



Gambella, Filippo; Paschino, Francesco (2004) *Produzione di pane "Carasau": comparazione fra un impianto tradizionale e uno semicontinuo*. *Industrie alimentari*, Vol. 43 (441), p. 1115-1120. ISSN 0019-901X.

<http://eprints.uniss.it/7975/>

NOVEMBRE 2004

ANNO 43 - N. 441
ISSN 0019-901X

INDUSTRIE ALIMENTARI



TRIVI

Auguri

TRIVIS S.p.A. - VIA A. GRANELI, 25 - ZONA IND. PECO - 28044 GALLARATE (VA) - ITALIA - TEL. +39 0321 806364 r.a. - FAX +39 0321 881187
E-mail: commerciale@trivi.191.it



CHIRIOTTI EDITORI

10064 PINEROLO - Tel. 0121 393127 - Fax 0121 794480 - E-mail: info@chiriottieditori.it

SUMMARY

"Carasau" is a typical bread of Sardinia. In the last ten years the Small-medium enterprises (SME) have aimed at improving different aspects of the Carasau processing production. One of the most important factors is related to the size of the bakeries, as it is difficult to transform a traditional processing into an industrial one, due to the high number of operations required for the production of this bread.

In the present work they have been compared two different plants (traditional and industrial) for the production of "Carasau", considering the equipment, the power consumption, and some chemical-physical parameters of the final products.

SOMMARIO

Il pane "Carasau" è un pane tradizionale della Sardegna. Negli ultimi 10 anni le piccole e medie imprese artigianali della Sardegna, hanno cercato di migliorare gli impianti e il processo di produzione di questo pane tipico. Uno degli aspetti più importanti è quello di trasformare un processo artigianale in processo industriale, per effetto dell'elevato numero di fasi necessarie alla produzione del pane "Carasau". Nella presente nota sono stati riportati i risultati di una sperimentazione condotta in due impianti, tradizionale e semicontinuo, al fine di valutare oltre alle caratteristiche operative delle macchine le capacità, la qualità e l'organizzazione del lavoro.

FILIPPO GAMBELLA* - FRANCESCO PASCHINO

Dipartimento Ingegneria del Territorio - Sezione di Meccanizzazione e Impiantistica - Viale Italia 39 - 07100 Sassari - Italia

* e-mail: gambella@uniss.it

Produzione di pane "Carasau"

Comparazione fra un impianto tradizionale e uno semicontinuo

Comparison between traditional and industrial plant for production of "Carasau" bread

INTRODUZIONE

In Sardegna, nel corso degli ultimi anni, il settore della lavorazione del pane tipico ha presentato evidenti carenze strutturali: se infatti la quantità di prodotto richiesta dal mercato è in costante aumento, l'organizzazione produttiva del comparto artigianale registra invece ritardi imputabili principalmente alla ridotta dimensione aziendale, alla difficoltà di trasformare un processo produttivo da tradizionale a semi-industriale e industriale, all'applicazione delle nuove tecnologie impiantistiche.

La prospettiva di una progressiva crescita del settore comporta un incremento delle produzioni quantitative e qualitative, con un conseguente sviluppo della complessità del sistema che determina quindi la necessità di semplificare il controllo delle linee di produzione.

Il comparto della panificazione tradizionale in Sardegna, pur presentando le problematiche impiantistiche precedentemente indicate, rappresenta un settore produttivo con ampio margine

di sviluppo: sia perché, tra i pani tipici prodotti in Sardegna, il pane "Carasau" (fig. 1) è un componente fondamentale della dieta alimentare di una parte cospicua delle popolazioni residenti, sia perché le sue caratteristiche fisiche facilitano lo sviluppo dei prodotti della reazione di imbrunimento non enzimatico. È riconosciuto da diversi autori nazionali e internazionali [10,11,12,13,14] che gli stessi possono avere effetti positivi sulla salute dei consumatori. Com'è noto, la cottura determina nel pane una serie di cambiamenti fisico-chimici e biochimici e il cambiamento del colore che in un



Fig. 1 - Pane "Carasau".



