



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di  
AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI  
E AMBIENTE

Corso di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Alimentari

***Effetto del trattamento termico sulla qualità della pasta fresca***

Relatore  
Prof. Anna Lante

Correlatore  
Prof. Stefano Zardetto

Laureando  
Jacopo Ometto  
Matricola n.1201714

ANNO ACCADEMICO 2021-2022



# INDICE

Riassunto-Abstract

1. La pasta fresca	7
1.1 Modalità di trattamento termico	9
1.2. Microrganismi ed effetto del trattamento	10
1.2.1. Microrganismi nella matrice	10
1.2.2. Effetto del trattamento	12
2. Cambiamenti sulle caratteristiche della pasta	15
2.1. Gelatinizzazione	15
2.2. Umidità – $A_w$	17
2.3. Colore	21
2.4. Texture	24
2.5. Comportamento in cottura	26
3. Formazione sostanze indesiderate	29
3.1. Furosina	29
3.1.1. Determinazione di tempo e temperatura per ridurre la furosina	31
3.2. COPs	33
4. Conclusioni	37
5. Bibliografia	39



## **RIASSUNTO**

La pasta fresca è una matrice facilmente attaccabile da microrganismi patogeni e deterioranti.

Allo scopo di ridurre entro livelli accettabili la loro presenza, le industrie eseguono la pastorizzazione, normata a livello nazionale, che può essere eseguita a tempi e temperature differenti. In questo modo è possibile “tipicizzare” il prodotto a seconda del suo produttore e conferire alla pasta un livello qualitativo migliore, quando il trattamento termico non è troppo spinto.

Gli effetti positivi che la pastorizzazione ha sul prodotto finito si manifestano con un'intensificazione del colore giallo, miglioramenti di digeribilità e struttura. Su tali effetti si è riscontrata un'influenza dovuta anche alle operazioni unitarie svolte prima e dopo dei trattamenti con il calore. Ma gli effetti non sono sempre positivi in termini di qualità finale. Possono formarsi sostanze indesiderate che vengono generate da reazioni chimiche delle componenti della matrice quando esposte ad alte temperature.

L'elaborato prende in considerazione tutti gli aspetti della pastorizzazione, con particolare attenzione agli effetti qualitativi positivi e negativi che questa ha sul prodotto finito pasta fresca all'uovo.

## **ABSTRACT**

Fresh pasta is a matrix that is easily attacked by pathogenic or deteriorating microorganisms, in order to reduce their presence to acceptable levels. Industries perform pasteurization, a national standard, can be performed at different times and temperatures with the direct effect of typifying the level national product according to its producer, giving the finished product a better quality level if the process is not too extreme.

The positive effects that pasteurization has on the product are the finished colour variations tending to a more intense yellow and an increase in digestibility and. An influence on these effects was also found before the unitary operations carried out before and after the heat treatments.

The effects are not always positive in terms of final quality; this is due to the formation of unwanted substances that are generated by chemical reactions of the components of the matrix when exposed to high temperatures.

The paper takes into consideration all the aspects of pasteurization, with particular attention to the qualitative effects, positive and negative, that this has on the finished product fresh egg pasta.



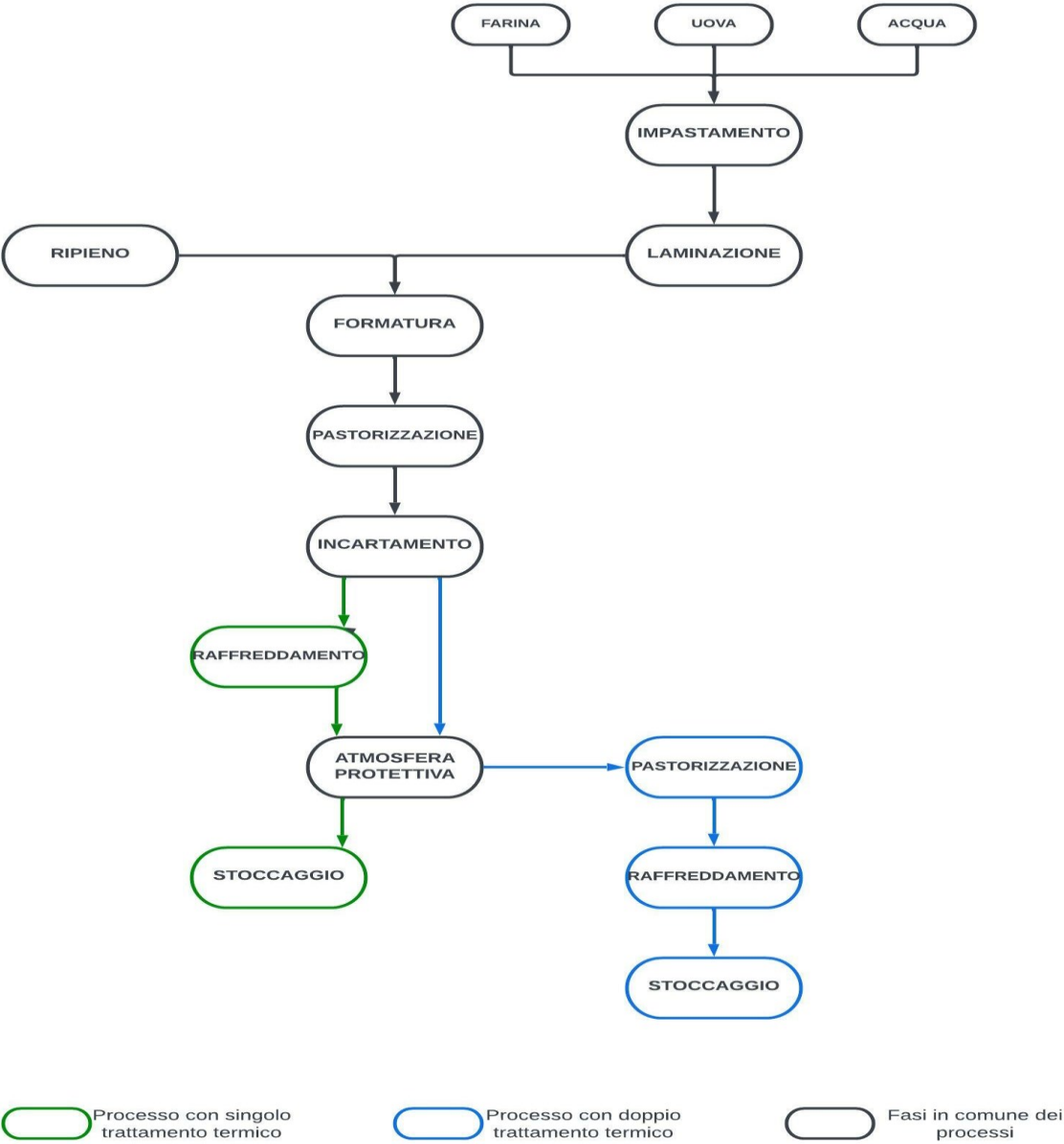
## 1. LA PASTA FRESCA

La pasta fresca ha origini antiche, le prime testimonianze di un prodotto simile, risalgono alla civiltà greca, nel primo millennio a. C., in cui la parola greca “laganon” era usata per indicare un foglio grande e piatto di pasta tagliato a strisce. Nel corso della storia ne venne sempre prodotta, a mano ed in formati diversi. Attorno al 1800 in Italia sorsero i primi veri e propri pastifici, andando lentamente a sostituire la produzione manuale con quella meccanica. Nonostante ciò, il consumo della pasta non è circoscritto all'Italia: le paste fresche ripiene confezionate e refrigerate hanno mercato anche in altre Nazioni (Francia, Germania, Stati Uniti, ecc.).

La pasta fresca, in Italia, ha una sua normativa specifica la quale impone la sua preparazione con semola e “almeno quattro uova intere di gallina, prive di guscio, per un peso complessivo non inferiore a duecento grammi di uovo per ogni chilogrammo di semola” (Art. 8 D.P.R. 9 febbraio 2001, n.187). Il processo produttivo parte dalla creazione della sfoglia, originata dalla miscelazione della farina di grano tenero, acqua e uova nelle impastatrici. L'impasto poi subisce l'operazione unitaria della laminazione: un processo meccanico in cui la sfoglia scorre su un nastro trasportatore il quale viene sottoposto ad una serie di coppie di rulli cilindrici via via più vicini l'un l'altro, questo porta ad una progressiva riduzione dello spessore, fino a quello desiderato. Attraverso la formatura, la sfoglia viene unita al ripieno, tipo di impasto e modalità di formatura sono variabili a seconda della produzione svolta. Successivamente viene effettuato il processo termico, per aumentare la shelf-life del prodotto finito attraverso la combinazione dei fattori tempo e temperatura. L'applicazione della pastorizzazione nelle paste fresche fu brevettata da Leandro Voltan nel 1962; tale tecnica consentì di allungare di 25 giorni la durata di vita della pasta fresca aprendo così la strada all'industrializzazione del settore (Zardetto, 2011). Come riportato nel diagramma di flusso (Figura 1.1), la pasta subisce un'essiccazione parziale (incartamento), poi il raffreddamento svolto a temperature intorno ai 4°C ed infine il confezionamento, svolto in atmosfera protettiva ovvero una miscela di gas costituita da azoto ed anidride carbonica; tale tecnica introdotta negli anni ottanta da Rana e consentì un ulteriore incremento della shelf life di 30 giorni circa. A seguito del confezionamento viene rispettata la catena del freddo in cui trasporto e vendita avvengono ad una temperatura mai superiore ai 6°C, ciò per rallentare il più possibile la crescita microbica, consentendo all'industria di utilizzare processi termici come la pastorizzazione piuttosto che la sterilizzazione. Relativamente ai



processi di pastorizzazione, alcuni produttori possono decidere di applicarne un secondo sul prodotto confezionato in atmosfera controllata, a cui segue raffreddamento e stoccaggio. L'applicazione della metodologia "a singola pastorizzazione" e quella a "doppia" influisce sul prodotto finito, se da un lato con una doppia pastorizzazione viene prolungata la shelf life del prodotto di oltre 90 giorni, questa provoca perdita delle caratteristiche organolettiche del prodotto ed un significativo aumento dei costi di produzione (Batisti et al., 1995).



**Figura 1.1.** Rappresentazione grafica del processo produttivo della pasta

### *1.1. MODALITÀ DI TRATTAMENTO TERMICO*

I pastorizzatori utilizzati nel trattamento della pasta fresca devono essere in grado di raggiungere temperature sufficientemente elevate per garantire la riduzione della carica batterica al cuore del prodotto, vale a dire la sezione più interna, dov'è presente il ripieno, e mantenere tali temperature per il tempo precedentemente deciso. L'operazione di per sé non risulta essere un problema, ma questa richiede adeguati dispositivi, nonché una conoscenza su come applicare correttamente le variabili in gioco.

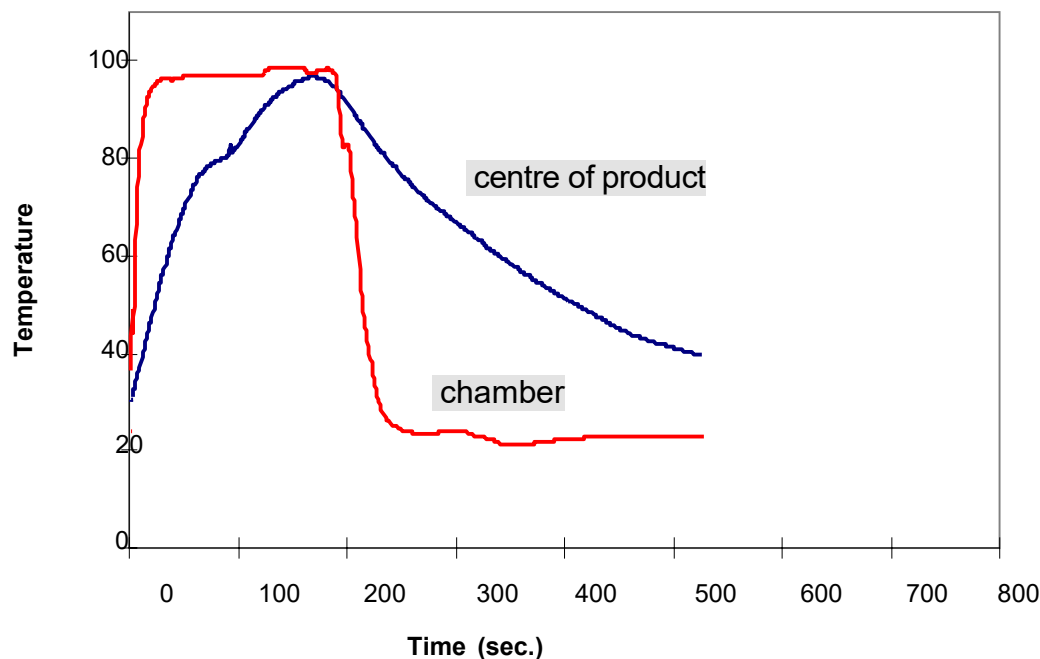
La pastorizzazione sul prodotto sfuso, tendenzialmente usa vapore surriscaldato, data la maggiore efficienza del "calore umido" rispetto a quello "secco" nella riduzione delle cariche microbiche. La temperatura impiegata nel processo è variabile tra 85 e 99°C, le tempistiche invece sono nell'intervallo di 3-8 min, valori esenti dal conto dell'inerzia termica del sistema (velocità con cui un sistema si scalda/raffredda). Il calore viene trasmesso in due modalità: all'interno della camera per convezione, sulla superficie del prodotto e poi al suo interno avviene invece per conduzione, la relazione tra tempo e temperatura è invece fortemente influenzata dalle caratteristiche fisico-chimiche del prodotto. Il secondo trattamento termico, condotto sul prodotto confezionato, è svolto a temperature non superiori a 95-97°C, ciò per evitare di far evaporare l'acqua interna al prodotto. Il tempo di trattamento varia a seconda della tecnologia utilizzata, il processo può essere svolto in modalità continua (in tunnel ad aria calda o microonde combinato con ventilazione forzata) o discontinua (in autoclave o forni di pastorizzazione).

