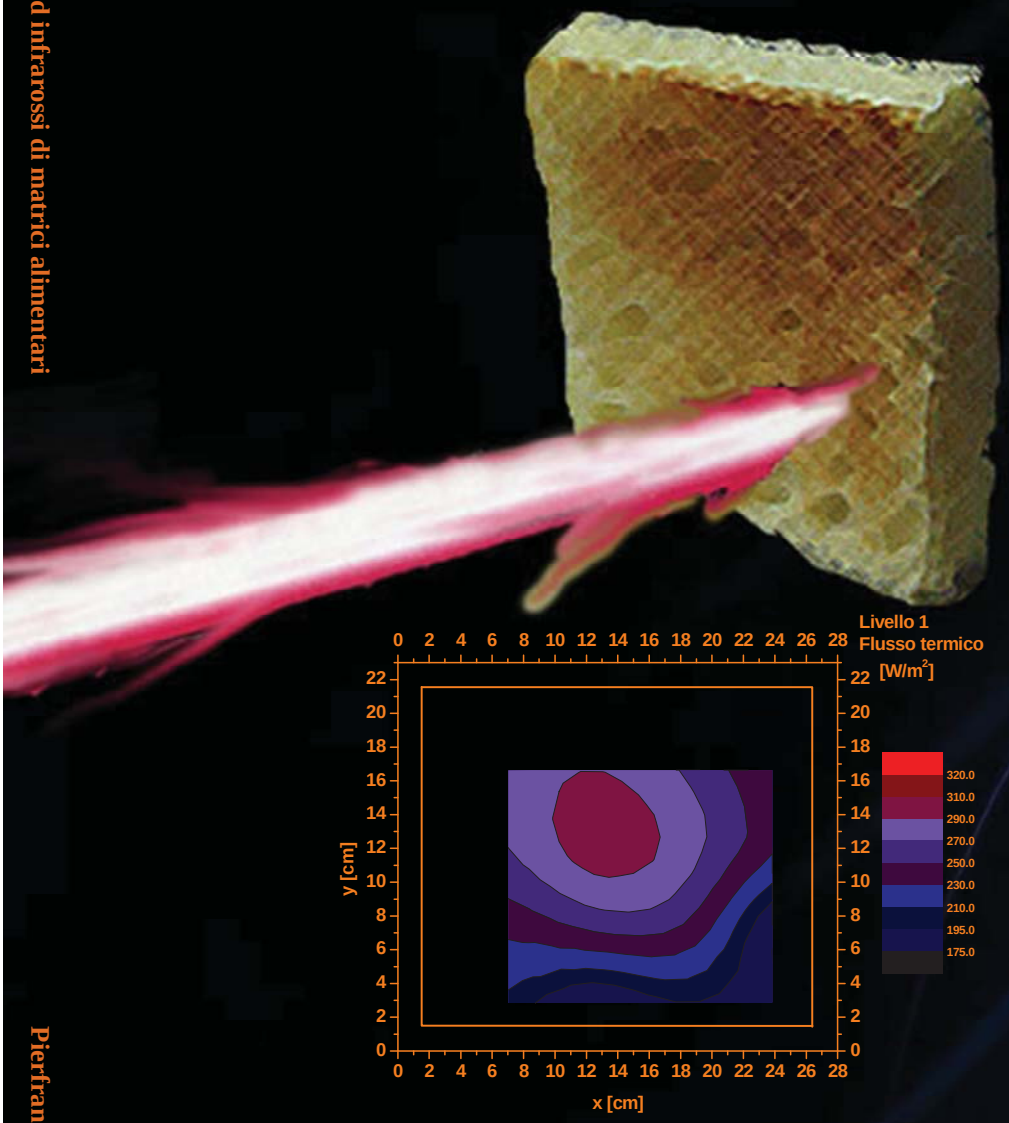
Analisi di riscaldamento ad infrarossi di matrici alimentari



Pierfrancesco Ferrentino

Analisi di riscaldamento ad infrarossi di matrici alimentari
Pierfrancesco Ferrentino

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica

Analisi di riscaldamento ad infrarossi di matrici alimentari

Tesi in

Principi di Ingegneria Chimica

Relatori:

Prof. Ing. Gaetano Lamberti

Prof. Ing. Francesco Marra

Correlatore:

Ing. Sara Cascone

Candidato:

Pierfrancesco Ferrentino

matricola 0612200061

Anno Accademico 2012/2013

Ai miei genitori

Questo testo è stato stampato in proprio, in Times New Roman
La data prevista per la discussione della tesi è il 21/06/13
Fisciano, 11/06/13

