

膨發處理對即食薏仁粒理化性質及消費接受性評估

鍾榮才^[1] 施韋慈^[1] 江伯源^{[1]*}

摘要 薏仁含豐富營養成分，其質地堅硬、密實，需長時間浸漬及烹煮，如何縮短加工程序及達到即食化是重要研究主題。本實驗利用膨發鎗探討薏仁製備即食化穀物可行性及其物性、品質、感官品評接受性，實驗結果如下：薏仁粒之膨發率隨膨發壓力提高呈正相關($R^2 = 0.91$)，體積密度則呈負相關($R^2 = 0.95$)，受到膨發壓力及程度影響，薏仁粒色澤 a 值 (紅色度)、b 值 (黃色度) 及褐變指數(B.I.)均呈增加變化；在糊化性質中，糊化初始溫度(T_0)、糊化尖峰溫度(T_p)、熱焓值(ΔH)呈下降，糊化度在膨發壓力大於 7 kgf/cm^2 可達 100%；在感官品評分析中以 $7\sim 9 \text{ kgf/cm}^2$ 膨發處理可得到較佳之外觀、質地及整體接受性。本實驗膨發之薏仁粒可供直接食用及沖泡 (復水) 食用，在 95°C 浸泡可達到較佳之吸水性及較高固形物溶出率。

關鍵詞：薏仁、膨發、體積密度、膨發率、感官品評。

Evaluate on Physicochemical Properties and Consumer Acceptability of Ready-to-eat Adlay by Puffing Process

Rung-Tsai Jung^[1] Wei-Tzu Shih^[1] Po-Yuan Chiang^{[1]*}

ABSTRACT Adlay is rich in nutrient components and its texture is rigid and compact, so it needs long time to soak and cook. It is an important research topic how we decrease processing procedure and reach ready-to-eat. In this experiment, we use puffing gun to evaluate the feasibility, physical quality and sensory evaluation acceptance of ready-to-eat grains which is adlay processed. The experimental results were as follow: as puffing pressure increasing, the expansion ratio of adlay was positively correlated ($R^2 = 0.91$), and bulk density was negatively correlated ($R^2 = 0.95$). Because the influence of puffing pressure and level, a value, b value and B.I increased, In gelatinization properties T_0 , T_p and ΔH decreased. Degree of gelatinization reached 100% at puffing pressure bigger than 7 kg/cm^2 . In sensory evaluation, it can get better appearance, texture and overall acceptance in $7\sim 9 \text{ kgf/cm}^2$. The puffing adlay in this experiment can directly eat and brew(rehydration) to eat, and soaking in 95°C can get better property of water absorption and higher percentage of solid loss.

Key Words: Adlay, puffing, bulk density, puffing Index, sensory evaluation.

一、前言

薏仁(adlay)為禾本科一年生草本植物，富含豐富蛋白質、油脂、糖類、維生素及礦物質^[9]；(神農本草經)：薏苡味甘微寒。主治筋急拘攣不可屈伸，風濕痺，下氣。久服輕身益氣。自古一直是華人重要之食療、保健穀物，近年薏仁酯(coixenolide, $\text{C}_{38}\text{H}_{70}\text{O}_4$)抗癌抑制腫瘤^[1]，去除贅疣、抗過敏、降血糖、降血脂及誘發排卵等功效^[15,17]研究，更掀起研究薏

仁作為保健素材的熱潮，市售薏仁湯、薏仁茶、雪花片、養生醋、酒等產品，更成為消費者喜愛的商品之一，由於薏仁為薏苡去殼後之種仁，質地堅硬，須長時間之浸漬、烹煮^[3]，如何減少烹煮程序及提高其即食化多元化薏仁產品應用與開發，成為另一重要之研究課題。

即食穀物(ready-to-eat cereal)是全世界熱門、廣受消費者所喜歡，它主要先經過前處理、加工、調製配方：外觀調色、調味、組成分、營養成分及質地、口感改變，可供直

[1] 國立中興大學食品暨應用生物科技學系

Dept. of Food Science and Biotechnology, National Chung Hsing University, Taichung 40227, Taiwan.

* Corresponding Author. E-mail: pychiang@nchu.edu.tw

接食用、減少烹煮處理；常被使用之穀物原料有玉米、小麥、燕麥或稻米等^[13]。膨發型穀物(puffed cereals)常被使用於增加外觀色澤、脆感、風味^[23]及膨脹比^[22]。烘箱(Oven)及膨發鎗(puffing gun)為傳統膨發法，主要利用於全穀粒(whole grains)之膨發；擠壓法(extrusion)為濕式擠壓膨發，以穀粉(cereal flours)為主^[23]。國內亦常將膨發穀物粒：黃豆、黑豆、薏仁、燕麥、小麥等，再經磨粉，製備成沖泡穀粉。本實驗以膨發鎗為處理機器，利用密閉系統加熱形成高壓，利用瞬間洩壓以達到膨發，體積膨大效果^[18]；探討膨發壓力對薏仁粒之物性：膨發率(expansion ratio)、體積密度(bulk density)、色澤(color)、褐變度(browning index)、吸水性、固形物溶出率、質地(硬度)、糊化度及消費性感官品評，評估薏仁粒製備即食化穀物可行性及品質改進之參考。

二、材料與方法

(一) 材料：

薏仁(白)粒，購自台中市第三市場金大裕商行(2013)。原料每 2 公斤經分裝於夾鏈袋(三層)，置於 4°C 冷藏庫備用。薏仁為薏苡(Coix lacryma-jobi)籽實之種仁部分。

(二) 實驗方法

1. 膨發薏仁粒製備

實驗機具為膨發鎗，體積 3.7 公升(連成國際機械公司製，P-11，台灣)，熱源為瓦斯(瓦斯流量調控在 0.5 kgf/cm²)，實驗前先點燃火源，關閉鎗門並以馬達旋轉，直火加熱保持一段時間(約 5~6 分鐘)，預熱至爐溫 200~220°C，再關閉馬達，開啟鎗門口向上斜置至進料口，迅速置入將 400 g 薏仁原料倒入膨發鎗，緊閉鎗門使原料內的水分受到高溫高壓的影響，將其轉變為高溫高壓的熱水或高壓蒸汽，到達預定壓力後迅速開啟鎗門釋壓膨發，即為即食膨發薏仁粒，本實驗之膨發壓力為 0、3、5、7、9、11 kgf/cm²。