Il principale obiettivo per un corretto processo termico è quello di ottenere una curva tempo-temperatura, questa deve presentare un rapido aumento per far sì che il tempo trascorso a basse temperature (per il prodotto) sia il meno possibile, data l'inefficienza per l'inattivazione della crescita microbica.

I trattamenti termici sono eseguiti a tempi e temperature diverse a seconda del tipo di prodotto o del pastorizzatore usato; esiste un valore il quale consente un confronto tra diversi trattamenti, questo è F70/10. Tale parametro indica il tempo di trattamento (min) ad una temperatura di riferimento (=70°C). Per il calcolo del valore F70/10 si utilizza la relazione:

$$F_i = \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{T - 70^\circ\text{C}}{z}} dt$$

Il profilo tempo-temperatura viene determinato sperimentalmente con un data logger con sonda di penetrazione, consentendo così di calcolare la curva di penetrazione termica per ogni intervallo di tempo (t); in seguito sono calcolati i valori della formula.



**Figura 1.2.** Andamento della temperatura nella camera e nel cuore del prodotto (Zardetto et al., 2007).

## 1.2. MICRORGANISMI ED EFFETTO DEL TRATTAMENTO TERMICO

### 1.2.1. MICRORGANISMI PRESENTI NELLA PASTA FRESCA

La pasta fresca è un alimento con elevata umidità (25-30%) ed un'attività dell'acqua che si attesta tra valori di 0.93 e 0.97, queste due caratteristiche lo rendono un alimento di facile deperimento. Produzione e commercializzazione della pasta fresca in imballaggi preconfezionati sono regolamentati, in Italia, dal Dpr n. 187 del 09/02/2001, il quale stabilisce che il prodotto deve essere “sottoposto ad un trattamento termico equivalente almeno alla pastorizzazione” (articolo 9, comma c). Lo scopo è quello di andare a ridurre le cariche microbiche presenti nella matrice attraverso il calore, il quale svolge un doppio effetto positivo: riduce la popolazione microbica e influisce sull'attività residua riducendo l'attività dell'acqua. Svatiati autori (Pasolini et al., 1981; Franziz et al., 1985; Aureli et al., 1986; Piovano, 1987; Trovatelli et al., 1988; Giavedoni, 1993) hanno svolto studi di tipo microbiologico sul prodotto “pasta fresca farcita”.

Il principale problema per le paste fresche sia di tipo industriale che artigianale è rappresentato dallo *Staphylococcus aureus* (Trovatelli et al., 1988; Piovano, 1987; Pasolini et al., 1981; Farber et al., 1993). Le problematiche che questo microbo causa sono nausea, vomito e dolore addominale, dovute all'azione delle enterotossine termostabili da questo prodotte, denominate SEA, SEB, SEC (sottotipi 1, 2, 3), SED e SEE (Balaban & Rasooly, 2000). La quantità di enterotossina richiesta per indurre i sintomi è di circa 1–2 µg, ma può differire a causa di un'ampia variazione nella sensibilità degli individui. Ricerche precedenti indicano che questa dose viene solitamente prodotta negli alimenti quando la popolazione di *S. aureus* raggiunge  $10^6$ – $10^7$ CFU/g (Notermans & Otterdijk, 1985). È per ciò importante non raggiungere tali livelli, questo anche data la natura delle tossine stesse, le quali essendo termostabili non vengono eliminate dal prodotto finito. Studi dimostrano che una pasta all'uovo prodotta industrialmente ha una popolazione di *S. aureus* di circa  $2,40 \pm 0,10$  log UFC/g (Zardetto, 2018; Zardetto et al., 1999), le fonti di contaminazione sono invece le persone, le quali ospitano il microbo nel naso, nella gola, sulle mani e le uova (Smith, Buchanan, & Palumbo, 1983; Aureli, Fenicia, Gianfranceschi, & Pasolini, 1995; Aureli, Ferrini, & Gianfranceschi, 1993; Ottaviani & Bresciani, 1984). Un patogeno che, contrariamente a *S. aureus*, risulta poco presente nelle confezioni pasta fresca è la *Salmonella* spp., la loro presenza non porta sempre ad effetti enteropatogenici. La dose infettiva varia a seconda del ceppo (ne esistono più di 2000), ma fatta eccezione per coloro che causano sindromi tifoidi, la dose infettiva è abbastanza elevata e notevolmente maggiore di quella presente negli alimenti (Cantoni, 1998). Perché diano luogo a sintomi patologici, devono crescere di numero in preparazione e/o in conservazione. Pur essendo differente da ceppo a ceppo la dose infettante è tra le  $10^5$ – $10^8$ UFC/g, svariati lavori in letteratura (Trovatelli, 1988; Adriano et al., 1996; Meloni et al., 1996) dimostrano che, nella pasta fresca ripiena, il rilevamento di *Salmonella* è limitato a pochi casi, prevalentemente a pastifici di tipo artigianale dove condizioni igieniche e processo produttivo sono differenti da quello industriale. Le fonti di contaminazione sono le materie prime impiegate nella pasta fresca, dunque l'uovo o nel ripieno, la carne. Per quanto riguarda *Listeria monocytogenes*, i dati bibliografici sono contrastanti; Caserio et al., 1989 segnalano la presenza di questo microrganismo in pasta fresca con un ripieno di carne, Foti e Vezzano, 1991, lo ritrovano assente in 52 campioni di pasta, limitandosi a trovare in questi il 15% di presenza di *Listeria innocua* (Zardetto, Dalla Rosa, 2015). *Clostridium botulinum* è un microrganismo della quale non è mai stata segnalata la presenza, nonostante ciò è bene considerarlo data la possibile presenza delle sue spore in qualsiasi ingrediente coinvolto nella

formulazione del ripieno; crescita e generazione di tossina botulinica sono indicati da alcuni autori (Del Torre et al., 1998; Glass and Doyle, 1991). Allo stesso modo, possono essere un problema le spore di *Bacillus*, spesso associato a gravi episodi di intossicazione alimentare a causa della sua capacità di produrre tossine. Può essere veicolato nel prodotto finito in ripieni in cui si utilizzano latticini, prodotti estremamente suscettibili a *B. cereus* (Tirloni et al. 2017). Infine, le muffe sono una delle principali cause di alterazione per le paste fresche di tipo industriale; soprattutto per alcune specie quali *Byssoclamys nivea*, *Aspergillus amstelodami*, *Rhizopus nigricans* e *Cladosporium clasperioides*, isolati da paste fresche o ambienti di lavorazione, hanno dimostrato una particolare resistenza termica (Dragoni et al., 1990).

### 1.2.2. EFFETTO DEL TRATTAMENTO TERMICO

A partire dalla cinetica di uccisione dei microrganismi attraverso il calore (legge di Bigelow):

$$\log N = \log N_0 - (t/D)$$

La distruzione ad una certa temperatura (t) è direttamente proporzionale al numero di organismi presenti all'inizio ( $N_0$ ). La letalità di un trattamento termico si esprime attraverso il valore di F, legato alla diminuzione della popolazione microbica dalla relazione:

$$F_z^T = D_T (\log N_0 - \log N)$$

In cui F esprime il tempo che deve trascorrere affinché una certa popolazione microbica, dato un trattamento ad una certa temperatura, si riduca al livello desiderato; D è il tempo di riduzione decimale, cioè il tempo di esposizione alla temperatura T necessario per ridurre di 1 logaritmo una data popolazione microbica.

Viene utilizzato come riferimento *Listeria monocytogenes* questo perché tra i patogeni non sporigeni è il più termoresistente; un corretto trattamento termico deve garantire la riduzione di quattro unità logaritmiche (4D) di *Listeria monocytogenes* (Zardetto, 2007). Gli studi in letteratura dimostrano come il trattamento termico abbia effetti letali su tutte le forme microbiche, con una riduzione della popolazione di 3-4 unità logaritmiche (Aureli et al. 1993, Zardetto et al. 1999; Lopez et al., 1998). I trattamenti termici svolti sul prodotto non confezionato sono sufficienti per l'inattivazione di popolazioni microbiche di *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* inoculati artificialmente a  $10^5$ UFC/g (Giavedoni et al., 1994). Challenge test effettuati su linea industriale (Zardetto et al., 1999), hanno confermato l'efficacia del

trattamento termico su popolazioni microbiche di *Salmonella enteritidis* inoculate artificialmente a  $10^6$  UFC/g.

	PRIMA della PASTORIZZAZIONE	DOPO la PASTORIZZAZIONE	DOPO il RAFFREDDAMENTO
Mesofili totali	5,9 UFC/g	3,4	3,2
<i>Bacillus</i> spp.	4,2	3,4	3,7
<i>Clostridium</i> spp.	3,9	3,7	3,6
<i>S. aureus</i>	4,4	<1	<1
<i>L. monocytogenes</i>	4,5	<1	<1
<i>Salmonella</i> spp.	4,1	<1	<1
<i>Enterobacteriaceae</i>	4,2	<1	<1
Muffe	4,3	<1	<1

**Tabella 1.** Effetto di un trattamento termico a vapore fluente a 82-84°C per 5,5 min e delle fasi tecnologiche di asciugatura e raffreddamento, sulle popolazioni microbiche artificialmente addizionate in ravioli; conte espresse in log UFC/g di prodotto finito (Giavedoni et al., 1994).

Il trattamento termico risulta dunque sufficiente all'inattivazione delle popolazioni microbiche; la sola eccezione è per *Clostridium* spp., e *Bacillus* spp. i quali sono in grado di produrre spore, per la quale sarebbero necessari trattamenti termici più spinti. Dalla tabella 1 si evince che in una matrice nella quale sono stati artificialmente inoculati dei microrganismi, i soli a sopravvivere sono coloro in grado di sporulare.



## 2. CAMBIAMENTI SULLE CARATTERISTICHE DELLA PASTA

Il calore umido somministrato al prodotto durante la pastorizzazione determina un'intensificazione del colore, modificazioni identificate come positive ed una migliore struttura e migliore qualità in cottura (gelatinizzazione dell'amido ed umidità) (Cencic et al.,1995; Verrati, 2000).

### 2.1. GELATINIZZAZIONE

La costituzione dell'impasto parte da uova, acqua e farina; quest'ultima è costituita in %variabili da amido. L'amido è un polisaccaride, costituito da amilosio e amilopectina.

L'amido può subire un processo che viene denominato "gelatinizzazione": questo si verifica in presenza di calore ed acqua, durante il quale passa da una struttura naturale cristallina ad una amorfa. Tale reazione porta in primo luogo a modificazioni delle proprietà dell'amido, in secondo luogo a variazioni delle caratteristiche funzionali e nutrizionali della pasta stessa, come la maggiore suscettibilità ad attacchi enzimatici, con un conseguente aumento della digeribilità. La pasta è un sistema alimentare complesso, per questo risulta impossibile che la totalità dell'amido gelatinizzi, ecco perché si parla di "grado di gelatinizzazione", ovvero la percentuale di amido gelatinizzato rispetto alla quantità che in condizioni estreme potrebbe gelatinizzare. In seguito al riscaldamento infatti, una dispersione acquosa di amido può gelatinizzare completamente (Zuliani, 1998), la gelatinizzazione avviene alla massima intensità con sufficiente quantità d'acqua e calore variabile tra 55-70°C.

