

# 大豆豆渣加工產品開發及加值應用

江伯源<sup>1,\*</sup>

## 摘 要

大豆 (soybean) 是全世界重要之植物蛋白質及油脂之農作物，常被製成各式大豆加工製品，如豆漿、豆腐、豆乾、納豆、醬油及味噌等；豆渣 (Okara) 為主要加工副產物，富含大量膳食纖維、水分及營養成分，如何多元化利用成為重要研究議題。本研究以高雄選 10 號為材料，進行各項加工處理及多元化產品開發，研究成果如下：1. 大豆之構造觀察：大豆之構造有表皮、柵狀組織、海綿組織及子葉細胞，子葉細胞外圍為油脂、碳水化合物，內部為蛋白質。2. 大豆豆渣乾燥處理：射頻處理具有縮短乾燥時間效果，熱風乾燥 45-55 °C 可得到品質及加工特性佳之豆渣。3. 微 ( 細 ) 化處理：利用乾式研磨，豆渣粒徑、體積密度、保水性、膨脹性、陽離子交換力與粒徑均呈正相關，大豆異黃酮含量範圍約為 26.38~82.19  $\mu\text{g/g}$ 。另濕式研磨隨研磨轉速提高及時間延長，其粒徑呈明顯下降，可溶性膳食纖維 (SDF)、類黃酮、aglycones、glucosidase 均呈顯著上升。4. 大豆豆渣多元化利用：大豆豆渣之可溶性膳食及大豆異黃酮可供發酵製備供做益生元及機能生醫載體平台；晶球、釋控錠可增加機能指標成分之包覆及攝取量。另添加大豆豆渣於蛋糕、麵條及調味醬，可提升膳食纖維含量並可調整風味及口感。

**關鍵詞：**大豆豆渣、熱風乾燥、微化、蛋糕、麵條

<sup>1</sup> 國立中興大學食品暨應用生物科技學系

\* 通訊作者: pychiang@nchu.edu.tw; Tel: +886-4-22851665

## 1.前言

大豆 (soy bean) 富含豐富之蛋白質、油脂及其他多元複合營養成分，為人類重要經濟、糧食作物。豆渣 (okara) 是製作豆漿、豆腐、豆乾 (干) 等製品之副產物，由於除水溶性蛋白質等被萃出外，許多營養大部分被保留於豆渣，其中以膳食纖維 (dietary fiber) 最多，主要以非可溶性膳食纖維 (Insoluble dietary fiber) 最多約佔  $> 90 / 100 \text{ g}$ ，組成之有纖維素、半纖維素及木質素 [1]。豆渣由於水分含量高，容易微生物孳生、劣化品質，目前大都供動物飼料及綠肥使用較多。如何多元利用及加值開發成為重要之研究主題。豆渣因非可溶性膳食纖維較多，較少被應用於食品中，因其對加工操作性及感官接受性有嚴重之影響。許多文獻指出利用物理法、化學法及生物性處理來改變豆渣之粒徑、構造及理化特性。濕式研磨及乾式研磨是常用各式乾物、雜糧及蔬果粒徑降低之處理方式。

大豆豆渣水分 75~80%，容易產生微生物滋生、迅速酸敗、變質，乾燥是豆渣重要之加工應用方式，通過不同乾燥處理方式利用蒸發或昇華除去水分，以延長品質及保存期限；乾燥速率及效率常取決於乾燥空氣的蒸氣壓、溫度和空氣速度及產品中水分擴散，乾燥厚度及表面積 (Van Arsdel,1973)。大豆豆渣仍含有油脂在其乾燥及貯存並常發生油脂氧化 (劣化) 現象，嚴重影響大豆豆渣粉之品質及貯存安定性，豆渣含大量膳食纖維，其大部分都屬大分子構型及聚合物，在體內具有多種生理功能，例如，減少熱量攝取、吸水、吸油及促進人體腸道排泄、血清及肝臟代謝功能 [2] 尤以可溶性膳食纖維功能性更佳。濕介質研磨 (wet media milling)(Ullah et al., 2017) 及加熱預處理 (thermal pretreatment) 可使豆渣之粒徑降低、增加表面積及理化特性 (例如：保水力、膨潤力、保油性及陽離子交換能力 [3]，熱處理可通過熱水解使得 IDF (纖維素和半纖維素) 部分降解為簡單碳水化合物進而引起膳食纖維的物理特性和化學組成的變化 [4] 許多文獻指出研磨可改變外觀、構型，但對機能成分、抗氧化力及大豆異黃酮變化之研究甚少，此類研究可助微化效果之評估及機能素材研發參考。

微膠囊載體技術 (Microencapsulation technique)，採用蕊材及壁材進行單核、多核包覆，用以增加包覆率及增加吸收率或保護機能指標物之功效。本研究團隊評估凝膠球粒

(晶球)、流動床造粒及釋控錠載體平台，以評估大豆豆渣膳食纖維、大豆異黃酮等成分之探討。

## 2.材料與方法

### 2.1 實驗材料：

本實驗以高雄選十號大豆，購自購自保證責任臺中市中都農業生產合作社，並委託麥可利食品有限公司製備豆渣樣品，貯存於  $-80^{\circ}\text{C}$  備用。

### 2.2 實驗方法：

#### 2.2.1 乾燥處理：

豆渣材料分別進行熱風乾燥、冷凍乾燥、熱泵、射頻及焙炒處理，乾燥處理後之乾燥樣品精密封後貯存於  $4^{\circ}\text{C}$  冷藏庫備用。

#### 2.2.2 微(細)化處理：

##### 2.2.2.1 乾式處理：

以粉碎機 CRT-08 機型 (榮聰牌)；2500rpm，研磨 3 分鐘，並連續使用不同粒徑之篩網過篩。

##### 2.2.2.2 濕式處理：

配置 20% 豆渣懸浮液，利用均質機 (polytron)、破碎機 (Waring 7012S 7-Speed Blender，美國) 及球磨機 (FRITSCH GmbH Planetary Micro Mill Pulverisette 7 Classic Line，德國) 進行微細化處理。