2. 理化性質分析

(1) 膨發指標(率)(puffing Index)

膨發指標(puffing Index)亦稱膨發率(expansion ratio)，經未膨發之原料之體積密度與膨發後樣品之體積密度之比值，參考 Hoke *et al.*^[14]方法。比值越大表示其膨發體積越大。

$$\text{Puffing index} = \frac{\text{Bulk density}_{\text{膨發前}}}{\text{Bulk density}_{\text{膨發後}}}$$

(2) 體積密度(bulk density)

參考詹^[6]實驗方法。將已知重量原料或膨發樣品中加入一定體積的油菜子(rape seed)，置於 500 ml 量筒中，輕敲至樣品高度不變，紀錄體積，實驗進行十重覆(n = 10)。

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{樣品重 (g)}}{\text{樣品體積密度 (mL)}}$$

3. 色澤分析(Color analysis)

參考詹^[6]實驗方法。以 Color meter ZE-2000 型色差計(Nippon Denshoku Co, Ltd Tokyo, Japan)測定樣品之 L、a、b 值，將每一種樣品粉末置入圓形石英皿(直徑 3 cm、高 1 cm)中，放置 30 mm 孔径載物台，以反射(reflectance)方法測定 6 重覆，其 L*值(明亮度)：100 為最亮，0 為最暗；a*值(紅色度)：正為紅，0 為灰，負為綠；b*值(黃色度)：正為黃，0 為灰，負為藍。(標準白板：X = 92.02，Y = 94.01，Z = 110.59)，參考詹^[6]方法加以修改，並由 L*，a*，b* 值計算下列數值：

(1) 褐變指標(Browning Index, BI)

$$\text{BI} = \frac{100(X - 0.31)}{0.17}$$

$$X = \frac{a^* + 1.75L^*}{5.645L^* + a^* - 3.012b^*}$$

(2) 白色度(Whiteness Index, WI)

$$\text{WI} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

4. 吸水率(percentage of water absorption)

稱取 5 g 重之不同膨發壓力之樣品顆粒(W₁)置於 500 mL 燒杯，加入 200 mL 去離子水，分別置於 25°C(室溫水為模擬無熱水)、95°C(飲水機熱水之溫度)水浴鍋中，分別以(5、10、15、20、30、60、120 min)浸漬時間之範圍，測定其浸漬後原料重(W₂)，迅速以篩網將多餘水分瀝乾(1.5 min)，並計算吸水率及物性分析，數據以三重覆實驗求得(0 min 原料小麥只經精選處理，未經浸漬過之樣品)。

$$\text{吸水率(\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

5. 固形物溶出率(Percentage of solid loss)

取不同浸漬條件之膨發樣品浸漬液 10 g (W₁)，於 105°C 烘箱內乾燥至恒重(W₂)，並計算膨發樣品浸漬後固形物之溶出率，數據以三重覆實驗求得。

$$\text{固形物溶出率(\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

6. 質地分析(texture analysis)

將膨發樣品顆粒以物性測定儀(Texture analyzer, Stable Microsystems, Model TA-XT2, England)測硬度·接上 P/35 圓筒探頭(Cykinder probe, No.P/35)進行測量·分析條件如下:

- (1) Test mode and option: Measure Force in Compression-Return to Start
- (2) Pre test speed: 5.0 mm/s
- (3) Test speed: 1 mm/s
- (4) Post test speed: 10 mm/s
- (5) Strain: 95%
- (6) Trigger force: Auto-10 g

$$\text{(Relative hardness)相對硬度(\%)} = \frac{\text{膨發樣品}}{\text{未膨發樣品}} \times 100$$

7. 糊化度(degree of gelatinization, DG)

依詹^[6]之方法加以修改·精秤不同壓力處理即食穀粉 2 mg (乾基)之樣品·至 40 μ l 低壓鋁製坩鍋(Aluminium sample pan)中·注入約 6 mg 去離子水(樣品與水的比例為 1:3)·將上蓋放入之後密封·接著利用示差掃描熱分析儀(DSC 822, Mettler-Toledo Gmdh, Analytical, Switzerland)進行 3 重複樣品糊化性質分析·條件如下:掃描溫度從 25 $^{\circ}$ C 升溫至 110 $^{\circ}$ C·升溫速率為 5 $^{\circ}$ C/min·並以空的樣品盤為對照·測定其糊化起始溫度(T_o , onset temperature)、糊化尖峰溫度(T_p , peak temperature)、糊化末溫(T_c , conclusion temperature)值、糊化熱焓(ΔH , enthalpy of gelatinization)。本實驗藉由膨發前後測其熱焓值計算其糊化度·其公式·

$$DG = \left(1 - \frac{\Delta H}{\Delta H_{\text{raw}}} \right)$$

ΔH = 糊化樣品熱焓值

ΔH_{raw} = 未糊化米穀粉熱焓值

8. 感官品評試驗(sensory evaluation)

參考詹^[6]的方法加以修改·膨發參數 7~11 kgf/cm² 穀物及其(25、95 $^{\circ}$ C)溫度浸漬飽和最佳條件之樣品·消費者測試是藉由在國立中興大農業暨自然資源學院各系網路張貼宣傳海報的方式招募品評員·招募 60 位自願參與的學生進行測試·測試地點在國立中興大學食生系教室·品評員評估即食穀物產品相關特性的接受性與強度評估·3 個樣品被均勻

