle glutenine (dal 4,23% al 6,07%)

Principali risultati e conclusioni

I trattamenti agronomici hanno influenzato significativamente la reologia dell'impasto:

la tenacità dell'impasto (P) è stata aumentata dalla concimazione con zolfo e azoto

L'estensibilità dell'impasto (L) e la forza (W) sono aumentati con la concimazione azotata

(W aumentato del 34% da N35 a N135 , rispetto ad un incremento del 14% nel caso di concimazione con zolfo)



In particolare, la concimazione azotata ha aumentato i valori W in tutte e tre le varietà testate

VERNA: W da 48 a 67×10^{-4} J | **Andriolo:** W da 49 a 54×10^{-4} J | **Sieve:** W da 78 a 111×10^{-4} J

Per quanto riguarda gli effetti delle differenti pratiche agronomiche sulla qualità del pane:

la concimazione azotata ha diminuito significativamente la densità della mollica, migliorandone la struttura

Il trattamento con zolfo non ha influenzato significativamente le caratteristiche del pane

In conclusione, attraverso la corretta gestione delle pratiche agronomiche è possibile migliorare la resa e la composizione del frumento, le proprietà reologiche degli impasti e le caratteristiche del pane



Inter

2 Innovazioni e miglioramenti nella macinazione

2.1 Confronto tra macinazione a pietra e a rulli: una revisione degli effetti su farina, impasti e pane

Obiettivi dello studio:

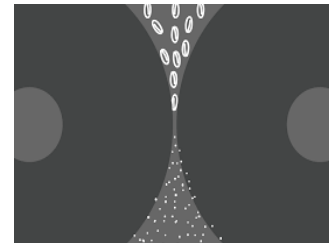
- 1) Valutare gli effetti dalla macinazione a pietra e a rulli su farina, impasti e pane, evidenziando i rispettivi vantaggi e svantaggi
- 2) Suggestire specifiche innovazioni e strategie di miglioramento

Mediante una ricerca sistematica della bibliografia presente su tre database:

(ScienceDirect – PubMed – Web of Science)

Utilizzando le chiavi di ricerca:

- Wheat AND (“stone milling” OR “stone grinding”)
- Wheat AND (“roller milling” OR “roller grinding”)



Principali risultati per la macinazione a pietra

VANTAGGI:

- È il metodo più semplice e veloce per produrre farina integrale
- Vantaggio di marketing legato al claim «farine macinate a pietra»
- Maggiore concentrazione di macroelementi, microelementi e polifenoli nelle farine macinate a bassa velocità di rotazione della pietra (bassa T°)
- Maggiore contenuto di fibre e proteine e maggiore volume del pane integrale



SVANTAGGI:

- Generazione di calore (in particolare ad alte velocità del mulino)
- Possibilità di gestire pochi parametri operativi del mulino
- Peggiori performance reologiche degli impasti



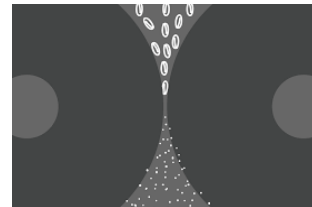
STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO:

- Tenere bassa la temperatura durante la macinazione ed evitare un eccessivo riscaldamento
- Corretta gestione dell'alimentazione del grano e della distanza tra le pietre
- Corretta gestione del condizionamento del frumento
- Riscoperta e ammodernamento dei mulini ad acqua

Principali risultati per la macinazione a rulli

VANTAGGI:

- Maggiore efficacia, efficienza e flessibilità
- Possibilità di impostare, gestire e controllare moltissimi parametri operativi
- Possibilità di raffreddare i rulli con sistemi di raffreddamento
- Migliori performance reologiche degli impasti ottenuti da farina macinata a rulli
- Maggiore capacità produttiva e continuità del processo



SVANTAGGI:

- Nessun vantaggio di marketing legato al claim «farina macinata con mulino a rulli»
- Minore concentrazione di macroelementi, microelementi e polifenoli nelle farine
- Distribuzione della dimensione delle particelle più ampia e non uniforme
- Minore volume del pane integrale

STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO:

- Debranning del grano prima della macinazione, combinata con il trattamento e la stabilizzazione di crusca, cruschetto e germe (vapore, microonde, infrarossi) prima del reinserimento nella farina integrale
- Corretta impostazione dei rapporti differenziali
- Sviluppo di impianti di macinazione automatici e adattivi