Sommario

Sommario I

Indice delle figure III

Indice delle tabelle VII

Introduzione 1

1.1 Scambio di calore _____ 2

1.1.1 Irraggiamento delle matrici alimentari [1] 4

1.2 Stato dell'arte _____ 4

1.3 Obiettivi _____ 7

Apparecchiature, materiali e metodi 9

2.1 Apparecchiature _____ 10

2.1.1 Forno 10

2.1.2 Lettore di flusso 11

2.1.3 Texture analyzer 12

2.1.4 Analizzatore di umidità 13

2.2 Materiali _____ 14

2.3 Metodi _____ 14

2.3.1 Lettura del flusso termico e della temperatura 14

2.3.2 Test con pane 15

2.3.3 Prove meccaniche di compressione 16

2.3.4 Analisi gravimetriche 17

2.3.5 Calcolo del fattore di vista 18

Risultati e discussione 19

3.1 Flusso termico netto e temperatura _____ 20

3.1.1 Variazione nel tempo del flusso di calore netto e della temperatura: livello 1 20

3.1.2 Variazione nel tempo del flusso di calore netto e della temperatura: livello 2 24

3.1.3 Variazione nel tempo del flusso di calore netto e della temperatura: livello 3 29

3.2 Valutazione del fattore di vista_____ 42

3.3 Effetto del riscaldamento sul pane _____ 45

3.4 Valutazione della crosta _____ 47

3.4.1 Valutazione crosta livello 1 47

3.4.2 Valutazione crosta livello 2 52

3.4.3 Valutazione crosta livello 3 56

3.5 Modellazione del flusso termico _____ 59

Conclusioni 63

4.1 Conclusioni e sviluppi futuri _____ 64

4.1.1 Sviluppi futuri 65

Bibliografia 67

Ringraziamenti 69

Indice delle figure

Figura 1. Forno DeLonghi mod. Combi Silver LT20 10
Figura 2.Griglia utilizzata per gli esperimenti 11
Figura 3.Sensore HFS-4 collegato al lettore DP41-3 12
Figura 4. TA.XT PLUS della ENCO collegato al softwear Texture Exponent 12
Figura 5-Analizzatore di umidità OHAUS 13
Figura 6. Rappresentazione della divisione della griglia 14
Figura 7. Rappresentazione schematica di settori e livelli. 15
Figura 8.Schema compressione pane 16
Figura 9. Esempio di risultato ottenuto dall'analisi texture 17
Figura 10. Schema fattore di vista[6] 18
Figura 11. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area A1 e a destra dell'area A2 del livello 1 20
Figura 12. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area A3 e a destra dell'area A4 del livello 1 21
Figura 13. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area B1 e a destra dell'area B2 del livello 1 21
Figura 14. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area B3 e a destra dell'area B4del livello 1 22
Figura 15. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area C1 e a destra dell'area C2 del livello 1 22
Figura 16. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area C3 e a destra dell'area C4 del livello 1 23
Figura 17. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area D1 e a destra dell'area D2 del livello 1 23
Figura 18. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area D3 e a destra dell'area D4 del livello 1 24

Figura 19. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area A1 e a destra dell'area A2 del livello 2 24

Figura 20. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area A3 e a destra dell'area A4 del livello 2 25

Figura 21. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area B1 e a destra dell'area B2 del livello 2 25

Figura 22. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area B3 e a destra dell'area B4 del livello 2 26

Figura 23. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area C1 e a destra dell'area C2 del livello 2 26

Figura 24. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area C3 e a destra dell'area C4 del livello 2 27

Figura 25. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area D1 e a destra dell'area D2 del livello 2 27

Figura 26. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area D3 e a destra dell'area D4 del livello 2 28

Figura 27. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area A1 e a destra dell'area A2 del livello 3 29

Figura 28. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area A3 e a destra dell'area A4 del livello 3 29

Figura 29. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area B1 e a destra dell'area B2 del livello 3 30

Figura 30. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area B3 e a destra dell'area B4 del livello 3 30

Figura 31. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area C1 e a destra dell'area C2 del livello 3 31

Figura 32. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area C3 e a destra dell'area C4 del livello 3 31

Figura 33. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area D1 e a destra dell'area D2 del livello 3 32

Figura 34. Flusso di calore netto (■) e temperatura (●); a sinistra sono riportati gli andamenti l'area D3 e a destra dell'area D4 del livello 3 32

Figura 35. Flusso netto e temperatura allo stato stazionario 33

Figura 36. Livello 1, flusso termico al tempo di 5 minuti 37

Figura 37. Livello 2, flusso termico al tempo di 5 minuti 38

Figura 38. Livello 3, flusso termico al tempo di 5 minuti 39

Figura 39. Livello 1, temperatura rilevata dopo 5 minuti. 40

Figura 40. Livello 2, temperatura rilevata dopo 5 minuti. 41

Figura 41. Livello 3, temperatura rilevata dopo 5 minuti. 41

Figura 42. Fattori di vista al livello 1 42

Figura 43. Fattori di vista al livello 2 43

Figura 44. Fattori di vista al livello 3 44

Figura 45.Pane al livello1 all'uscita dal forno 46

Figura 46.Pane al livello2 all'uscita dal forno 46

Figura 47.Pane al livello3 all'uscita dal forno 47

Figura 48. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 1, in alto a destra..... 47