#### 2.2.3 基本成分分析：

水分、粗蛋白、粗脂質、粗纖維、粗灰分依 A.O.A.C., 4.1.10 (2000) 標準方法測定。

#### 2.2.4 外觀及微細化構造觀察：

將實驗樣品利用解剖顯微鏡及掃描式電子顯微鏡觀察其表面及內部切面構造。

#### 2.2.5 色澤 (Color) 分析：

利用色差計 (Colormeter, Nippon Denshku Industries Co, Ltd Tokyo, ZE-

2000, Japan)測定樣品之色澤變化，以樣品之L(亮度)、a(紅色度)、b(黃色度)、 $\Delta E$ (色差值)及WI(白色度)表示。

#### 2.2.6 粒徑分析 (Particle size)：

以去離子水作為粉體分散劑，使用雷射粒徑分析儀 (Bettersizer S BT-801，中國) 進行樣品粒徑分析，以體積百分粒徑分佈計算樣品之平均粒徑。

#### 2.2.7 豆渣微粉理化特性分析：

2.2.7.1 體積密度、保水、保油力測定參考 [3] 之方法盡行測定。

2.2.7.2 膨潤力與陽離子交換力：參考 [5] 之方法修改測試

2.2.7.3 膳食纖維：

參考 A.O.A.C.(1995) 分析方法 (32.1.17) 測定，並計算出非可溶性膳食纖維 (IDF) 及可溶性膳食纖維 (SDF) 含量。

2.2.7.4 X-ray 繞射分析：

利用 X-ray 繞射儀進行鑑定，圖譜紀錄範圍為  $3\theta$ - $50\theta$  ( $2\theta$ )，以  $2\theta$  /min 之速度進行掃描。

#### 2.2.8 豆渣之機能成分：

2.2.8.1 總多酚含量：

以 1g 豆渣對 20 mL 乙醇對豆渣進行 3 小時超音波萃取，並參考 [6] 之方法並予以修飾，將 700  $\mu$ L 萃取液與 700  $\mu$ L 福林酚試劑混合後震盪 3 分鐘後，加入 70  $\mu$ L 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 後靜置 1 小時，期間每隔 10 分鐘震盪一次，利用分光光度計 (Hitachi, U-2800-A，日本) 在波長 735 nm 下檢測其吸光值，並以 100、75、50、37.5 及 25  $\mu$ g/mL 之沒食子酸 (Gallic acid) 作為標準品當量換算。

2.2.8.2 類黃酮含量：參考 [7] 等人方法修改分析。

2.2.8.3 大豆異黃酮含量：參考 [8] 方法修改分析。

#### 2.2.9 麵條製備：

以經熱風乾燥及微化處理脂大豆渣微粉，分別取代部分麵粉 (0、5、0、15%) 混合均勻，經攪料、壓延、切麵，其麵條再進行各項品質分析。

### 2.2.10 蛋糕製備：

以經熱風乾燥及微化處理脂大豆豆渣微粉，以不同比例 (0、20、35、50%) 取代部分麵粉，進行戚風蛋糕之製作。

### 2.2.11 數據分析：

本實驗統計分析採用 SAS (Statistic analysis system) 統計軟體進行 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  $\alpha = 0.05$ 。

## 3. 結果與討論

### 3.1 大豆之構造觀察

大豆為雙子葉無胚乳 (Endosperm) 的豆類，由種皮 (Seed coat)、子葉 (Cotyledon) 及種臍 (Helium) 組成。大豆種皮主要由三層組成，分別是表皮、柵狀組織、海綿組織，表皮通常有臘膜存在，形成不透水之角質層；柵狀組織成緻密構造；海綿組織呈現不規則狀，且與子葉組織緊密結合 (江, 陸, 2004)；內部構造由蛋白質染色切面，可觀察蛋白質分佈在內層 (紅色)，油脂及碳水化合物在外圍，而紅豆屬小豆類作物，含碳水化合物較多、油脂較少，在微細構造紅豆之種皮三層組成較密實且緻密結

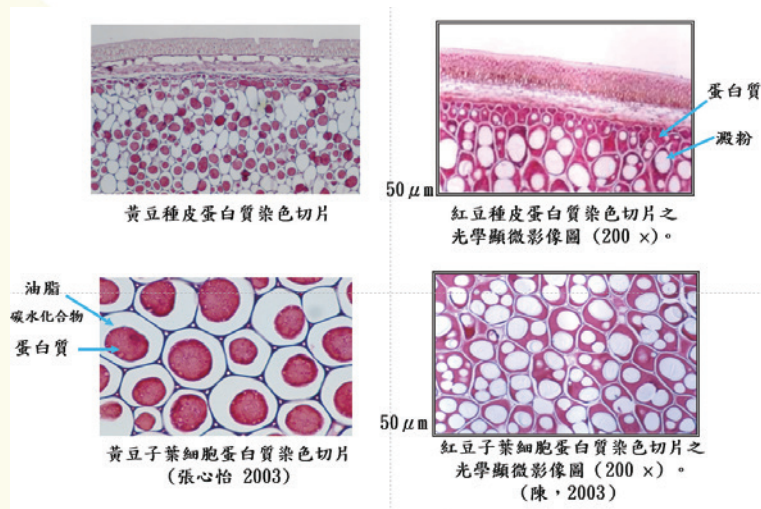


圖1、大豆、紅豆蛋白質染色切片(微細構造)

Fig 1. Microstructure of soybean and red bean under optical microscope.