分成適當大小;編入 3 碼放置於品評盤中·其評估樣品的順序是利用電腦品評軟體(XLSTAT, 2013)產生·隨後會分次遞送給品評員進行 9 分法(1 為極度不喜歡到 9 為極度喜歡)測試評估消費者的接受性(顏色喜歡程度、外觀特性喜歡程度、整體風味喜歡程度、整體質地喜歡程度、硬度喜歡程度、咀嚼感喜歡程度、餘味喜歡程度、整體喜歡程度)·品評員進行評估前需先閱讀評估方式·並要求先吃一口蘇打餅乾·然後用白開水漱口至口中沒有其它味道·降低傳遞效應(carry over effect)並且在評估每個樣品前·重複以上步驟·

9. 統計分析(statistical analysis)

將實驗數據·藉由統計分析軟體 SAS(statistical analysis system)·進行變異數分析(analysis of variance)和 Duncan 多變域分析(Duncan's Multiple Range Test, DMRT)·比較其差異顯著性·顯著水準為 $\alpha = 0.05$ ·數據圖均以 Sigmaplot 10.0 版繪製·黏著劑特性及造粒特性相關性以統計分析軟體 Statistic 10.0 版進行分析簡單相關性分析(Simple correlation matrices)·

三、結果與討論

(一) 膨發率分析

天然穀物由於含高含量澱粉、蛋白質及較低水分(8~12%)·常形成堅硬的質地及緻密之構造^[3,22]·較易進行貯存·但在加工製備上常經浸漬、烹煮、研磨等流程·以製成各種穀類加工製品·近年全世界常提倡全穀物(whole cereal grains)及即食穀物(ready-to-eat cereals)·常強調其外觀、質地、脆感及天然性^[13,24]·膨發型穀物常供早餐及休閒食品開發·膨發鎗(gun - puffing)常被應用各種具多孔性穀物產品之研發·加工;其將穀物置於密閉鎗體中·加熱使穀物胚乳水分形成高溫、高壓之蒸氣·在瞬間洩壓下·形成糊化及多孔之細緻構造^[14,21]·並造成體積(外觀)膨脹(大)·表 1 為薏仁粒膨發處理之變化·隨膨發壓力提高·薏仁粒膨發率隨之增加·以 3 kgf/cm² 膨發處理時·膨發率 1.42·7 kgf/cm² 顯著提高至 9.51($p < 0.05$)·當膨發壓力提高至 9、11 kgf/cm²·膨發率雖呈增加變化·且差異顯著·由圖 1 可觀察薏仁粒之膨發率與膨發壓力呈正相關·本實驗結果與須與黃^[5]·Mariotti 等^[22]相似·不同穀物膨發後之微細構造與物性性質與其組成分、構造有重要相關性·

(二) 體積密度分析

穀物經膨發後，外觀體積膨發(expansion)、密度(density)改變是重要品質及操作因子指標^[25]；膨發鎗在加熱過程中，穀粒內部水分會形成過熱蒸氣(superheated steam)，當瞬間洩壓時，使蒸氣掀開組成分、構造形成體積膨脹^[18]，當外觀體積膨大，其單位體積密度(bulk density)會下降；許多休閒食品(snack food)、即食早餐食品亦常擠壓加工^[10,16]、油炸(frying)、焙烤(baking)，常對外觀體積及質地口感改變，表 2 薏仁粒體積密度隨膨發壓力愈高，膨發率增加(表 1)呈下降變化。

尤以膨發壓力達 3~7 kgf/cm²時下降至 0.76, 0.38, 0.17 g/ml 最顯著(p < 0.05)。由圖 2 亦可發現膨發壓力與體積密度則負相關(R²=0.95)，在膨發過程中，穀物之水分、加熱時

間及程度會影響膨發鎗壓力、加熱時間延長、壓力亦提升，其體積膨脹效果會提升，形成組織多孔性^[12]，另當膨發壓力提高至 7 kgf/cm² 以上，薏仁粒外表水分會產生蒸發，形成較厚外壁，並由於動能減少，以致膨發率及體積密度變化較不明顯^[6]。

(三) 相對硬度分析

經精白處理之薏仁粒外表呈粗糙之觸感，質地較硬，經膨發處理時，由於其含澱粉及粗蛋白較高，受熱後容易在外部形成金黃色外殼，隨膨發壓力提高，內部呈現多孔細緻^[11,22,23]及硬脆之組織、口感^[24]。在薏仁粒相對硬度項目中，隨膨發壓力提高，其相對硬度呈遞減變化，膨發壓力 3~5

表 1 膨發壓力對薏仁粒膨發率之影響

Table 1 Expansion ratio of different adlay grains by puffing pressure

Puffing pressure (kgf/cm ²)	Expansion ratio ¹
0	1.00 ^e ±0.01
3	1.42 ^e ±0.10
5	3.21 ^d ±0.66
7	9.51 ^c ±0.08
9	11.29 ^b ±0.14
11	12.49 ^a ±0.98

¹ Each value is expressed as mean±standard deviation (n = 10)

^{a-e} Means with different letters within the same column differed significantly (p < 0.05) (n = 10)

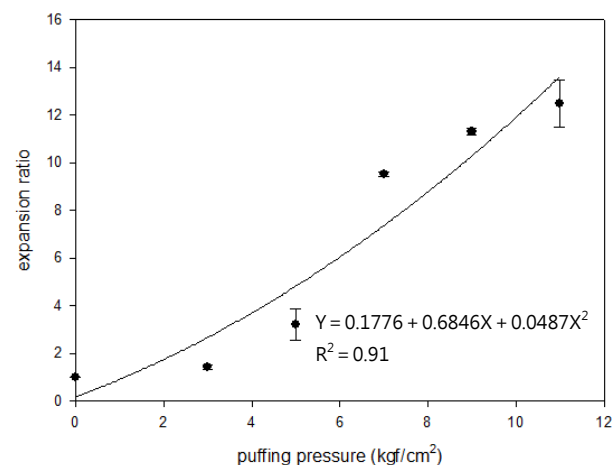


圖 1 膨發壓力對薏仁粒膨率之相關性

Fig. 1 The correlation between puffing pressure and expansion ratio of adlay

表 2 膨發壓力對薏仁粒體積密度之影響

Table 2 Bulk density of adlay grains prepared by puffing pressure

Puffing pressure (kgf/cm ²)	bulk density (g/mL) ¹
0	1.00 ^a ±0.08
3	0.76 ^b ±0.12
5	0.38 ^c ±0.12
7	0.17 ^d ±0.09
9	0.16 ^d ±0.03
11	0.16 ^d ±0.02

