

Study on the Water Absorption Properties and Kinetics of Black Rice

紫米吸水特性及其動力學之研究

Hsiu-Yu Chen¹⁾ Yu-Ze Tsai²⁾ Po-Yuan Chiang³⁾

陳琇瑜

蔡侑志

江伯源

Abstract

Black rice is widely preferred by consumers because of its dark purple (red) color and abundant amounts of nutrients and special flavor and odor. Soaking is an important step in the processing of rice products. This study examines the effects of soaking temperature (30, 40, 50 and 60 °C) on the water absorption properties of black rice and the estimation of its kinetic properties. The research results showed that there was an increasing trend in the rate of water absorption of black rice along with an increase in soaking time and temperature. The increase of the temperatures can increase the rate of water absorption from 30 °C, 7.30×10^{-3} (min⁻¹)

to 60 °C, 4.2×10^{-2} (min⁻¹) ($r^2 > 0.98$). The activation energy was 47.08 kJ/mole. Moreover, there was an increasing trend in the rate of solid loss along with an increase in the temperatures and time. There was a decreasing trend in the hardness of the rice particles. The research results showed that the relationship between water absorption of black rice and soaking temperatures and time was found to be $t = 2 \times 10^6 T^{-2.517}$ (t: soaking time, T: soaking temperature) ($r^2 = 0.98$). This temperature can be used to calculate the soaking time at different soaking time.

Key words: Black rice, Soaking, Water absorption, Activation energy

1) Undergraduate, Department of Food Science and Biotechnology, National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C. 國立中興大學食品暨應用生物科技學系專題生。

2) Kaohsiung City Government Public Health Bureau, Taiwan, R.O.C. 高雄市政府衛生局。

3) Associate Professor, Department of Food Science and Biotechnology, National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C., Corresponding Author. E-mail: pychiang@nchu.edu.tw
國立中興大學食品暨應用生物科技學系副教授，通訊作者。

摘要

紫米外觀呈誘人紫黑(紅)色, 富含豐富營養及特殊香氣、風味, 深受消費者喜歡。浸漬是米食加工之重要步驟, 本實驗探討浸漬溫度(30、40、50、60°C)對紫米吸水特性影響及評估其吸水動力學, 實驗結果如下: 紫米之吸水率隨浸漬時間延長及溫度提高呈增加趨勢, 提高溫度能增加吸水速率常數, 由 30°C、 $7.30 \times 10^{-3} \text{ (min}^{-1}\text{)}$ 提高至 60°C、 $4.2 \times 10^{-2} \text{ (min}^{-1}\text{)}$ ($r^2 > 0.98$), 其吸水活化能為 47.08 kJ/mole。另固形物溶出率隨溫度提高及時間延長呈增加變化, 米粒硬度則呈下降趨勢。實驗結果可求出浸漬過程中, 水分的吸收在浸漬時間及溫度呈一函數關係: $t = 2 \times 10^6 T^{-2.517}$ (t : 浸漬時間; T : 浸漬溫度) ($r^2 = 0.98$) 可供推算紫米在不同溫度浸漬時, 所需之浸漬時間。

關鍵詞: 紫米、浸漬、吸水率、活化能

前言

紫米 (Black rice), 外觀呈紫黑(紅)色, 其色素層主要分佈於穎果皮 (pericarp) 或種皮 (seed coat)^(13, 23), cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 為重要組成成分⁽⁵⁾。紫米之碾白 (milling) 大多以去除稻殼呈糙米 (brown rice), 除了胚芽 (embryo)、米糠層 (bran), 主要為胚乳 (endosperm), 其營養價值較一般白米高, 如蛋白質、必須胺基酸、維生素 B₁、鐵、鋅、錳、磷等礦物質^(11, 25, 28), 另有特殊香氣, 深受亞洲許多國家, 如中國、台灣、日本、越南等國家之消費者喜歡。Hu *et al.*⁽¹²⁾發

