UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica

Infrared Heating of Foodstuff: Measurement Method of IR Penetration Depth and Effect of Process Parameters

Tesi in

Principi di Ingegneria Chimica

Relatori:

Prof. Ing. Gaetano Lamberti

Dr. Emma Holtz

Candidato:

Antonio D'Auria

matricola 0620600028

Anno Accademico 2010/2011

The biggest part of this thesis work has been developed during the Erasmus project at the Chalmers Technical University, in Gothenburg, Sweden.

It has been performed at the Department of Process and Technology Development of SIK – The Swedish Institute for Food and Biotechnology, under the supervision of Prof. Lilia Arnhé and Lic. Emma Holtz.

Gran parte del lavoro di tesi è stata sviluppata nell'ambito del progetto Erasmus presso la Chalmers Technical University, in Gothenburg, Svezia.

In particolare, le attività di ricerca sono state svolte presso il Dipartimento di Process and Technology Development dello SIK – The Swedish Institute for Food and Biotechnology, sotto la supervision della Prof.ssa Lilia Arnhé e dell'Ing. Emma Holtz.

Ai miei genitori

Questo testo è stato stampato in proprio, in Times New Roman
La data prevista per la discussione della tesi è il 21 dicembre 2011
Fisciano, 15 dicembre 2011

Table of Content

Figure List

Tables list

Riassunto

La radiazione ad infrarosso (IR) è uno dei metodi più antichi di trattamento con calore degli alimenti. Un metodo, volto a ridurre l'attività dell'acqua e che consente lunghi periodi di magazzinaggio con requisiti minimi di imballaggio, è stato l'esposizione dei prodotti alimentari alla luce solare intensa. È noto che la radiazione ad infrarosso ha dei vantaggi sul riscaldamento per convezione. I coefficienti di trasferimento di calore sono alti, il tempo di processo è breve e i costi energetici sono bassi. In questo lavoro sono stati utilizzati raggi NIR, prodotti da un forno ad infrarossi, allo scopo di verificare come cambiano i loro effetti su campioni di pane aventi caratteristiche diverse.

È stato migliorato un metodo, precedentemente messo a punto nei laboratori del SIK- the Swedish Institute for Food and Biotechnology- presso il quale è stato svolto questo lavoro di tesi, per misurare il flusso di calore, o meglio la profondità di penetrazione, attraverso il campione di pane. E' stato costruito uno strumento che può ridurre i raggi NIR riflessi dai corpi presenti all'interno del forno, cambiando la temperatura misurata dalla termocoppia posta nel black body.

La profondità di penetrazione dipende dalle caratteristiche del pane e in particolare dalla luminosità, infatti per il pane brown, che ha il valore più basso della luminosità, è stato misurato il valore più alto.

Infine sono stati applicati alle lampade diversi livelli energetici e più precisamente 100%, 75%, 50% e 25% del loro valore nominale; il valore della profondità di penetrazione misurata per valori compresi tra 100% e 50% del valore nominale è praticamente costante, quindi operando in queste condizioni si realizza un riscaldamento superficiale senza essiccamento significativo.

I risultati del lavoro possono essere riassunti come segue:

•Il metodo per misurare il flusso di calore attraverso il pane è stato ottimizzato mediante una opportuna schermatura del campione.

•La proprietà più importante è la luminosità, essa influenza la profondità di penetrazione durante il trattamento ad infrarossi.

•La profondità di penetrazione è più alta con valori più bassi dell’umidità iniziale e tenendo invece invariate tutte le altre proprietà.

•Si può ipotizzare che c’è diretta proporzionalità tra l’energia assorbita e l’energia trasmessa nel campione.

•Quando si cambia il livello energetico delle lampade tra 100% e 50%, la variazione del flusso di calore trasmesso attraverso il campione non è elevato, mentre questa differenza è più sensibile quando il livello energetico passa dal 50% al 25%.

References

1. Nowak D. and Lewicki P. P. *Infrared drying of apple slices*. Innovative Food Science and Emerging Technologies 5, 353–360 (2004).
2. Jun S. *Selective far infrared heating of food systems*. Ph.D. dissertation, the Pennsylvania State University (2002).
3. Jun S., Krishnamurthy K., Irudayaraj J., Demirci A. *Fundamentals and Theory of Infrared Radiation,* Chap. 1 in *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*, edited by Pan Z. and Atungulu G.G., CRC Press, Boca Raton (2011) .
4. Sakai N. Hanzawa T. *Trend in Food Science and Technology* 5. The European Federation of Food Science and Technology, 357-362 (1994).
5. Molin G. Ostlund K. *Dry Heat inactivation of bacillus subtilis spores by means of IR Heating* Chap 11 in *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*, edited by Pan Z. and Atungulu G.G., CRC Press, Boca Raton (2011) .
6. Sawai J. Sakara K. Hashimoto A. Igarashi H. Shimuzu M. *Inactivation characteristics shown by enzymes and bacteria treated with far-infrared radiative heating,* ,Int. J. Food Sci. Tech. 38:661-667(2003).
7. Jun S. Irudayaraj J., *A dynamic fungal inactivation approach using selective infrared heating*. Trans. ASAE 46(5):1407–1412 (2003).
8. Hamanaka D. Uchino T. Furuse N. Han W. Tanaka S. *Effect of the wavelength of infrared heaters on the inactivation of bacterial spores at various water activities*. Int J. Food Microbiol. 108:281–285 (2006).
9. Hashimoto A. Sawai J. Igarashi H. Shimizu M., *Effect of far-infrared radiationon pasteurization of bacteria suspended in phosphate-buffered saline*. Kagaku Kogaku Ronbunshu 17:627–633 (1991).