Fig. 2, 3, 4 - "Gonfiatura", taglio a mano e "carasatura" in forno elettrico a tunnel.

alimento è generalmente considerato come uno dei principali costituenti della qualità [5,7,8,11]. Quest'ultima, nel caso del pane "Carasau", si espleta in tre fasi (fig. 2, 3, 4): la "gonfiatura" o prima cottura, che determina un rigonfiamento dell'impasto fermentato, la separazione delle sfoglie in due metà e infine la "carasatura", che riduce il valore di attività dell'acqua (a_w).

Nella presente nota sono stati riportati i risultati di una sperimentazione condotta in due impianti tradizionale e semicontinuo, al fine di valutare oltre alle caratteristiche operative delle macchine le capacità, la qualità e l'organizzazione del lavoro.

GLI IMPIANTI

Impianti

Gli impianti considerati [4] comprendono entrambi le seguenti macchine operatrici: l'impastatrice, la sfogliatrice, la formatrice e la spezzatrice nel semicontinuo. Per la cottura è stato utilizzato un forno a legna in quello tradizionale e un forno elettrico a tunnel in quello semicontinuo.

Caratteristiche delle macchine operatrici

Per la preparazione dell'impasto, nei due impianti, è stata utilizzata una semola rimacinata monovarietale (cv. Simeto)¹. Nell'impianto tradizionale era presente

un'impastatrice con una capacità di 50 kg/h, mentre nel semicontinuo la stessa macchina operatrice aveva una capacità di 150 kg/h.

Nell'impianto tradizionale, il taglio e la separazione dell'impasto venivano effettuati a mano e con una velocità di sfogliatura pari a 45 cm/sec; nell'impianto semicontinuo, è stata utilizzata una macchina spezzatrice automatica con una velocità di sfogliatura quasi doppia rispetto al sistema tradizionale (85 cm/sec). La formatrice operante in entrambi gli impianti, aveva una capacità di formatura pari a 22 dischi sfoglia/min, del peso di 70 g ciascuno, pari a 1.320 pezzi/h.

La fermentazione dell'impasto, nel panificio tradizionale, è stata condotta adagiando quest'ultimo su mastelli di legno e ricoprendolo con teli di lino, nel semicontinuo è stato fatto fermentare in recipienti di acciaio inox coperti della capacità di 50 kg ciascuno.

Il forno a legna era dotato di una platea fissa con volta in mattoni refrattari, a riscaldamento diretto con legna da ardere, i cui fumi della combustione venivano eliminati mediante aspirazione. Le dimensioni interne del forno variavano da 1,50 m a 2,50 m di diametro della piattaforma e 40 cm, 70 cm di altezza della semisfera.

La potenza termica dei due forni è risultata di 36,5 kW per quello elettrico e di 70 kW per il forno a legna². In quest'ultimo, non è stato possibile effettuare una perfetta regolazione per l'ottenimento di una temperatura

omogenea in quanto diverse sono le cause che interagiscono: la bassa qualità della legna da ardere, le perdite di calore per irradiazione verso l'esterno attraverso la muratura, le componenti metalliche e le porte di chiusura e d'ispezione. Questi aspetti negativi non si sono riscontrati nel forno elettrico a tunnel, in quanto essendo completamente automatizzato e correttamente dimensionato in tutte le sue parti gestiva rapidamente e razionalmente il flusso termico. Tra l'altro, la regolazione della temperatura, avveniva in modo indipendente nella parte superiore e in quella inferiore della camera di cottura ed inoltre, la velocità del nastro trasportatore poteva essere programmata con un regolatore a mano ed indicata su un pannello digitale.

DETERMINAZIONI ANALITICHE

Al fine di calcolare la capacità di lavoro dell'impianto, l'efficienza operativa delle macchine, la produttività degli addetti e il consumo energetico per unità di prodotto sono stati rilevati i seguenti parametri: la capacità di lavoro teorica

¹ Ingredienti usati per la preparazione del pane "Carasau": sale 0,5% (p/p), lievito di birra 2% (p/p), acqua 40% (p/p).

² Considerando che mediamente venivano consumati 16,3 kg/h di legna con un potere calorifico di 4,3 kW/h.

dichiarata dal costruttore per ogni macchina utilizzata nell'impianto, il tempo di lavoro totale in ciascuna fase, la quantità di prodotto effettivamente lavorato, il numero di addetti impiegati, il consumo di energia e la potenza elettrica e termini in ciascuna fase di lavorazione.