Inter

2 Innovazioni e miglioramenti nella macinazione

2.2 Miglioramento della macinazione a pietra mediante la valutazione degli effetti del condizionamento del grano e della velocità di rotazione della pietra

Obiettivo dello studio:

Valutare l'effetto del condizionamento del grano e della velocità di rotazione della pietra sulla reologia degli impasti e sulle caratteristiche del pane ottenuto da una farina debole (Cultivar *Verna*)

Sono stati testati sperimentalmente gli effetti di:

- 4 livelli di umidità del grano (11%, 13%, 15% e 17%)
- 3 velocità di macinazione del mulino a pietra (173, 260 e 346 rpm, corrispondenti a 18.1, 27.2 e 36.2 rad/s)

Sui parametri di macinazione, sulle proprietà reologiche degli impasti e sulle caratteristiche del pane

Risultati principali e conclusioni

Risultati per i parametri operativi del mulino a pietra

La produttività del mulino è aumentata con la velocità di rotazione della pietra e diminuita con l'umidità
L'energia specifica per ottenere 1 kg di farina è aumentata con l'aumento dell'umidità e con la diminuzione della velocità (più bassa all'11% e 346 rpm, e più alta al 17% e 173 rpm)

La resa massima (99,6%) per la farina integrale è stata ottenuta con un contenuto di umidità dell'11%

Risultati per i parametri reologici

La Water Absorption (Farinografo) è diminuita all'aumentare dell'umidità del grano

La stabilità dell'impasto è aumentata al 13% ed è successivamente diminuita all'aumentare dell'umidità

La tenacità (P) ed il rapporto P/L sono diminuiti significativamente all'aumentare dell'umidità

Al contrario l'estensibilità (L) è aumentata linearmente con l'incremento di umidità.

Risultati sulle caratteristiche del pane:

I Volumi specifici più alti sono stati riscontrati al 13, 15 e 17% (2.70, 2.75 e 2.76 L / Kg rispettivamente),

L'umidità della mollica è diminuita all'aumentare dell'umidità del grano

Conclusioni:

La velocità di rotazione della pietra e l'umidità del grano hanno influenzato significativamente i processi di macinazione e panificazione:

- La velocità di rotazione della pietra ha influenzato i parametri operativi
- L'umidità del grano ha interessato quasi tutte le variabili testate

In conclusione il 13 % di umidità:

- Sembra il miglior compromesso tra ottimizzazione della macinazione e performance di impasti e pane
- Massimizza la resa in farina bianca raffinata a tutte le velocità testate



Inter

2 Innovazioni e miglioramenti nella macinazione

2.3 Miglioramento della macinazione a rulli sfruttando il break, il sizing e il reduction system per la differenziazione delle farine

Obiettivo dello studio:

Valutare se le farine recuperate

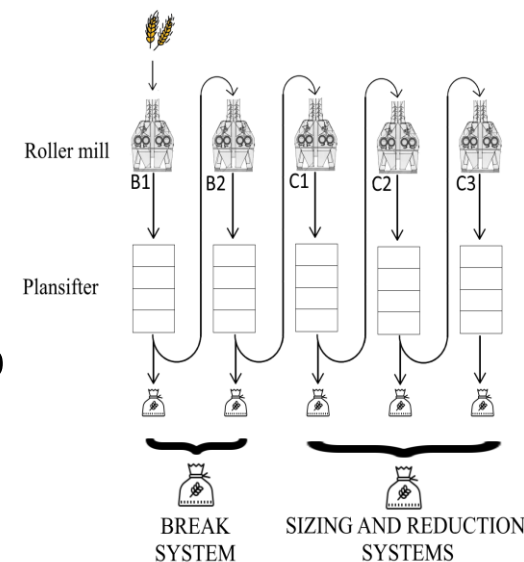
- Dal Break system
- Dal Sizing e Reduction system

del mulino a rulli differiscono tra loro e dalla farina di controllo

Sono state testate due cultivar di grano tenero:

- Un grano antico (*Conte Marzotto*)
- Un grano moderno (*Noga*)

Sono state valutate le differenze nella composizione della farina, nelle proprietà reologiche dell'impasto e nelle caratteristiche del pane.



Principali risultati e conclusioni



Le farine ottenute dal Break system hanno:

- Un minor contenuto di fibre e fenoli
- Un maggior contenuto di amido
- Maggiore stabilità dell'impasto e migliori performance reologiche rispetto al controllo
- Volume specifico del pane significativamente più alto (Nogal) rispetto alle altre due farine

Le farine ottenute dal Sizing e Reduction system hanno:

- Un contenuto di fibre e fenoli più alto
- Un minor contenuto di amido
- Peggiori performance reologiche e caratteristiche del pane rispetto alle farine del break system

In conclusione, questa strategia rende possibile, partendo dallo stesso lotto di grano, di utilizzare il processo di macinazione per modulare le caratteristiche delle farine ottenute.