La determinazione del grado di gelatinizzazione viene svolta con un metodo proposto da Wootton et al. (1971); questo si basa sulla valutazione colorimetrica del complesso iodio-amido in una dispersione acquosa del campione prima e dopo la completa gelatinizzazione per alcalinizzazione, reazione misurata attraverso la spettrofotometria (Dalla Rosa et al, 1989).

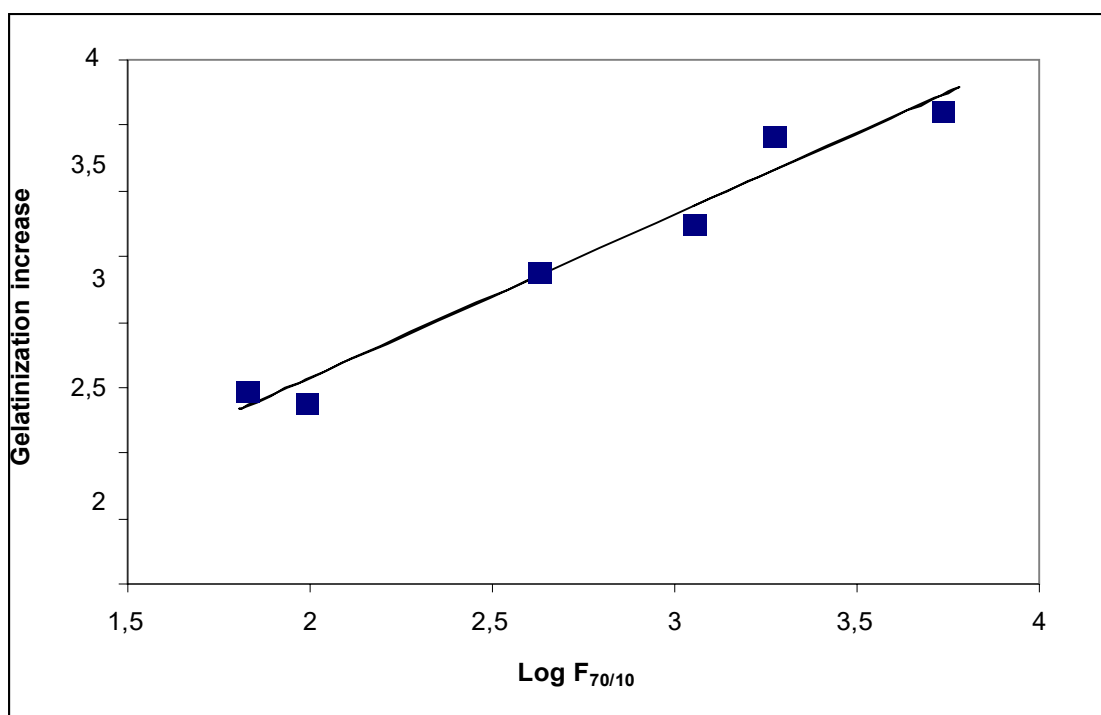
Infine si calcola il grado di gelatinizzazione secondo la seguente relazione:

$$^{\circ}G = A_1 / A_2 \cdot 100$$

In cui A1 e A2 sono gli assorbimenti del complesso iodio-amido prima e dopo la gelatinizzazione. Svareti lavori in letteratura hanno usato questo metodo per esaminare la variazione del grado di gelatinizzazione: Grazian, 1999; Verrati, 2000; Zardetto et al, 2002; Zardetto et al, 2004; Zardetto, 2005. Come precedentemente detto, è la pastorizzazione che



favorisce la gelatinizzazione, le operazioni unitarie svolte in precedenza determinano, invece, delle lievi modificazioni che portano poi a superiore °G; infatti la trafilatura determina nelle fasi successive un livello di gelatinizzazione dell'amido significativamente superiore rispetto a quando il prodotto è ottenuto per sfogliatura (Zardetto et al, 2003). Essendoci molte variabili che influiscono sul valore finale del °G (grado di gelatinizzazione) è utile calcolare l'incremento del grado di gelatinizzazione ( $Ig^\circ$ ) in funzione del valore iniziale ( $g^\circ$ ). La figura 2.1. dimostra come l'incremento è correlato alle variazioni del valore F70/10 della camera e che all'aumentare dell'intensità del trattamento termico, il grado di gelatinizzazione aumenta ( $r^2= 0,98$ ;  $R\%= 96$ ;  $p< 0,01$ ) (Zardetto et al.,2015).



**Figura 3.** Incremento della gelatinizzazione in funzione del valore di F 70/10 (tempo equivalente con temperatura a 70°C e z=10). (Zardetto et al.,2015).

Per quanto riguarda l'andamento del grado di gelificazione con diversi trattamenti, uno studio (Zardetto et al., 2001) dimostra come le significative differenze ci sono tra i campioni non trattati e quelli pastorizzati; tra quelli pastorizzati<sup>1</sup> non ci sono significanti differenze tra un trattamento

<sup>1</sup> Processo condotto ad 88°C±1 in una camera lunga 9m, seguita da una camera di asciugatura di 6m; aventi un nastro trasportatore largo 70cm.

veloce (nastro con velocità di 4,4 m/min e tempo totale di permanenza nel pastorizzatore di 3 min) ed un trattamento medio (nastro con velocità di 3,2 m/min e tempo totale di permanenza nel pastorizzatore di 4 min) le differenze si notano però con un trattamento lento (nastro con velocità di 1,4 m/min e tempo totale di permanenza nel pastorizzatore di 10 min) in cui vi è un significativo aumento del grado di gelificazione.

## 2.2. UMIDITÀ E $A_w$

Il controllo del contenuto di umidità negli alimenti nel corso della loro lavorazione, rappresenta il più antico dei metodi di conservazione; ridurre l'acqua all'interno ha infatti il diretto effetto di riduzione della proliferazione microbica. Tale processo di riduzione può essere svolto attraverso l'allontanamento dell'acqua attraverso i trattamenti con il calore, oppure rendendola indisponibile grazie all'utilizzo di soluti che la legano; in questo modo l'alimento viene reso più stabile da un punto di vista del deterioramento, sia chimico che microbiologico. Più che dall'umidità totale, l'entità della crescita microbica è influenzata dall'acqua disponibile, definita come "libera".

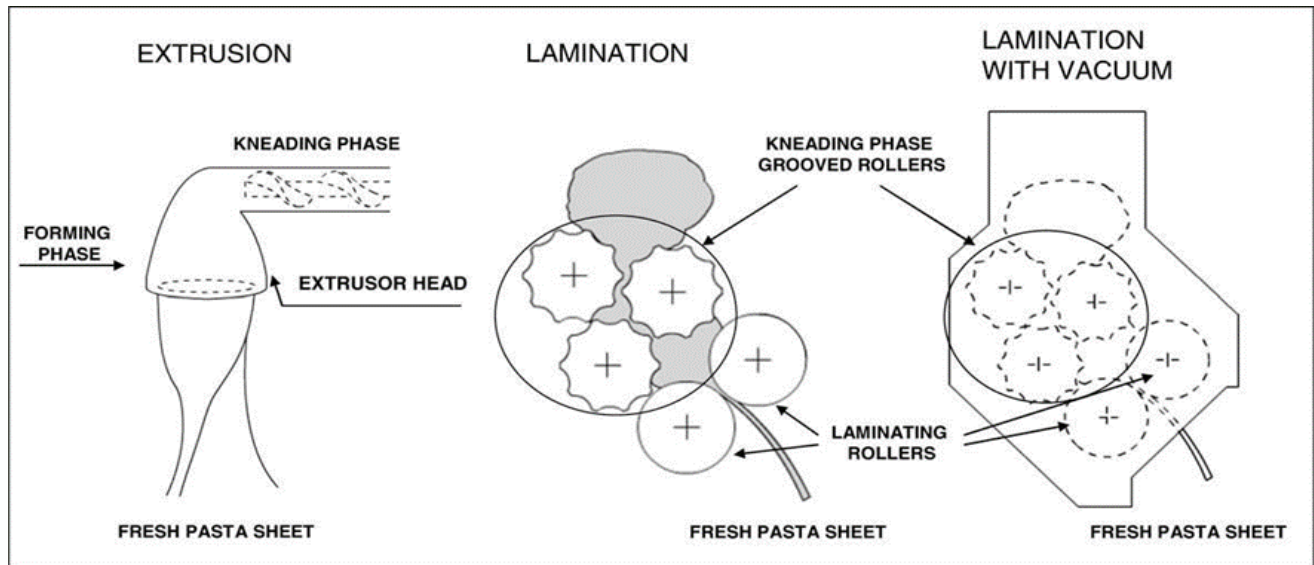
L'acqua libera è la frazione d'acqua che in un alimento non è legata alle sostanze in esso presenti, per ciò può essere utilizzata dai microrganismi per crescita e sopravvivenza. Negli anni '50 Scott (1957) e poi Salwin (1959) hanno introdotto il concetto di attività dell'acqua,  $A_w$ .

L'  $A_w$  in un alimento viene descritta come un rapporto tra la pressione di vapore dell'acqua all'interno dell'alimento ( $p$ ) e la pressione del vapore dell'acqua pura alla stessa temperatura ( $p_a$ ).

$$A_w = p / p_a$$

Essa ha un valore compreso tra 0 ed 1.

Analogamente a quanto visto per la gelatinizzazione dell'amido, l' $A_w$  subisce variazioni durante il processo termico, grazie al calore che, allontana una frazione di acqua dalla matrice alimentare; nonostante ciò, anche le fasi precedenti a questa influiscono sul contenuto di acqua libera. Carini et al. (2009) dimostra come le due differenti operazioni unitarie che servono a creare la sfoglia, trafilatura e laminazione, influiscano sul quantitativo di  $A_w$  del prodotto.



**Figura 2.2.** Schematizzazione dei processi di trafilatura (extrusion) e laminazione (lamination) (Carini et al., 2009).

Con la trafilatura l'impasto di semola ed acqua viene fatto passare tramite pressione e/o estrusione attraverso una sagoma chiamata “matrice”, con una serie di fori e sagome che producono il formato desiderato; è usato per la pasta fresca non ripiena. La laminazione è invece un'operazione meccanica in cui la sfoglia scorre su un nastro trasportatore il quale viene sottoposto ad una serie di coppie di rulli cilindrici via via più vicini l'un l'altro; questo porta ad una progressiva riduzione dello spessore, fino a quello desiderato.

Partendo da medesime formulazioni, in cui viene usato lo stesso rapporto semola-acqua, si notano risultati differenti: i campioni sottoposti al processo di trafilatura presentano un contenuto di umidità (cioè acqua estraibile a 105 °C fino a peso costante) superiore a quelli ottenuti da laminazione. L'attività dell'acqua è invece inferiore nei campioni provenienti dalla trafilatura rispetto a quelli provenienti da laminazione.

L'attività dell'acqua dei campioni è risultata superiore al limite di Legge (0.97  $A_w$  come da DpR n.187, 2001) ma va tenuto presente che i prodotti oggetto di questo studio non hanno subito pastorizzazione (necessaria in ambito industriale) che è noto per ridurre leggermente l'attività dell'acqua della pasta fresca (Zardetto et al., 2005).

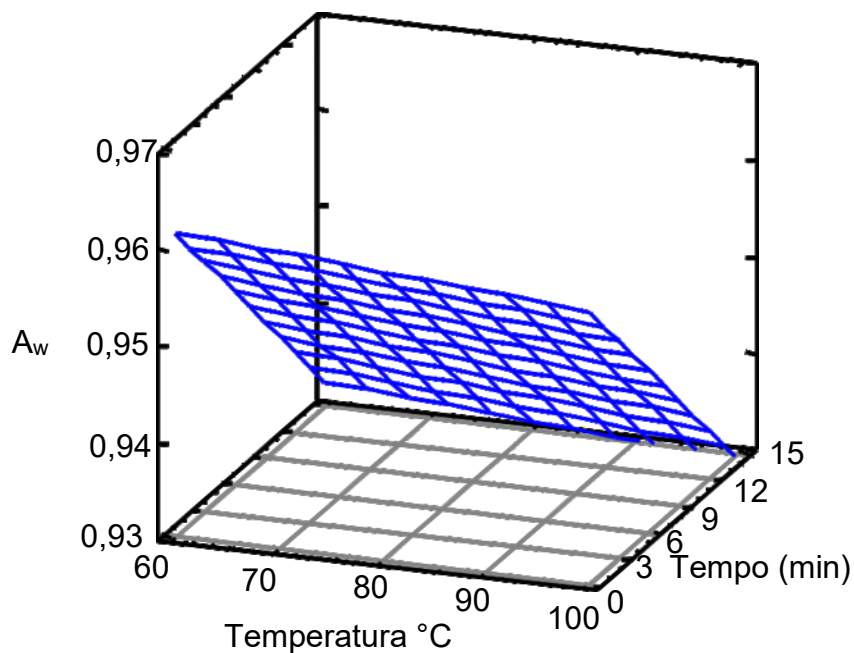
	Umidità (g acqua/g di pasta fresca)	Attività dell'acqua $A_w$
Trafilatura	$29.8 \pm 1.2$	$0.983 \pm 0.003$
Laminazione	$27.8 \pm 1.2$	$0.990 \pm 0.002$

**Tabella 2.** Campioni ottenuti con l'operazione unitaria di trafilatura e con quella di laminazione (Carini et al. (2009).