現紫米中花青素可以預防 DNA 被氧化。另許多研究指出, 紅米及黑米之米糠層均可抑制兔子粥狀動脈硬化症 (atherosclerotic plaque)^(16, 27)。米糠內含有 tocotrienol 具抗氧化及抗發炎功能⁽²¹⁾, 米糠之水抽出物可降低人體血糖過多症 (hyperglycemia), 米糠纖維可降低人體脂肪過多症 (hyperlipidemia)⁽²²⁾。紫米成為近年美食、營養重要研究之素材, 在亞洲許多國家常供各式米食製品如: 紫米飯、飯糰、壽司、各式甜點、紫米粥以及即時沖泡粉之主、副原料。由於紫米外表仍有米糠層及糊粉層, 在烹煮、研磨前需長時間之浸漬處理, 才能使其達到吸水、研磨及促進熱傳之效果; 浸漬可去除豆類妨礙風味之植酸 (phytate)、單寧 (tannin)、亞麻苦苷 (linamarin) 等成分, 並可減少引起腸胃脹氣的寡糖含量, 如 raffinose 及 starchyose^(14, 15)。在浸漬過程中, 浸漬溫度及時間為重要控制因子, 水分會滲入米心 (rice kernel), 許多成分如: 可溶性蛋白質、醣類及非澱粉結合之脂類 (non-starch bound lipid) 會被溶出^(9, 10, 17)。另水分之吸收會提高 wheat kernel 之柔軟度 (softness) 及減少破損澱粉 (damaged starch) 發生⁽²⁰⁾。

本實驗擬探討浸漬溫度對紫米吸水率之影響, 並利用 Nakamura *et al.*⁽¹⁸⁾及 Nissreen and Brin⁽¹⁹⁾之方法評估紫米之吸水動力學 (平衡吸水率、吸水常數、活化能), 希盼能探討浸漬溫度對浸漬時間相關性, 並擬利用平衡吸水率推算兩者之函數關係, 以供米食業者利用浸漬溫度推算浸漬達到吸水平衡所需時間、製程控制及品質改進之參考。

材料與方法

一、材料

紫米(屬秈糯品種)·購自彰化縣溪洲鄉振順碾米廠(2009年)·精選判並分裝密封(1公斤/包)·置於4°C冷藏庫備用。

二、試驗方法

(一) 吸水率 (Percentage of water absorption)

依 Sambudi and Bickle⁽²⁴⁾方法改良測定·將10g重之紫米(W1)置於150ml燒杯中·加入100ml蒸餾水·分別置於30、40、50、60°C水浴中·依不同浸漬時間·測定其浸漬後紫米重(W2)·並計算吸水率。

$$\text{吸水率 (\%)} = (W2 - W1) / W1 \times 100\%$$

(二) 固形物溶出率 (Percentage of solid loss)

取不同浸漬時間、溫度浸漬處理之浸漬液10g(W1)·於105°C烘箱內乾燥至恆重(W2)·計算紫米浸漬後固形物之溶出率。

$$\text{固形物溶出率 (\%)} = (W2 / W1) \times 100\%$$

(三) 硬度 (Hardness)

依宋等⁽²⁾方法改良測定將不同浸漬處理之紫米樣品·以物性測定儀(TA-XT2 Texture Analyzer)測米粒硬度·接上直徑4.5cm之圓柱形測試接頭進行壓縮試驗(Compression test)·測定條件(Test Mode and Option)以Measure Force in Compression為設定值·探頭測定完設定自動回復原位(Return to Start)·測定前探頭速度(Pre Test Speed)設定為0.5mm/s·測定時探頭速度(Test Speed)設定為0.5mm/s·測定完探頭回復原位速度(Post Test

Speed)設定為10.0mm/s·壓縮變形率(Strain)設定為70%·起動力(Trigger force)設定為Auto-5g·每個樣品測10次·求其平均值。

(四) 活化能 (Activation energy)

將紫米吸水率變化利用 Nakamura 及 Nissreen and Mckenna 之方法·計算其吸水速率及活化能·其公式推倒如下：

$$dW/dt = k(Wm - Wt) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

其中 k = 吸水速率常數 (min^{-1}) ; Wt = 紫米浸漬 t 時的平均水分含量 (% d.b.) ; Wm = 紫米浸漬平衡或飽和時的水分含量 (% d.b.) ; t = 浸漬時間。

將方程式①兩邊積分·可得方程式②或③：

$$\ln[(Wm - Wo)/(Wm - Wt)] = k \times t \dots \textcircled{2}$$

$$Wt = Wm - (Wm - Wo)e^{-kt} \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