Queste due farine potrebbero essere destinate a mercati diversi:

Farine recuperate dal Break system (+ performanti) ➡ panificatori e industria alimentare

Farine recuperate dal Sizing e Reduction system (migliori nutrizionalmente) ➡ Consumatori

Senza nessuna spesa aggiuntiva e nessun allungamento dei tempi di macinazione

Inter

2 Innovazioni e miglioramenti nella macinazione

2.4 Ottimizzazione delle cinetiche di essiccazione e della macinazione di castagne e ceci: un focus sui parametri operativi e sulle caratteristiche delle farine

Obiettivi dello studio:

- Migliorare il processo di essiccazione di ceci e castagne attraverso una valutazione approfondita delle cinetiche di essiccazione
- Valutare gli effetti di tre diversi contenuti di umidità (8, 10 e 12% per i ceci – 2, 4, 6% per le castagne) e di tre velocità di macinazione (120, 220 e 320 giri al minuto) sui:
 - ✓ Parametri operativi di macinazione
 - ✓ Sulla distribuzione granulometrica
 - ✓ Sulla composizione della farina.



Principali risultati e conclusioni

Cinetica essiccazione ceci:

Primo intervallo (0 - 7 ore) – 2,78% dell'acqua
(lunga fase di riscaldamento dovuta principalmente a:

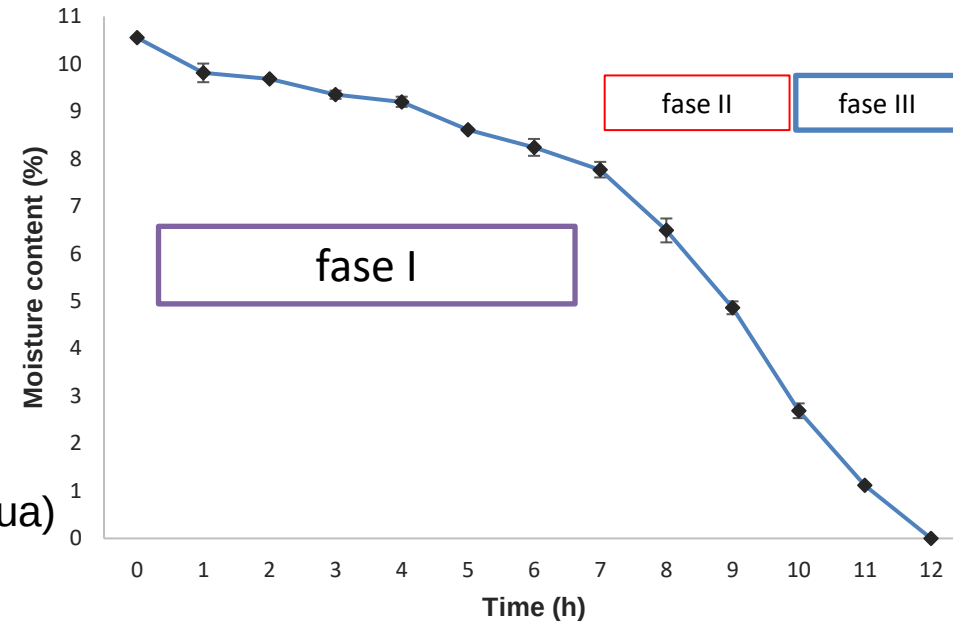
- ridotto contenuto di umidità iniziale (10,5%)
- all'elevato spessore del mantello del seme (che limita e ritarda la penetrazione del calore, la diffusione dell'umidità e l'evaporazione dell'acqua)

Secondo intervallo (7 - 10 ore) – 5,08%

(fase di disidratazione ad andamento stazionario con evaporazione dell'acqua superficiale e creazione di un gradiente di concentrazione dell'acqua tra la superficie e l'interno del cece