¹ Each value is expressed as mean±standard deviation (n = 5)

^{a-d} Means with different letters within the same column differed significantly (p < 0.05) (n = 10)

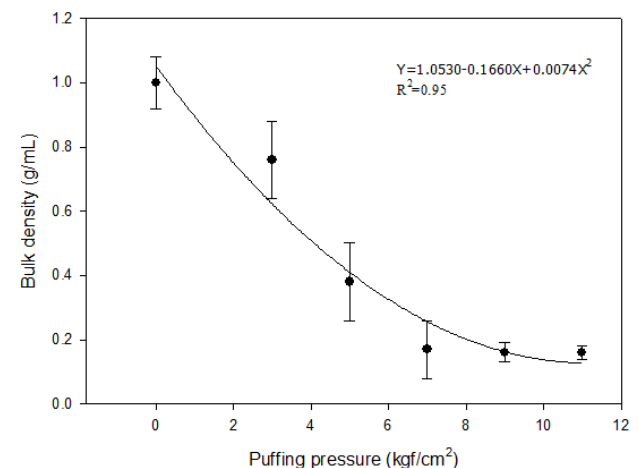


圖 2 膨發壓力對薏仁粒體積密度之相關性

Fig. 2 Bulk density of adlay grains prepared by puffing pressure

kgf/cm²·相對硬度值 91.2, 77.6%;當膨發壓力達 7 kgf/cm²以上時, 體積膨脹至較大值, 內部呈多孔性構造, 致使測定時相對硬度則下降趨勢, 分別為 37.8~24.5%, 圖 3 分析二者相關性, 兩者呈負相關($R^2 = 0.91$)。Peleg^[24]研究指出經膨發穀物會因多孔性增加消費者之脆度接受性。

(四) 色澤分析

薏仁粒色澤隨膨發壓力提高, 外觀呈金黃色, 由於薏仁粒兩端鈍圓、腹端有條深縱溝, 當膨發壓力提升時, 容易產生有深縱溝處產生外翻, 另隨體積膨大, 薏仁粒之胚乳會呈擴大情形, 將原本金黃色外殼產生裂縫、呈白色色澤, 容易造成色澤之分析發生干擾情形。未膨發薏仁粒色澤 L 值 (明亮度) 77.73、a 值 (紅色度) 1.22、b 值 (黃色度) 12.19、W.I. 值 (白色度) 74.58、B.I 值 (褐變指數) 17.84, 隨膨發

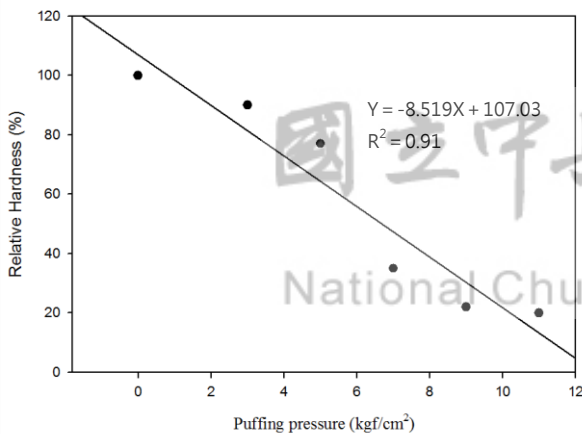


圖 3 膨發處理對薏仁粒相對硬度之影響

Fig. 3 Effect of puffing pressure on adlay relative hardness

表 3 膨發壓力對薏仁粒色澤之變化

Table 3 Color changes of puffed Adlay

Pressure (kgf/cm ²)	L*	a*	b*	W.I.	B.I.
0	77.73 ^c ±0.47	1.22 ^d ±0.05	12.14 ^{bc} ±0.13	74.58 ^{cd} ±0.04	17.84 ^c ±0.51
3	78.65 ^{bc} ±0.58	1.97 ^d ±0.04	12.02 ^{bc} ±0.33	75.42 ^{bc} ±0.34	18.04 ^{bc} ±0.39
5	80.02 ^{ab} ±0.59	2.58 ^{bc} ±0.03	12.98 ^b ±0.44	76.03 ^{ab} ±0.01	19.70 ^b ±0.07
7	81.7 ^a ±0.13	3.05 ^b ±0.05	12.97 ^b ±0.10	77.36 ^a ±0.17	19.67 ^b ±0.21
9	78.73 ^{bc} ±0.21	4.25 ^a ±0.03	14.39 ^a ±0.10	72.01 ^d ±0.01	18.80 ^b ±0.24
11	76.36 ^c ±0.1	4.22 ^a ±0.03	14.19 ^a ±0.02	72.11 ^{cd} ±0.28	24.22 ^a ±0.15

¹ Each value is expressed as mean±standard deviation (n = 3)

^{a-f} Means with different letters within the same column differed significantly (p < 0.05)

壓力提升, 受熱程度亦呈增加, 外觀愈呈金黃色, 其容易造成穀物引起焦糖化反應及梅納反應。經膨發處理之薏仁粒, a 值及 b 值及褐變指數均呈上升變化, 尤以 11 kgf/cm² 褐變指數達到 24.22 呈最高值 (表 3)。