Figura 49. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 1, in alto a sinistra..... 48

Figura 50. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 1, al centro. 49

Figura 51. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 1, in basso a destra. 49

Figura 52. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 1, in basso a sinistra. 50

Figura 53. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 2, in alto a destra..... 52

Figura 54. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 2, in alto a sinistra..... 52

Figura 55. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 2, al centro. 53

Figura 56. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 2, in basso a destra. 53

Figura 57. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 2, in basso a sinistra. 54

Figura 58. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 3, in alto a destra..... 56

Figura 59. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 3, in alto a sinistra..... 56

Figura 60. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 3, al centro. 57

Figura 61. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 3, in basso a destra. 57

Figura 62. Forza di penetrazione contro lo spostamento della punta, Livello 3, in basso a sinistra. 58

Figura 63. Flusso modellato vs flusso sperimentale 60
Figura 64. Flusso modellato corretto vs flusso sperimentale 62

Indice delle tabelle

Tabella 1. Vantaggi e svantaggi dell'uso dei raggi infrarossi. 5

Tabella 2 Parametri misurati dall'analisi dei profili tramite texture 6

Tabella 3. Valori di flusso di calore netto e temperatura registrati dopo 5 minuti per il livello 1 34

Tabella 4. Valori di flusso di calore netto e temperatura registrati dopo 5 minuti per il livello 2 35

Tabella 5. Valori di flusso di calore netto e temperatura registrati dopo 5 minuti per il livello 3 36

Tabella 6. Confronto tra flusso termico netto e fattore di vista 45

Tabella 7. Risultati dell'analisi texture per il livello 1 51

Tabella 8. Risultati dell'analisi texture per il livello 2 55

Tabella 9. Risultati dell'analisi texture per il livello 3 59

Bibliografia

1. Ginzburg A.S., Application of infra-red radiation in food processing, C.R.C. Press Cleveland (1969)
2. A.K. Datta, H. Ni, Infrared and hot air-assisted microwave heating of food for control of surface moisture, Journal of Food Engineering 51 (2002) 355-364
3. M. Frangipani Almeida, Modeling infrared and combination infrared-microwave heating of food in a oven, (2005)
4. K. Krishnamurthy et al, Infrared heating in food processing: an overview, Comprehensive reviews in food science and food safety, (2008)
5. A.J. Rosenthal, Food texture-measurement and perception, An aspen publication (1999)
6. W. Rohsenov et al, Handbook of heat transfer 3rd ed, McGraw-Hill (1998)

Ringraziamenti

E così, tra lo stupore generale, anche io sono arrivato alla laurea.

Battute a parte, ci tengo a ringraziare coloro che mi hanno aiutato in questo percorso, a partire dal Prof. Lamberti per la sua estrema disponibilità e pazienza e al Prof. Marra. Entrambi mi hanno non solo permesso di svolgere questo lavoro di tesi, ma anche di fare un'esperienza di vita che sono sicuro porterò sempre con me.

Grazie ai "peggiori" Sara e Felice che oltre ad appiopparmi il celeberrimo alter ego di Pierfernandello mi hanno sempre dato una mano, in particolar modo Sara che ha sempre trovato il modo giusto di motivarmi (all'urlo di:"ti sconocchio di mazzate"). Ed inoltre ancora grazie a quella gabbia di matti del lab T5a, ovviamente anche le ragazze di farmacia, (che ora, pensandoci, non so nemmeno che sigla abbia il vostro lab…comunque) che tra un venerdì anarchico, un "eravamo io er katta sergio e pio" mi hanno aiutato ad allietare le lunghe attese.

Grazie anche a tutti i miei compagni di (s)ventura in particolare Gaetano (piccolo

tannino) e Pasquale (la regina dei serpenti) per esserci sempre.

Ringrazio mia sorella per aver sabotato i miei pomeriggi di "scudetto" e obbligato a studiare e per avermi aiutato a gestire l'ansia (per quanto possibile).

E infine, un grande, enorme, gigantesco grazie va a Martina, per i sabato sera passati a studiare, per gli appunti, per i pomeriggi passati ad ascoltarmi ripetere, per i viaggi in treno, per i ritiri studio a Borgo Carillia e soprattutto per aver sempre creduto in me quando io per primo non lo facevo. Se sono riuscito a raggiungere questo obiettivo a te va un grande merito. Grazie.