Wo : 紫米最初含水量 ($t = 0$)

由方程式②·紫米在恆定水溫下進行吸水時·可利用 $\ln[(Wm - Wo)/(Wm - Wt)]$ 對時間作圖·可求得一直線方程式·並可得斜率 k 值(吸水速率常數)·另探討吸水速率常數(k)和浸漬溫度(T)兩者之相關性·可利用 Arrhenius law 方程式④求得：

$$k = A \times e^{-Ea/RT} \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

將方程式④取對數得到方程式⑤：

$$\ln k = \ln A - (Ea/R)(1/T) \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

A : 常數

Ea : 活化能 (kJ/mole)

R : 理想氣體常數 (8.314 J mole⁻¹ K⁻¹)

T : 絕對溫度 (K)

由方程式④中發現·將吸水速率常數($\ln k$)與溫度倒數($1/T$)以線性迴歸分析可計算

出活化能 (Ea) · 以供作浸漬溫度對物性因子影響及縮短浸漬時間之評估參考。

(五) 統計分析

實驗所得均使用統計分析系統 (Statistic Analysis System, SAS) 之變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 程序作 Duncan's Multiple Range Test (DMRT) · 再依其平均值作差異性分析；並利用 Nakamura 等人及 Nissreen 和 Mckenna 之方法 · 求出動力方程式及活化能之迴歸分析。

結果與討論

一、浸漬處理對吸水率之影響

紫米在不同浸漬溫度及時間之吸水率變化結果如圖 1 · 紫米之吸水率隨浸漬溫度提高及

時間延長均呈增加之趨勢 ($r^2 = 0.99$) ；30°C 浸漬 5 min 吸水率 11.83 % · 60 min 吸水率 26.47 % · 100 min 吸水率 30.67 % · 600 min 達到平衡吸水率 42.30 % ；40°C 浸漬 5 min 吸水率 16.5 % · 60 min 吸水率 32.20 % · 300 min 達到平衡吸水率 43.13 % 。隨浸漬溫度提高 · 達到平衡吸水率之時間會呈縮短變化 · 50°C · 200 min · 60°C · 100 min 均達到平衡吸水率 (43 %) 。浸漬溫度提高會使浸漬水之滲透壓提升 · 致使吸水率加速提升⁽¹⁰⁾。豆類浸漬處理時也有相同變化發生^(4, 19)。許多研究指出一般精白米在 60~120 min 浸漬可達到平衡吸水率^(3, 10) · 紫米外表因色素及穎果皮層妨礙吸水 · 以至達到吸水平衡時間較長 · 此實驗結果與 Thakur and Gupta⁽²⁶⁾ 進行糙米 (brown rice) 浸漬吸水率有相似結果。

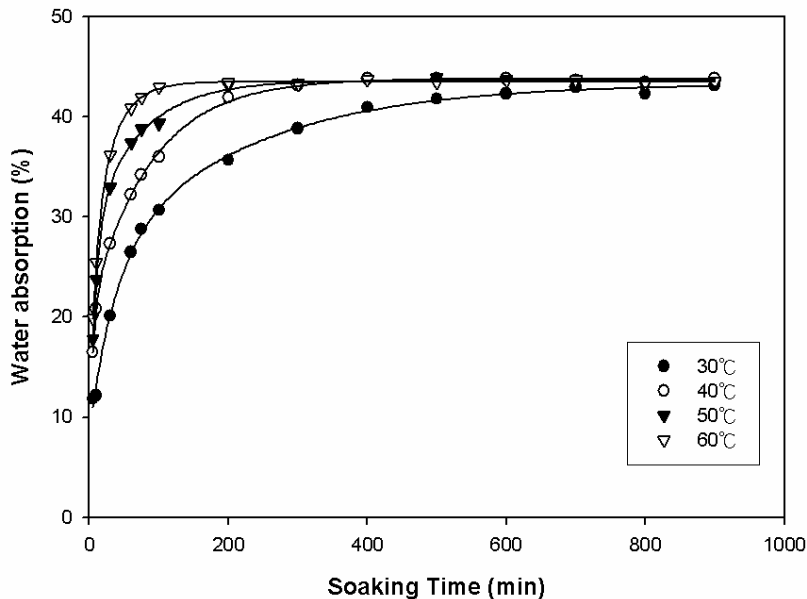


圖 1. 紫米在不同浸漬溫度及時間之吸水率變化

Fig. 1. Water absorption of black rice during hydration at different temperatures.

