

## **Effetti dell'impiego di diversi dolcificanti sulle proprietà reologiche di impasti per prodotti da forno**

*M. Mariotti, C. Alamprese*

DiSTAM (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari e Microbiologiche) - Sezione Tecnologie Alimentari - Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, 20133 Milano

*manuela.mariotti@unimi.it, cristina.alamprese@unimi.it*

**Sommario.** Gli zuccheri rivestono un duplice ruolo nell'alimentazione umana: da un lato sono una fonte energetica fondamentale, dall'altro il loro consumo eccessivo risulta spesso associato a patologie a breve e a lungo termine. Sta quindi riscuotendo sempre maggiore interesse la ricerca di sostituti dello zucchero da impiegare in formulazioni alimentari ipocaloriche. Tuttavia, la valutazione dell'impatto di tale sostituzione sulle proprietà di struttura di un alimento è un aspetto non trascurabile nello sviluppo di nuovi prodotti. Lo scopo di questa ricerca è stato quello di valutare l'influenza dell'impiego di diversi dolcificanti sulle proprietà reologiche di impasti per prodotti da forno, aspetto poco indagato finora in letteratura. Sono state valutate formulazioni "tipo croissant" prive di dolcificanti o contenenti, alternativamente, saccarosio, fruttosio e sucralosio. La struttura degli impasti è stata studiata mediante tecniche capaci di descrivere le caratteristiche intrinseche di un materiale ed il suo comportamento in condizioni analoghe a quelle di un reale processo produttivo. Sono state pertanto condotte misure reologiche fondamentali (*dynamic oscillatory measurements*) ed empiriche (test farinografico, misure dinamometriche), nonché prove reofermentografiche abbinate a tecniche di *Image Analysis* per il monitoraggio della lievitazione. Il lavoro ha evidenziato proprietà reologiche differenti nei sistemi indagati, interessanti per lo sviluppo di prodotto.

**Parole Chiave.** *Dolcificante, impasto, lievitazione, reologia, Image Analysis*

**Abstract.** Sugars play a double role in human diet: on the one hand they are a fundamental energetic source, on the other hand their excessive intake has been often connected to short- and long-term pathologies. Therefore, a growing interest in sugar substitutes to be used in low-calorie foods has been observed. However, when the sugar content of a product is changed, also food rheology and texture may be affected. The aim of this study was the evaluation of the effects of the presence of different sweeteners on the rheological properties of dough for sweet baked goods. Actually, this topic has been little investigated so far. Different "croissant" formulations, without sweeteners or containing, as alternatives, sucrose, fructose, and sucralose were investigated. The structure of the dough was evaluated by means of different techniques, able to describe the intrinsic properties of the material and to predict its behavior in a real process. Both fundamental (dynamic oscillatory tests) and empirical (farinographic test, dynamometric measurements) rheological tests were performed, and reofermentographic and Image Analysis techniques were used to monitor the leavening phase. Different rheological behaviors were evidenced for the systems investigated, obtaining interesting information for product development.

**Keywords.** *Sweetener, dough, leavening, rheology, Image Analysis*

## 1. INTRODUZIONE

Gli zuccheri rivestono un duplice ruolo nell'alimentazione umana: da un lato sono una fonte energetica fondamentale, dall'altro il loro consumo eccessivo risulta spesso associato a patologie a breve e a lungo termine. L'industria alimentare negli ultimi anni ha quindi focalizzato la propria attenzione sulla produzione di alimenti a basso contenuto calorico, come risposta al continuo incremento del numero di individui diabetici o in sovrappeso. In particolare, è aumentata l'offerta di prodotti "senza zucchero", nei quali il saccarosio viene sostituito con altri dolcificanti di massa o intensivi. Tuttavia, nella messa a punto di questi prodotti, una delle problematiche maggiori da affrontare è l'ottenimento di una struttura e di una *texture* adeguate. Il saccarosio, infatti, nei prodotti alimentari non svolge solo un ruolo dolcificante, ma ha effetti notevoli anche sulle proprietà strutturali.

