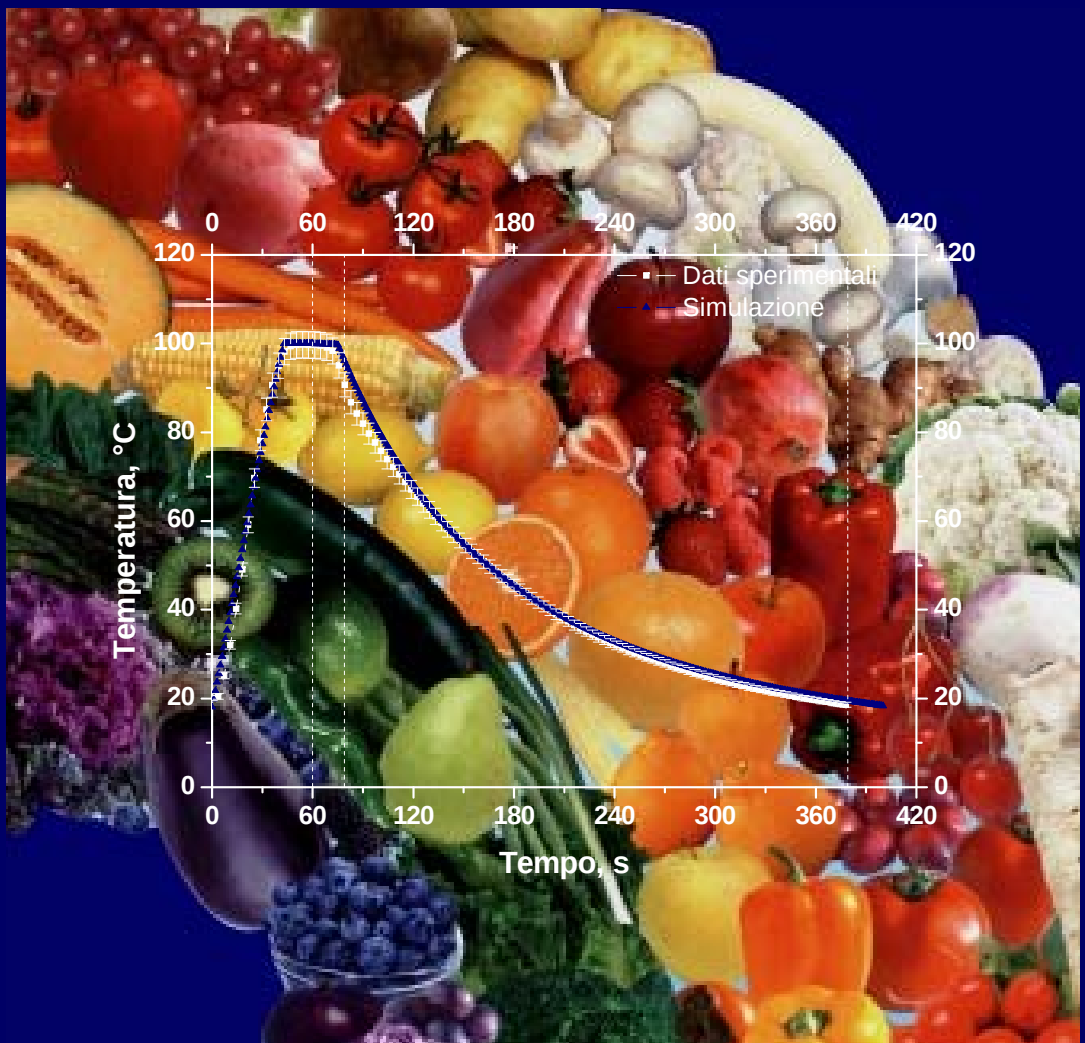


Processi di *blanching* di prodotti agroalimentari: analisi e modellazione



Loredana Malafronte



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica

Processi di *blanching* di prodotti agroalimentari: analisi e modellazione

Tesi in

**Principi di Ingegneria Chimica
e Impianti Chimici**

Relatori:

Prof. Ing. Gaetano Lamberti

Prof. Ing. Anna Angela Barba

Candidata:

Loredana Malafronte
matricola 0610200095

Anno Accademico 2007/2008

A papà e mamma

Questo testo è stato stampato in proprio, in Times New Roman
La data prevista per la discussione della tesi è il 22/09/08
Fisciano, 09/09/08