合，內部豆細胞中，蛋白質紅色部分較少，而白色碳水化合物較多，其在加熱後，蛋白質會變性包覆豆細胞成分，以致形成沙質感(圖1)。傳統大豆油榨取，先經加熱以使蛋白質變性後才能再擠壓榨油，如將大豆直接榨油會因豆細胞完整，較難榨油。

### 3.2 大豆豆渣乾燥處理

豆渣(Okara)為大豆製備豆漿、豆腐後之副產物，富含大量膳食纖維及多元營養成分，由於其水分含量高，不易保存；「乾燥」是大豆豆渣微粉化之重要步驟；本研究以高雄選10號大豆豆渣為原料，利用射頻(Radio Frequency)、熱風(Hot Air)、冷凍乾燥(Freeze Dry)探討乾燥效率及其品質。一、射頻乾燥：以4kv、5kv及7kv處理，隨電壓提升，其乾燥速率會提高，並達到縮短時間，分別需72、48及30min(水分4.5-6.2%)，利用紅外線熱顯儀可測得豆渣之中間升溫較快，7kv易發生部分焦化現象，影響外觀色澤及風味。二、熱風乾燥：45、55、65°C，隨乾燥溫度提高、時間延長，其豆渣水分及水活性呈下降、L值(明亮度)呈下降(暗化)、a值(紅色度)、b值(黃色度)呈上升，約需12~16小時完成乾燥。三、冷凍乾燥(約需48~56小時乾燥)、其豆渣質地較鬆散，其水分1.6%、Aw 0.24、L值及W.I.(白色度)均較亮，具有較佳之外觀及風味，射頻乾燥升溫快，但未來大量製備如何避免局部升溫過高、不均、如何攪拌均是重要待克服之技術；另本實驗利用焙炒處理配合溫度參數：150、170、200°C評估乾燥效率及品質。初步結果如下：1. 隨焙炒溫度提高，其乾燥速度加快，可有效減少乾燥時間；分別為75、60、50 min，另隨焙炒時間延長，其豆渣色澤L值(明亮度)、W.I.(白色度)呈下降，a值(紅色度)及b值(黃色度)呈顯著提高( $p<0.05$ )。2. 利用紅外線熱顯儀可有效觀察豆渣焙炒受熱均勻性及熱溫度分佈；焙炒溫度200°C時升溫快，但容易發生升溫不均、外圍黏鍋、結塊，甚至焦化現象。3. 外觀及感官品評：以150-170°C焙炒豆渣，其外觀呈金黃色微粉，200°C容易有粉團及焦化出現；經焙炒由於受到熱乾燥及組成分熱反應效果，均有焙炒之香味(胚芽味及油香味)，200°C焙炒處理在外觀、香氣(焦味)及風味(油耗味)均呈較低之消費接受性( $p<0.05$ )。由本實驗可得知焙炒可提供豆渣較快之乾燥效率及消費接受性，可提升其利用性及加值性，但有關高熱油脂氧化、

貯存安定性縮短，則有待新主題改善、研究。

### 3.3 大豆豆渣微細化處理

3.3.1 豆渣微粉粗蛋白：15.78 - 16.33%，粗脂肪 7.17 - 7.47%，總膳食纖維 63.89 - 64.22%；(2) 豆渣微粉粒徑大小 200 - 250mesh：33.54 - 35.25  $\mu\text{m}$ ，60 -100mesh：252.63 - 268.46  $\mu\text{m}$ ，(3) 色澤：L 值與粒徑大小呈負相關，a 值與 b 值則呈負相關 ( $p<0.05$ ) (4) 機能性成分分析中膳食纖維組成以非水溶性膳食纖維 (IDF) 為主，含量範圍 63.34 – 75.84%，大豆異黃酮含量範圍為 26.38 – 82.19  $\mu\text{g/g}$ ，亦隨粒徑大小降低而上升。(5) 體外生理評估：體積密度、保水性、膨脹性與粒徑大小呈正相關；保油性於試樣經脫脂處理後隨粒徑大小降低而遞增，陽離子交換力亦隨粒徑大小降低而有顯著上升情形，保水性、保油性、膨脹性又以冷凍乾燥較熱風乾燥者為高。由本研究結果，大豆豆渣是天然纖維、大豆異黃酮來源，可供各式食品研發之素材，十分值得研發與利用，希盼能達農業副產物資材化、機能化及農業永續化創新價值。

表1、不同乾燥處理豆渣之組成

Table 1. Proximate composition of soybean by-product powders with different drying treatments

	HD	FD
Moisture (%)	5.33±0.16	4.65±0.37
Crude protein (%)	15.78±0.14	16.33±0.18
Crude lipid (%)	7.47±0.01	7.17±0.04
Ash (%)	3.45±0.05	3.54±0.04
Carbohydrate (%)	0.86±0.11	1.26±0.13
TDF (%)	67.11±1.48	67.05±1.46
SDF(%)	2.89±1.02	3.16±1.22
IDF (%)	64.22±0.04	63.89±1.62

HD: Hot dried FD: Freeze dried 2 Each value is expressed as mean  $\pm$  standard deviation(n=3)