Tra i parametri chimici sono stati rilevati il pH, l'acidità totale titolabile, la sostanza secca, l'attività dell'acqua e l'attività antiossidante, determinati nell'impasto e sul prodotto finito, i campioni utilizzati per le analisi sono stati omogeneizzati mediante centrifuga (Waring - 4L).

Le analisi della sostanza secca (S.S.) [1], del pH, dell'acidità totale titolabile (ATT), espressa in grammi di acido acetico su 100 grammi di sostanza secca [15], dell'attività dell'acqua (a_w) a 25°C, (Rotronic, hygromer, AwVC, Karl Fast), e dell'attività antiossidante [3] sono state determinate effettuando una media di quattro misurazioni per ogni punto. Inoltre, tutti i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente con il software MSTA-C (Michigan State University, U.S.A., 1991), mediante l'analisi della varianza semplice (ANOVA) separando le medie con il Test di Student.

RISULTATI E CONSIDERAZIONI

Manodopera impiegata

L'impiego di manodopera (tab. 1) è stato diversificato in ciascuna fase, in funzione della capacità operativa della linea di produzione, pur essendo stati utilizzati complessivamente 15 addetti in ciascuno impianto. Nel panificio tradizionale per poter esprimere la produzione giornaliera di 109,1 kg, il numero degli addetti è stato ripartito equamente nelle varie fasi, ad eccezione dell'impasto dove era presente un solo addetto. Nell'impianto semicontinuo la manodopera è stata concentrata nella separazione delle sfoglie e nella "carasatura"

Tabella 1 - Numero di addetti impiegato nelle fasi per la produzione del pane "Carasau".

Fase	Tradizionale	Semicontinuo
Impastatura	1	1
Sfogliatura	3	1
Formatura	2-3	1
"Gonfiatura"	2	1
Taglio e separazione delle sfoglie	3	7
"Carasatura"	3	4
Totale	15	15

Tabella 2 - Tempo totale, capacità, efficienza operativa e cicli di lavoro nei due impianti.

Fasi	Impianto	Tempo totale (h)	Capacità		Efficienza operativa (μ_c)
			operativa (kg/h)	per addetto (kg/h)	
Impastamento	Tradizionale	0,67	50,0	50,1	1,00
	Semicontinuo	1,67	90,0	90,0	0,67
Sfogliatura	Tradizionale	2,00	25,0	15,0	1,00
	Semicontinuo	2,20	50,0	49,5	0,50
Formatura	Tradizionale	2,00	10,0	2,4	0,40
	Semicontinuo	0,80	52,0	27,7	0,74
"Gonfiatura"	Tradizionale	3*	6,0	0,6	0,30
	Semicontinuo	16*	30,0	20,1	0,67
Taglio/separazione	Tradizionale	5,20	13,0	13,1	-
	Semicontinuo	3,30	40,0	11,7	-
"Carasatura"	Tradizionale	3*	6,0	0,6	0,30
	Semicontinuo	16*	39,0	7,5	0,78
Totali e medie	Tradizionale	9,97	109,1	6,7	-
	Semicontinuo	7,98	299,3	20,7	-

* tempo espresso in minuti.

tempo espresso in secondi.

ra" per poter consentire all'impianto di esprimere la propria capacità di lavoro giornaliera pari a 300 kg.

Tempi e capacità di lavoro

Il tempo totale (tab. 2) rilevato per ogni singola fase di lavoro nell'impianto, ha messo in evidenza le sostanziali differenze esistenti nell'espletamento di ciascuna di esse. Complessivamente, nell'impianto tradizionale, per arrivare alla capacità totale giornaliera sono

occorse 9,97 h, mentre in quello semicontinuo, nonostante la sua capacità giornaliera fosse il triplo rispetto a quello tradizionale, sono state impiegate 7,98 h. Osservando i valori del tempo totale nelle singole fasi, emerge che il maggior tempo è stato dedicato al taglio e alla separazione in entrambi gli impianti. Infatti, in quello semicontinuo questa fase incide per il 41% del tempo totale, mentre nel tradizionale assorbe il 52%. Le fasi più rapide sono state quelle della cottura: "gonfiatura" e "carasatura", che