Lo scopo di questo lavoro è stato quindi quello di valutare l'influenza della presenza di diverse tipologie di dolcificanti sull'organizzazione strutturale di impasti "tipo croissant". In particolare, gli edulcoranti scelti ed utilizzati sono stati il saccarosio, il fruttosio e il sucralosio.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Materiali

Come base per tutti gli impasti è stata impiegata una farina di qualità tecnologica nota, fornita da una azienda leader nel settore dei prodotti da forno. Per l'ottenimento degli impasti "tipo croissant", alla farina sono stati aggiunti acqua, tuorlo d'uovo, lievito, margarina e sale; il dolcificante è stato l'elemento discriminante. Sono stati infatti preparati tre diversi impasti aventi la medesima formulazione ed un analogo grado di dolce del prodotto, contenenti saccarosio (14.3% rispetto alla farina; SACC), fruttosio (9.5%; FRUTT) o sucralosio (0.02%; SUCR). Come riferimento, è stato considerato un impasto avente la stessa formulazione dei precedenti, ma non contenente alcun tipo di zucchero (SZ).

### 2.2 Metodi

La farina è stata caratterizzata dal punto di vista compositivo (umidità, proteine, amido totale, amido danneggiato) e reologico (test viscoamilografico, farinografico, reofermentografico), impiegando le metodiche standard di riferimento. La caratterizzazione degli impasti ha previsto sia la determinazione delle proprietà meccaniche (in assenza di lievito) che la valutazione del comportamento in lievitazione (sulle formulazioni complete). La preparazione degli impasti è stata effettuata in doppio per ogni analisi, mediante Farinografo Brabender (mod. SEW, Brabender OHG, Duisburg, Germania).

#### 2.2.1 Proprietà meccaniche degli impasti

Le proprietà reologiche fondamentali sono state valutate mediante Reometro MCR 300 (Anton-Paar, Physica, Ostfildern, Germania),

conducendo due tipologie di test in regime oscillatorio (*strain sweep test*: 0.001-100%, 1Hz; *frequency sweep test*: 0.01%; 0.1-10Hz), impiegando piatti paralleli zigrinati con diametro pari a 25mm (PP25/P2), impostando un *gap* di 2mm e termostatando il sistema a 30°C. Prima dell'inizio di ogni test, il campione veniva lasciato riposare 15min nell'elemento di misura, al fine di rilassare gli stress subiti durante la manipolazione. Le misure sono state condotte almeno in triplo ( $n \geq 3$ ). I parametri considerati sono stati:  $G'$  (Pa),  $G''$  (Pa),  $G^*$  (Pa),  $\tan \delta$  e  $\eta^*$  (Pa·s).

Le analisi dinamometriche sono state condotte utilizzando un TA.HDplus *Texture Analyser* (Stable Micro Systems, UK) equipaggiato con cella di carico da 1kg, conducendo prove di compressione su aliquote ( $n=12$ ) sferiche di impasto da 10g (*pre-test speed*: 1mm/s, *test speed*: 1mm/s; *post-test speed*: 3mm/s; *trigger force*: 6g; criterio di fine test: 40% *strain*), e test di Kieffer su porzioni ( $n=17$ ) cilindriche di impasto da 0.4g (*pre-test speed*: 3.3mm/s, *test speed*: 3.3mm/s; *post-test speed*: 10mm/s; criterio di fine test: trazione 130mm). Dal test di compressione sono stati ricavati i parametri: pendenza (N/mm), forza al picco (N), energia in compressione (N·mm), forza massima negativa (N), adesività (N·mm); dal test di Kieffer sono stati ottenuti gli indici: forza al picco (N), estensibilità (mm), energia al picco (N·mm), energia totale (N·mm).

### 2.2 Comportamento in lievitazione degli impasti

Il comportamento in lievitazione degli impasti (3h, 30°C) è stato seguito mediante Reofermentometro Chopin F3 (Villeneuve-La Garenne, Francia), adottando un opportuno protocollo [1]. Degli indici ricavabili dal test reofermentografico, sono stati considerati in particolare:  $H_m$  (mm; massimo sviluppo in altezza raggiunto dall'impasto),  $T_1$  (min; tempo corrispondente ad  $H_m$ ),  $h$  (mm; altezza dell'impasto a fine test),  $T_x$  (min; tempo di apparizione della porosità dell'impasto),  $CO_2_{TOT}$  (mL; produzione totale di gas), CR (%) coefficiente di ritenzione di  $CO_2$ .