二、浸漬處理對固形物滲出率之影響

紫米在浸漬過程中，固形物溶出率隨浸漬時間延長呈增加變化；另亦隨浸漬溫度提高，固形物溶出率隨之增加 ($r^2 > 0.98$) (圖 2)。30°C 浸漬 5 min，固形物溶出率為 0.021 %，100 min、0.082 %，600 min 達到 0.138 %；40°C 浸漬 100 min、0.099 %，600 min、0.159 %；50°C 及 60°C 浸漬 100 min 及 600 min，固形物溶出率分別為 0.113 及 0.1536 %，0.227 及 0.290 %。米粒在浸漬過程中，會因水分之滲入組織、間隙中，同時使部分可溶性成分亦容易被溶出，米粒浸漬溫度如超過 63.5°C，易因米粒進行糊化，使米粒結構改變，吸收更多水分，亦同時使固形物溶出率提升⁽⁶⁾。豆類在浸漬過程中，其總固形物、含氮化合物、總糖、寡糖、鈣、鎂離子及水溶性纖維素 B₁、B₂ 及 niacin 均

呈增加情形^(4,15)。

三、浸漬處理對硬度之影響

紫米在浸漬過程中，水分會滲入組織中，因澱粉吸水產生膨潤 (swelling)，致使吸水率上升，並使米粒之硬度呈軟化^(7, 8)，以 30°C 浸漬 5 min，米粒硬度降為 83.17 %，60 min、75.49 %，300 min 達到 65.25 %；隨浸漬溫度提高，米粒硬度會下降較快速，且降低程度更多，40°C 浸 60 min，50°C 浸 30 min，硬度可下降至 64.55 及 62.10 % (圖 3)，葉等⁽⁶⁾指出提高浸漬溫度高於 63.5°C，其會因澱粉顆粒提高吸水率，並使之糊化，使米粒硬度明顯軟化、下降。另因浸漬水分滲透，易使米粒之粗蛋白、脂質及水溶性成分溶出⁽¹⁰⁾，使浸漬液可溶性固形物提高。

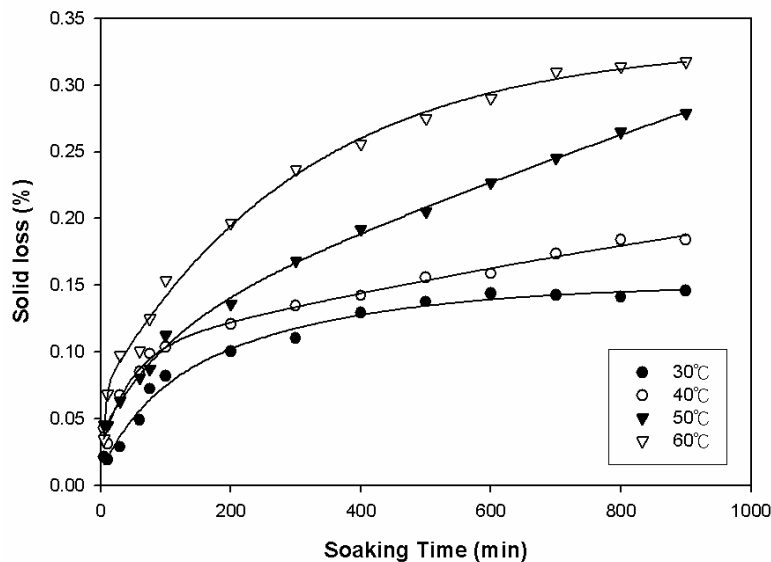


圖 2. 紫米在不同浸漬溫度及時間之固形物溶出率變化

Fig. 2. Effects of soaking time on the solid loss of black rice.