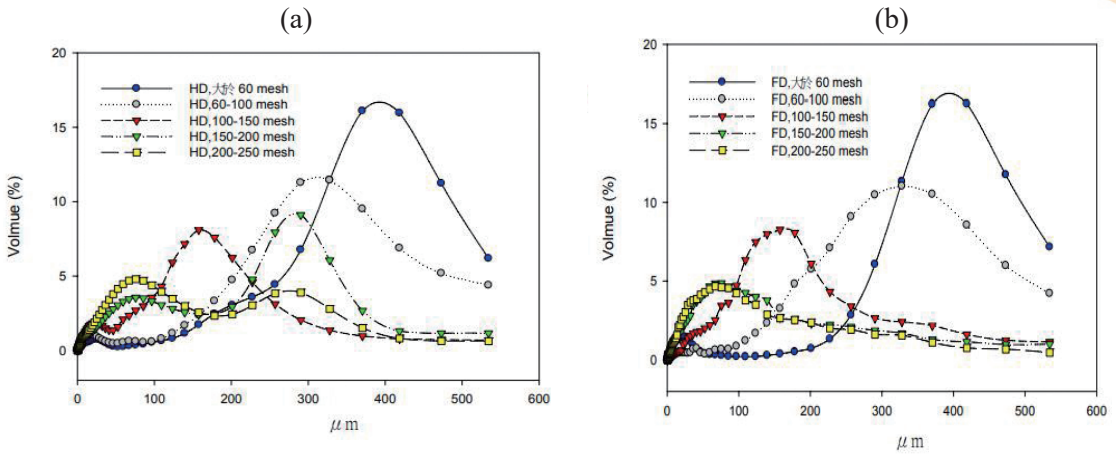


圖2、不同乾燥處理豆渣微化粉末粒徑分佈(a)HD，(b)FD

Fig. 2. Particle size distribution of micronized soybean by-product powders after different drying treatments(a)HD,(b)FD

表2、豆渣微化粉末之理化特性

Table 2. Physicochemical properties of micronized soybean by-product powders.

	Particle size ( $\mu\text{m}$ )				
HD <sup>1</sup>	316.72 $\pm$ 0.89	252.63 $\pm$ 1.50	126.85 $\pm$ 1.66	46.74 $\pm$ 0.43	35.25 $\pm$ 0.91
FD <sup>1</sup>	324.18 $\pm$ 1.35	268.46 $\pm$ 1.54	148.30 $\pm$ 1.92	42.63 $\pm$ 0.61	33.54 $\pm$ 0.98
Bulk density (g/ml)					
HD	0.46 $\pm$ 0.01 <sup>bA</sup>	0.51 $\pm$ 0.00 <sup>aA</sup>	0.45 $\pm$ 0.01 <sup>bA</sup>	0.43 $\pm$ 0.00 <sup>cA</sup>	0.42 $\pm$ 0.01 <sup>cA</sup>
FD	0.33 $\pm$ 0.00 <sup>eB</sup>	0.41 $\pm$ 0.01 <sup>aB</sup>	0.37 $\pm$ 0.01 <sup>bB</sup>	0.36 $\pm$ 0.00 <sup>cB</sup>	0.35 $\pm$ 0.00 <sup>dB</sup>
Water-holding capacity (ml/g)					
HD	6.89 $\pm$ 0.14 <sup>aA</sup>	6.31 $\pm$ 0.10 <sup>bA</sup>	5.83 $\pm$ 0.11 <sup>cB</sup>	5.77 $\pm$ 0.10 <sup>cA</sup>	5.11 $\pm$ 0.10 <sup>dA</sup>
FD	7.08 $\pm$ 0.09 <sup>aA</sup>	6.48 $\pm$ 0.15 <sup>bA</sup>	6.09 $\pm$ 0.05 <sup>cA</sup>	5.67 $\pm$ 0.10 <sup>dA</sup>	5.17 $\pm$ 0.04 <sup>eA</sup>
Oil-holding capacity (g/g)					
HD	1.58 $\pm$ 0.05 <sup>aB</sup>	1.33 $\pm$ 0.04 <sup>bB</sup>	1.22 $\pm$ 0.02 <sup>cB</sup>	1.18 $\pm$ 0.02 <sup>dB</sup>	1.12 $\pm$ 0.03 <sup>eB</sup>
FD	2.38 $\pm$ 0.10 <sup>aA</sup>	1.90 $\pm$ 0.04 <sup>bA</sup>	1.79 $\pm$ 0.02 <sup>cA</sup>	1.72 $\pm$ 0.02 <sup>cA</sup>	1.57 $\pm$ 0.06 <sup>dA</sup>
Swelling capacity (ml/g)					
HD	6.11 $\pm$ 0.08 <sup>cA</sup>	7.18 $\pm$ 0.07 <sup>aB</sup>	6.56 $\pm$ 0.07 <sup>bB</sup>	6.16 $\pm$ 0.08 <sup>cA</sup>	5.43 $\pm$ 0.15 <sup>dA</sup>
FD	6.20 $\pm$ 0.10 <sup>cA</sup>	7.56 $\pm$ 0.13 <sup>aA</sup>	6.75 $\pm$ 0.08 <sup>bA</sup>	6.23 $\pm$ 0.09 <sup>cA</sup>	5.57 $\pm$ 0.20 <sup>dA</sup>
Cation-exchange capacity (meq/kg)					
HD	215 $\pm$ 14 <sup>eA</sup>	274 $\pm$ 14 <sup>dA</sup>	320 $\pm$ 7 <sup>cA</sup>	341 $\pm$ 14 <sup>bA</sup>	379 $\pm$ 13 <sup>aA</sup>
FD	175 $\pm$ 10 <sup>eB</sup>	214 $\pm$ 9 <sup>dB</sup>	274 $\pm$ 7 <sup>cB</sup>	294 $\pm$ 15 <sup>bB</sup>	348 $\pm$ 7 <sup>aB</sup>

表3、豆渣微化粉末之類黃酮含量

Table 3. The flavonoids content of micronized soybean by-product powders.

Particle size (µm)	Flavonoids (µg/g)	
	HD <sup>1</sup>	FD <sup>1</sup>
Non-separated	43.51 ± 0.21	35.32 ± 0.19
316.72-324.18	36.62 ± 0.15 <sup>cA</sup>	25.36 ± 0.13 <sup>cB</sup>
252.63-268.46	47.58 ± 0.18 <sup>dA</sup>	38.28 ± 0.21 <sup>dB</sup>
126.85-148.30	58.73 ± 0.09 <sup>cA</sup>	41.46 ± 0.08 <sup>cB</sup>
42.63-46.74	67.36 ± 0.11 <sup>bA</sup>	49.59 ± 0.17 <sup>BB</sup>
35.54-35.25	68.23 ± 0.14 <sup>aA</sup>	57.47 ± 0.08 <sup>aB</sup>

表4、豆渣微化粉末之大豆異黃酮含量

Table 4. The Isoflavone content of micronized soybean by-product powders.