(五) 糊化性質分析

澱粉是薏仁粒主要組成成分, 其在有水及加熱處理時, 會進行糊化(gelatinization)現象, 產生吸水、膨潤、黏度、凝膠等理化特性, 其會影響不同加工應用及產品品質及質地^[19,20,21]。隨膨發過程中, 進行乾熱式加熱, 由膨發鎗內部之輻射熱傳至薏仁粒內部利用近 12%之水分受熱能作用進行糊化作用, 許多穀物經膨發後大都供即食穀物 (粒) 或研發成即食穀粉, 但其甚少針對其糊化性質及糊化度進行實驗, 本實驗利用示差熱掃描分析儀(DSC)進行各種膨發薏仁粒樣品之糊化性質及糊化度。未膨發處理之薏仁粒糊化起始溫度(T₀)69.28°C、尖峰溫度(T_p)73.82°C、糊化完成溫度(T_c)79.7°C、熱焓值 21.68 J/g、糊化度 0%, 以 3、5 kgf/cm²膨發壓力處理時, T₀分別為 66.30、65.84°C, T_p: 73.26、72.15°C, T_c: 78.28、78.05°C, 熱焓值: 5.78、3.7 J/g, 糊化度: 73.34、82.93% (表 4), 由圖 4 薏仁粒糊化特性-DSC 圖, 可觀察到隨膨發壓力提升, 薏仁粒之糊化吸熱波峰面積愈顯平緩、趨小化; 當膨發壓力高於 7 kgf/cm²以上時, 薏仁粒吸熱波峰呈直平線, 其 T₀、T_p、T_c均無法計算, 糊化度亦為 100%。膨發處理屬乾式預糊化法, 穀物之澱粉會進行糊化, 使熱焓值下降, 糊化度上升, 增加穀粉之溶解度及膨潤力^[6,7,8]。

(六) 吸水性及固形物溶出率分析

即食穀物(ready-to-eat cereals)由於有堅硬外殼及多孔內部質地，常被直接食用或沖泡(複水)食用。本實驗以 25 及 95°C 水進行膨發薏仁粒之吸水及固形物溶出率評估。未經膨發處理之薏仁粒由於為密實之構造，在 25°C 浸泡實驗中，吸水緩慢，浸泡 30 min，吸水率 31.6%，60 min，42.3%，120 min，46.4%；以 3 及 5 kgf/cm² 膨發處理，由於膨發壓力較小，膨發效果較差，3 kgf/cm² 吸水率增加與未處理相似，5 kgf/cm² 雖有增加，浸泡 60 min，吸水率 58.9%，120 min，62.4% 圖 5 (A)；當膨發壓力大於 7 kgf/cm² 時，由於薏仁粒內部呈多孔性組織，吸水率呈快速增加，浸泡 60 min 達到吸水平衡(飽和)；以 9、11 kgf/cm² 膨發處理時，浸泡 30 min，吸水率約 173.4% 較 7 kgf/cm² 低，其可能因

膨發大時，容易引起外表硬殼化，妨礙水分滲入，降低吸水率，待水分滲入表層後，吸水率亦呈提高，浸泡 120 min，9 kgf/cm² 處理，吸水率 228.7%，較 11 kgf/cm² 217.6% 高，其可能因薏仁粒在密閉膨發鎗加熱時，較長時間加熱可能發生焦化，水分蒸發，以致吸水率下降，其 9、11 kgf/cm² 於 60min 後兩者間差異不顯著，但和 7 kgf/cm² 差異顯著。圖 5 (B) 為膨發薏仁粒 95°C 浸泡吸水試驗，隨浸泡水溫提高，可提升水之滲透動能，促使內部產生內部膨氣及固形物溶出，有助於水之吸收，致使吸水率較 25°C 快、高^[2,4]，以 0、3、5 kgf/cm² 膨發處理時，浸泡 30 min，吸水率分別為 51.6、61.7 及 73.1%；浸泡 60 min，吸水率呈快速增加，浸泡 60 min，吸水率 252.4~273.6%；120 min，265.3~295.8%。

表 4 膨發薏仁粒糊化性質之分析

Table 4 Gelatinization of puffed adlay

Puffing pressure (kgf/cm ²)	Gelatinization temperature(°C)			Enthalpy, ΔH (J/g)	Degree of gelatinization(%)
	T ₀	T _p	T _c		
0	67.28±0.05	73.82±0.07	79.7±0.09	21.68±0.01	0
3	66.30±0.02	73.26±0.04	78.28±0.01	5.78±0.04	73.34±0.07
5	65.84±0.02	72.15±0.07	78.05±0.01	3.72±0.08	82.933±0.01
7	64.62±0.12	70.38±0.06	76.13±0.04	1.26±0.08	93.00
9	ND	ND	ND	0	100.00
11	ND	ND	ND	0	100.00

¹ Each value is expressed as mean ± standard deviation (n=3)

² ND is not detect.