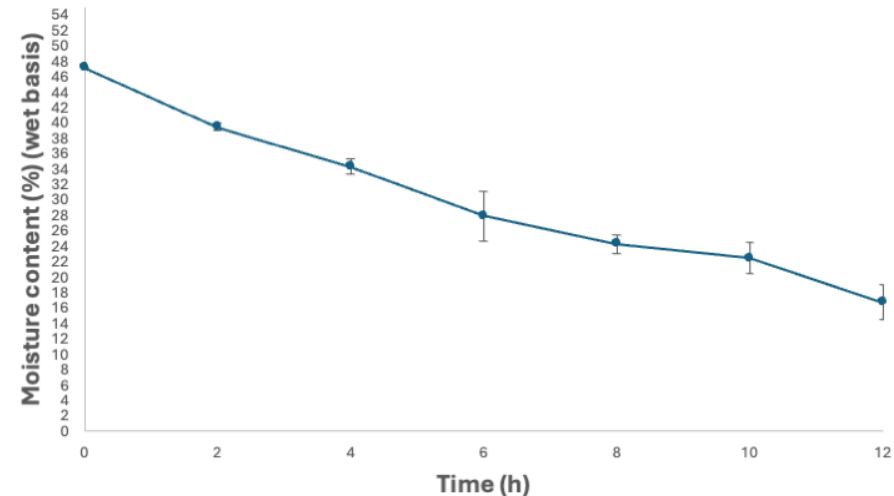
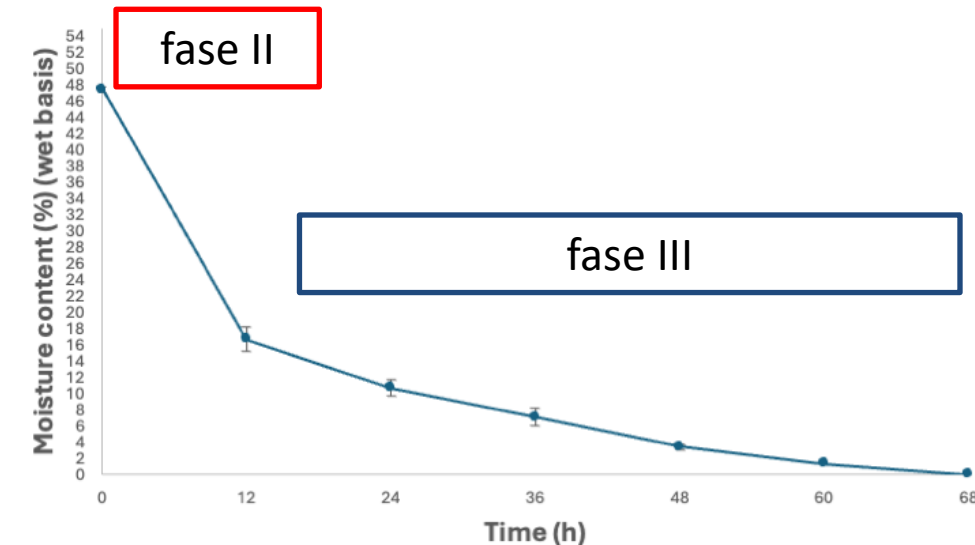
Terzo intervallo (10 - 12 ore) – 2,64%

(corrispondente alla fase ad andamento rallentato con evaporazione superficiale dell'acqua e rallentamento del gradiente di scambio tra interno e superficie (con formazione di «crosta»))



Principali risultati e conclusioni

Cinetica essiccazione castagne:



Fase 2 (0 - 12 ore) – 30% di umidità

fase di disidratazione ad andamento stazionario:

con evaporazione dell'acqua superficiale e creazione di un gradiente di concentrazione dell'acqua tra la superficie e l'interno del cece

Fase 3 (12 - 68 ore) – 17% di umidità

Lunghissima fase ad andamento rallentato:

con evaporazione superficiale dell'acqua e rallentamento del gradiente di scambio d'acqua tra interno e superficie (con formazione di «croste»))

Principali risultati e conclusioni

Per quanto concerne la macinazione dei ceci:

Contenuto di umidità e velocità di macinazione hanno effetti statisticamente significativi sui parametri operativi del mulino, sulla dimensione delle particelle e sulla composizione della farina.

- All'aumentare della velocità di macinazione:
 - Aumenta la temperatura della farina (ΔT), la potenza media e il contenuto di amido danneggiato.
 - si riduce significativamente il tempo di macinazione
- All'aumentare dell'umidità aumentano il consumo energetico e l'energia specifica
- All'aumentare dell'umidità il contenuto di amido e proteine della farina di ceci diminuisce

I risultati di questo studio raccomandano, per la prima volta in letteratura, valori ottimali di umidità e velocità di macinazione del cece.