		Particle size (µm)				
HD		316.72±0.89	252.63±1.50	126.85±1.66	46.74±0.43	35.25±0.91
FD		324.18±1.35	268.46±1.54	148.30±1.92	42.63±0.61	33.54±0.98
		Daidzein (µg/g DW)				
HD		19.17±0.12 <sup>aA</sup>	26.78±0.21 <sup>dA</sup>	28.11±0.11 <sup>cA</sup>	31.46±0.15 <sup>bA</sup>	33.31±0.16 <sup>aA</sup>
FD		12.17±0.16 <sup>aB</sup>	14.29±0.13 <sup>dB</sup>	14.35±0.09 <sup>cB</sup>	17.42±0.14 <sup>bB</sup>	20.18±0.10 <sup>aB</sup>
		Glycitein (µg/g DW)				
HD		2.26±0.07 <sup>aA</sup>	3.17±0.09 <sup>dA</sup>	3.29±0.07 <sup>cA</sup>	3.67±0.09 <sup>bA</sup>	4.86±0.05 <sup>aA</sup>
FD		1.22±0.05 <sup>cB</sup>	1.22±0.03 <sup>cB</sup>	1.24±0.03 <sup>cB</sup>	1.30±0.07 <sup>bB</sup>	1.52±0.06 <sup>aB</sup>
		Genistein (µg/g DW)				
HD		25.65±0.21 <sup>dA</sup>	36.17±0.18 <sup>cB</sup>	37.37±0.09 <sup>cB</sup>	42.24±0.29 <sup>bA</sup>	44.02±0.16 <sup>aA</sup>
FD		12.99±0.13 <sup>dA</sup>	15.43±0.16 <sup>cA</sup>	15.66±0.14 <sup>cA</sup>	18.95±0.17 <sup>bB</sup>	21.86±0.20 <sup>aB</sup>
		Total Isoflavone (Daidzein+ Glycitein +Genistein) (µg/g DW)				
HD		47.08	66.13	68.77	77.36	82.19
FD		26.38	30.94	31.25	37.67	43.55
		TI (%)				
HD		0.004	0.006	0.007	0.007	0.008
FD		0.003	0.003	0.003	0.004	0.004

表5、豆渣微化粉末之膳食纖維組成及含量

Table 5. Composition and content of dietary fiber of micronized soybean by-product powders.

	Particle size ( $\mu\text{m}$ )				
HD <sup>1</sup>	316.72±0.89	252.63±1.50	126.85±1.66	46.74±0.43	35.25±0.91
FD <sup>1</sup>	324.18±1.35	268.46±1.54	148.30±1.92	42.63±0.61	33.54±0.98
	Soluble dietary fiber (%)				
HD	2.76±0.49 <sup>aB</sup>	2.79±0.38 <sup>aB</sup>	3.18±0.43 <sup>bA</sup>	3.45±0.68 <sup>cB</sup>	3.53±0.45 <sup>cA</sup>
FD	3.22±0.54 <sup>aA</sup>	3.39±0.61 <sup>bA</sup>	3.44±0.56 <sup>cA</sup>	3.54±0.66 <sup>cA</sup>	3.65±0.54 <sup>dA</sup>
	Insoluble dietary fiber (%)				
HD	75.84±1.49 <sup>aA</sup>	73.02±1.63 <sup>bA</sup>	72.31±2.36 <sup>bA</sup>	64.13±1.77 <sup>cA</sup>	63.61±1.12 <sup>cA</sup>
FD	75.16±1.81 <sup>aA</sup>	73.05±1.84 <sup>bA</sup>	67.23±1.92 <sup>cB</sup>	66.97±1.71 <sup>cA</sup>	63.34±1.05 <sup>dA</sup>
	Total dietary fiber (%)				
HD	78.60±1.89 <sup>aA</sup>	75.81±1.64 <sup>bB</sup>	75.49±2.01 <sup>bA</sup>	67.58±1.69 <sup>cB</sup>	67.14±1.42 <sup>dA</sup>
FD	78.38±1.63 <sup>aA</sup>	76.44±1.78 <sup>bA</sup>	70.67±1.64 <sup>cB</sup>	70.51±1.74 <sup>dA</sup>	66.99±1.58 <sup>eA</sup>

### 3.4 大豆豆渣多元化利用

麵條加工應用：以熱風乾燥處理之粗粒徑 (316.72  $\mu\text{m}$ )、中粒徑 (126.85  $\mu\text{m}$ )、細粒徑 (35.25  $\mu\text{m}$ ) 微化豆渣粉末各分別以 5 %、10 %、15 % 取代部份麵粉製備高纖麵條，探討豆渣粒徑大小、取代量、加水量對製麵過程中麵筋網狀結構以及麵條品質之影響。：生麵條及熟麵條經色澤分析 L 值、b 值、W.I. 值 (白色度) 及 B.I. 值 (褐變指標) 隨取代量增加呈現下降趨勢，另 L 值、a 值、W.I. 值與粒徑大小呈負相關，b 值及 B.I. 值則為正相關；熟麵條的硬度 (HD)、附著度 (AD) 及抗拉強度 (TS) 隨取代量增加而遞減，但隨粒徑大小降低而提高；烹煮特性方面：烹煮損耗率、烹煮增重率、烹煮膨脹比隨取代量增加而增加，但隨粒徑大小降低而遞減。實驗結果顯示細粒徑微化豆渣粉及取代量較少者有較佳的麵條品質特性、烹煮特性及感官品評結果。其粒徑以 38.25  $\mu\text{m}$ ，添加量 5 ~ 10 % 有較受歡迎之整體接受性，由本實驗微化豆渣粉末可應用作為天然纖維素材開發營養及口感兼具的機能性麵條。