In parallelo, l'aumento in volume dell'impasto è stato monitorato anche mediante *Image Analysis* [2]. Per ogni formulazione, aliquote ( $n=6$ ) di impasto da 10g sono state chiuse in piastre Petri e mantenute a 30°C per 3h. L'acquisizione delle immagini è avvenuta ogni 10 min nella prima ora di lievitazione ed ogni 15 min nelle successive 2 ore. Dall'elaborazione di tali immagini, mediante software dedicato (Image Pro-Plus; Media Cybernetics Inc., Silver Spring, MD, USA) sono state ricavate informazioni relative alla crescita radiale degli impasti, che sono state espresse come incrementi percentuali di area (IA, %) rispetto alle dimensioni originarie.

### 2.3. Elaborazione statistica dei dati

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza ad una via, utilizzando il software Statgraphics®Plus v. 5.1 (Statistical Graphic Corp., Warrenton, VA, USA). La significatività delle differenze è stata valutata attraverso test LSD (*Least Significant Difference*), con un livello di confidenza del 95%.

### 3 RISULTATI E DISCUSSIONE

#### 3.1. Caratteristiche chimico-fisiche della farina

I dati ottenuti dalle analisi chimico-fisiche condotte sulla farina impiegata come base per tutti gli impasti "tipo croissant" (umidità:  $15.11 \pm 0.02$ g/100g; proteine:  $15.11 \pm 0.23$ g/100g s.s.; amido totale:  $71.74 \pm 2.56$ g/100g s.s.; amido danneggiato:  $5.94 \pm 0.20$  g/100g s.s.) sono risultati essere nella norma per una farina destinata a questo tipo di lavorazioni. Ad analoghe considerazioni si è giunti dall'analisi del comportamento viscoamilografico, farinografico e reofermentografico (*dati non riportati*) di questa materia prima. In particolare, l'elevata percentuale di assorbimento d'acqua farinografico (58.7%), associata ad un tempo di sviluppo pari a 6min e ad una stabilità farinografica superiore a 15min, hanno dato prova delle caratteristiche di "forza" di tale sfarinato.

#### 3.2. Proprietà meccaniche dei diversi impasti

Le proprietà meccaniche dei diversi impasti sono state valutate sia mediante prove di compressione che test di Kieffer. Dai risultati riportati in Tab. 1 si può notare come SUCR e SZ siano risultati simili tra loro, in virtù della minima quantità di sucralosio (0.02%) che differenzia le due formulazioni. Tali campioni si sono dimostrati meno estensibili, più tenaci e più consistenti rispetto alle formulazioni contenenti SACC e FRUTT. Tra queste ultime, inoltre, l'impasto FRUTT ha mostrato tenacità ed estensibilità significativamente ( $p < 0.05$ ) inferiori rispetto a SACC.

TEST DI COMPRESSIONE					
Impasto	Pendenza (N/mm)	Forza al picco (N)	Energia in compressione (N·mm)	Forza massima negativa (N)	Adesività (N·mm)
<b>SZ</b>	$0.06 \pm 0.01^{ab}$	$0.65 \pm 0.03^b$	$2.4 \pm 0.1^b$	$-0.39 \pm 0.05^a$	$-3.7 \pm 0.3^a$
<b>SACC</b>	$0.06 \pm 0.01^b$	$0.59 \pm 0.06^a$	$2.0 \pm 0.2^a$	$-0.38 \pm 0.06^a$	$-3.8 \pm 1.0^a$
<b>FRUTT</b>	$0.05 \pm 0.01^a$	$0.57 \pm 0.04^a$	$2.1 \pm 0.2^a$	$-0.37 \pm 0.04^a$	$-3.5 \pm 0.4^a$
<b>SUCR</b>	$0.06 \pm 0.01^{bc}$	$0.69 \pm 0.05^c$	$2.6 \pm 0.2^c$	$-0.41 \pm 0.07^a$	$-3.9 \pm 0.6^a$