- **Umidità ottimale dei ceci = 10%**
- **velocità di macinazione dei ceci = 320 RPM**

Questo rapporto umidità / velocità consente:

- di ridurre il tempo di macinazione
- di ottimizzare la distribuzione granulometrica della farina di ceci
- ridurre l'energia specifica di macinazione
- aumentare il contenuto di amido danneggiato nelle farine di ceci.



Principali risultati e conclusioni

Per quanto concerne la macinazione delle castagne:

contenuto di umidità e velocità di macinazione hanno effetti statisticamente significativi su:

- parametri operativi del mulino
- consumi energetici
- sulla distribuzione granulometrica e la composizione della farina



All'aumentare della velocità di macinazione, aumentano:

consumo energetico, potenza media, energia specifica e il contenuto di amido danneggiato.

I risultati di questo studio raccomandano, per la prima volta in letteratura, valori ottimali di umidità e velocità di macinazione delle castagne a seconda del prodotto da ottenere secondo due approcci:

1) Aumentare la velocità di macinazione

aumentano il consumo energetico, l'energia specifica ma anche il contenuto di amido danneggiato per ottenere farine con assorbimento d'acqua ottimale, migliorando le proprietà reologiche complessive degli impasti (e le caratteristiche dei prodotti da forno).

2) Aumentare l'umidità di condizionamento riducendo la velocità di macinazione

castagne condizionate al 6% di umidità e macinate alla velocità di 120 giri al minuto, permettono di ottimizzare il processo di macinazione riducendo il consumo energetico e l'energia specifica con l'opportunità di produrre farine di castagne con granulometria inferiore.

Inter

2 Innovazioni e miglioramenti nella macinazione

2.5 Effetti del tempo di stoccaggio e delle condizioni ambientali su farine, impasti e sulle caratteristiche dei biscotti (caso studio sul Biscotto di Prato)

Obiettivi dello studio:

1) Valutare gli effetti del tempo di conservazione (su 7 livelli corrispondenti a 7 settimane) utilizzando la one-way ANOVA su:

- caratteristiche della farina
- proprietà reologiche degli impasti
- caratteristiche del biscotto di Prato



2) Valutare l'effetto delle condizioni ambientali di conservazione (temperatura e umidità ambientale), e della composizione della farine utilizzando la MOLS, per realizzare modelli specifici:

- Parametri alveografici versus parametri composizionali delle farine
- Parametri alveografici versus temperatura e umidità media della settimana
- Volume e altezza del Biscotto di Prato versus parametri composizionali della farina
- Volume e altezza del Biscotto di Prato versus temperatura e umidità media

Principali risultati e conclusioni

il tempo di stoccaggio della farina:

- aumenta significativamente la tenacità dell'impasto (P) e il rapporto P/L
- diminuisce il volume del biscotto (migliore al tempo di stoccaggio 0).

Tuttavia, 2-3 settimane di stoccaggio hanno aumentato significativamente W

L'analisi MOLS ha evidenziato:

- che la reologia dell'impasto e le caratteristiche del biscotto sono influenzate **principalmente dalla composizione della farina** (soprattutto dal contenuto di amido) piuttosto che dai parametri ambientali di conservazione.

Le farine con elevato contenuto di amido e amido danneggiato infatti:

- sono in grado di assorbire una maggiore quantità di acqua
- producono biscotti con minore evaporazione durante la cottura,
- Producono biscotti con peso aumentato e con volume ridotto

Per ottimizzare le caratteristiche dei biscotti è necessario:

- utilizzare farine con un basso contenuto di amido danneggiato
- selezionare la tecnica di macinazione più adatta e gestire al meglio i parametri operativi di macinazione.



Inter

3 Innovazioni e miglioramenti nell'impastamento

3.1 Il processo di impastamento: una revisione degli effetti sulla reologia degli impasti e sulle caratteristiche del pane comprensiva di strategie di miglioramento

Obiettivi dello studio:

- 1) Riassumere le attuali conoscenze relative al processo di impastamento e ai suoi effetti su proprietà reologiche dell'impasto e sulle caratteristiche del pane
- 2) Suggestire specifiche innovazioni e strategie di miglioramento

Mediante una ricerca sistematica della bibliografia presente su tre database:

(ScienceDirect – PubMed – Web of Science)

Utilizzando la chiave di ricerca:

➤ “Dough AND (knead* OR mix*)”



Principali risultati e conclusioni

È essenziale partire dalla corretta gestione dei seguenti parametri chiave:

- **Tempo di impastamento:** da identificare con molta precisione per evitare impasti non correttamente miscelati
- **Temperatura e velocità di impastamento:** da gestire con la massima attenzione per evitare il riscaldamento dell'impasto e il suo eccessivo sfibramento.
- **Water absorption e contenuto d'acqua:** in modo da ottenere la reologia e la consistenza ottimale dell'impasto, evitando ammorbidimenti indesiderati.
- **Aerazione dell'impasto:** da gestire con attenzione per garantire caratteristiche ottimali della mollica del pane.

STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO PER L'IMPASTAMENTO

- Mantenere bassa la temperatura dell'impasto usando refrigeranti alternativi (es. neve carbonica)
- Aggiungere acidi organici, sostituti del sale, enzimi e/o idrocolloidi durante l'impastamento
- Dosare attentamente l'acqua
- Ritardare l'aggiunta di crusca, cruschetto e germe per gli impasti integrali

STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO PER LE MACCHINE IMPASTATRICI

- Utilizzare e ottimizzare macchine impastatrici sotto vuoto
- Sviluppare macchine impastatrici automatiche e adattive in grado di individuare il tempo ottimale d'impastamento (in base alle variazioni della motor torque)

Inter

3 Innovazioni e miglioramenti nell'impastamento

3.2 Effetti della aggiunta di neve carbonica durante l'impastamento su termoregolazione, reologia degli impasti e caratteristiche del pane

Obiettivo dello studio:

Valutare gli effetti dell'aggiunta di neve carbonica durante l'impastamento su:

- 1) Temperatura e termoregolazione dell'impasto
- 2) Proprietà reologiche
- 3) Caratteristiche del pane.

Sono state testate sei percentuali di neve carbonica (sul peso secco della farina):
0%, 2%, 4%, 6%, 8% e 10%

Sono state utilizzate due farine di grano tenero:
Bologna (moderno) *Verna* (grano antico).

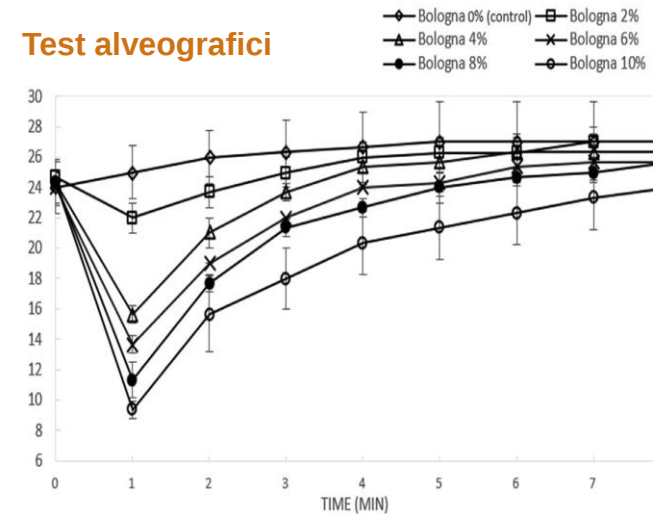


Principali risultati e conclusioni

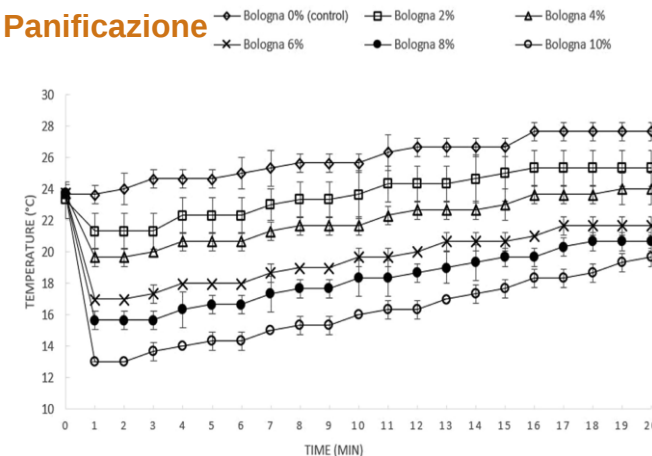
I risultati mostrano l'effectiveness per le percentuali 6, 8, e 10% nell'abbattere rapidamente la temperatura dell'impasto, tuttavia:

- Nelle prove alveografiche la temperatura risale rapidamente
- Nelle prove di panificazione invece risale molto lentamente con temperatura finale dell'impasto più bassa di 2, 3, e 4°C per il 6, 8, e 10% di neve carbonica, rispettivamente.
- Nessun miglioramento significativo è stato riscontrato per le proprietà reologiche dell'impasto (impastatrici aperte)
- L'uso di percentuali più alte di neve carbonica (6%, 8% e 10%) ha aumentato significativamente il volume specifico del pane (impastatrici chiuse)
- Questo miglioramento è legato alla capacità della neve carbonica di mantenere bassa la temperatura dell'impasto:
- Migliorando lo sviluppo del glutine e la stabilizzazione della struttura (grazie all'aumento dei legami a idrogeno, essenziali per la stabilizzazione e il rafforzamento della struttura)
- Creando un ambiente favorevole alla lievitazione dopo la sua sublimazione

Test alveografici



Panificazione



Inter

3 Innovazioni e miglioramenti nell'impastamento

3.3 Migliorare la tenacità e l'estensibilità degli impasti integrali con un processo d'impastamento innovativo

Obiettivo dello studio:

Valutare gli effetti dell'aggiunta ritardata di crusca e cruschetto durante l'impastamento

Sono state testate per la farina integrale *Verna*:

- Tre percentuali di contenuto di crusca e cruschetto (10%, 20% e 30%)
- Cinque tempi di aggiunta (0, 2, 3.5, 5 e 6.5 minuti dall'inizio dell'impastamento)

La durata totale dell'impastamento è stata 8 minuti sia per le prove reologiche con alveografo di Chopin, sia per le prove di panificazione

Principali risultati e conclusioni

Per la farina integrale al 10%, l'aggiunta ritardata a 2 e 3.5 minuti (25 e 43.75 % del tempo totale) ha ridotto significativamente la tenacità (P) e il rapporto P/L aumentando l'estensibilità (L)

Questo miglioramento potrebbe essere correlato a due fenomeni:

- 1) L'impastamento per 2 o 3.5 minuti senza crusca e cruschello migliora l'idratazione dell'amido e lo sviluppo del glutine
- 2) L'aggiunta di crusca e cruschello a 2 o 3.5 minuti permette altri 6 o 4.5 minuti d'impastamento, durante i quali la rete del glutine può gestire la frattura della struttura riarrangiandosi.

Per le farine integrali al 20%, l'effetto migliorativo rimane osservabile a 2 minuti.

I risultati delle prove reologiche sono confermati dalle prove di panificazione che evidenziano:

- Un incremento significativo del volume del pane a 2 minuti per le farine integrali al 10 e 20%.

In conclusione, l'aggiunta ritardata di crusca e cruschello a 2 minuti è in grado di migliorare sia la reologia degli impasti che le caratteristiche del pane integrale.

Altri vantaggi includono:

- ✓ Facilità di applicazione e mancanza di spese aggiuntive
- ✓ Facilitazione dello stoccaggio e semplificazione della gestione degli ordini
- ✓ Futuro sviluppo di impastatrici specifiche per le farine integrali



Inter

3 Innovazioni e miglioramenti nell'impastamento

3.4 Effetti della tipologia di impastatrice e dei giri totali dell'elemento sulla reologia degli impasti e sulle caratteristiche finali del pane

Obiettivo dello studio:

Valutare l'effetto di due fattori sperimentali:

- tipologia di impastatrice (a spirale ed a braccia tuffanti)
- giri totali dell'elemento (800, 1600 e 2400).

Sulla reologia degli impasti e sulle caratteristiche del pane

In funzione di due metodi di panificazione:

metodo diretto

Biga



Principali risultati e conclusioni

I risultati mostrano che il tipo di impastatrice e il numero totale di giri dell'elemento hanno effetti statisticamente significativi sulla reologia dell'impasto e sulle caratteristiche del pane in entrambi i metodi.

- Per il **metodo diretto** l'impastatrice a braccia tuffanti sembra essere la più adatta per la produzione di pane con caratteristiche ottimali.
- Per il **metodo Biga**, l'impastatrice a spirale è stata in grado di produrre pane con il volume specifico e l'altezza della pagnotta più elevati.

Per quanto riguarda i giri totali dell'elemento:

- i risultati migliori sono stati ottenuti a 2400 giri in entrambi i metodi di panificazione testati (sviluppo ottimale del glutine e migliore idratazione dell'amido)
- In particolare, il volume specifico del pane e l'altezza più elevati sono stati riscontrati utilizzando il metodo biga con impastatrice a spirale a 2400 giri totali ($4,34 \pm 0,41$ L/kg e $82,70 \pm 3,98$ mm, rispettivamente).