hanno avuto un'incidenza sul tempo totale uguale o inferiore all'1%. Nella fase di formatura il tempo complessivo per ottenere la massima capacità giornaliera è risultato di 2,0 h nel tradizionale, invece nel semicontinuo (0,80 h) si è ridotto del 60% nonostante l'intervento di un solo addetto. Il tempo di taglio e di separazione nei due impianti sperimentati è stato pari a 3,30 h nel semicontinuo e 5,20 h nel tradizionale, in questa fase ha certamente inciso la differenza nel numero di addetti impiegati: 7 in quello semicontinuo e 3 nel tradizionale.

Le capacità operative nelle singole fasi hanno avuto complessivamente una significativa variazione da 90 kg/h nell'impasto ai 30 kg/h nella fase di "gonfiatura" nell'impianto semicontinuo, rispetto ai 50 kg/h nell'impasto ed ai 6 kg/h per le fasi di "gonfiatura" e "carasatura" nell'impianto tradizionale.

Ovviamente anche la produttività oraria per addetto ha risentito delle predette variazioni, con valori che nell'impianto tradizionale sono passati da un massimo di 50,1 kg/h nell'impastatura ad un minimo di 0,6 kg/h nelle fasi di cottura, per risalire ai 2,4 kg/h della fase di formatura

e ai 13,1 kg/h delle fasi di taglio e separazione delle sfoglie. Nell'impianto semicontinuo, invece, la produttività oraria per addetto è risultata superiore: dai 90 kg/h per addetto nella fase d'impasto ai 49,5 kg/h per addetto nella fase di formatura, agli 11,7 kg/h per addetto della fase di taglio e separazione delle sfoglie, ai 13,5 kg/h di media per addetto nelle fasi in cui è stato utilizzato il forno (tab. 2). La produttività oraria per addetto, ha messo in evidenza che anche la fase di formatura (2,4 kg/h) ha rappresentato per l'impianto tradizionale un momento in cui la produzione ha subito un rallentamento se confrontata con la produttività oraria per addetto (27,7 kg/h) dell'impianto semicontinuo.

L'efficienza operativa nell'impianto tradizionale della macchina impastatrice e della sfogliatrice ha raggiunto il massimo (100%) rispetto all'impianto semicontinuo in cui le stesse macchine sono state utilizzate per il 67 e il 50% rispettivamente. La macchina formatrice e il forno a legna invece, sono stati sottoutilizzati, rispettivamente al 30 e al 40% della loro capacità, nell'impianto tradizionale, mentre nell'impianto semi-

continuo, la loro efficienza può essere ritenuta sufficiente con il 74 e il 78%. Questa differenza nel caso della formatrice, è dovuta al fatto che la macchina presente nell'impianto semicontinuo era alimentata automaticamente, mentre in quello tradizionale avveniva a mano.

Eguagliando la produttività giornaliera dell'impianto tradizionale con quello semicontinuo, si è notato come i cicli di lavoro per ciascuna macchina risulterebbero certamente più numerosi per effetto della bassa capacità, nella formatrice e nel taglio e separazione. Ovviamente tutto ciò ha avuto una relazione diretta con la capacità operativa di ogni singola fase, per cui nell'impianto tradizionale sono stati necessari due cicli di lavorazione, per raggiungere la produzione giornaliera, e cinque cicli di lavorazione nell'impianto semicontinuo.

Consumi energetici

La potenza elettrica installata (tab. 3) è risultata estremamente variabile a seconda della macchina impiegata e potrebbe essere suddivisa sostanzialmente in due gruppi: da una parte il forno con 70,0

Tabella 3 - Potenza installata, consumo di energia per addetto e per unità di prodotto per ciascuna fase nei due impianti.