表6、微化豆渣熟麵條質地分析

Table 6. Texture analysis of cooked noodles made from micronized soybean by-product powders

Treatment	Texture Analysis		
	Hardness( HD) (g)	Adhesiveness(AD) (g/mm)	Tensile Strength(TS) (g)
Wheat Flour(WF)100%	393.60±5.68 a	366.39±4.86 a	44.77±1.10 a
WF 95%+HD-1 5%	393.60±5.68 a	366.39±4.86 a	44.77±1.10 a
WF 90%+HD-1 10%	331.41±5.02 d	314.80±7.63 de	28.23±1.10 g
WF 85%+HD-1 15%	265.60±3.50 f	280.85±3.25 f	23.73±0.75 h
WF 95%+HD-3 5%	350.35±3.57 c	347.88±4.49 b	34.27±0.67 d
WF 90%+HD-3 10%	333.73±1.72 d	320.20±8.67 cd	30.03±0.97 f
WF 85%+HD-3 15%	269.62±0.96 f	288.33±5.80 f	24.27±0.58
WF 95%+HD-5 5%	370.77±6.48 b	355.93±7.48 ab	38.93±0.55 b
WF 90%+HD-5 10%	343.57±4.73 c	329.97±5.30 c	36.37±0.47 c
WF 85%+HD-5 15%	309.23±4.42 e	306.50±8.69 e	32.37±0.35 e

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

2a-e Means with different letters within the same row differ significantly ( $p < 0.05$ ) 3HD : Hot dried ; HD-1:316.72 $\mu$ m , HD-3:126.85 $\mu$ m , HD-5:35.25 $\mu$ m

表7、微化豆渣熟麵條烹煮特性分析

Table 7. Texture analysis of cooked noodles made from micronized soybean by-product powders

Treatment	Cooking Index		
	Cooking loss (%)	Cooked weight gain (%)	Cooked volume gain (%)
Wheat Flour(WF)100%	3.57±0.21 f	71.00±1.98 f	31.4±2.68 f
WF 95%+HD-1 5%	3.75±0.25 cd	75.87±2.14 bcd	34.7±2.91 e
WF 90%+HD-1 10%	3.89±0.34 ab	77.47±2.03 abc	42.6±3.04 abc
WF 85%+HD-1 15%	3.96±0.41 a	79.57±3.39 a	43.5±1.62 a
WF 95%+HD-3 5%	3.71±0.31 de	73.41±1.65 def	33.6±1.23 e
WF 90%+HD-3 10%	3.84±0.28 bc	75.60±2.32cd	41.4±1.66 cd
WF 85%+HD-3 15%	3.90±0.37 ab	77.28±5.81 ab	42.7±1.98 ab
WF 95%+HD-5 5%	3.59±0.24 f	72.41±1.70 ef	32.0±1.14
WF 90%+HD-5 10%	3.61±0.27 ef	73.60±2.67 de	40.9±2.31 d
WF 85%+HD-5 15%	3.82±0.31 bcd	75.90±5.81 bcd	41.9±1.84 bcd

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

2a-e Means with different letters within the same row differ significantly ( $p < 0.05$ )

3HD : Hot dried ; HD-1:316.72 $\mu$ m , HD-3:126.85 $\mu$ m , HD-5:35.25 $\mu$ m

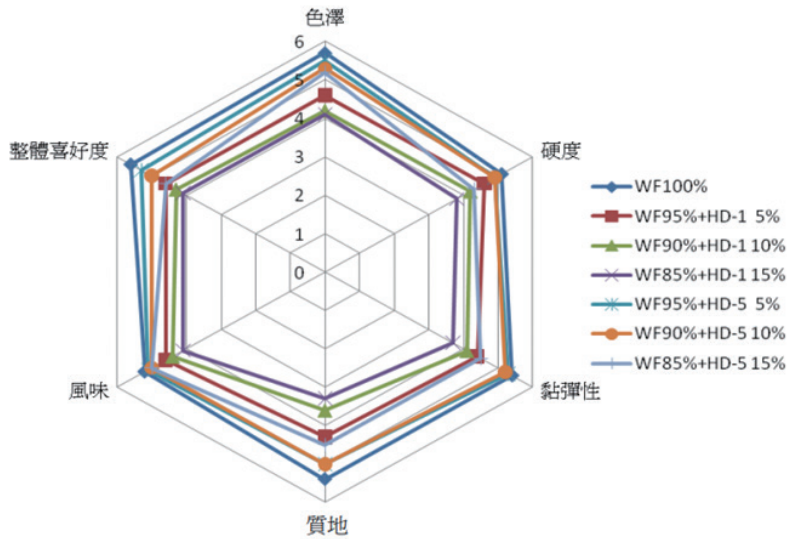


圖3、微化豆渣麵條嗜好性品評分析雷達圖

Fig 3. Radian plot of sensory evaluations of noodles made from micronized soybean by-product powders

### 3.5 烘烤蛋糕多元利用

“大豆豆渣”為大豆加工過程中剩下之副產物，富含膳食纖維及粗蛋白、粗脂質、大豆異黃酮等成分，目前甚少被利用，如何強化其利用性及提高價值成為重要研究主題。台灣正值跨入銀髮族社會，如何提高纖維攝取量及飲食豐富性，是營養、保健消費市場的新焦點及競爭力。本研究以戚風蛋糕為研究主題，探討添加大豆豆渣(0、20、35、50%)對其製備技術、產品品質及消費適口性評估；初步研究結果如下：隨大豆豆渣添加量提升，其外觀高度及體積膨化呈顯著下降 ( $P < 0.05$ )，添加  $> 35\%$  時會提高麵糊之比重及黏性，會降低膨脹性，致使孔洞較小、緻密性提高。另隨豆渣添加量增加，其產品之 L 值 (明亮度) 呈下降、a 值 (紅色度) 及 b 值 (藍色度) 呈顯著上升 ( $P < 0.05$ )。各式添加量之蛋糕水活性約在 0.92~0.94 之間，未見明顯差異。利用解剖顯微鏡觀察蛋糕樣品之微細構造，隨大豆豆渣添加量增加其會影響蛋白起泡性及產品乳化性、緻密構造；並會對感官品評之外觀、質地、口感造成較低之得分 ( $p < 0.05$ )，添加大豆豆渣大於 20% 感官易有大豆豆渣之生菁味、減少風味得分。本研究結果可供未來發展高纖蛋糕及配方修正提高品質安定性之參考。