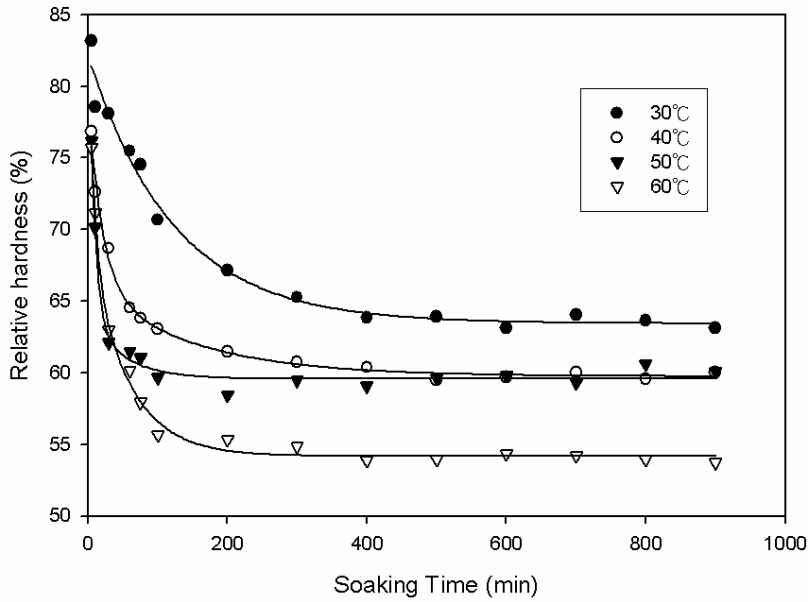


圖 3. 紫米在不同浸漬溫度及時間之相對硬度之變化

Fig. 3. Effects of soaking time on the relative hardness of black rice.

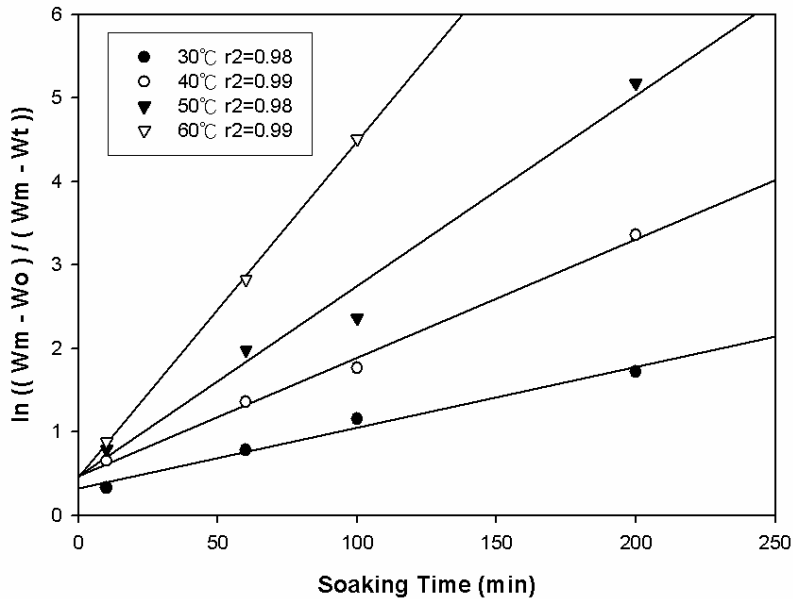


圖 4. $\ln[(W_m - W_o)/(W_m - W_t)]$ 與浸漬時間之關係

Fig. 4. The relationship between $\ln[(W_m - W_o)/(W_m - W_t)]$ and soaking time.

