

以電導度測定不同加熱方式對於水分子流動性之影響

毛賢婷、王維麒

E-mail: 9318496@mail.dyu.edu.tw

摘要

食品之水分流動性為一極重視之課題。在過去之研究中，常以各種不同形式之熱處理用於食品原料，以增加水分之流動性；然而，使用NMR定量分析水分流動性之方法較昂貴且訊號不易偵測。因此，本研究是以電導度測定經各種不同熱處理之水分流動性，並分析經熱處理後電導度、孔隙度和自由水之比率及其數學模式之建立。將新鮮馬鈴薯與紅蘿蔔之兩樣本切成圓柱體，(厚1公分，直徑2.5公分)，分別施以水浴、微波及電阻之熱處理，設定溫度為50、80。分析樣本經熱處理後之電導度、孔隙度變化、電解質(灰分)含量及其自由水增加之比率，以統計方法計算其顯著差異，並觀察其物理性質之變化。結果顯示，樣本經各種不同熱處理後電導度數值均大幅增加，其中馬鈴薯樣本由0.0032(未處理)(S/m)增加至0.0800(S/m)；而紅蘿蔔樣本亦由0.0027(未處理)(S/m)增加至0.0749(S/m)，很明顯的，溫度愈高電導度之上升幅度愈大，亦使得水分流動性之增加。經傳統水浴處理樣本數值最高且上升幅度最大，其原因為加熱時程較長所致。樣本經熱處理後電解質(灰分)含量並無顯著差異，而孔隙度變化分別由馬鈴薯(未處理)0.2613增加至0.5557；紅蘿蔔(未處理)則由0.1649增加至0.2166。樣本經電阻處理後造成細胞組織結構崩塌之程度較大，溫度愈高其孔隙度變化亦愈大。將上述之變數作一數學模式關係分析，結果發現，電導度數值之增加除孔隙度上升外，亦包含束縛水轉變為自由水之比率。經由模式分析結果即明顯發現，本研究是以電導度為工具，其快速、簡便測定樣本之水分流動性，對於未來發展有相當大之助益。

關鍵詞：水分流動性；自由水；電導度

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.. iii	中文摘要 iv	英文摘要 vi	誌謝 viii	目錄 ix	圖目錄 xi	表目錄 xiii	第一章 緒論 1	第二章 文獻回顧 3																															
2.1 水之性質與結構 3	2.2 水存在於食品中之狀態 6	2.3 水分之流動性 9	2.4 傳統之傳導或對流加熱 13	2.5 微波加熱技術 14	2.6 電阻加熱技術 15	2.7 水分流動性之定性與定量分析 20	2.8 電導度定量分析之應用 24	第三章 研究方法 29																															
3.1 實驗材料 29	3.2 實驗加熱設備 29	3.3 分析測定設備 31	3.4 實驗方法 .31	3.4.1 樣本熱處理 31	3.4.2 電導度測定 32	3.4.3 單分子層水含量測定 33	3.4.4 電解質測定 37	3.4.5 孔隙度測定 37	3.4.6 含水量測定 38	3.4.7 自由水含量變化之測定 39	3.5 電子顯微鏡 40	3.6 水分子流動性與自由增加之比率 41	第四章 結果與討論 44																										
4.1 以不同熱處理之效應對樣本水分流動性影響之探討 44	4.4.1 含水量、單分子層水含量與自由水比率 44	4.4.2 電解質(灰分)含量、孔隙度與電導度數值之變化 47	4.2 掃描式電子顯微鏡圖之觀察 57	4.3 水分流動性模式之建立與分析 63	第五章 總結與未來方向 69	5.1 總結 69	5.2 未來發展方向 70	參考文獻 72	圖目錄 頁次	圖 2-1水之位能 4	圖 2-2液態中具氫鍵鍵結之分子簇及未鍵結分子之模型 5	圖 2-3食品等溫吸濕曲線 10	圖 2-4生鮮樣品經過50 預熱處理之等溫脫濕曲線(馬鈴薯) 12	圖 2-5電阻加熱示意圖 18	圖 2-6電阻加熱食品之電路示意圖 19	圖 2-7蔬果經短暫熱處理產生水活性之改變 22	圖 2-8 (a)未經微波-真空乾燥預處理之蘋果細胞組織 23 (b)經微波-真空乾燥預處理之蘋果細胞組織 23	圖 2-9質核於馬鈴薯澱粉懸浮液之線寬對溫度之關係圖 25	圖 2-10利用核磁共振所測得三個不同區域水分子之流動狀態 26	圖 3-1固定樣品容器電導度裝置 34	圖 3-2 掃描式電子顯微鏡(SEM)試樣製作之流程圖 42	圖 4-1 水浴加熱後樣本之孔隙度、自由水比率與電導度之變化(a.馬鈴薯,b.紅蘿蔔) 53	圖 4-2 微波加熱後樣本之孔隙度、自由水比率與電導度之變化(a.馬鈴薯,b.紅蘿蔔) .55	圖 4-3 電阻加熱後樣本之孔隙度、自由水比率與電導度之變化(a.馬鈴薯,b.紅蘿蔔) .58	圖(續) 4-4 掃描式電子顯微鏡圖 .59	圖 4-5 掃描式電子顯微鏡圖(紅蘿蔔) ...61	圖(續) 4-5 掃描式電子顯微鏡圖 ...62	圖 4-6孔隙度與自由水比率之迴歸分析圖(a)馬鈴薯(b)紅蘿蔔 ...64	圖 4-7 自由水比率與電導度變化之迴歸分析圖(a)馬鈴薯(b)紅蘿蔔 ...66	圖 4-8 孔隙度與電導度變化之迴歸分析圖(a)馬鈴薯(b)紅蘿蔔.67	表目錄 頁次	表 2-1 電阻加熱技術之發展應用 21	表 3-1 各種飽和鹽類溶液於室溫下之平衡相對濕度.....35	表 4-1 不同熱處理後樣本之含水量、單分子層水含量與自由水比率*(馬鈴薯) 45	表 4-2 不同熱處理後樣本之含水量、單分子層水含量與自由水比率*(紅蘿蔔) 46	表 4-3 不同熱處理後馬鈴薯與紅蘿蔔樣本之束縛水轉變為自由水之比率 48	表 4-4 不同熱處理之加熱時間 .49	表 4-5 不同熱處理後樣本之電解質含量(灰分)、孔隙度與電導度之變化*(馬鈴薯) 50	表 4-6 不同熱處理後樣本之電解質含量(灰分)、孔隙度與電導度之變