表8、豆渣戚風蛋糕之質地分析

Table.8 Texture analysis of okara chiffon cake

Sample	Hardness (N)	Adhesiveness (N.sec)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (N)	Resilience
OC-0	3.71±0.63 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.75±0.01 <sup>a</sup>	2.78±0.49 <sup>a</sup>	2.78±0.50 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>a</sup>
OC-25	3.79±0.76 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>c</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.71±0.01 <sup>a</sup>	2.67±0.53 <sup>a</sup>	2.67±0.52 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>b</sup>
OC-50	4.23±1.08 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>c</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.57±0.29 <sup>a</sup>	2.24±1.06 <sup>a</sup>	2.24±1.06 <sup>a</sup>	0.33±0.01 <sup>b</sup>
OC-75	4.46±0.74 <sup>ab</sup>	0.06±0.05 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.67±0.02 <sup>a</sup>	2.99±0.58 <sup>a</sup>	2.99±0.58 <sup>a</sup>	0.26±0.01 <sup>c</sup>
OC-100	5.62±1.37 <sup>a</sup>	0.11±0.03 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.63±0.09 <sup>a</sup>	3.60±1.42 <sup>a</sup>	3.60±1.42 <sup>a</sup>	0.21±0.03 <sup>a</sup>

Columns having different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by the Duncan's test.

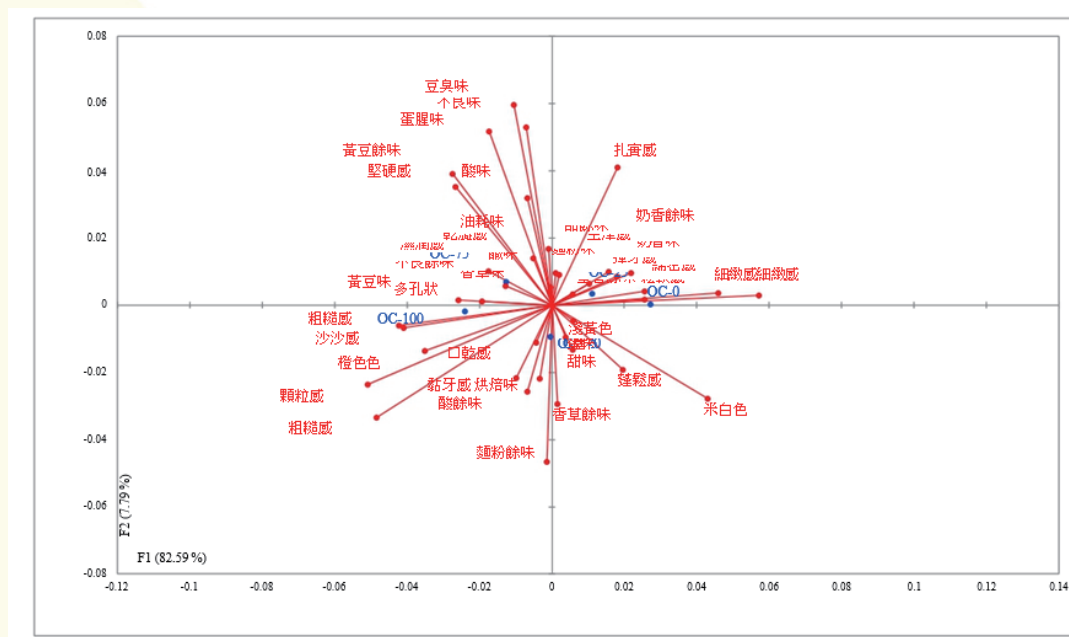


圖4、豆渣戚風蛋糕描述特性分析之對應分析圖

Figure 4. Correspondence analysis of the characteristics analysis of okara chiffon cake description.

表9、豆渣戚風蛋糕消費者購買意向與宣稱有健康價值購買意向統計表

Table 9.Okara chiffon Cake consumer intention and claims healthy value intention statistics.

樣品	購買意圖差					總計
	減少 2	減少 1	不變	增加 1	增加 2	
OC-0	0	4	52	24	0	80
OC-25	1	2	53	22	2	80
OC-50	0	1	56	23	0	80
OC-75	0	4	48	28	0	80
OC-100	0	0	51	26	3	80
總計	1	11	260	123	5	400