Sommario

Sommario	I
-----------------------	----------

Indice delle figure	III
----------------------------------	------------

Indice delle tabelle	V
-----------------------------------	----------

Introduzione.....	1
--------------------------	----------

1.1 Generalità	2
1.2 Importanza del consumo di frutta e verdura	3
1.2.1 Classificazione dei prodotti agroalimentari	3
1.3 Il processo di <i>blanching</i>	4
1.4 La banana	6
1.4.1 Composizione	7
1.4.2 Aspetti nutraceutici	8
1.5 Stato dell'arte	9
1.5.1 Effetto delle microonde sull'attività delle perossidasi e polifenolossidasi	10
1.5.2 Confronto tra blanching tradizionale e a microonde	11
1.6 Obiettivi ed organizzazione del lavoro di tesi	15
1.5.1 Strutturazione	15

Materiali e metodi	17
---------------------------------	-----------

2.1 Materiali	18
2.1.1 Banane	18
2.2 Apparecchiature	18
2.2.1 Cavità a microonde multimodali	18
2.2.4 Termometro a fibre ottiche	19
2.2.3 Network analyzer	20
2.3 Metodi	21
2.3.1 Metodi per la caratterizzazione della matrice agroalimentare	21
2.3.2 Preparazione dei campioni per i processi di blanching e quenching	21
2.3.3 Procedura per il blanching in acqua bollente	21

2.3.4 Procedura per il blanching a microonde	22
2.3.5 Procedure per il quenching	23

Modellazione matematica 25

3.1 Introduzione	26
3.1.1 Proprietà termofisiche	26
3.1.2 Valutazione dei coefficienti di scambio termico convettivi	27
3.2 <i>Blanching</i> in acqua bollente	30
3.2.1 Modello a parametri concentrati	30
3.2.2 Modello a parametri distribuiti	30
3.3 <i>Blanching</i> a microonde	35
3.3.1 Modello a parametri concentrati	36
3.4 Riassunto delle equazioni di modello	37

Risultati e discussioni..... 39

4.1 Misure dielettriche	40
4.2 <i>Blanching</i> in acqua bollente	45
4.2.1 Risultati sperimentali	45
4.2.2 Simulazione	46
4.3 <i>Blanching</i> a microonde	50
4.3.1 Risultati sperimentali	50
4.3.2 Simulazione	57

Conclusioni 63

5.1 Conclusioni	64
-----------------	----

Notazione 67

Bibliografia 69

Indice delle figure

Figura 1 Composizione chimica (% w/w) della banana ^[7]	6
Figura 2 Effetto dei trattamenti a microonde sull'attività delle perossidasi delle purée dei frutti a tempo costante (30 s) e a potenza costante (450W) ^[8]	10
Figura 3 Effetto dei trattamenti a microonde sull'attività delle polifenolossidasi delle purée dei frutti a tempo costante (30 s) e a potenza costante (450 W) ^[8]	11
Figura 4 Effetto dei trattamenti di <i>blanching</i> sull'indice di imbrunimento e sul contenuto di fenoli. (Ridisegnato da Cano <i>et al</i> ^[9])	12
Figura 5 Effetto dei trattamenti di <i>blanching</i> sull'attività delle polifenolossidasi e per ossidasi. (Ridisegnato da Cano <i>et al</i> ^[9])	12
Figura 6 Duty-cycle del forno commerciale	18
Figura 7 Schema delle principali componenti del circuito di alimentazione e controllo della cavità multimodale modificata	19
Figura 8 Dettagli costruttivi e specifiche tecniche dei sensori a fibra ottica utilizzati per le misure della temperatura nei campioni irradiati a microonde	20
Figura 9 Network analyzer	20
Figura 10 Foto campione banana; schematizzazione dell'inserimento della sonda nel campione di banana	22
Figura 11 Schema del sistema di <i>blanching</i> a microonde	23
Figura 12 Schema del campione di alimento	26
Figura 13 Costante dielettrica e fattore di perdita della banana (misure effettuate sul frutto maturo alla temperatura di 20°C) al variare della frequenza. Confronto proprietà dielettriche dell'acqua e delle banane	42
Figura 14 Costante dielettrica e fattore di perdita della banana (misure effettuate sul frutto maturo alla frequenza di 2.45 GHz) al variare della temperatura e interpolazione dei dati sperimentali	43
Figura 15 Costante dielettrica di vegetali e frutta a 2.45 GHz in funzione della temperatura ^[19]	44
Figura 16 Fattore di perdita di vegetali e frutta a 2.45 GHz in funzione della temperatura ^[19]	44
Figura 17 Profilo di temperatura del trattamento di <i>blanching</i> in acqua bollente e di <i>quenching</i> in acqua con ghiaccio	46
Figura 18 Confronto profilo termico sperimentale e simulato con modello a parametri concentrati del processo studiato in acqua bollente: tempo di <i>blanching</i> 15 s, tempo di <i>quenching</i> 20 s	47
Figura 19 Confronto profilo termico sperimentale e simulato con modello a parametri distribuiti del processo studiato in acqua bollente: tempo di <i>blanching</i> 15 s, tempo di <i>quenching</i> 20 s	50