參考文獻

1. 王維麒 (1999) 電阻加熱技術之原理及影響因子。食品工業31 (2): 8-14。
2. 王前輝 (2000) 發展電導法快速檢測奶品抗生素殘留量。中國文化大學應用化學研究所碩士論文。
3. 李敏雄 (1996) 水。食品化學, p.20-25, 台北, 台灣。
4. 洪玉梅 (1994) 蜂王漿在儲存過程中物化

性質的變化與品質分級之建立。大葉大學食品工程研究所碩士論文。 5. 梁堯豐 (1999) 微波加熱在工業方面之應用。食品工業月刊, 31 (4):1~7。 6. 陳仲仁 (1999) 微波加熱原理、構造、應用與研究。食品工業月刊, 31 (7):31-41。 7. 野村孝一、中溝公明、中島正利、根康伸、松本清及?島豐 (1981)。電導測定法?基礎?置?柑橘果汁中?糖含量測定法。日食工誌, 28:381-386。 8. 楊炳輝 (1995) 電阻式加熱技術在食品加工的應用。食品工業27 (10): 13-17。 9. 蘇文君 (2001) 以微波預熱增進蔬果滲透脫水乾燥效率之研究。碩士論文, 大葉大學, 彰化, 台灣。 10. Anderson, A. K. and Finkelstein, R. (1919) A study of electropure process of treating milk. J. Dairy Sci. 2: 374-406。 11. Biss, C. H., Coombes, S. A. and Skudder, P. J. (1989) The development and application of ohmic heating for the continuous processing of particulate foodstuffs. In "Process Engineering in the Food Industry." Eds. R.W. Field and J. A. Howell. Elsevier Applied Science Publishers, Essex, England。 12. Brown, R.H. and Perry, J.S. (1966) The electrical properties of apple and potatoes. Paper NO. 66-336. ASAE, St. Joseph. Mich. 13. Cancalon, P.F. and Bryan, C.R. (1993) Use of capillary electrophoresis for monitoring citrus juice composition. J. Chrom. A. 652:555-561。 14. Caurie, M. (1981) Derivation of full range moisture sorption isotherms. in: Water Activity: Influences on Food Quality, L. B. Rockland and G. F. Stewart (Ed.), p. 63-87. Academic Press, New York。 15. Curnutte, B. (1980) Principles of microwave radiation. J. Food Protection. 43: 618。 16. de Alwis, A.A.P. and Fryer, P.J. (1990) The use of direct resistance heating in the food industry. J. Food Eng. 11:3-27。 17. Eisenberg, D. and Kauzmann, W. (1969) Models for liquid water. Ch. 5 in The Structure and Properties of Water, D. Eisenberg and W. Kauzmann (Ed.), p. 254-267. Oxford University Press, Oxford。 18. Erle, U. and Schubert, H. (2001) Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and straw-berries. Journal of Food Engineering, 49:193-199。 19. Fennema, O. R. (1985) Water and ice. Ch. 2 in Food Chemistry, 2nd ed., O. R. Fennema (Ed.), p. 23-67. Marcel Dekker, Inc., New York。 20. Frank, H. S. and Wen, W. Y. (1957) Structural aspects of ion-solvent interaction in aqueous solutions: A suggested picture of water structure. Discuss. Faraday Soc. 24: 133-140。 21. Giese, J. (1992) Advances in microwave food processing. Food Technol. 1992(9): 118-123。 22. Jaska, E. (1971) Starch gelatinization as detected by proton magnetic resonance. Cereal Chemistry, 70, 42-47。 23. Jayarman, K. S., Gopinathan, V. K., Pitchamuthu, P. and Vijayaraghavan, P. K. (1982) The preparation of quick-cooking dehydrated vegetable by high temperature short time pneumatic drying. J. Food Technol., 17:669-678。 24. Kell, G. S. (1972) Continuum theories of liquid water. Ch. 9 in Water and Aqueous Solutions: Structure, Thermodynamics, and Transport Processes, R. A. Horne (Ed.), p. 331-376. Wiley-Interscience, New York。 25. Kesselring, J. and Smith, R. (1996) Development of a microwave clothesdryer IEEE Trans Ind Appl 32:47-50。 26. Kostaropoulos, A. E. and Saravacos, G. D. (1995) Microwave pre-treatment for sun-dried raisins. J. Food Sci., 60: 344-7。 27. Labuza, T. P. (1977) The properties of water in relationship to water binding in foods: a review. J. Food Proc. Pres. 1(2): 167-190。 28. Latreille, B and Paquin, p. (1990) Evaluation of emulsion stability by centrifugation with conductivity measurements. J. Food Sci. 55:1666-1668,1672。 