Nonostante la necessità di ulteriori approfondimenti, I risultati riportati in questo studio, oltre ad aiutare a migliorare la produzione, potrebbero portare allo sviluppo di macchine impastatrici specifiche per i differenti metodi di panificazione.

Ex Post

4 Innovazioni e miglioramenti per incrementare la sostenibilità di farine, pasta e prodotti da forno

4.1 Uso dell' LCA per valutare la sostenibilità ambientale delle filiere di produzione della pasta: un approccio integrato per comparare scenari locali e globali



Obiettivi dello studio:



- 1) Condurre un'analisi degli impatti ambientali, utilizzando LCA, per due diverse filiere di produzione della pasta:
 - **Filiera locale:** Azienda agricola toscana che utilizza solo varietà antiche per la produzione di pasta di alta qualità
 - **Filiera globale:** Multinazionale che utilizza materie prime nazionali e internazionali per la produzione di pasta convenzionale
- 2) Proporre soluzioni finalizzate a ridurre gli impatti ambientali per entrambe le filiere di produzione

Principali risultati e conclusioni

Fase produttiva	Criticità scenario locale	Strategia per la riduzione delle emissioni	Criticità scenario globale	Strategia per la riduzione delle emissioni
Fase agricola	La più rilevante	Agricoltura biologica + riutilizzo sottoprodotti	La più rilevante	Identificazione della quantità minima di fertilizzanti e pesticidi + parziale conversione a Bio
Fase di produzione	Essiccazione (LTLT)	Introduzione nuove tecnologie (microonde, campi elettrici pulsati etc.)	Essiccazione (HTST o LTLT)	Introduzione nuove tecnologie (microonde, campi elettrici pulsati etc.)
Fase di trasporto	Logistica non ottimizzata	l'internalizzazione (o avvicinamento) di macinazione e produzione pasta	(logistica già ottimizzata)	
Fase di cottura	Molto rilevante	Ristorazione: uso di cooker (- 60% energia, -38% acqua) (Cimini e Moresi 2017)	Molto rilevante	Domestica : (Cimini e Moresi 2017) C.F. = 670 gCO ₂ eq costi operativi = 0,47 € per kg di pasta

Ex Post

4 Innovazioni e miglioramenti per incrementare la sostenibilità di farine, pasta e prodotti da forno

4.2 Insetti come alimento: una revisione sistematica dei rischi connessi agli insetti commestibili in relazione ad un primo sviluppo di macchine e impianti

Obiettivi dello studio:

- 1) Riassumere le attuali conoscenze relative ai potenziali rischi microbiologici, chimici, fisici e allergenici
 - 2) Proporre soluzioni finalizzate a ridurre questi rischi
 - 3) Orientare lo sviluppo di macchine e impianti per questa emergente filiera di produzione
- ✓ Il parere scientifico dell'EFSA del 2015 è stato utilizzato come punto di partenza
 - ✓ Gli anni dal 2016 - inizio del 2019 incluso, sono stati scelti come un arco temporale
 - ✓ Tre database sono stati esplorati mediante stringhe di ricerca specifiche (ScienceDirect, PubMed e Web of Science)

Principali risultati e conclusioni

STRATEGIE PER RIDURRE I RISCHI E ORIENTARE LO SVILUPPO DI MACCHINE E IMPIANTI:

Rischio microbiologico:

- ✓ Inserimento di macchine che consentano trattamenti di blanching seguiti da refrigerazione (insetti interi)
- ✓ Trattamenti con microonde prima della lavorazione in caso di produzione di sfarinati.

Rischio chimico:

- ✓ Partire dalla prevenzione in allevamento e sui mangimi.
- ✓ Adottare sistemi di rapida rilevazione e monitoraggio on-line in allevamento e in trasformazione.

Rischio allergenico:

- ✓ La presenza di informazioni chiare in etichetta per ridurre i rischi legati al consumo
- ✓ Ulteriori indagini per valutare l'effetto sulla salute dei lavoratori legati all'allergenicità da inalazione (è sufficiente una singola esposizione o è necessaria un'esposizione prolungata?)

Rischio fisico:

- ✓ È necessario lo sviluppo di un sistema HACCP specifico per gli insetti commestibili
- ✓ Utilizzo dei DPI e progettazione di macchine usabili e sicure per ridurre i rischi legati a parti in movimento e inalazione
- ✓ Installazione di strumenti in grado di rilevare la presenza di corpi estranei e verificare i CCP

Grazie per l'attenzione