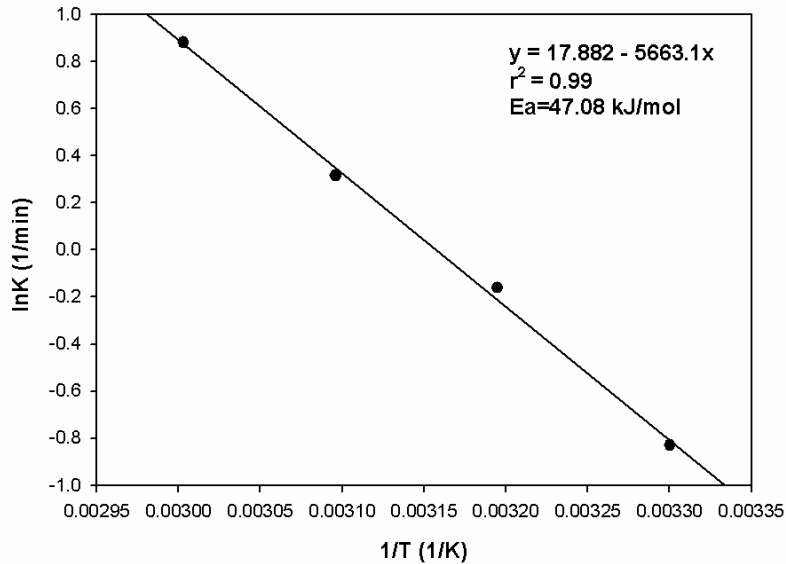


圖 5. 吸水速率常數對溫度倒數之關係

Fig. 5. Arrhenius plot of hydration rate constant versus reciprocal temperature (K^{-1}) for black rice.

四、紫米吸水動力學評估

紫米因外層之色素及穎果皮結構使其吸水速率較一般碾白米慢；隨浸漬時間延長及溫度提高，吸水率呈增加變化，本實驗擬利用 Nakamura 等人⁽¹⁸⁾提出之計算模式(式①)，由紫米浸漬前、後吸水率變化 $\ln[(Wm - Wo)/(Wm - Wt)]$ 配合浸漬時間之斜率 (k 值)，由圖 4 中可發現隨浸漬溫度之提升，其吸水速率常數斜率上升 ($r^2 > 0.98$)，此結果與 Nissreen and Brian⁽¹⁹⁾、余等⁽³⁾及林和江⁽⁴⁾之結果相似；由試驗數據中可得知提高浸漬溫度會造成吸水速率常數(k 值)增加，其對活化能之計算具重要影響性^(1, 19)。另實驗中利用不同浸漬處理得到之斜率 k 值與浸漬溫度的倒數(1/T)，利用 Arrhenius 方程式(式④)計算紫米之活化能(活

化 - 莫耳物質進行反應所需之能量)，希盼藉計算方式來了解浸漬溫度對紫米吸水特性及平衡吸水率之影響。由圖 5，可求得紫米在浸漬過程中 (30~60°C) 之活化能為 47.08 kJ/mol ($r^2 = 0.99$)。表 1 為紫米在不同浸漬溫度下之吸水特性，由表 1 可得知，以 30°C 浸漬處理，其水分平均常數 29.67%，隨浸漬溫度提升，其值呈上升變化，當 40°C 浸漬時，上升至 35.97%，50°C 39.33%，60°C 則為 42.93%。另由表 1 可得到紫米之吸水速率常數均隨浸漬溫度提升，其值均呈上升趨勢，30°C 浸漬時吸水速率常數為 $7.3 \times 10^{-3}(\text{min}^{-1})$ ，提升至 60°C 時則增加為 $4.02 \times 10^{-2}(\text{min}^{-1})$ ，其相關性均在 0.98 以上。余等⁽³⁾研究指出直鏈澱粉含量高之秈米，其內部澱粉顆粒越緻密，水分不容易滲入，其吸水速率會較緩慢，另其吸水特性可能與米粒中之蛋

白質及脂質含量有關。另實驗中利用吸水速率常數與溫度倒數進行迴歸 (式⑤)，可求得 $Y=17.882+5663.1X$ ，活化能 47.08 kJ/mol ($r^2 = 0.99$)，紫米由於外表色素及穎果皮層以致吸水速率較慢，所需活化能較糙米 (brown rice) 大 (26)。

浸漬 (soaking) 是米食加工之重要步驟，如何有效掌握浸漬溫度及時間成為米食加工業

者急需突破之技術。本試驗利用紫米平衡吸水率 40 % 時之不同浸漬溫度及時間探討兩者之相關性，得知兩者呈一函數關係 (圖 6)，並以迴歸分析，可推算出 $t = 2 \times 10^6 T^{-2.517}$ ($r^2 = 0.98$)，(t：浸漬時間；T：浸漬溫度)。本試驗結果可得知浸漬溫度可增加吸水率以及達到縮短時間之效果。

表 1. 紫米在不同浸漬溫度下之吸水特性

Table 1. Hydration characteristics of black rice at different soaking temperatures