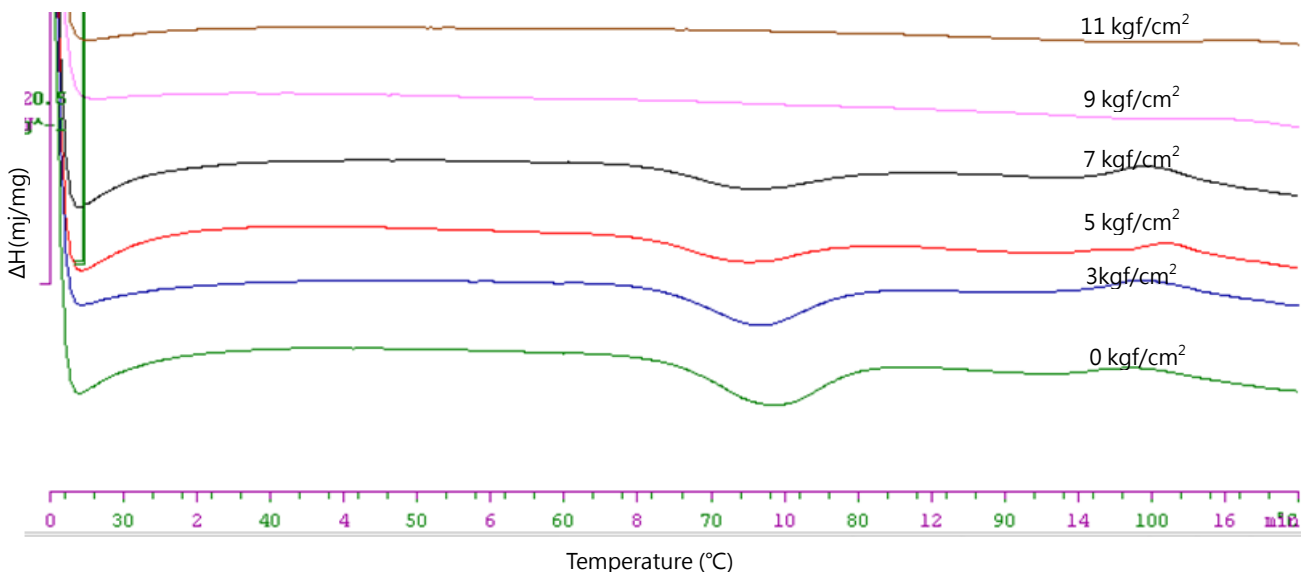


圖 4 膨發薏仁粒之糊化特性

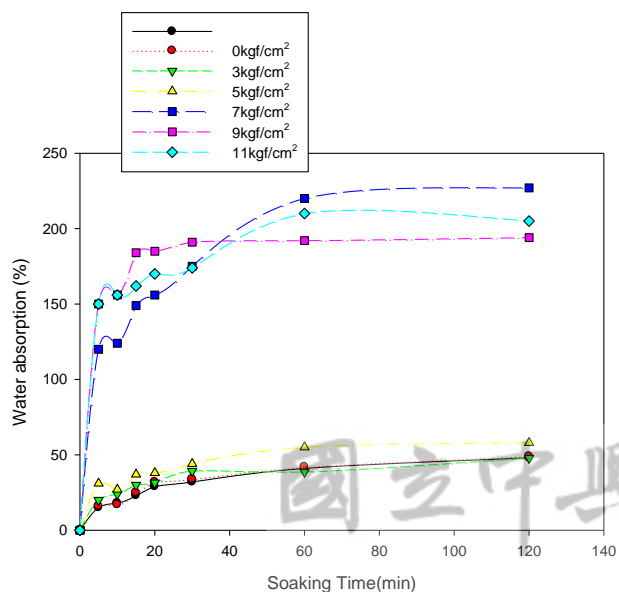
Fig. 4 Gelatinization properties of puffed adlay

不同膨發處理薏仁粒在 25°C 浸漬 30 min · 95°C 浸 5 min 時薏仁粒及因內部澱粉快速吸水 · 質地觸感會呈軟化 · 隨浸泡時延長 · 其質地會愈呈軟化及崩散情形 · 其中以膨發 9~11 kgf/cm² 最明顯。

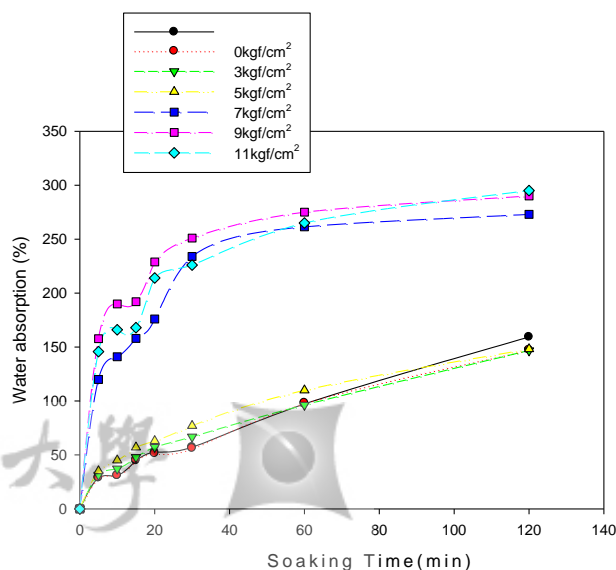
膨發薏仁固形物溶出率隨壓力提升 · 呈增加變化 · 由於膨發過程中其組織結構會受壓力影響會有組織及外壁破損情形 · 致使固形物溶出率提高^[6]。未膨發處理之薏仁粒因為受膨發壓力影響 · 其固形物溶出率 · 25°C 浸泡 120 min · 0.72% ·

隨膨發壓力提高 · 3、5、7、9、11 kgf/cm² · 分別為 1.76、2.72、3.64、4.16 及 4.56% 圖 6(A) · 將浸泡溫度提高至 95 °C 時 · 浸泡 120 min · 固形物溶出率約為 2.36~4.92% · 其溶出之物質呈微黃色 · 當固形物溶出率大於 2.36% 時 · 亦有混濁情形發生 · 隨溶出率提高其混濁情形呈增加 · 溶出物成分可能為多醣 · 含氮化合物 · 果膠 · 色素及礦物質等^[3,4]。