Figura 20 Schema delle fasi temporali caratteristiche del trattamento a microonde	52
Figura 21 Profilo termico del trattamento studiato a microonde in regime continuo: potenza 1000 W, tempo di <i>blanching</i> 15 s, tempo di <i>quenching</i> 20 s.....	53
Figura 22 Profilo termico del trattamento studiato a microonde in regime continuo: potenza 800 W, tempo di <i>blanching</i> 30 s, tempo di <i>quenching</i> 300 s.....	53
Figura 23 Profilo termico del trattamento studiato a microonde in regime continuo: potenza 600 W, tempo di <i>blanching</i> 60 s, tempo di <i>quenching</i> 300 s.....	54
Figura 24 Profilo termico del trattamento studiato a microonde in regime continuo: potenza 400 W, tempo di <i>blanching</i> 60 s, tempo di <i>quenching</i> 300 s.....	54
Figura 25 Profilo termico del trattamento studiato a microonde in regime continuo: potenza 300 W, tempo di <i>blanching</i> 60 s, tempo di <i>quenching</i> 300 s.....	55
Figura 26 Tempi necessari a raggiungere la temperatura di circa 100°C all'interno del campione in funzione della potenza erogata.....	56
Figura 27 Profilo termico del trattamento studiato a microonde in regime pulsato: potenza 300 W, tempo di <i>blanching</i> 15 s, tempo di <i>quenching</i> 30 s	57
Figura 28 Profilo termico del trattamento studiato a microonde in regime pulsato: potenza 300 W, tempo di <i>blanching</i> 60 s, tempo di <i>quenching</i> 20 s	57
Figura 29 Campo elettrico in funzione della potenza erogata alla minima e alla massima temperatura a cui sono sottoposti i campioni durante il riscaldamento dielettrico	59
Figura 30 Confronto profilo termico sperimentale e simulato del trattamento studiato a microonde in regime continuo: potenza 1000 W, tempo di <i>blanching</i> 15 s, tempo di <i>quenching</i> 20 s.....	60
Figura 31 Confronto profilo termico sperimentale e simulato del trattamento di <i>blanching</i> a microonde in regime continuo: potenza 800 W, tempo di <i>blanching</i> 30 s, tempo di <i>quenching</i> 300 s.....	61
Figura 32 Confronto profilo termico sperimentale e simulato del trattamento di <i>blanching</i> a microonde in regime continuo: potenza 600 W, tempo di <i>blanching</i> 60 s, tempo di <i>quenching</i> 300 s.....	61
Figura 33 Confronto profilo termico sperimentale e simulato del trattamento di <i>blanching</i> a microonde in regime continuo: potenza 400 W, tempo di <i>blanching</i> 60 s, tempo di <i>quenching</i> 300 s.....	62
Figura 34 Confronto profilo termico sperimentale e simulato del trattamento di <i>blanching</i> a microonde in regime continuo: potenza 300 W, tempo di <i>blanching</i> 60 s, tempo di <i>quenching</i> 300 s.....	62

Indice delle tabelle

Tabella 1 Composizione chimica e potere calorico della banana ^[7]	7
Tabella 2 Proprietà termofisiche relative alla polpa di banane.....	26
Tabella 3 Tabella riassuntiva delle equazioni di modello.....	37
Tabella 4 Trattamenti di <i>blaching</i> a microonde.....	51