Soaking Temp. (°C)	Equilibrium moisture content (%)	Hydration rate constant (min ⁻¹)	Regression equation $dWt/dt = \text{constant}-kWt$	r^2
30	29.67	7.30×10^{-3}	$dWt/dt = 0.3229 + 7.3 \times 10^{-3}Wt$	0.983
40	35.97	1.42×10^{-2}	$dWt/dt = 0.4692 + 1.42 \times 10^{-2}Wt$	0.995
50	39.33	2.28×10^{-2}	$dWt/dt = 0.4673 + 2.28 \times 10^{-2}Wt$	0.981
60	42.93	4.02×10^{-2}	$dWt/dt = 0.4579 + 4.02 \times 10^{-2}Wt$	0.999

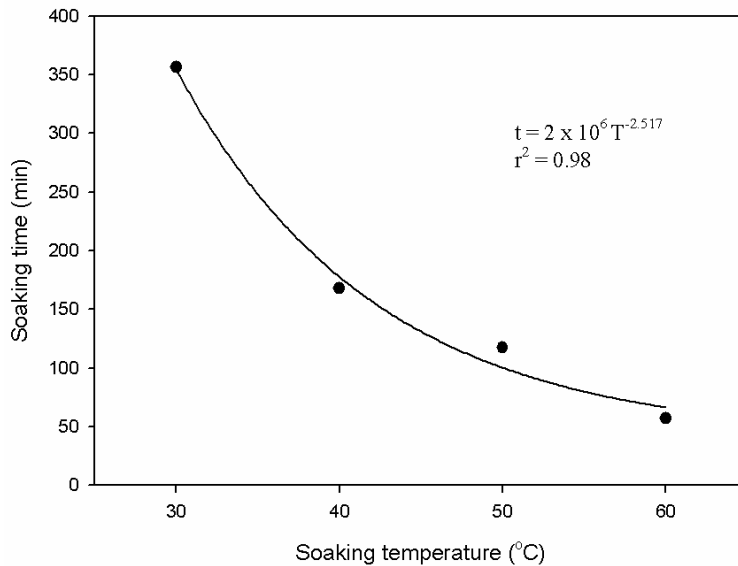


圖 6. 紫米達 40% 吸水率所需浸漬時間與溫度之關係

Fig. 6. Relationship between the soaking time when the time needed for water absorption reaches 40% and the soaking temperature.

結論

浸漬是米食加工之重要步驟，吸水率是吸水特性之指標因子，提高浸漬溫度及延長浸漬時間可增加紫米之吸水率，縮短浸漬時間；另在浸漬過程中，固形物溶出率呈上升，硬度則呈下降變化。紫米外表因富含色素及穎果皮，其活化能 47.08 kJ/mol 較碾白米高。本實驗建議利用 50°C 浸漬，可縮短浸漬平衡時間(由 400 分鐘減少至 100 分鐘)；並可利用 $t = 2 \times 10^6 T^{-2.517}$ 數學式推算紫米浸漬達到平衡所需之時間。