Macchine	Impianto	Potenza		Energia utilizzata per unità di prodotto (Wh/kg)	incidenza (%)
		installata (kW)	giornaliera (kWh/giorno)		
Impastatrice	Tradizionale	2,75	1,84	18,42	0,26
	Semicontinuo	5,00	8,35	27,83	2,71
Sfogliatrice	Tradizionale	3,50	7,00	70,00	0,99
	Semicontinuo	3,50	7,70	25,67	2,50
Formatrice	Tradizionale	0,37	0,74	7,40	0,10
	Semicontinuo	0,45	0,36	1,20	0,12
Forno	Tradizionale	70,00	697,90	6.979,00*	98,66
	Semicontinuo	36,50	291,27	970,90*	94,66
Totali	Tradizionale	-	22,62	7.074,82	-
	Semicontinuo	-	16,50	1.025,60	-

* per il calcolo dell'energia consumata, è stato considerato il tempo totale, 9,97 h nel tradizionale e 7,98 h nel semicontinuo, in quanto entrambi i forni restano accessi dall'inizio alla fine della produzione.

kW nel tradizionale e 36,5 kW nel semicontinuo e dall'altra si passa da 0,37 kW della formatrice nell'impianto tradizionale ai 5 kW nell'impastatrice dell'impianto semicontinuo. Di conseguenza il consumo di energia giornaliero, che è legato alla potenza e al tempo di lavoro della macchina, è oscillato da un minimo di 0,74 kWh/giorno della formatrice ad un massimo di 697,9 kWh/giorno del forno nell'impianto tradizionale, considerando che il forno è rimasto in funzione per tutto il periodo di produzione. Anche nell'impianto semicontinuo per la fase di formatura si è avuta la spesa minima (0,36 kWh/giorno) di energia e la massima quantità (970,90 Wh/giorno) è stata spesa per il forno.

Il consumo di energia per unità di prodotto ottenuto ha evidenziato i seguenti valori: da un minimo di 1,20 Wh/kg nella macchina formatrice, ai 6.979,0 Wh/kg per il forno nell'impianto tradizionale, mentre nell'impianto semicontinuo le stesse macchine hanno consumato rispettivamente 0,12 e 970,90 Wh/kg. Pertanto, in entrambi gli impianti, la cottura è l'operazione che ha fatto registrare il più alto consumo di energia, osservando che questa è seguita dalla formatura nell'impianto tradizionale, con 2,5 Wh/kg e dall'impastatura nel semicontinuo con 2,71 Wh/kg. Non a

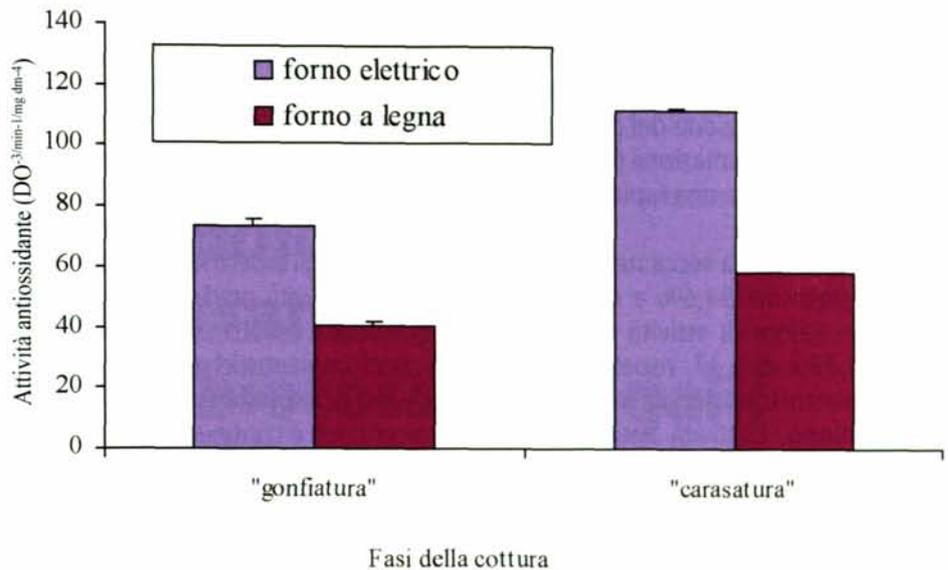


Fig. 5 - Confronto dell'attività antiossidante (Chain Breaking Activity) del pane "Carasau" prodotto in forno tradizionale a legna e in un forno elettrico a tunnel.

caso, tutto è stato confermato dall'incidenza percentuale sul consumo totale di energia, che per il forno dell'impianto tradizionale è stata di 98,66%, mentre nell'impianto semicontinuo di 94,66%.