TEST DI KIEFFER				
Impasto	Forza al picco (N)	Estensibilità (mm)	Energia al picco (N·mm)	Energia totale (N·mm)
<b>SZ</b>	$0.34 \pm 0.03^c$	$42.4 \pm 7.0^a$	$10.1 \pm 2.1^b$	$14.5 \pm 2.2^b$
<b>SACC</b>	$0.30 \pm 0.05^b$	$58.0 \pm 18.4^b$	$12.2 \pm 2.9^c$	$18.3 \pm 2.8^c$
<b>FRUTT</b>	$0.23 \pm 0.03^a$	$47.5 \pm 8.4^a$	$7.9 \pm 1.3^a$	$12.2 \pm 1.5^a$
<b>SUCR</b>	$0.33 \pm 0.03^c$	$44.9 \pm 4.0^a$	$10.3 \pm 1.0^b$	$14.4 \pm 1.2^b$

Tabella 1: Risultati ottenuti dai test di compressione e di Kieffer (nella stessa colonna, a lettere diverse corrispondono differenze statisticamente significative,  $p < 0.05$ ).

Le analisi di reologia fondamentale (Tab. 2) hanno confermato tali risultati, evidenziando valori significativamente ( $p < 0.05$ ) più elevati di modulo elastico ( $G'$ ) e viscoso ( $G''$ ) per SUCR e SZ rispetto a SACC e FRUTT. La presenza di saccarosio e fruttosio, inoltre, ha contribuito ad aumentare le proprietà viscoso elastiche dell'impasto, dando luogo a valori significativamente ( $p < 0.05$ ) più elevati di  $\tan\delta$  ( $G''/G'$ ) rispetto a quelli delle altre formulazioni.

Impasto	$G'$ ( $\cdot 10^3$ , Pa)	$G''$ ( $\cdot 10^3$ , Pa)	$G^*$ ( $\cdot 10^3$ , Pa)	$\tan\delta$ ( $\cdot 10^{-1}$ )	$\eta^*$ ( $\cdot 10^3$ , Pa·s)
<b>SZ</b>	7.10 ± 0.92 <sup>b</sup>	2.86 ± 0.38 <sup>b</sup>	7.66 ± 0.99 <sup>b</sup>	4.02 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.13 ± 0.15 <sup>b</sup>
<b>SACC</b>	4.05 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.69 ± 0.05 <sup>a</sup>	4.39 ± 0.13 <sup>a</sup>	4.17 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.64 ± 0.02 <sup>a</sup>
<b>FRUTT</b>	4.65 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.95 ± 0.05 <sup>a</sup>	5.04 ± 0.12 <sup>a</sup>	4.18 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.02 <sup>a</sup>
<b>SUCR</b>	7.87 ± 1.55 <sup>b</sup>	3.16 ± 0.68 <sup>b</sup>	8.48 ± 1.69 <sup>b</sup>	4.01 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.25 ± 0.25 <sup>b</sup>

Tabella 2: *Frequency sweep test*: dati estrapolati alla frequenza di 1Hz (nella stessa colonna, a lettere diverse corrispondono differenze statisticamente significative,  $p < 0.05$ ).

### 3.3. Comportamento in lievitazione dei diversi impasti

Il comportamento dei diversi impasti durante la lievitazione è stato studiato sia mediante test reofermentografico (Tab. 3), che permette di valutare l'incremento in altezza dell'impasto e la produzione e ritenzione di  $CO_2$ , che con opportune tecniche di *Image Analysis*, che consentono di determinare l'incremento radiale dell'impasto (Fig. 1). Entrambe le metodologie impiegate hanno portato all'ottenimento di informazioni simili, confermando la validità delle tecniche di *Image Analysis* per lo studio della lievitazione.

Impasto	$H_m$ (mm)	$T_1$ (min)	h (mm)	$T_x$ (min)	$CO_{2\text{TOT}}$ (mL)	CR (%)
<b>SZ</b>	75.5 ± 2.3 <sup>a</sup>	61 ± 1 <sup>a</sup>	42.7 ± 1.6 <sup>a</sup>	44 ± 1 <sup>a</sup>	1500 ± 47 <sup>a</sup>	92.1 ± 0.4 <sup>c</sup>
<b>SACC</b>	81.8 ± 0.7 <sup>b</sup>	114 ± 1 <sup>d</sup>	77.8 ± 2.8 <sup>b</sup>	77 ± 3 <sup>b</sup>	2351 ± 55 <sup>b</sup>	71.5 ± 2.2 <sup>b</sup>
<b>FRUTT</b>	82.8 ± 2.0 <sup>b</sup>	98 ± 3 <sup>c</sup>	72.0 ± 6.0 <sup>b</sup>	52 ± 1 <sup>a</sup>	2820 ± 3 <sup>c</sup>	61.4 ± 0.1 <sup>a</sup>
<b>SUCR</b>	82.1 ± 0.3 <sup>b</sup>	83 ± 11 <sup>b</sup>	48.8 ± 1.1 <sup>a</sup>	52 ± 8 <sup>a</sup>	1543 ± 9 <sup>a</sup>	93.7 ± 0.2 <sup>c</sup>