La letteratura (Zuliani, 1998; Pasini, 1998; Grazian, 1999; Verratti 2000; Zardetto et al., 2002) dimostra che il trattamento termico determina una drastica riduzione dell'attività dell'acqua sulla pasta fresca.

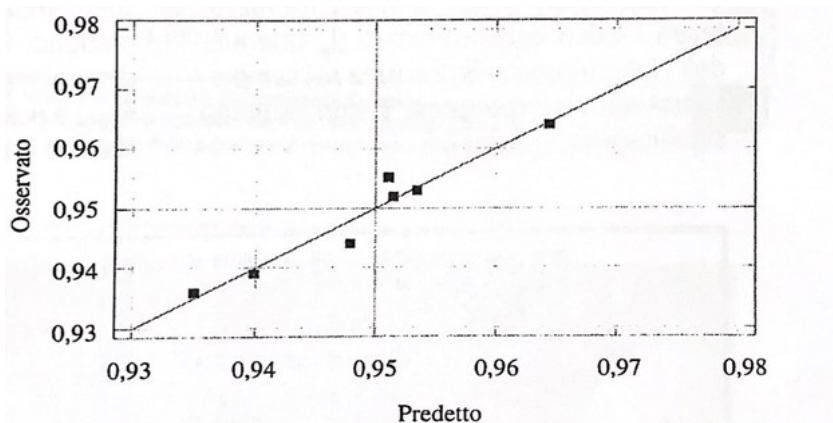
C'è una diminuzione dell' $A_w$  post trattamento termico, ciò è causato da una modificazione strutturale (gelatinizzazione dell'amido) che porta ad una maggiore affinità tra la matrice e l'acqua, con una diretta conseguenza sulla disponibilità di quest'ultima che non risulta più disponibile perché legata a componenti della matrice.

Il valore dell'attività dell'acqua ( $A_w$ ) può essere correlato con le diverse combinazioni di tempo-temperatura. Zardetto et al. (2002) hanno dimostrato che il valore  $A_w$  della pasta per una temperatura (88°-98°C) e tempo di trattamento (da 3 a 12 minuti), diminuisce progressivamente per un tempo di trattamento a 98°C; per temperature a 88°C sono necessari tempi di almeno 10 minuti per far emergere cambiamenti significativi.



**Figura 2.3.** Superficie di risposta per effetto della temperatura e del tempo del trattamento termico sull'attività dell'acqua (Zardetto et al. 2002).

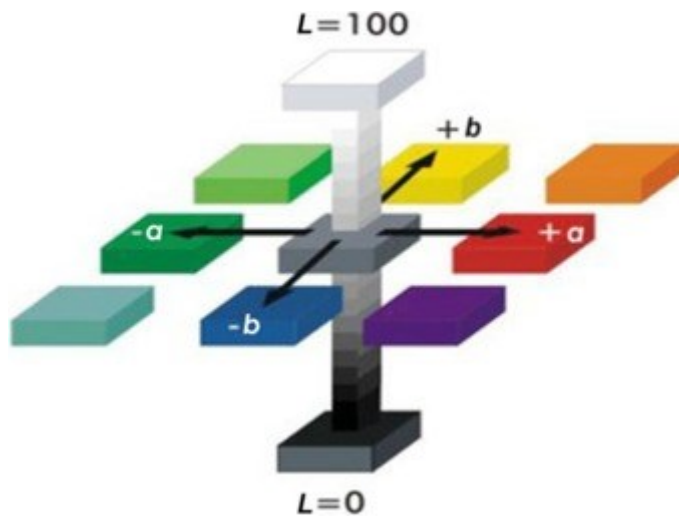
I dati ottenuti dallo studio sono stati valutati in rapporto al tempo di trattamento e alla temperatura per verificare se esisteva un rapporto di dipendenza. Tale rapporto è stato espresso in termini di un'equazione di regressione multipla. Il valore di P ( $P=0,003$ ) ottenuto indica la presenza di una relazione statisticamente significativa (Zardetto et al., 2002) per cui è possibile prevedere il valore di  $A_w$  di un prodotto post-trattamento termico.



**Figura 2.4.** Confronto tra i valori osservati e quelli ottenuti dal modello matematico per l'attività dell'acqua (Zardetto et al., 2002).

### 2.3. COLORE

Per descrivere il colore e le sue variazioni, nella pasta, utilizziamo il modello LAB, il quale separa completamente la luminosità ed il colore. Il suo nome deriva dalle lettere  $L^*$ = Luminosity (Luminosità) e  $a^*$  e  $b^*$  che sono i componenti cromatici che descrivono rispettivamente il rosso/verde ( $a^*$ ) e il blu/giallo ( $b^*$ ). Questo metodo ha come fine quello di emulare il progetto di rappresentazione del colore da parte dell'occhio umano.



**Figura 2.5.** schematizzazione del modello di colore LAB

Il colore nella pasta è influenzato da svariati fattori: dalle materie prime utilizzate (Pagani et al., 1999) e dal tipo di lavorazioni (laminazione o trafilatura) a cui è sottoposto l'impasto (Zardetto et al., 2004).

Tra le materie prime impiegate nella produzione della sfoglia, le farine risultano essere le più influenti sul colore della pasta ottenuta, nello specifico le farine influenzano con le ceneri i valori di  $L^*$  ed  $a^*$  e con il contenuto proteico il valore di  $b^*$  (C.S. Martinez et al., 2012). La componente  $b^*$  è dunque influenzata positivamente dal contenuto proteico, essendo che quando questa ha valore positivo, abbiamo un impasto più giallo, ecco che le farine con la quale si ottiene una migliore qualità del colore sono quelle ad alto contenuto proteico. Anche l'aggiunta di acqua all'impasto influenza il colore nelle componenti  $L^*$  ed  $a^*$ .

Quando è stata valutata l'influenza dell'acqua aggiunta al formulato sulla pasta fresca rispetto all'incorporazione di amido e glutine, si è riscontrato che la prima incideva principalmente su leggerezza e ingiallimento, mentre glutine e amido incidono sulla componente a\*.

Il profilo del colore della farina, in termini di valori a\* e b\*, era diverso dal colore dell'impasto della pasta, il che significa che l'idratazione delle particelle di farina e la lavorazione dell'impasto modificano il colore della farina (C.S. Martinez et al., 2012).

Il trattamento termico modifica il colore (i parametri L\*, a\*, b\*) diversamente a seconda del processo di lavorazione che la pasta subisce prima di questo. Infatti, mentre il parametro a\* diminuisce, dopo il trattamento termico, tanto nella sfoglia laminata quanto in quella trafilata, il parametro L\* di quella laminata aumenta significativamente post-trattamento, come citato da vari autori (Pagani et al. 1999, Verratti, 2000). La pasta che subisce trafilatura presenta invece valori di luminosità L\* inferiori dopo la pastorizzazione (Cenci et al., 1995) tale valore può però essere fuorviante, l'ipotesi è che il colorimetro non sia in grado di leggere correttamente la luce riflessa sulle superfici traslucide ed identifichi-per ciò meno luminoso; la superficie della pasta trafilata, post-trattamento termico, risulta infatti molto più traslucida rispetto a quella che ha subito la laminazione, tale processo può essere associato alla gelatinizzazione dell'amido. Il valore di luminosità della pasta è influenzato anche dal successivo processo di pastorizzazione, che determina un aumento del valore del grado di gel e influenza positivamente il valore di L\* (Zardetto et al., 2015).

Per quanto riguarda l'indice b\* (giallo) i dati sono in contrasto: Verratti (2000) ha riportato una diminuzione del parametro dopo il primo processo di pastorizzazione, con una successiva diminuzione nel secondo, ciò supportato anche da Cenci et al. (1995). Zardetto et al. (2004) hanno invece riportato un aumento del parametro dopo il trattamento termico.

Le variazioni di colore della pasta dovute al trattamento termico possono essere interpretate calcolando il valore h\* (angolo di tonalità). Tale valore descrive la tonalità del campione e si ottiene secondo l'equazione:

$$h_{a^*, b^*} = \arctan(b^* / a^*)$$

Il trattamento termico determina un aumento del parametro colorimetrico  $h^*$ ; l'intensità del trattamento ne influenza il valore finale. Esiste una correlazione significativa ( $r^2= 0,97$ ;  $R-S=93\%$ ;  $p<0,01$ ) tra i valori di  $h^*$  e il logaritmo di  $F_{70/10}$ :

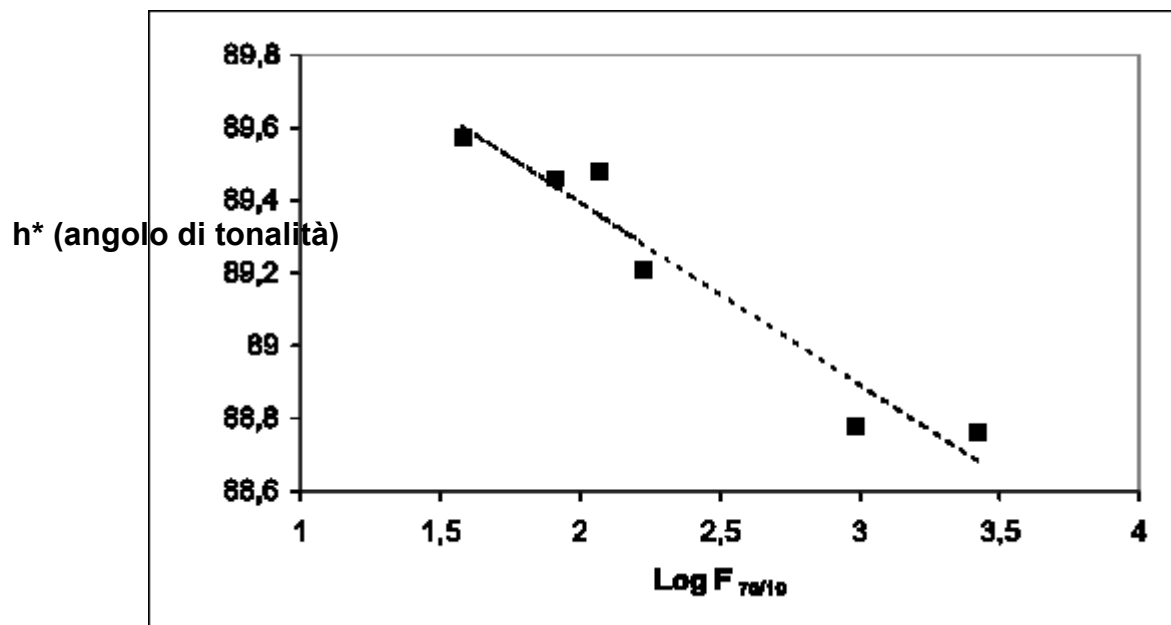


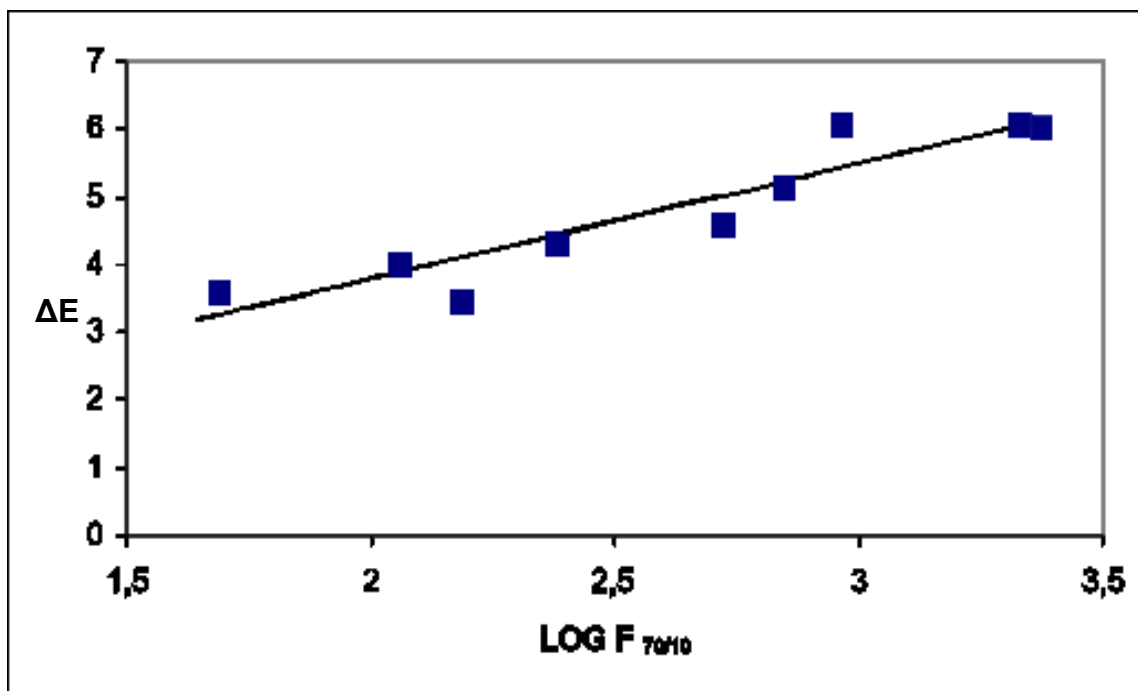
Figura 2.6.  $h^*$  in funzione di  $F_{70/10}$  (Zardetto et al., 2003).