(七) 感官品評分析



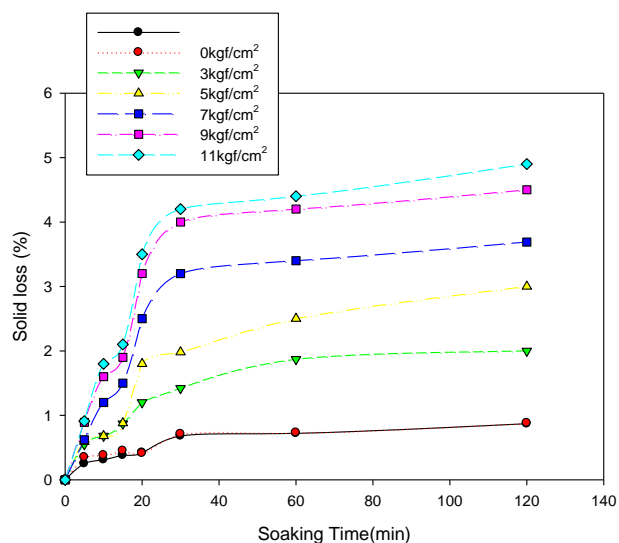
A. 25°C



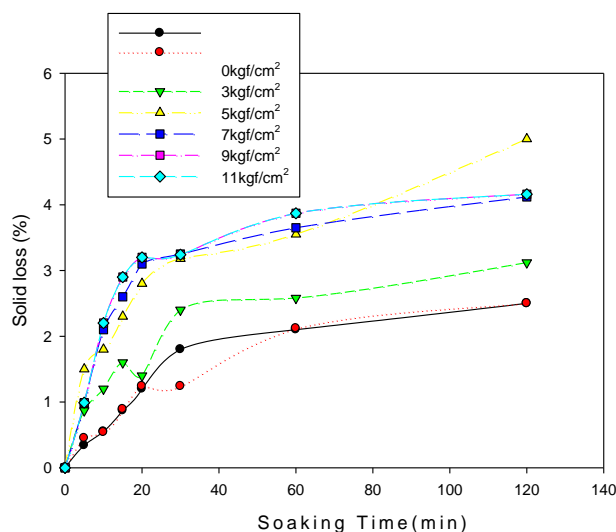
B. 95°C

圖 5 膨發薏仁粒不同浸漬溫度之吸水性比較

Fig. 5 Water absorption of puffed adlay wheat grains at different soaking temperature



A. 25°C



B. 95°C

圖 6 膨發薏仁粒不同浸漬溫度之固形物溶出率比較

Fig. 6 Solid loss of puffed adlay wheat grains at different soaking temperature

膨發處理後之薏仁粒外觀因受熱影響呈橙黃色(0~3 kgf/cm²)。隨膨發壓力提高，原受熱呈橙黃色之外表會因胚乳膨大，使外表層呈白色顆粒帶黃色斑點之外觀。本實驗將膨發後之薏仁粒進行感官品評試驗，並評估在 25、95°C 浸泡消費接受性。以 0~3 kgf/cm² 膨發薏仁粒時，由於膨發效果較差，在預備試驗中感官接受性較低，故實驗樣品以 5~11 kgf/cm² 膨發處理為主。在乾薏仁粒品評試驗中，可觀察以較高膨發壓力處理時可得到較高之色澤、外觀、香氣質地、咀嚼性及整體接受性，其可能較高之膨發壓力會使薏仁粒呈現多孔性，加上外觀之色澤及表層硬化脆感，因此有較高之品評接受性。以 5 kgf/cm² 膨發處理色澤 5.01、外觀 5.00、質地(口感) 5.02、接受性 5.01；以 11 kgf/cm² 膨發薏仁粒感官品評得分呈明顯增加(p < 0.05)，分別為 5.73、5.84、6.32 及 5.79 (表 5)。另以浸泡 25 及 95°C 薏仁粒進行沖泡型即食穀物(粒)消費接受性試驗，以 25°C 浸泡薏仁粒時，其色澤、外觀、整體接受性以 7~9 kgf/cm² 膨發處理得分較高，以 95°C 浸泡時亦有發現 7~9 kgf/cm² 處理樣品有相似感官品評結果，其可能因膨發壓力大時，雖因多孔性增加，吸水較快，但易因固形物流失較多，質地、微細構造因膨發發生破壞、降解，以致於質地、咀嚼性下降。

四、結論

全穀物食品(whole cereal grains)為天然，富含各種營養成分，近年成為食品與營養學界、業界十分重視之加工技術與產品。薏仁自古一直是國人重要食療素材，由於其質地堅硬、密實，常須長時間浸漬、烹煮才能供食用，如何縮短加工流程提高即食化、方便性是重要研究主題；膨發鎗(gun-puffing)屬乾式膨發，常應用於即食穀物(ready-to-eat cereal)製備，在密閉膨發系統經加熱，使穀物內部形成蒸氣、動能，在瞬間洩壓時因穀物水分蒸發致使形成多孔性組織及低水分之即食穀物。本實驗利用不同膨發壓力進行膨發薏仁粒即食化可行性探討，並評估其膨發率、體積密度、色澤、糊化特性、吸水性、固形物溶出率及感官品評比較分析；實驗發現以 7~11 kgf/cm² 可得到外觀膨脹、多孔性佳，並達 100% 糊化度(可供食用)，利用 7~9 kgf/cm² 膨發壓力可得到較佳之感官品評接受性，膨發薏仁粒在 95°C 可得到較低之吸水性，但固形物溶出率亦較高，由本實驗可初步完成適合之薏仁粒膨發條件，另膨發薏仁粒可供直接食用或沖泡食用，甚具即食全穀物之商品價值。

表 5 壓力處理對薏仁粒感官品評比較。(A) 即食膨發薏仁粒 (B) 復水 25°C 下 30 分鐘 (C) 復水 95°C 下 6 分鐘

Table 5 Sensory evaluation of adlay Wheat prepared by different pressure. (A) Ready-to-eat puffed adlay (B) Rehydration in 25°C at 30min (C) Rehydration in 95°C at 6 min

Attribute Pressure (kgf/cm ²)	color	Appearance	Flavor	Texture	Chewiness	Overall acceptance
A-5	5.01 ^c	5.00 ^c	5.21 ^c	5.02 ^c	4.70 ^d	5.01 ^c
A-7	5.62 ^{bc}	5.45 ^{bc}	5.46 ^c	5.39 ^{bc}	5.88 ^{bc}	5.37 ^c
A-9	5.74 ^{bc}	5.49 ^{bc}	5.64 ^c	5.45 ^{bc}	6.03 ^b	5.21 ^c
A-11	5.73 ^{bc}	5.84 ^{bc}	5.71 ^c	6.32 ^{ab}	6.88 ^{ab}	5.79 ^{bc}
B-5	5.12 ^c	5.14 ^{bc}	5.16 ^{cd}	5.10 ^c	5.11 ^c	5.16 ^c
B-7	6.52 ^a	6.52 ^a	6.76 ^b	6.59 ^a	6.58 ^{ab}	6.77 ^{ab}
B-9	6.72 ^a	6.43 ^a	7.42 ^a	6.15 ^b	6.03 ^b	7.23 ^a
B-11	6.56 ^a	6.14 ^{ab}	6.08 ^{bc}	6.82 ^a	6.78 ^a	5.99 ^{bc}
C-5	5.23 ^c	5.04 ^c	5.07 ^{cd}	5.09 ^c	5.13 ^c	5.16 ^c
C-7	6.52 ^a	6.45 ^a	6.76 ^{ab}	6.69 ^a	6.48 ^{ab}	6.47 ^b
C-9	6.47 ^a	6.43 ^a	6.68 ^{ab}	6.35 ^{ab}	6.63 ^a	7.53 ^a
C-11	6.16 ^{ab}	6.34 ^a	7.62 ^a	6.12 ^b	5.48 ^c	6.69 ^{ab}