謝誌

本研究承蒙行政院國家科學委員會計畫【計畫編號：99-2815-C-005-012-B】之經費補助，特此致謝。

參考文獻

1. 江伯源、張心怡。2005。浸漬溫度對黃豆吸水特性及物性因子之影響。中華農學會報。6: 257-268。
2. 宋文杰、吳昆崙、宋祖瑩。2004。高吸水米加工製程技術探討。Chia-Nan annual bulletin. 30: 11-18。
3. 余世鋒、馬鶯、張海玲。2009。籼米、粳米及泰國香米吸水性質及其動力學研究。Sci. and Technol. of Food Industry, 9: 86-90。
4. 林宏昇、江伯源。2008。花豆浸漬物性及其動力學研究。台灣農業化學與食品科學。46(4-5): 213-222。
5. 施怡如、鄭統隆、曾東海、王強生。2004。有色水稻中花青素的種類及其功能探討。中華農業研究 (J. Agric. Res. China) 53: 221-228。
6. 葉安義、須文宏、沈家緒、林子清。1989。溫度對米粒吸水分之影響。食品科學。4: 319-327。
7. Bandyopadhyay, S. and C. Roy. 1978. A semi-empirical correlation for prediction of hydration characteristics of paddy during parboiling. J. of Food Technol. 13: 91-98.
8. Bhattacharya, K. R. 1985. In: Juliano, B. O., Editor., 1985. Parboiling of rice in rice chemistry and technology, AACC, Minnesota, pp. 289-348. Crank, J., 1975. The mathematics of diffusion (2nd ed.), Clarendon Press, Oxford.
9. Chen, J. J., S. Lu and C. Y. Lii. 1999. Effect of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. Cereal Chem. 76: 796-799.
10. Chiang, P. Y. and A. I. Yeh. 2002. Effect of Soaking on Wet-milling of rice. J. of Cereal Sci. 35: 85-94.
11. Ha, T. Y., S. H. Park, C. H. Lee and S. H. Lee. 1999. Chemical composition of pigmented rice varieties. Korean J. of Sci. and Technol. 31: 336-341.
12. Hu, C., J. Zawistowski, W. Ling and D. D. Kitts. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigment fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. J.

- Agric. Food Chem. 51: 5271-5277.
13. Juliano, B. O. and D. B. Bechtel. 1985. The rice grain and its gross composition. Rice Chemistry and Technology (B. O. Juliano ed.), 2nd ed., pp. 17. Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, Minn., U. S. A.
 14. Kawamura, Y., S. Hikidi, K. Maruyama, S. Uchiyama and Y. Saito. 1993. Improvement of the direct determination method of linamarin in beans and bean paste products. Eisei Kagaku, 34: 74-79.
 15. Kon, S. 1979. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. J. Food Sci., 44: 1329-1334, 1340.
 16. Ling, W. H., L. L. Wang and J. Ma. 2002. Supplementation of the black rice outer layer fraction to rabbits decreases atherosclerotic plaque formation and increases. J. Nutr. 132: 20-26.
 17. Metcalf, S. L. and D. B. Lund. 1985. Factors affecting water uptake in milled rice. J. of Food Sci. 50: 1676-1679, 1684.
 18. Nakamura, K. Kurusu and M. Nakagawa. 1979. Effect of temperature on water absorption coefficient of soybeans in soaking process. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 26: 362-364.
 19. Nissreen, A. G. and M. Brian. 1997. Hydration of kinetic of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Food Sci., 62: 520-523.
 20. Preston, K. R., R. H. Kilborn and J. E. Dexter. 1987. Effect of starch damage and water absorption on the Alveograph properties of Canadian hard red spring wheats. Cana. Institute of Food Sci. and Technol. J. 20: 75-80.
 21. Qureshi, A. A., W. A. Salser, R. Parmar and E. E. Emeson. 2001. Novel tocotrienols of rice bran inhibit atherosclerotic lesions in C57BL/6 ApoE-deficient mice. J. Nutr. 131: 2606-2618.
 22. Qureshi, A. A., S. A. Sami and F. A. Khan. 2002. Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus types I and II. J. Nutr. Biochem. 13: 175-187.
 23. Ryu, S. N., S. Z. Park and C. T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J. of Food and Drug Analysis. 6: 729-736.
 24. Sambudi, H. and K. A. Bickle. 1991. Characteristics of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) seeds during soaking and boiling. J. Sci. Food Agric., 57: 585-595.
 25. Suzuki, M., T. Kimura, K. Yamagishi, H. Shinmoto and K. Yamaki. 2004. Comparison of mineral contents in 8 cultivars of pigmented brown rice. J. of Japan Society for Food Sci. and Tech. 51:

424-427.

26. Thakur, A. Kr. and A. K. Gupta. 2006. Water absorption characteristics of paddy, brown rice and husk during soaking. *J. of Food Engineering*. 75: 252-257.
27. Xia, M., W. H. Ling, J. Ma, D. D. Kitts and J. Zawistowski. 2003. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. *J. Nutr.* 133: 744-751.
28. Zhang, M. W. and B. J. P. Guo. 2004. Genetic effect on Fe, Zn, Mn and P contents in Indica black pericarp rice and their genetic correlations with grain characteristics. *Euphytica*, 135: 315-233.

Received: July 17, 2010

Accepted: October 7, 2010



National Chung Hsing University