Da tale correlazione si nota come l'intensità del trattamento termico sia inversamente proporzionale ad  $h^*$ .

A partire dai valori di  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  è possibile determinare un ulteriore parametro, detto  $\Delta E$  il quale può indicare le differenze di colore e di luminosità tra due campioni pastorizzati. Tale valore si può impiegare anche per analizzare le differenze di colore dello stesso campione prima della pastorizzazione (<sub>0</sub>) e dopo (<sub>t</sub>) secondo tale formula:

$$\Delta E = [ (L^*_{0} - L^*_{t})^2 + (a^*_{0} - a^*_{t})^2 + (b^*_{0} - b^*_{t})^2 ]^{1/2}$$





**Figura 2.7.**  $\Delta E$  in funzione di F 70/10 (tempo equivalente con temperatura a 70°C e  $z = 10$ ) (Zardetto et al., 2003).

Il cambiamento di colore  $\Delta E$  è dunque influenzato dall'indice F 70/10 (quindi l'intensità del trattamento termico) e dal tipo di lavorazioni che la pasta subisce prima (trafilatura e laminazione). Infatti, il cambiamento di colore determina un valore significativamente più alto nella pasta trafilata rispetto a quella in laminata (Zardetto et al., 2003).

#### 2.4. STRUTTURA

Secondo la vigente normativa, il prodotto pasta fresca deve essere “sottoposto ad un trattamento termico equivalente almeno alla pastorizzazione”, tale normativa non copre i dettagli dei parametri di pastorizzazione, conseguentemente in termini di tempo-temperatura i produttori hanno differenti trattamenti applicati (alcuni effettuano anche un doppio trattamento). Il lavoro di Alamprese et al. (2005) evidenzia un'elevata variabilità nelle caratteristiche reologiche e funzionali della pasta fresca commerciale; tale variabilità è attribuibile all'intensità del/i trattamento/i termico/i a cui la pasta viene sottoposta nel corso del processo produttivo. In particolare è stato evidenziato che quanto più severo è il trattamento (come indicato dai tenori di fufosina), tanto più dura diventa la pasta, mentre sono stati riscontrati valori inferiori per rottura e perdita di materia nell'acqua di cottura (Alamprese et al., 2005).

Per un trattamento, la gravità del danno termico può essere espressa secondo la seguente equazione:

$$C_0 = \int_0^t \frac{10^{(T^*-T)/z}}{dt}$$

In cui:  $C_0$  è espresso in minuti (alla temperatura di riferimento),  $t$  è il tempo espresso in minuti,  $T^*$  è la temperatura di riferimento espressa in °C,  $T$  è la temperatura effettiva (in °C) e  $z$  rappresenta l'incremento di temperatura che causa un aumento di 10 volte della velocità di reazione della formazione di furosina (Pompei e Rossi, 1994).

In pratica  $C_0$  di un trattamento termico è il tempo necessario per ottenere, alla temperatura di riferimento, lo stesso effetto chimico del dato trattamento, con riferimento ad una ben definita reazione. Per calcolare il valore di  $C_0$  è necessario conoscere l'esatto profilo tempo-temperatura del prodotto nell'impianto di pastorizzazione e il valore di  $z$ . Nella letteratura scientifica sono riportati valori  $z$  per alimenti e reazioni specifiche (Argaiz et al., 2005; Hidalgo e Pompei, 2000; Kessler, 1981; Mallidis e Katsaboxakis, 2002; Nourian e Ramaswamy, 2003; Skipnes et al., 2008; Smout et al., 2003; Zardetto et al., 2003).

I parametri riguardanti le proprietà meccaniche della pasta cruda e cotta sono riportati in funzione dell'intensità del trattamento termico  $C_0$  per evidenziare l'effetto della pastorizzazione sulle prestazioni e sulla struttura della pasta fresca all'uovo. Nello specifico, la matrice di correlazione di Pearson ha permesso di studiare le correlazioni significative tra  $C_0$  e le variabili misurate.

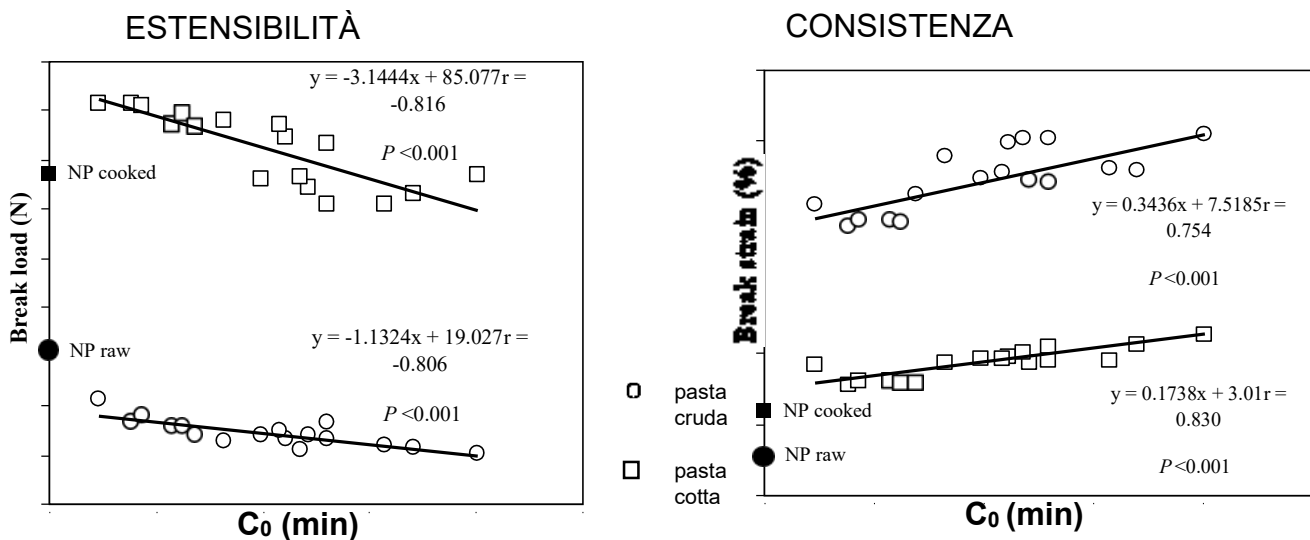


Figura 2.8. Proprietà meccaniche della pasta fresca cruda e cotta in funzione di  $C_0$  (Alamprese et al., 2008).

La Figura 2.8. mostra i parametri meccanici della pasta cruda e cotta in funzione dei valori di  $C_0$ . Tutte le correlazioni sono altamente significative, sebbene la deformazione alla rottura (estensibilità) mostri la più alta dipendenza da  $C_0$ , diminuendo drasticamente con l'aumento della gravità del trattamento termico. L'estensibilità diminuisce dunque con l'aumento dell'intensità del trattamento termico. La consistenza, invece, aumenta in funzione di  $C_0$ , ciò è favorito dal trattamento che contribuisce alla formazione del legame disolfuro tra farina e proteine dell'uovo, creando una rete proteica più tesa e resistente (Alamprese et al., 2005b).

Rispetto alla sfoglia cotta, quella cruda ha generalmente una struttura una struttura più rigida e meno estensibile.

### 2.5. COMPORTAMENTO IN COTTURA

I trattamenti termici determinano la modifica della capacità di idratazione della pasta fresca. Per comprendere come la pastorizzazione influisca sulla capacità di idratazione della pasta in cottura Zardetto et al. (2007) in un lavoro crea una curva di assorbimento dell'acqua in cottura che confronta la pasta prima e dopo il trattamento termico. I dati dello studio sono quelli del modello GAB (Guggenheim-Anderson-de-Boer), in tale modello  $m_0$  misura il peso di acqua sul peso di sostanza solida,  $k$  e  $C$  sono invece due costanti dipendenti dalla temperatura. La **Tabella 3** riporta i parametri del modello GAB per i due campioni.

<i>Campioni</i>	$m_0^2$	$k$	$C$
Pasta fresca non pastorizzata (NP)	0,066	0,754	2,8597
Pasta fresca pastorizzata (P)	0,0524	0,8311	4,0217

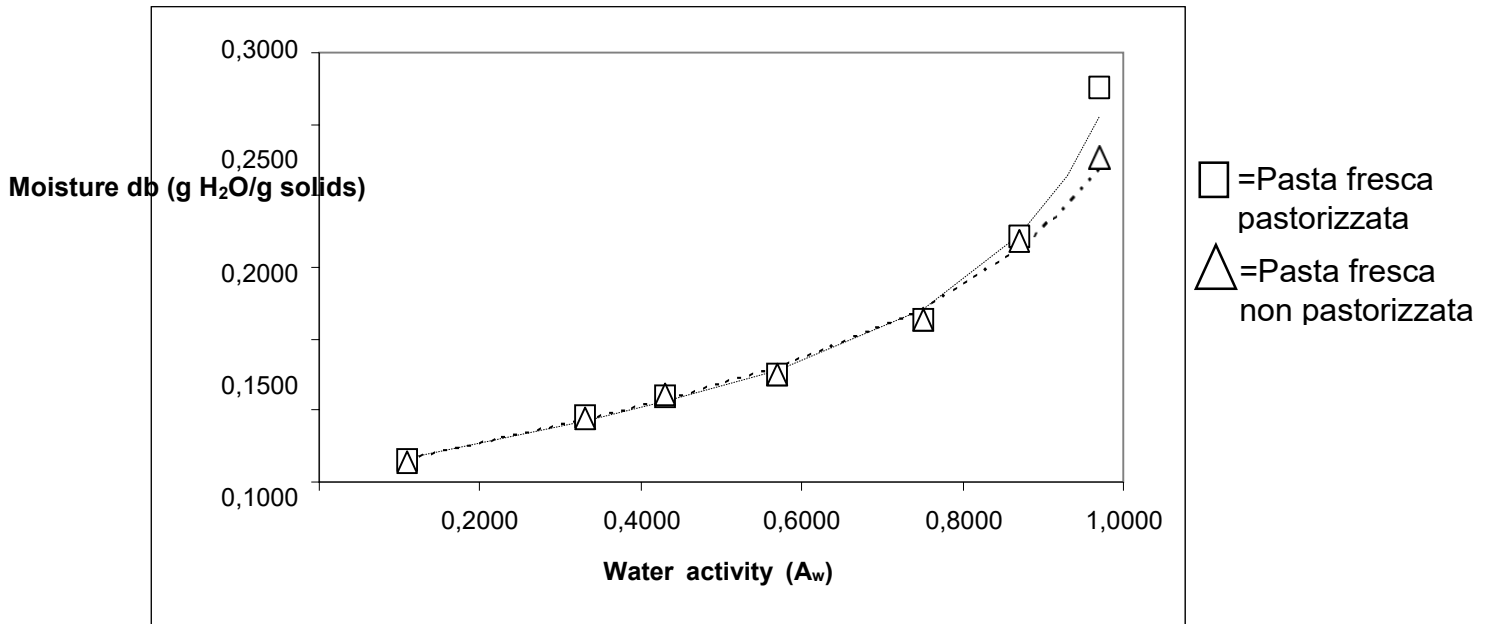
**Tabella 3.** Parametri del modello GAB relativi all'adsorbimento dell'acqua della pasta fresca a 22°C.

I campioni analizzati (NP e P) mostrano una cinetica di idratazione analoga, escludendo la zona compresa tra i valori 0,8 e 0,97 di  $A_w$  (Figura 2.9.). In tale regione la pasta che è stata sottoposta al trattamento termico di pastorizzazione presenta maggiore capacità di idratazione. I dati sono stati determinati in campioni di pasta la quale ha subito il processo di trafilatura prima del trattamento

<sup>2</sup> Unità di misura: g H<sub>2</sub>O/g solido

e sono in accordo con dati determinati nella pasta che invece ha subito un processo di laminazione (Pasini, 1998).