Tabella 3: Risultati ottenuti dal test reofermentografico (nella stessa colonna, a lettere diverse corrispondono differenze statisticamente significative,  $p < 0.05$ ).

Gli impasti SUCR e SZ hanno mostrato un avvio rapido della fermentazione e sviluppi interessanti per tempi brevi di lievitazione, mentre dopo 3 ore hanno presentato aumenti di volume significativamente ( $p < 0.05$ ) inferiori rispetto a quelli degli impasti SACC e FRUTT. Anche la produzione totale di  $CO_2$  è risultata significativamente ( $p < 0.05$ ) inferiore per SUCR e SZ rispetto a SACC e FRUTT. Ciò può essere riconducibile al fatto che, essendo il sucralosio un dolcificante

intensivo, viene aggiunto in minime quantità all'impasto e non contribuisce al metabolismo del lievito, che può utilizzare - analogamente a quanto avviene nell'impasto SZ - solo gli zuccheri fermentescibili naturalmente presenti nella farina. Gli impasti SACC e FRUTT hanno mostrato comportamenti simili durante la lievitazione, anche se FRUTT ha evidenziato uno sviluppo più rapido ed una maggiore produzione di CO<sub>2</sub> totale. Tale comportamento è ascrivibile al fatto che il fruttosio è una molecola più prontamente disponibile per il metabolismo dei lieviti rispetto al saccarosio, che deve prima essere scisso nei due monosaccaridi costituenti. L'impasto FRUTT ha però dato luogo anche ad un rilascio più elevato di CO<sub>2</sub>, a conferma della struttura più debole di questo campione, già evidenziata dal test di Kieffer.

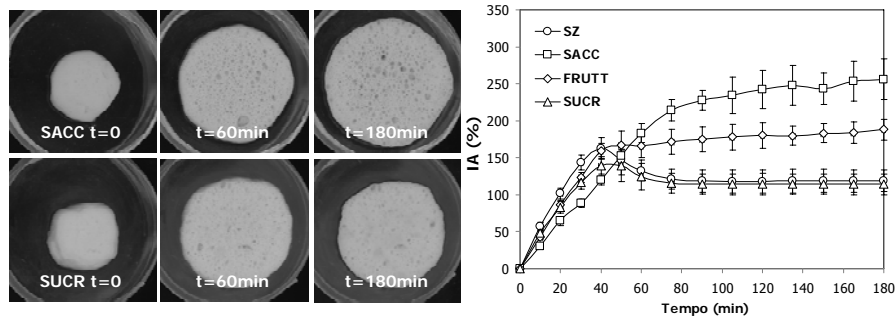


Figura 1: Incremento radiale degli impasti nel corso della lievitazione (sx) ed incremento percentuale di area (IA%) mediante *Image Analysis* (dx).

In conclusione, questo lavoro ha permesso di confermare il ruolo estremamente importante degli zuccheri nella strutturazione di impasti lievitati. In particolare, è emerso come l'impiego di edulcoranti intensivi modifichi sostanzialmente le caratteristiche reologico-meccaniche della matrice ed il suo comportamento durante la lievitazione, dando luogo ad impasti con proprietà del tutto simili a quelle dei prodotti privi di zucchero. L'impiego di un dolcificante di massa come il fruttosio, invece, dà luogo ad impasti più simili a quelli contenenti saccarosio, che si presentano però meno resistenti nel corso della lievitazione.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Mariotti M, Lucisano M, Pagani MA: Development of a baking procedure for the production of oat-supplemented wheat bread, *Int. J. Food Sci. Technol.* 41(2) (2006) 151-157.
- [2] Riva M, Pagani MA, La Prova M: Un approccio innovativo per lo studio della lievitazione di impasti da pane: l'Analisi d'Immagine, *Tecnica Molitoria*, 55(7) (2006) 629-650.