Notazione

Simbolo	Descrizione	Unità
Lettere latine		
A	costante Eq.3.1-1	$\text{W/m}^2\text{K}^{3.5}$
b	semispessore del campione	m
Bi	numero di Biot	adimensionale
C_1	costante Eq. 3.1-7	adimensionale
C_p	calore specifico	J/KgK
D	diametro del campione	m
E	campo elettrico	$\text{V/m}=\text{N/C}$
f	frequenza	Hz
g	accelerazione di gravità	m^2/s
Gr	numero di Grashof	adimensionale
h	coefficiente di scambio termico	$\text{W/m}^2\text{K}$
J_0	funzione di Bessel di ordine zero del primo tipo	adimensionale
J_1	funzione di Bessel del primo ordine del primo tipo	adimensionale
k	conducibilità termica	W/mK
Nu	numero di Nusselt	adimensionale
Pr	numero di Prandtl	adimensionale
r	coordinata radiale	m
R	raggio del campione	m

S	superficie di scambio termico	m^2
T	temperatura	$^{\circ}C, K$
t	tempo	s
z	coordinata rettangolare	m
Lettere greche		
α	soluzione Eq. 3.2-10	adimensionale
α_T	diffusività termica	m^2/s
β	soluzione Eq. 3.2-23	adimensionale
ε	permettività elettrica	F/m
ε'	costante dielettrica	F/m
ε''	fattore di perdita	F/m
ε_0	permettività elettrica dal vuoto	F/m
η	coordinata radiale adimensionale	adimensionale
θ	temperatura adimensionale	adimensionale
ξ	spessore adimensionale	adimensionale
ρ	densità	Kg/m^3
τ	tempo adimensionale	adimensionale
ω	frequenza angolare	rad/s
Pedici		
amb	ambiente	
a	aria	
w	acqua	
ext	esterno	
s	slab infinita	
f	film	
c	cilindro infinito	

Bibliografia

1. Cappelli P., V. Vannucchi V., *Chimica degli Alimenti*, Zanichelli Ed., Bologna, (2000)
2. d'Amore M., Barba A.A., *Ruolo dei processi di trasformazione sulla qualità dei prodotti alimentari. Gli smart foods*, MEDeA Mediterraneo ed Alimentazione, 26-28 Ottobre Avellino, Italy, (2007)
3. Attianese P., A.A. Barba, M. d'Amore, L. Rastrelli *Effetti dei processi di trasformazione sul profilo nutrizionale degli alimenti*, XII Corso Nazionale ADI La NutriClinica dall'EBM alla Pratica Diagnostico-Dietoterapeutica, 24-27 Settembre, Giardini Naxos (CA), (2007)
4. www.nucicitalia.it
5. L. Dorantes-Alvarez & L. Parada-Dorantes, *Blanching using microwave processing*.
6. Barba A.A., d'Amore M., *Applicazioni delle microonde nel settore agroalimentare* - Capitolo 10 del "Il riscaldamento a microonde. Principi ed Applicazioni" Pitagora Editrice, Bologna, pp.269-295, (2008)
7. Bianco V., Pampini E., *Orticoltura*, Patron Editore Bologna, (1999)
8. B. de Ancos, M. Pilar Cano, A. Hernandez and M. Monreal, *Effects of microwave heating on pigment composition and colour of fruit pureest*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 79(5), 663-670, (1999)
9. M. P. Cano, B. de Ancos, M. G. Lobo and M. Santos, *Improvement of frozen banana (Musa cavendishii, cv. Enana) colour by blanching: relationship between browning, phenols and polyphenol oxidase and peroxidase activities*, Z Lebensm Unters Forsch A 204, 60-65, (1997)
10. U. Kidmose and H. J. Martens, *Change in texture, microstrutture and nutritional quality of carrot slices during blanching and freezing*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 79, 1747-1753, (1999)
11. M. K. Krokida, C. T. Kiranoudis and Z. B. Marinos-Kouris, *Effect of pretreatment on color of dehydrated products*, Drying Technology, 18(6), 1239-1250, (2000)

12. C. Severini, A. Baiano, T. De Pilli, B. F. Carbone and A. Derossi, *Combined treatment of blanching and dehydration: study on potato cubes*, J Food Engineering 68, 289-296, (2005)
 13. G. Caserta, *Essiccamento dielettrico della Musa paradisiaca: analisi del processo di disidratazione e controllo delle proprietà antiossidanti*, Tesi di Laurea in Farmacia, (2007)
 14. J. M. Coulson & J. F. Richardson, *Coulson & Richardson's Chemical Engineering*, 6th Ed. (vol. 1).
 15. R. B. Bird, W. E. Stewart R.B. Bird, E.N. Lightfoot, *Transport Phenomena*, 2th Ed.
 16. G. C. J. Bart, K. Hanjalic, *Estimation of shape factor for transient conduction*, International Journal of Refrigeration 26, 360-367, (2003)
 17. H. S. Carslaw & J. C. Jaeger, *Conduction of heat in solids*, 2th Ed.
 18. R. B. Bird, W. E. Stewart R.B. Bird, E.N. Lightfoot, *Transport Phenomena*, 2th Ed. (problema 12C.1)
 19. O. Sipahioglu and S. A. Barringer, *Dielectric Properties of Vegetables and Fruits as a Function of Temperature, Ash, and Moisture Content*, Journal of food science, 68(1), (2003)
-