Il comportamento della pasta in cottura è uno dei criteri che determinano l'accettabilità del prodotto finito da parte del consumatore ed in letteratura sono stati proposti diversi metodi per valutarlo.



**Figura 2.9.** Confronto tra pasta pastorizzata e non relativamente all'adsorbimento di acqua in condizioni di isoterma a 22°C (Zardetto et al., 2007).

L'incremento del peso dopo la cottura è collegato all'effetto strutturale determinato dal trattamento termico, la matrice pastorizzata infatti risulta meno propensa all'idratazione rispetto a quella non pastorizzata. Il grado di idratazione è dunque variabile in funzione di  $A_w$ , variata dal processo termico. Zuliani (1998) dimostra come un trattamento termico con maggiore F70/10 influenzi positivamente la variazione della struttura della pasta ed ipotizza che ciò accada perché avviene una maggiore gelificazione dell'amido, la quale interagisce con la matrice proteica. Inoltre, con simili valori di  $A_w$  ed in seguito ad un trattamento termico simile nel parametro tempo; la variazione del peso dopo la cottura è tanto inferiore quanto la temperatura utilizzata (Zardetto et al., 2002). Ciò può essere spiegato dato che temperature più basse inducono a minor grado di gelatinizzazione, dunque un prodotto trattato a maggiore temperatura risulta essere maggiormente gelatinizzato. L'assorbimento dell'acqua da parte dei granuli ha la diretta conseguenza di indebolire i legami chimici tra le catene di amilosio ed amilopectina; all'aumentare dell'intensità del trattamento

termico il reticolo proteico della pasta diventa più tenace, ostacolando il rigonfiamento dei granuli e riducendo il conseguente rilascio di sostanza solida nell'acqua di cottura.

Perovic (2000) dimostra che, in test di cottura svolti a diverse temperature, che inferiori temperature (75-85°C) determinano un peso post cottura inferiore a quelle di ebollizione, confermando che tale comportamento può esser dovuto ad un ruolo protettivo dello strato amidaceo formato durante la cottura.

Il trattamento termico, in conclusione, determina delle modifiche strutturali della pasta che influenzano le caratteristiche qualitative del prodotto finito. Risulta qualitativamente migliore la pasta che aumenta meno di peso quando cucinata (Dexter et al., 1981).

Relativamente al peso secco, in bibliografia i risultati sono contrastanti: Pagani et al. (1999) dimostra che il trattamento termico riduce le perdite durante la cottura, Zardetto et al. (2002) non trova differenze statisticamente significative per tale parametro.

### 3. FORMAZIONE SOSTANZE INDESIDERATE

Oltre alle modifiche sulla matrice, relativamente all'amido e alle proteine, che portano ad aumenti della qualità del prodotto finito; la pastorizzazione può causare degli effetti negativi al prodotto finito. Le sostanze indesiderate che si formano sono associate a processi termici eccessivamente spinti.

#### 3.1. FUIROSINA

La furosina è prodotta a partire dall'idrolisi dei composti di Amadori contenenti lisina; tali composti sono creati nel corso della reazione di Maillard, il processo si innesca ad alte temperature e coinvolge gli zuccheri riducenti e le proteine della matrice. La valutazione del danno termico nella pasta viene effettuata attraverso la ricerca della furosina, determinabile mediante HPLC con rilevamento UV a 280nm (Zardetto, 2011).

L'intensità della reazione (di Maillard) è determinata da alcuni parametri: temperatura, tempo ed umidità dei campioni. Pagani et al. (1995) hanno dimostrato che a temperature sopra i 75°C il parametro chiave è l'attività dell'acqua al momento del trattamento. Un valore di umidità al di sotto del 16% e  $A_w$  di 0.75-0.80 causano un'intensa prima fase della reazione di Maillard con livelli di furosina tra i 400 e 700mg/100g di proteine. Trattamenti con valori di F70/10 analoghi, effettuati su prodotti con umidità al di sopra del 16% portano la furosina a meno di 400mg/100g di proteine (Zardetto et al., 2007). Inoltre, livelli di furosina sono più alti nella pasta fresca di tipo industriale rispetto a quella artigianale (Resmini, 1993).

Alamprese et al. (2005) ha riscontrato una correlazione inversa ( $P < 0.001$ ) tra le proteine solubili e la quantità di furosina, altro parametro che può dunque essere influente relativamente alla presenza di questa sostanza nella matrice.

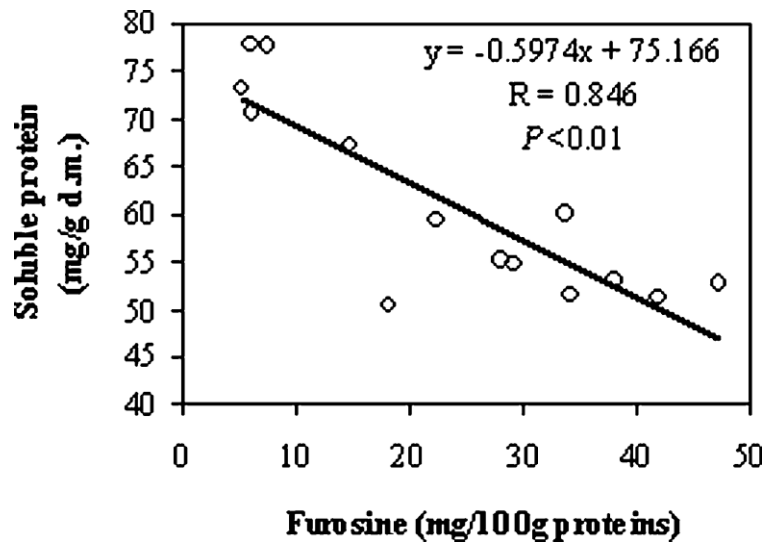


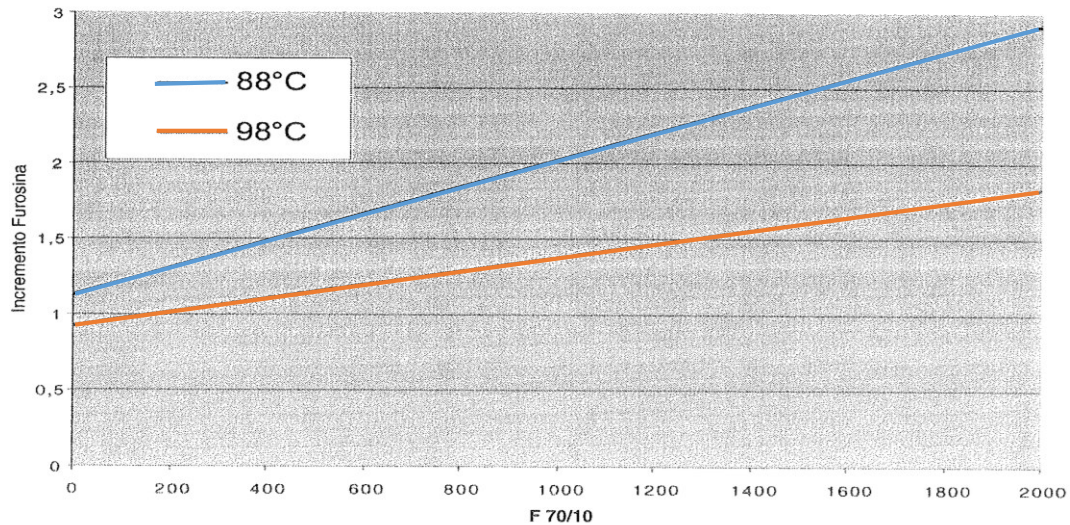
Figura 3.1. Correlazione tra furosina rilevata e proteine solubili (Alamprese et al., 2005).

Pagani et al. (1995) segnalano una relazione tra la fase iniziale della reazione di Maillard, l'essiccazione che la pasta subisce e alcune caratteristiche delle materie prime, sono però disponibili pochi dati in letteratura relativi al contenuto di furosina nelle materie prime.

Per poter confrontare diversi trattamenti termici, in termini di valori di furosina ( $f$ ) che questi producono, si utilizza l'“incremento di furosina” ( $I_f$ ) il quale è determinato in funzione del contenuto iniziale di furosina ( $f_0$ ) presente nel campione.

$I_f$  è il rapporto tra  $f/f_0$ .

Zardetto et al. (2002) confrontano le rette di regressione lineare ottenute dall'elaborazione dei dati relativi all'incremento di furosina ( $I_f$ ) in due trattamenti aventi F70/10 pari a 400, uno svolto a 98°C ed uno ad 88°C. Quello a 98°C produce un incremento di furosina pari a  $I_f=1,09$  che risulta essere inferiore rispetto al trattamento svolto ad 88°C che genera un incremento pari a  $I_f=1,47$ .



**Figura 3.2.** Cinetica di formazione della furosina rispetto alle due temperature di trattamento con effetto pastorizzante F70/10 pari a 400 (Zardetto et al., 2003).

### 3.1.1. DETERMINAZIONE DI TEMPO E TEMPERATURA PER RIDURRE LA FUROSINA

Le temperature elevate e i tempi minori consentono un minor incremento di furosina ( $I_f$ ). È possibile determinare la miglior combinazione del binomio al fine di ottenere prodotti contenenti minori quantitativi di furosina, per farlo bisogna determinare l'energia di attivazione  $E_a$  ed il valore  $Z$ .

L'andamento delle reazioni chimiche si può descrivere attraverso la seguente equazione:

$$\frac{dA}{dT} = -k \cdot A^n \quad (1)$$

In cui:  $k$  è la velocità delle reazioni,  $n$  è l'ordine con cui avvengono e  $A$  è la concentrazione dei composti.

Si usa l'equazione di *Arrhenius* per descrivere poi l'influenza della temperatura sulla velocità delle reazioni:

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E_a}{RT^2} \quad (2)$$



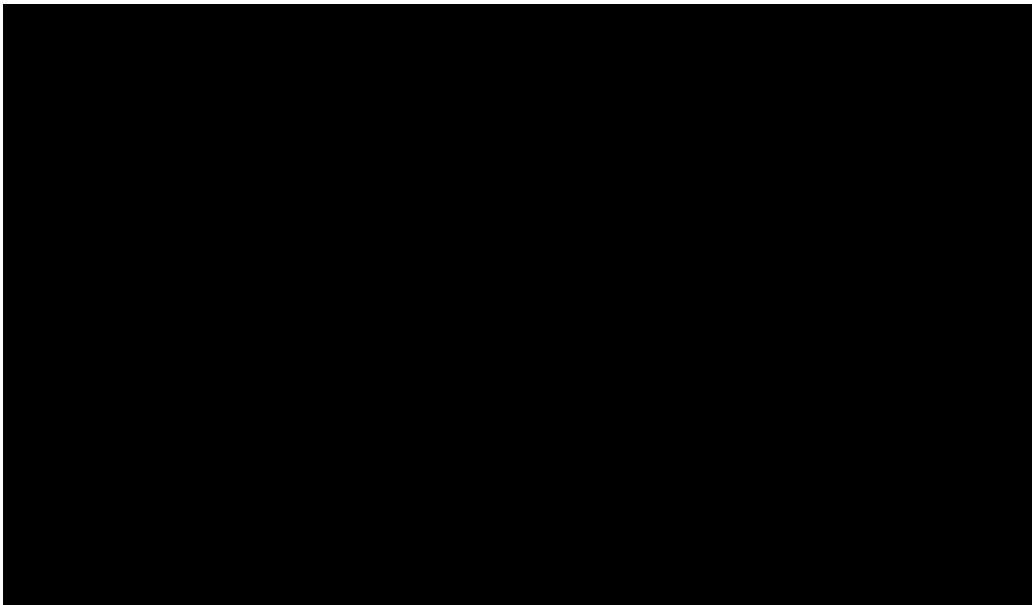
Integrando la eq. (2) tra due temperature (che definiamo  $T_1$  e  $T_2$ ) otteniamo la relazione che descrive l'energia di attivazione:

$$E_a = R \frac{T_2 \cdot T_1}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1} \quad (3)$$

In cui  $k_1$  e  $k_2$  sono la velocità delle reazioni alla  $T_1$  e  $T_2$ ,  $R$  è invece pari a  $9.314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Il valore di  $z$  è il solo a mancare per poter determinare le condizioni ottimali di processo, può essere determinato a partire dalla eq. (3) usando l'equazione:

$$\frac{T_2 - T_1}{z} = \frac{E_a}{2,303 \cdot R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (4)$$

L'energia di attivazione per la formazione della furosina è  $111 \text{ KJ mol}^{-1}$ , determinata utilizzando eq.(3), mentre il valore di  $z$  corrisponde a  $22.9^\circ\text{C}$ , applicando eq.(4) (Zardetto et al., 2003). Con i dati ottenuti è possibile determinare le perfette condizioni di trattamento.