29. Leung, H. K. (1981) Structure and properties of water. Cereal Foods World. 26(7): 350-352。 30. Leung, H. K. (1987) Influence of water activity on chemical reactivity. Ch. 2 in Water Activity: Theory and Applications to Food, L. B. Rockland and L. R. Beuchat (Ed.), p. 27-54. Marcel Dekker, Inc., New York。 31. Li, S., Dickinson, L. C. and Chinachoti, P. (1998) Mobility of unfreezable and freezable water in waxy corn starch by -2H and -1H NMR. J. Agri. Food Chem., 46, 62-71。 32. Marcotte, M. and Piette, J. P. G. (1998) Electrical conductivities of hydrocolloid solutions. J. Food Process Engng., 503-520。 33. McCollum, T.G. and McDonald, R.E. (1991) Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. Hort. Sci. 26:1191-1192。 34. McNeal, B.L., Oster, J.D. and Hatcher, J.T. (1970) Calculation of electrical conductivity from solution composition data as an aid to in-situ estimation of soil salinity. soil salinity. Soil Sci. 110:405-414。 35. Monotoya, M.M., De La Plaza, J.L. and Lopez-Rodriguez, V. (1994) Relationship between changes in electrical conductivity and ethylene production in avocado fruits. Lebensm-Wiss. U.-Technol. 27:482-486。 36. Parrot, D. L. (1992) Use of ohmic heating for aseptic processing of food particulates. Food Tech., 46 (12): 68-72。 37. Peleg, M. (1985) The role of water in the rheology of hygroscopic food powders. in Properties of Water in Foods, D. Simatos and J. L. Multon (Ed.), p. 393-404. Martinus Nijhoff: Dordrecht, Netherlands。 38. Saravacos, G. D., Marousis, S. N. and Raouzeos, G. S. (1988) Effect of ethyl oleate on the rate of air-drying of foods. J. Food Engng., 7, 263-5。 39. Schrupf E and Charley H (1975) Texture of broccoli and carrots cooked by microwave energy. J. Food Sci., 40:1025-1029。 40. Sefa-Dedeh, S. and Stanley, D. W. (1979) Textural implications of the microstructure of legumes. Food Technol., 33, 77-83。 41. Stevenson, N.D. and Daniels, J. (1971) Screening methods for large clonal populations of sugar cane. Int. Sugar J. 73 (870):163-166。 42. Thuery, J. (1992) Microwave: Industrial, Scientific, and Medical Applications. Artech House. Boston, USA。 43. Urbanski, G. E., Wei, L. S., Nelson, A. I. and Steinberg, M. P. (1982) Effect of solutes on rheology of soy flour and its components. J. Food Sci. 47: 792-795, 799。 44. Urbanski, G. E., Wei, L. S., Nelson, A. I. and Steinberg, M. P. (1983) Rheology models for pseudoplastic soy systems based on water binding. J. Food Sci. 48: 1436-1439。 45. Vittadini, E., Dickinson, L. C. and Chinachoti, P. (2001) -1H and -2H NMR mobility in cellulose. Carbohydr. Polym., 46, 49-57。 46. Wang, W. C. (1995) Ohmic heating of food: physical properties and applications. Ph. D. Dissertation, The Ohio State University, Columbus, OH。 47. Wang, W. C. and Sastry, S. K. (1997a) Starch gelatinization in ohmic heating. Journal of Food Engineering, 34:225-242。 48. Wang, W.-C. and Sastry, S. K. (2000). Effects of thermal and electrothermal pretreatments on hot air drying rate of vegetable tissue. J. Food Proc. Engng., 23, 299-319。 49. Wang, W.-C. and Sastry, S. K. (2002). Effect of moderate electrothermal treatments on juice yield from cellular tissue. Innovative Food Science and Emerging Technologies., 3, 371-377。 50. Yang, W. H., and Cenkowski, S. (1993). Diffusion of sugar in microwave denatured sugar beet tissues. Trans. A.S.A.E., 36, 1185-8。 51. Zhang, Z. (1988) Fundamentals of microwave heating technology. Electronic Industry Publishers, Beijing, China。