Parametri chimico-fisici e attività antiossidante

Dai risultati ottenuti (tab. 4), è emerso che la fermentazione ha determinato

nell'impasto una drastica riduzione dei valori di pH e di acidità, questa riduzione è strettamente collegata alla maggiore capacità d'idrolisi dei carboidrati contenuti nella semola, dovuta all'azione degli enzimi e al loro consumo ad opera dei microrganismi [9].

Alla fine della fermentazione i valori di acidità del pane sono risultati, per entrambi i campioni, di 0,43 g di acido citrico su 100 g di pasta, accompagnata da una buona produzione di acidi or-

Tabella 4 - Principali parametri chimico-fisici rilevati nell'impianto tradizionale e semicontinuo.

Parametri chimico-fisici	Impianto	fine impasto	fine lievitazione	"gonfiatura"	"carasatura"
pH	tradizionale	6,01±0,01*	5,31±0,02	5,27±0,03	5,58±0,02
	semicontinuo	5,90±0,03*	5,31±0,10	5,47±0,30	5,48±0,06
Acidità T.T. (g ac.acet./100 g)	tradizionale	0,20±0,06	0,46±0,04	0,46±0,04	0,46±0,07
	semicontinuo	0,21±0,05	0,43±0,02	0,46±0,11	0,42±0,12
S.S. (%)	tradizionale	60,70±0,01	60,90±0,05	69,21±0,03	93,5±0,01 b
	semicontinuo	61,70±0,30	59,90±0,10	69,21±0,05	94,6±0,07 a
a _w	tradizionale	0,95±0,01	0,95±0,02	0,91±0,03	0,37±0,01 b
	semicontinuo	0,98±0,03	0,95±0,03	0,91±0,01	0,22±0,03 a

*media ± deviazione standard; (a, b) = a lettere uguali corrispondono valori uguali di p≥0,001.

ganici, necessaria per il miglioramento dell'aroma del pane e per la formazione del glutine. I dati sono in stretta correlazione con la riduzione del pH rilevato alla fine della fermentazione (4,4 unità), che ha determinato una rapida maturazione dell'impasto.

Il valore di sostanza secca nel prodotto finito è stato del 94,6% e del 93,5% e con un valore di attività dell'acqua (a_w) di 0,22 e di 0,37, rispettivamente nell'impianto tradizionale e in quello semicontinuo. L'attività antiossidante³ (fig. 5) è risultata superiore nel prodotto ottenuto nel forno elettrico a tunnel ($111,7 \times 10^{-5} \text{ DO}^{-3/\text{min}^{-1}/\text{mg dm}^{-4}}$) rispetto al campione cotto in quello a legna ($17,8 \times 10^{-5} \text{ DO}^{-3/\text{min}^{-1}/\text{mg dm}^{-4}}$); questo è dovuto alla diversa temperatura di cottura dell'impasto nei due forni, così come ha evidenziato anche Fagerson [6] con un sistema modello (acqua + glucosio) sottoposto a riscaldamento a temperature comprese tra i 250° e i 500°C.

CONCLUSIONI

Le macchine e gli impianti attualmente presenti nelle industrie di medie e piccole dimensioni presentano una forte discontinuità nel processo, determinando pesanti ripercussioni nella capacità di lavoro e di conseguenza nella produttività della manodopera. Pertanto l'adozione di impianti o di sistemi di lavorazione capaci di accorpare diverse fasi della produzione rappresenterebbe una concreta razionalizzazione della capacità di lavoro, della produttività della manodopera e della spesa energetica.

Il ricorso all'automazione offre al panificatore la possibilità di potenziare le capacità produttive, unendo alle qualità del prodotto tradizionale i vantaggi consentiti da impianti semicontinui, quali, ad esempio, un adeguato e versatile sistema di controllo per garantire la regolarità della produzione, con spese energetiche adeguate alla produzione giornaliera e quindi con ri-

cadute in termini di programmazione di produzione.