¹Each value is expressed as mean ± standard deviation (n = 60)

^{a-d}Means with different letters within the same column differed significantly (p < 0.05)

參考文獻

- [1] 江文章、徐明麗、蘇瑞斌、龐飛 (2000)。「薏仁加工食品輔助抑制腫瘤功效之評估」, 醫護科技學刊 2(2): 113-122。
- [2] 江伯源、張心怡 (2008)。「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。
- [3] 何珮華、江伯源 (2014)。「紅薏仁吸水特性及對烹煮品質影響性評估」, 台灣農化與食品科學(排版、印刷中)。
- [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] 須文宏、黃俊儒 (2002)。「省產糙薏仁膨發產品的沖泡性質之研究」, 宜蘭技術學術 109-116。
- [6] 詹依屏 (2011)。「以加工模式系統 - 探討沖泡即食米穀粉理化性質及其品質修飾效果」, 國立中興大學食品暨應用生物科技學系碩士論文, 台中, 台灣。
- [7] 張曙明、張采蓮 (1995)。「以高壓驟降法處理不同直鏈澱粉含量米種產品特性之探討」, 食品科學 23(5): 739-751。
- [8] 楊孟婷、江伯源 (2001)。「滾筒乾燥處理對小麥麵粉理化性質及沖泡特性之探討」, 農林學報 60(3): 181-198。
- [9] 蘇宗振、葉茂生、曾慶瀛 (2005)。「薏仁帶殼及去殼不同貯藏方式與其間其組成成分變化之研究」, 作物、環境與生物資訊 2: 193-200。
- [10] Baik, B. K., Powers, J. and Nguyen, L. T. (2004). "Extrusion of regular and waxy barley flours for production of expanded cereals." *Cereal Chemistry*, 81: 94-99.
- [11] Chandrasekhar, P. R. and Chattopadhyay, P. K. (1990). "Studies on microstructural changes of parboiled and puffed rice." *J. Food Process, Preserv.* 14: 27-37.
- [12] Fan, S., Hsieh, F. and Huff, H. E. (1999). "Puffing of wheat cakes using a rice cake machine." *Applied Engineering in Agriculture*, 15(6): 677-684.
- [13] Fast, R. B. (1993). "Manufacturing technology of ready to eat cereals. In Fast R. B. Caldwell, E. F. Breakfast Cereals and how they are made." *AACC Inc., St. Paul Minnesota, USA*, pp. 15-42.
- [14] Hoke, K., Houka, M., Pruchova, J., Gabrovska, D., Vaculova, K. and Paulickova, I. (2007). "Optimisation of puffing naked barley." *J. Food Eng.* 80: 1016-1022.
- [15] Huang S. L., Chen, Y. F. and Chiang, W. C. (1994). "The analyses of amino acid, fatty acid and proximate composition of adlay seed in Taiwan." *Food Sci.*, 21(1): 67-74.
- [16] Jones, D., Chinnaswamy, R., Tan, Y. and Hanna, M. (2000). "Physiochemical properties of ready-to-eat breakfast cereals." *Cereal Foods World*, 45: 164-168.
- [17] Kao, T. C. (1994). "Coixlacryma-jobi L. (Job's tears)." p.565-607. In: Each Discuss of Upland Crops I. Cereal. (in Chinese) WF Tsai (ed.) Taiwan Area Upland crops Develop Foundation, Taipei.
- [18] Kent, N. L. Evers, and A. D. (1994). "Breakfast cereals and other products of extrusion cooking." in: Kent, N. L., Evers, A. D. (Eds), *Technology of Pergamon Press*, New York, USA. Pp. 244-256.
- [19] Kim, W. S. and Seib, P. A. (1993). "Apparent restriction of starch swelling in cooked noodle by liquid in some commercial wheat flours." *Cereal Chemistry*, 70: 367-372.
- [20] Kim, Y. S., Wiesenborn, D. P. and Grant, L. A. (1997). "Pasting and thermal properties of potato and bean starches." *Starch*, 49: 97-102.
- [21] Lai, H. M. and Cheng, H. H. (2004). "Properties of pregelatinized rice flour made by hot air or gum puffing." *International J. Food Sci. Technol.* 39(5): 201-212.
- [22] Mariotti, M., Alamprese, C., Pagani, M. A. and Lucisano, M. (2006). "Effect of puffing on ultrastructure and physical characteristics of cereal grains and flours." *J. Cereal Sci.*, 43(1): 47-56.
- [23] Owusu-Ansah, J., van de Voort, F. R. and Stanley, D. W. (1984). "Textural and microstructural changes in maize starch as a function of extrusion variables." *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 17: 65-70.
- [24] Peleg, M. (1997). "Review: Mechanical properties of dry cellular solid foods." *Food Sci. Technol. Int.*

3: 227-240.

[25] Segnini, S., Pedreschi, F. and Dejmek, P. (2004).

"Volume measurement method of potato chips."

Int. J. Food Prop, 7(1): 37-44.

2014 年 08 月 16 日 收稿

2014 年 09 月 02 日 修正

2014 年 09 月 03 日 接受