Parte dei risultati conseguiti con lo sviluppo del presente lavoro di tesi saranno presentati al *First European Congress EFFoST*, in Ljubljana (Slovenia) il 4-9 Novembre 2008. Qui di seguito è riportato l'abstract del contributo inviato.



Blanching Processes of Fruit: Experiments and Modeling

A.A. Barba¹, M.d'Amore¹, A. Tortora¹, G. Lamberti², L. Malafonte²

*¹Dip. di Scienze Farmaceutiche ²Dip. di Ingegneria Chimica e Alimentare
Università degli Studi di Salerno via Ponte don Melillo 84084 Fisciano SA – ITALY*

Blanching of foodstuffs is a thermal treatment, mainly applied in vegetable and fruit processing, with the primary goal of the inactivation of the enzymes responsible for color, flavor and textural changes. It is commonly required before different subsequent processing steps such as freezing, drying, or canning. Further benefits of blanching process can be a moderate reduction of the microbial load, a cleansing of the product, and an enhancement of the bioavailability of some food constituents.

The key processing variables for blanching are temperature and treatment-time, parameters that are strongly linked to the food matrix properties (density, specific heat, thermal conductivity). Two needs arise:

- to get the desired temperature as soon as possible (to minimize the thermal damage of the sample),
- to get an homogeneous heating of the sample (to avoid untreated and overheated zones).

The blanching carried out applying microwave heating seems to respond to both the requirements. Furthermore, to correctly develop the blanching treatments, a mathematical description of the process is highly desirable.

In this work, banana samples of defined geometry are subjected to blanching processes – conventional and microwave assisted – while the temperature histories are carefully monitored and recorded.

The blanching processes are performed by samples immersion in boiling water (conventional procedure) or by samples irradiation (microwave treatment) in a controlled oven for a limited time (the “blanching” phase), followed by immersion of the blanched samples in an ice bath (the “quenching” phase).

Both phases are modeled by writing the heat balance within the sample. Results confirm that the conventional blanching causes a moderate heating of the sample, in presence of remarkable thermal gradients, whereas the microwave process is faster than the conventional one and the sample heating is much more homogeneous.

Key-words: blanching, thermal effects, fruit process modeling.

Ringrazio i miei genitori per avermi dato la possibilità di raggiungere questa prima e importantissima tappa spensieratamente e mostrare sempre fiducia in me. Ringrazio le mie sorelle per aver trascorso con me ogni istante della mia vita. Ringrazio i miei nonni, i miei zii e i miei cugini per avermi supportato in questo percorso. Ringrazio Luca per esserci sempre ed incondizionatamente, per sopportarmi nei momenti di “ansia” e di vivere, come se fosse sua, ogni mia emozione. Ringrazio Rosanna per aver condiviso con me infinite ore di studio dandoci forza a vicenda, gli esami e questo magnifico giorno (“Auguri anche a te ingegné!!!”). Ringrazio Antonio, Elena, Pietro e Roberto per aver reso indimenticabili le lunghissime giornate universitarie. Ringrazio l’Ing. Gaetano Lamberti per avermi insegnato tanto e per essere stato sempre disponibile in questi anni e ringrazio l’Ing. Anna Angela Barba per avermi messo a disposizione le sue conoscenze e la sua pazienza durante il lavoro di tesi. Ringrazio Antonella Tortora per la magnifica collaborazione durante il lavoro di ricerca. Ringrazio tutti i ragazzi del Lab T5/A per aver condiviso con me questa splendida esperienza. Ringrazio la mia Amica di sempre e per sempre Azzurra ed Alessandra semplicemente per esserci. Ringrazio, inoltre, i ragazzi di Prima... Vera ASI e tutti coloro che ho conosciuto in questi tre anni. Questa non è che la prima importante tappa, spero di condividere con tutti voi le future esperienze splendide della mia vita.

Loredana