**Figura 3.3.** Grafico tempo-temperatura con confronto tra F70/10 ed incremento di furosina (F70/10=1800, A=4.3mg di furosina/100mg di proteine) (Zardetto et al., 2003).

Le condizioni ottimali di processo sono dunque comprese da  $95^\circ\text{C}$  per 6 minuti a  $99^\circ\text{C}$  per 2 minuti (Zardetto et al., 2003).

### 3.2. COPs

Il trattamento termico può indurre alla formazione dei cosiddetti COPs, ovvero i prodotti ossidati del colesterolo (Cholesterol Oxidation Products) (Zardetto et al. 2014).

Il colesterolo è uno steroide e componente strutturale delle membrane biologiche, associato ai fosfolipidi che le compongono.

Svariati studi hanno dimostrato che il colesterolo contenuto negli alimenti è suscettibile ad ossidazione e che tale processo avviene principalmente durante la pastorizzazione (ed in generale i trattamenti con le alte temperature) (Chien, Wang, & Chen, 1998; Osada, Kodama, Yamada, & Sugano, 1993).

Attraverso la formazione di idroperossidi, vengono prodotti diversi COP come: 7 $\alpha$ -idrossicolesterolo (7 $\alpha$ -OH), 7 $\beta$ -idrossicolesterolo (7 $\beta$ -OH), 25-idrossicolesterolo (25-OH), 20 $\alpha$ -idrossicolesterolo (20-OH), 7-chetocolesterolo (7-cheto), 5,6 $\alpha$ -epossicolesterolo (5,6 $\alpha$ -EP) e 5,6 $\beta$ -epossicolesterolo (5,6 $\beta$ -EP), colestano-3 $\beta$ -5 $\alpha$ -6 $\beta$ -triolo (Lercker e Rodriguez-Estrada, 2000, 2002; Sander, Addis, Park e Smith, 1989).

Tali composti generati sono biologicamente attivi e possono portare a svariati effetti, quali: aterogenesi, carcinogenesi, malattie neurodegenerative ed altri effetti nocivi sulla salute umana (Osada, 2002).

La pasta fresca contiene colesterolo, derivato dalle uova che vengono utilizzate nella formulazione dell'impasto. Come da Art. 8 D.P.R. 9 febbraio 2001, n.187 la pasta fresca deve contenere “almeno quattro uova intere di gallina, prive di guscio, per un peso complessivo non inferiore a duecento grammi di uovo per ogni chilogrammo di semola”. Le uova hanno un contenuto di colesterolo medio di 320 mg/100 g di porzione commestibile, che è tra le più alte quantità presenti negli alimenti (Daniele et al., 2012).

Dato il trattamento termico che l'alimento subisce in lavorazione, il colesterolo può (in frazione variabile) ossidarsi, ciò avviene in funzione dell'intensità della pastorizzazione e da altri fattori quali: il tipo di prodotto, la durata della conservazione e le altre tecnologie di produzione (Zardetto et al., 2014).

Zardetto et al. (2014) hanno determinato il contenuto lipidico medio della pasta fresca, i risultati dimostrano che vi sono  $2.77 \pm 0.04$  (g lipidi/100g di prodotto). La composizione degli acidi grassi

è la seguente: principalmente monoinsaturi (40-45%), seguiti da polinsaturi e saturi (entrambi con il 28-30%). L'acido grasso dominante tra il gruppo monoinsaturo è l'acido oleico (18:1 n-9), al 22-23% della composizione totale.

Il risultato è interessante poiché il profilo degli acidi grassi è paragonabile a quello ottenibile dall'analisi degli acidi grassi delle uova, come riportato da Naviglio (2002).

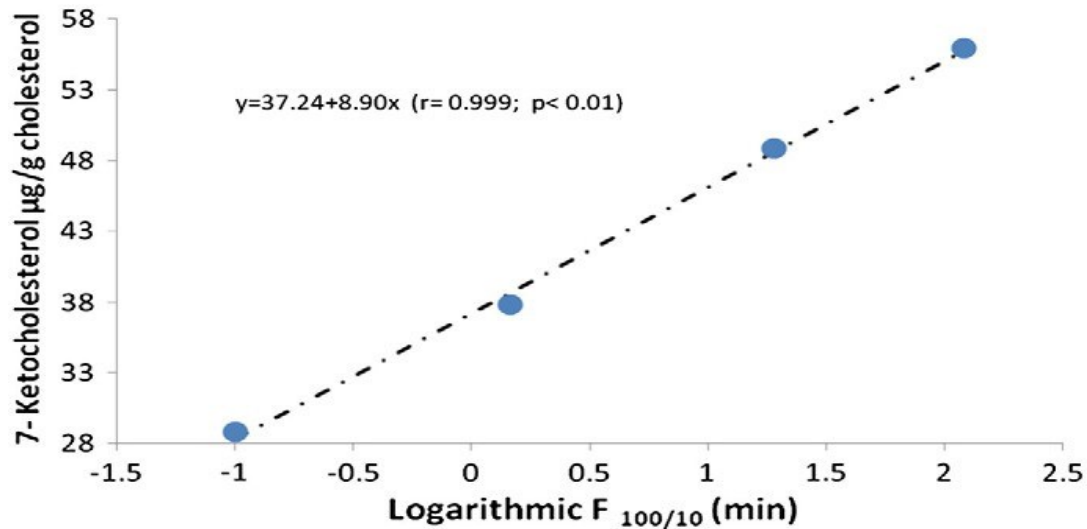
È importante determinare la frazione lipidica, con particolare attenzione nella frazione insatura, poiché è un importante fattore nell'ossidazione del colesterolo, confermato anche da Ansorena, Barriuso, Cardenia, Astiasaràn, and Lercker (2013). Studi effettuati sulle uova dimostrano come, alti livelli di lipidi monoinsaturi favoriscono la degradazione del colesterolo (Mazalli & Bragagnolo, 2009; Pignoli et al., 2009).

La presenza dei prodotti ossidati del colesterolo, dai dati in letteratura è contrastante: Zardetto et al. (2014) ritrova una riduzione delle percentuali di colesterolo nella pasta fresca cotta a 100°C, Osada et al. (2013), invece, descrive il colesterolo come stabile a 100°C per 6 ore ed instabile a 120°C per lo stesso tempo.

Si può dire che i COP nella pasta fresca aumentano all'aumentare della temperatura di trattamento e la loro concentrazione varia a seconda del tempo.

Come già discusso in questo elaborato, alcuni parametri possono essere messi a confronto con il valore F70/10; data la formazione dei COP a temperature di circa 100°C, variando la temperatura di riferimento da 70 a 100°C.

È possibile dunque rapportare il fattore F100/10 con i composti ossidati del colesterolo. Zardetto et al. (2014) hanno messo il fattore F a confronto con il 7-chetocolesterolo (utilizzato in questo caso come rappresentativo dei COP), esiste tra loro una significativa correlazione ( $r^2=0,999$ ;  $p<0.01$ ), rappresentata nel grafico sottostante:



**Figura 3.4.** Concentrazione di 7-chetocolesterolo (in µg/g di colesterolo) nella pasta fresca in funzione del parametro F100/10 (Zardetto et al. 2014).

Come riportato anche da Chien et al. (1998), la concentrazione dei COP aumenta all'aumentare del tempo di trattamento.

Da vari studi in letteratura (Boselli et al, 2004, Carboni et al., 1998, Zuin et al., 1996) è stato riscontrato che la pasta fresca presenta bassi livelli di COP in generale, con valori mediamente variabili tra i 0.3 e 0.7 mg/g di colesterolo. Inoltre, nella valutazione delle concentrazioni di COP nella pasta va considerato che la pasta all'uovo viene consumata dopo cottura in acqua bollente per 2-5min; conseguentemente il prodotto assorbe quantitativi di acqua (di solito circa 30%) ed il livello di COP è dunque diluito.



#### 4. CONCLUSIONI

La pasta fresca deve per legge (Dpr n. 187 del 09/02/2001) subire un trattamento termico il quale deve essere “equivalente almeno alla pastorizzazione”; i parametri tempo-temperatura possono dunque essere modulati al fine di ottenere tale effetto.

Il primo effetto è quello sulle popolazioni microbiche, presenti sul prodotto prima del trattamento e provenienti da materie prime o operatori; la pastorizzazione riduce sensibilmente i microrganismi presenti, i quali scendono di diversi log UFC/g (i mesofili totali scendono da 5,9 a 3,2 log UFC/g). Rimangono pressoché uguali le concentrazioni di *Bacillus* e *Clostridium*, ovvero i mo in grado di sporulare. È impensabile l'utilizzo di trattamenti più spinti come la sterilizzazione ( $T > 121^{\circ}\text{C}$ ) poiché andrebbero a rovinare eccessivamente le caratteristiche nutrizionali della matrice. È inoltre sufficientemente bassa la loro presenza.

Gli effetti positivi non si limitano alla riduzione dei patogeni e deterioranti, si notano aumenti della qualità del prodotto finito dovuti alle variazioni strutturali che il calore porta nei confronti di amido e proteine, con conseguente aumento di digeribilità (gelatinizzazione dell'amido) e maggiore consistenza, che si riflette in minori perdite in cottura (dovuto ai legami disolfuro che si creano tra farina e proteine delle uova). Vi sono inoltre dei cambiamenti del colore, che tende ad assumere un giallo più intenso, particolarmente apprezzato dal consumatore, nonché miglioramenti del comportamento in cottura. La pasta pastorizzata è meno propensa al rigonfiamento dei granuli di amido e conseguentemente perde meno sostanza solida nell'acqua di cottura; anche questo aspetto è molto importante nel giudizio del consumatore.

Tempo e temperatura vanno regolati anche per la prevenzione della formazione di sostanze indesiderate, con conseguente calo della qualità complessiva del prodotto, tra queste troviamo: la furosina, sostanze indicatrice di trattamenti termici spinti che hanno portato alla reazione di Maillard (e le successive reazioni di ossidazione dei composti di Amadori contenenti lisina) ed i COPs, presenti in quanto derivati del colesterolo il quale viene ossidato tanto più il trattamento viene prolungato nel tempo.

In conclusione, lo studio dimostra l'importanza della pastorizzazione nell'incremento della shelf-life, ma sottolinea anche come questa operazione unitaria debba essere attentamente modulata per non compromettere la qualità del prodotto.



## 5. BIBLIOGRAFIA

Acquistucci R. (2000). Influence of Maillard Reaction on protein modification and color development in pasta. Comparison of a different drying conditions. *Lebensm.-Wiss. U. Technol.*, 33, 48-52.

Adriano D., Colavita G., Giaccone V. (1996). Microbiological quality of fresh hand made ravioli-like pasta products. *Igiene Moderna*. (106) 15-23.

Alamprese C., Casiraghi E., Primavesi L., Rossi M., Hidalgo A. (2005a). Functional and rheological characteristics of fresh egg pasta. *Italian Journal of Food Science*. 27, 3-15.

Alamprese C., Casiraghi E., Rossi M. (2008). Structural and cooking proprieties of fresh pasta as function of pasteurization treatment intensity. *J. Food Eng.* 89, 1-7.

Alamprese C., Iametti S., Rossi M., Bergonzi D. (2005b). Role of pasteurization heat treatments on rheological and protein structural characteristics of fresh egg pasta. *Eur. Food Res. Technol.* 221, 759-767.

Argaiz A. Perez-Vega O., Lopez-Malo A. (2005). Sensory detection of cooked flavor development during pasteurisation of a guava beverage using R-index. *Journal of Food Science* 70, S149–S152.

Aureli P., Fenicia L., Pasolini B., Gianfranceschi M., Maccroskey L.M., Hatheway C.L. (1986 a). Two cases of type E infant botulism caused by neurotoxigenic *Clostridium butyricum* in Italy. *J. Infect. Dis.* Vol.154, n°2, 207-211.

Aureli P., Ferrini A. M., Gianfranceschi M. (1993). Problemi igienico-sanitari delle paste alimentari fresche: dalla produzione alla commercializzazione. Convegno FARPASTA, Rimini 17 maggio.

Aureli P., Fenicia, L., Gianfranceschi, M., & Pasolini, B. (1995). Aspetti microbiologici delle paste fresche ed essiccati. In G. Mondelli (Ed.), *Un Mondo di Pasta* (pp. 129–137). Pinerolo, TO: Chiriotti Editori.

Aurelli P., Hatheway C. L., Fenicia L., Ferrini A. M. (1986b). Prime segnalazioni di casi di botulismo infantile in Italia. *Ann. Ist. Super. Sanità*, 22: 855-858.