10. Sawai J. Kojima H. Igarashi H. Hashimoto A. Fujisawa M. Kokugan T. Dhimuze M.. *Pasteurization of bacterial spores in liquids medium by far-infrared irradiation,* J. Chem. Eng. Japan 30:170–172 (1997).

11. Hashimoto A. Sawai J. Igarashi H. Shimizu M., *Effect of far-infrared irradiation on pasteurization of bacteria suspended in liquid medium below lethal temperature*. J. Chem. Eng. Japan 25(3):275–281 (1992a).

12. Krishnamurthy K. Jun S. Irudayaraj J. Demirci A., *Infrared Radiation Heating for Food Safety Improvement* Chap. 11 *in Infrared Heating for Food and Agricultural Processing,* edited by Pan Z. and Atungulu G.G., CRC Press, Boca Raton (2011) .

13. Patel B.K. Waniska R.D. Seetharaman K, *Impact of different baking processes on bread firmness and starch* characteristics *in breadcrumb*. Journal of Cereal Science 42 (2), 173–184 (2005)

14. Sumnu G. Datta A. Sahin S., Keskin S., Rakesh V.. *Transport and related properties of breads baked using various heating modes*. Journal of Food Engineering 78 (4), 1382–1387 (2007).

15. Ginzburg, A.S., Application *of Infra-red Radiation in Food Processing*. Chemical and Process Engineering Series. Leonard Hill Books, London (1969).

16. Il'yasov S.G. Krasnikov V.V., *Physical principles of infrared irradiation of foodstuffs*. Hemisphere, Washington DC (1991).

17. Datta A.K., Ni H. . *Infrared and hot-air-assisted microwave heating of foods for control of surface moisture*. Journal of Food Engineering 54, 355–364 (2002).

18. Skjöldebrand C. Andersson C.G. *Baking using short infrared radiation, Cereals in a European Context*. In: Morton, I.D. (Ed.), Proceedings of the 1st European Conference on Food Science and technology. Horwood, Chichester, pp. 364–376 (1987).

19. Skjöldebrand C. Ellbjär C. Anderson C.G. Eriksson, T., *Optical properties of bread in the near infrared range*. Journal of Food Engineering 8, 129–139 (1988).

20. Lentz R. Pesheck P. Anderson G. De Mars J. Peck T., US patent 5382441in (1995).

21. Cavada L. Noriega A. (2008). US patent 7323663 (2008).

22. Salagnac P. Glouannec P. Lecharpentier D., *Numerical modeling of heat and mass transfer in porous medium during combined hot air, infrared and microwave heating*. International Journal of heat and mass transfer (47),4479–4489 (2004).

23. Skjöldebrand C. Van den hark S. Janestad H. and Andersson C. G, *Radiative and convective heat transfer when baking dough products*. Proceedings from the Fourth Bath Food Engineering Conference, University of Bath, UK 19–21 September (1994).

24. Parroufe J.M. Dostie M., Mujumder A.S. Poulin A., *Convective transport in infrared drying*. In: Mujumder, A.S. (Ed.), Drying'92. Elsevier, The Netherlands, pp. 695–703 (1992).

25. Fasina O.O. Tyler R.T. Pickard M.D.. *Modeling the infrared radiative heating of agricultural crops*. Drying Technology 16 (9&10), 2065–2082 (1998).

26. Dagerskok M. Osterstrom L., *Infrared radiation for food processing I. A study of a fundamental properties of infrared radiation* in Journal of Food Engineering 12, 237-242 (1979).

27. Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition, McGraw-Hill (1998).

28. Master thesis made by Daniel Eder (2010).

Ringrazio immensamente i miei genitori per avermi supportato in questo lungo percorso. Se sono arrivato fin qui è anche per merito vostro e di questo ve ne sarò grato per tutta la vita. Grazie.

Ringrazio mia sorella Veronica per avermi sopportato per tutto questo tempo. Quando mi sono trovato in difficoltà il tuo conforto non è mai mancato.

Ringrazio Ugo Sapere, compagno di studi e di vita. Più che un compagno per me sei un fratello a cui chiedere sempre un consiglio, un parere. I più bei momenti in questi ultimi anni li abbiamo trascorsi insieme e io di questo non me ne dimenticherò mai. Senza di te il mio percorso universitario sarebbe stato decisamente più noioso e duro. Senza di te, forse, non sarei mai andato in Svezia e io, questo, non lo posso nemmeno immaginare… Sono più che convinto che il raggiungimento di un traguardo così importante non ci allontanerà minimamente… quando penso al mio futuro, prossimo e lontano, dentro ci vedo sempre la nostra amicizia. Spero col cuore che un giorno, noi due, ci potremmo trovare ancora insieme, fianco a fianco.

Ett speciellt tack till min handledare, Emma Holtz, som alltid har varit hjälpsam och till stor nytta för mitt arbete.

Dessutom vill jag tacka SIK för att ha givit mig tillfället att arbeta med dem.