L'automazione delle linee è il primo passo per l'adeguamento tecnologico dell'intero processo integrato in una gestione globale e di conseguenza l'introduzione di un corretto criterio di scelta delle macchine risolverebbe gli aspetti legati all'aumento della produttività oraria dell'impianto e degli addetti, tenuto conto delle nuove soluzioni impiantistiche, alla trasformazione del ciclo produttivo tradizionale in semicontinuo e continuo, all'uso di macchine con organi di lavoro specifici, alla razionalizzazione degli spazi interni dell'impianto, all'uso di macchine polifunzionali, senza rinunciare ad un elevato livello della qualità del prodotto finale.

Il confronto tra i due tipi d'impianto, ha messo in evidenza che, alla fine della fermentazione l'acidità del pane, il pH, e la sostanza secca non hanno mostrato variazioni statisticamente significative e l'adozione di un sistema di lavorazione semicontinuo non ha determinato modificazioni nelle caratteristiche chimico-fisiche del prodotto finito ad eccezione dell' a_w e dell'attività antiossidante dei prodotti della reazione di Maillard (MRPs), che sono risultate superiori nel prodotto ottenuto con forno elettrico a tunnel rispetto a quello tradizionale a legna. Inoltre, si sono ottenute capacità di lavoro complessive e produttività della manodopera certamente più elevate nell'impianto semicontinuo che porrebbero i presupposti per un concreto obiettivo economico.

Gli Autori, in ordine alfabetico, hanno contribuito in eguale misura alla realizzazione del presente lavoro.

BIBLIOGRAFIA

1. AOAC (Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist), Method no. 22.013, 12th edition, Washington D.C. 1995.
2. Autio K., Laurikainen T., "Relationship between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties". Trends in

food Science and Technology, 8, 181-185 1997.

3. Brandt-Williams W., Cuvalier M.E., Berset C. "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity". *Lebensm.-Wiss. und Technol.*, 28, 25-30, 1995.
4. Gambella F., Paschino F. "Gli impianti per la produzione di pane tradizionale in Sardegna". *Tecnologie Alimentari*, 3, 46-49, 2004.
5. Coppola S., Pepe O., Mauriello G. "Effect of leavening microflora on pizza dough properties". *Journal of Applied Microbiology*, 85 (5), 891-897, 1999.
6. Fagerson I.S., "Thermal degradation of carbohydrates: a review". *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 17, 747-750, 1969.
7. Fellows P. "Food processing technology - principles and practices" Woodhead Publishing, pp. 348-352, 418-440, 1997.
8. Formato A., Pepe O. "Effetto delle differenti condizioni di fermentazione sulle caratteristiche reologiche dell'impasto per pizza". *Rivista di Ingegneria Agraria*, 4, 243-248, 2000.
9. Hansen A., Hansen B. "Flavor of sourdough wheat bread crumb". *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 202 (3) 244-249, 1996.
10. Leric C.R., Nicoli M.C. "An outlook on Maillard reaction in foods. Proceedings of a round table on: Maillard reaction in food" Udine, 27 gennaio, 1994.
11. Leric C.R., Nicoli M.C. "Chemical and physico-chemical properties affecting the quality and stability of bakery products". *Adv. Food Science (CMTL) Vol. 18, 5/6, 226-230.*
12. Nicoli M.C., Anese M., Parpinel M.T., Franceschi S., Leric C.R. "Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage". *Cancer Letters*, 114, 71-74, 1997.
13. Nicoli M.C., Manzocco L., Leric C.R. "Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree". *Lebensm. Wiss. und Technologie* 30, 292-297, 1997.
14. Manzocco L., Anese M., Nicoli M. "Antioxidants properties of tea extracts as affected by processing" *Lebensm. Wiss. und Technologie* 31, 694-698, 1998.
15. Quaglia G. "Scienza e tecnologia della panificazione". Chiriotti Editori, 296-306, 1984.

³Gli antiossidanti primari o "free radical scavengers" (o ad attività "chain breaking") sono molecole in grado di interrompere la propagazione radicalica grazie alla capacità di cedere un atomo di idrogeno (o un singolo elettrone) ai radicali liberi (Gordon, 1990). Tra i composti di neo-formazione ad azione antiossidante, i prodotti della reazione di Maillard (MRPs) presentano attività antimutagena dovuta alle loro capacità antiossidanti (Leric *et al.*, 1997, Nicoli *et al.*, 1997).