- Balaban, N., & Rasooly, A. (2000). Review: Staphylococcal enterotoxin. *International Journal of Food Microbiology*, 61, 1–10.
- Batisti L., Posterla S., Pollini C. M. (1995). Thermic treatment of fresh pasta. *Tecnica Molitoria*, 10, 1041-1055.
- Boselli E., Carboni M. F., Frega N., Lerker G. (2004). Cholesterol oxidation in pasta produced with eggs of different origin. *European Food Research Technology*, 218(5), 410–414.
- Cantoni C., Ripamonti B. (1998). La presenza di *Salmonella* negli alimenti e sua patogenicità. *Tecnologie Alimentari*, (5) 76-83.
- Cantoni S., D'Aubert S., Cattaneo P. (1976). Presenza e sopravvivenza delle salmonelle negli alimenti. *Industrie Alimentari*, 133, novembre, 113-122.
- Carini E., Vittadini E., Curti E., Antoniazzi F. (2009). Effects of different shaping modes on physico-chemical properties and water status of fresh pasta. *Journal of Food Engineering* 93 400–406.
- Caserio G., Gronchi C., Villa C. (1989). Listeria in carni, pesce, pollame, paste farcite e vegetali. *Ind. Alim.*, XXVIII, p. 250-153.
- Cencic L., Franca C., Dalla Rosa M. (1995.). Studio su pasta fresca farcita (ravioli) a diverse attività dell'acqua. *Tecnica Molitoria*, 5, 449-464.
- Chien, J., Wang, H., & Chen, B. (1998). Kinetic model of the cholesterol oxidation during heating. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 46, 2572–2577.
- Dalla Rosa M., Lericci C.R., Cencic L., Pinnavina G. (1989). Sul grado di gelatinizzazione dell'amido in alimenti diversi. *Tecnica Molitoria*, 9, 692-699.
- Dalla Rosa M., Maltini E., Stecchini M. L. (1993). Caratterizzazione delle paste fresche farcite confezionate attraverso i convenzionali fattori di stabilità. Università degli studi di Udine.
- Daniele, N., Gallo, M., Le Grottaglie, L., Scala, C., Ferrara, L., & Santini, A. (2012). Determination of cholesterol in Italian chicken eggs. *Food Chemistry*, 132, 701–708.

- Del Torre, M., Stecchini, M.L., Peck, M. (1998). Investigation of the ability of proteolytic *Clostridium Botulinum* to multiply and produce toxin in fresh Italian pasta. *J. Food Protection*, 8, 988-993.
- Dexter J. E., Matsuo R. R., Morgan B. C. (1981). High Temperature Drying: effect on spaghetti proprieties. *Journal of Food Science*. 46, 1741-1746.
- Dragoni I., Balzaretto C., Puzzi E., Papa A. (1990). Potere fungicida delle microonde. *Tecnica Molitoria*. 12, 1035-1041.
- Farber J. M., Warburton D. W., Laffey P., Purvis U., Gour L. (1993). Modified-atmosphere packaged pasta: a microbiological quality assessment. *Italian Journal Food Science*. 2, 157-166.
- Foti, S., Mezzani, E. (1991). Research on the diffusion of *L. monocytogenes* in pasta with filling. *Tecnica Molitoria*, 5, 437-439.
- Franzin L., Vidotto V., Piovano V. (1985). Analisi microbiologica di paste fresche con ripieno. *L'Igiene Moderna*. p.53-471.
- Giavedoni P., Aureli P., Lericci C. R. (1993). Effetto di trattamenti termici su microrganismi inoculati in paste fresche farcite. 1° Congresso Italiano di Scienza e Tecnologia degli Alimenti, CIESTA '93. Atti Chiriotti Editori, Pinerolo.
- Glass K. A., Doyle M. P. (1991). Relationship between water activity of fresh pasta and toxin production by proteolytic *Clostridium botulinum*. *Journal of Food Protection*. 3, 162-165.
- Grazian E. (1999). Studio di ottimizzazione del processo di essiccamento di paste fresche farcite. Tesi di laurea. Dipartimento di Scienze degli Alimenti, Università degli studi di Udine.
- Hidalgo, A., Pompei, C. (2000). Hydroxymethylfurfural and furosine reaction kinetics in tomato products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 78-82.
- Kessler, H.G. (1981). *Food Engineering and Dairy Technology*. Verlag A. Kessler, Freising.
- Lercker, G., & Rodriguez-Estrada, M. T. (2000). Cholesterol oxidation: presence of 7-ketocholesterol in different food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13, 625-631.

- Lercker, G., & Rodriguez-Estrada, M. T. (2002). Cholesterol oxidation mechanisms. Cholesterol and phytosterol oxidation products: analysis, occurrence and biological effects (pp. 10). Champaign, Illinois: AOCS Press.
- Ling B., Tang J., Kong F., Mitcham E. J., Wang S. (2015). Kinetics of Food Quality Changes During Thermal Processing: a Review. *Food Bioprocess Technol.* 8: 343-538.
- Lopez C. C., Vannini L., Panciotti R., Guerzoni E. (1998). Microbiological quality of filled pasta in relation to the nature of heat treatment. *Journal of Food Protection.* 8, 994-999.
- Mallidis, C.G., Katsaboxakis, C. (2002). Effect of thermal processing on the texture of canned apricots. *International Journal of Food Science and Technology* 37, 569– 572.
- Martinez C. S., Ribotta P. D., Leon A. E., Añon M. C. (2012) Colour Assessment on Bread Wheat and Triticale Fresh Pasta. *International Journal of Food Properties.* 15:5, 1054-1068.
- Mazalli, M. R., & Bragagnolo, N. (2009). Increase of cholesterol oxidation and decrease of PUFA as a result of thermal processing and storage in eggs enriched with n-3 fatty acids. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 57, 5028–5034.
- Meloni P., Sau M., Schintu M., Cotu A. (1996). Microbiological counts in fresh pasta with or without filling. *Igiene Moderna*, (1) 55-62.
- Milatovic L., Mondelli G. (1990). La tecnologia della pasta alimentare. Cap. 3 p. 66-67. Chiriotti editori, Pinerolo.
- Neumayr L., Krämer J. (1985). Production of enterotoxin A and thermonuclease by *Staphylococcus aureus* in legumes, *International Journal of Food Microbiology*, Volume 10, Issues 3–4, May 1990, p. 225-233.
- Notermans, S., Otterdijk, R. L. M. (1985). Production of enterotoxin A by *Staphylococcus aureus* in food. *International Journal of Food Microbiology.*, 2, 145–149.
- Osada, K. (2002). Cholesterol oxidation product: other biological effects. Cholesterol and phytosterol oxidation products: analysis, occurrence and biological effects (pp. 650). Champaign, Illinois: AOCS Press.

Osada, K., Kodama, T., Yamada, K., & Sugano, M. (1993). Oxidation of cholesterol by heating. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 41, 1198–1202.

Ottaviani F., Bresciani D. (1984). Pathogenic staphylococci: origin, characteristics, suggestions for the control and fight in noodles industry. *Tecnica Molitoria*, v. 35(11) p. 789-801.

Pagani M. A., De Noni I., Resmini P., Pellegrino L. (1995). Filiera produttiva e danno termico della pasta alimentare secca. In G. Mondelli, *Un mondo di pasta*, p. 169-185. Pinerolo, TO: Chiriotti Editori.

Pagani M. A., Lucidano M., Mariotti M. (1999). La pasta alimentare fresca: influenza della formulazione e della pastorizzazione su alcune caratteristiche del prodotto finito, *Atti del Simposio “Materie prime transgeniche, sicurezza alimentare e controllo qualità nell’industria cerealicola”* Campobasso 7/8 ottobre.

Pasini L. (1998). Studio della capacità di idratazione di sistemi amidacei a media e bassa umidità. Tesi di laurea. Università degli studi di Bologna.

Pasolini B., Aloï M., Ceralli M. (1981). Tipi diversi di pasta alimentare fresca: studio preliminare della facies microbica con particolare riguardo alle ricerche dei generi patogeni (*Salmonelle*, *Stafilococchi*, *Clostridium perfringens*). *Riv. Soc. Ital. Sc. Alim.*, p 166-173.

Perovic B. (2000). Ruolo degli amidi nella cottura della pasta. *Tecnica Molitoria*. 7, 726-731.

Piovano B. (1987). Variazione della carica batterica in campioni di paste farcite artigianali. *Tecnica Molitoria.*, p. 283-286.

Pompei C., Spagnolello A, (1997). Furosine as an index of heat treatment intensity in meat products: its application to cooked ham. *Meat Science*. 46, 139-146.

Pompei, C., Rossi, M. (1994). Use of a model solution for the evaluation of heat damage in milk treated in an ultrahigh-temperature heat exchanger. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42, 360–365.

Resmini P., Pagani M. A., Pellegrino L. (1990). Valutazione del danno termico nella pasta alimentare mediante determinazione per HPLC della furoilmetil-lisina(furosina). *Tecnica Molitoria*. 10, 821-826.

Resmini P., Pellegrino L. (1991). Analysis of food heat damage by direct HPLC of furosine. *International Chromatography Laboratory*. 6, 7-11.

Sander, B., Addis, P., Park, S., & Smith, D. (1989). Quantification of cholesterol oxidation products in a variety of food. *Journal of Food Protection*, 52, 109–114.

Skipnes, D., van der Plancken, I., van Loey, A., Hendrickx, M.E. (2008). Kinetics of heat denaturation of proteins from farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Engineering* 85, 51–58.

Smith J. L., Buchanan R. L., Palumbo S. A. (1983). Effect of Food Environment on Staphylococcal Enterotoxin Synthesis: A Review, *Journal of Food Protection*, p. 545-555.

Smout, C., Banadda, N.E., van Loey, A.M., Hendrickx, M.E.G. (2003). Nonuniformity in lethality and quality in thermal process optimisation: a case study on colour degradation of green peas. *Journal of Food Science* 68, 545–550.

Tirloni E., Ghelardi E., Celandroni V., Bernardi C., Stella S. (2017). Effect of dairy product environment on the growth of *Bacillus cereus*. *J. Dairy Sci.* 100:7026–7034.

Trovatelli L. D., Schiesser A., Massa S., Cesaroni D., Poda G. (1988). Microbiological quality of fresh pasta dumplings sold in Bologna and the surrounding district. *International Journal of Food Microbiology*. Volume 7, Issue 1, p. 19-24.

Verratti M. (2000). Studio sull'influenza di trattamenti termici operati in fase di processo su alcune caratteristiche chimico e chimico-fisiche di pasta fresca farcita. Tesi di laurea. Università degli studi di Bologna.

Wootton M., Weeden D., Munk N. (1971). A rapid method for the estimation of starch gelatinization in processed food. Tesi di laurea. Università degli studi di Bologna.

Zardetto S. (2004). Measuring of the degree of starch gelatinization in fresh pasta by near infrared reflectance analysis. *Tecnica Molitoria*. 7, 662-668.

Zardetto S. (2011). La pastorizzazione come strumento per ridurre la carica microbica e intervenire sull'attività microbica residua attraverso la riduzione dell'acqua e la strutturazione conferita alla pasta. *Pasta e Pastai*. (95) 16-25.

Zardetto S., Barbanti D., Dalla Rosa M. (2014). Formation of cholesterol oxidation products (COPs) and loss of cholesterol in fresh egg pasta as a function of thermal treatment processing. *Food Res. Int.* 62, 177-182.

Zardetto S., Basaglia M. (2018). Growth of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin production in fresh egg pasta, *Journal of Food Processing and Preservation*, p. 1-9.

Zardetto S., Dalla Rosa M. (2007). Effect of heat treatment on the microbiology and quality of fresh filled pasta. In *New Issues in Food Policy, Control and Research* (P. Riley, ed.) p. 45-66. Nova Science Publishers, Inc, New York, NY.

Zardetto S., Dalla Rosa M., Di Fresco S. (2003). Effect of different heat treatments on the furosine content in fresh filled pasta. *Food Res. Int.* 36, 877-883.

Zardetto S., Di Fresco S., Dalla Rosa M. (2002). Effect of different treatments on chemical and physical proprieties of filled fresh pasta. *Tecnica Molitoria.* 53, 113-130.

Zardetto S., Di Fresco S., Pasqualetto K. (1999). La pastorizzazione nella pasta fresca farcita. Parte 2: Valutazione dell'effetto del trattamento termico impostato sui microrganismi presenti e inoculati. *Tecnica Molitoria.* 6, 643-650.

Zuliani R. (1998). Studio sulle capacità di reidratazione di pasta farcita. Tesi di laurea. Dipartimento di Scienze degli Alimenti, università degli studi di Udine.

Zunin P., Evangelisti F., Calcagno C., Tiscornia E. (1996). Cholesterol oxidation in dried egg pasta: detecting 7-Ketocholesterol content. *Cereal Chemistry*, 73, 691-694.