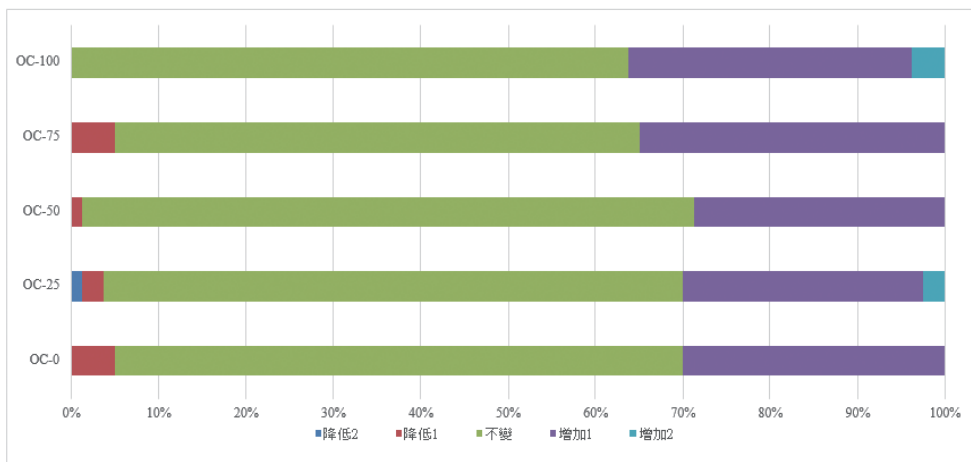
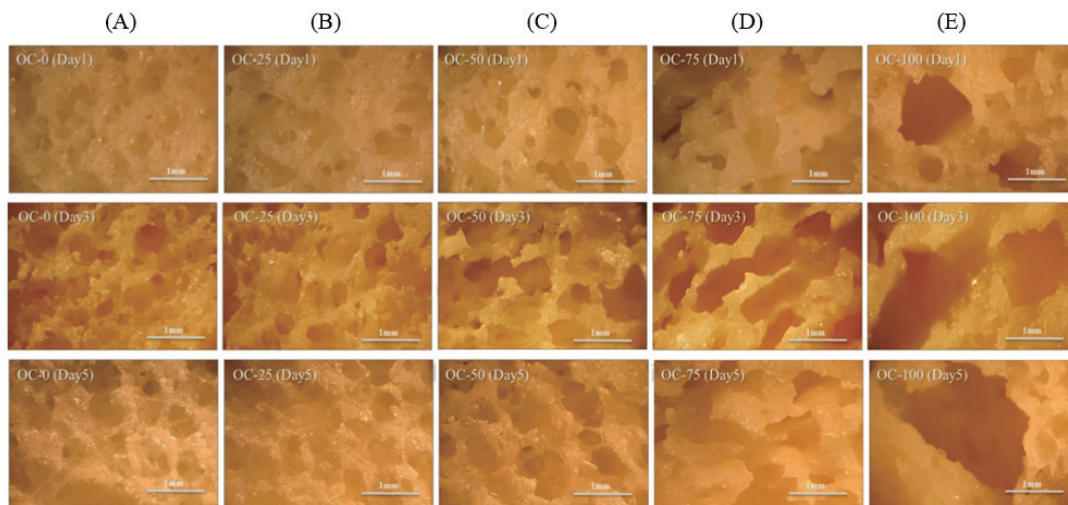


圖5、豆渣戚風蛋糕消費者購買意向與宣稱有健康價值購買意向統計圖

Figure 5. Okara chiffon cake consumer purchase intention and claim to have a healthy value of purchase intention statistics.



(A) OC-0 (B) OC-25 (C) OC-50 (D) OC-75 (E) OC-100

圖6、冷藏儲存天數之豆渣戚風蛋糕解剖顯微鏡觀察

Figure 6. Microscope observation of okara cake during their refrigerated storage.

表10、豆渣戚風蛋糕之冷藏儲存水分、水活性和硬度分析

Table 10. Moisture content, Water activity and Crumb hardness of cake during their refrigerated storage.

Sample		OC-0	OC-25	OC-50	OC-75	OC-100
Moisture(%)	Day10	53.82±1.38b	54.30±1.61b	57.36±1.31a	59.13±0.68a	58.48±2.60a
	Day20	51.83±1.48d	53.19±0.86cd	54.65±0.49bc	56.59±1.11ab	56.59±1.11a
	Day30	50.02±0.13c	53.75±1.06b	55.8±1.26b	57.59±0.95a	58.63±0.76a
Water Activity(Aw)	Day10	0.90±0.01c	0.92±0.01a	0.91±0.02b	0.89±0.02d	0.92±0.01a
	Day20	0.91±0.01b	0.90±0.01c	0.91±0.01b	0.90±0.01c	0.93±0.01a
	Day30	0.89±0.01d	0.91±0.01c	0.92±0.01b	0.92±0.01b	0.93±0.01a
Hardness(N)	Day10	2.89±0.42bc	2.79±0.17bc	2.57±0.35c	4.43±1.15a	3.79±0.36ab
	Day20	3.15±0.18ab	2.49±0.29b	2.53±0.05b	3.70±0.68a	3.33±0.49a
	Day30	3.35±0.04 c	2.57±0.06d	3.13±0.08 c	3.71±0.26 b	4.06±0.06 a

All values are means with standard deviation (n= 3).

Means with different letters in the same row are significantly different ( $p < 0.05$ ) by the Duncan' s test.

## 4. 結論

- 4.1 豆渣 (Okara) 為大豆加工製品之副產物，含大量膳食纖維、高水分及營養成分，如何多元化利用成為重要研究議題。以國產高雄選 10 號大豆豆渣為原料，利用破碎機 (Warning blender)、均質機 (Polytron) 以及行星球磨機 (Plantary ball mill) 進行研磨處理並評估其構造及機能變化。研究顯示豆渣纖維經過研磨至微米等級後，能有效增加可溶性膳食纖維含量極多酚類、類黃酮等活性小分子的釋出，進而增加豆渣之多元利用性。
- 4.2 大豆豆渣內含有豐富的膳食纖維及蛋白質，適合製成含有營養價值之麵條、烘焙、調味醬及各式生醫材料載體基才。並且讓大豆豆渣能創造出其高經濟價值，提升產品質量，並達到永續農業遠景及新商機。

## 參考文獻

1. Vong, W.C.; Liu, S.Q. Biovalorisation of okara (soybean residue) for food and nutrition. *Trends Food Sci Tech* **2016**, 52, 139-147.
2. Villanueva, M.J.; Yokoyama, W.H.; Hong, Y.J.; Barttley, G.E.; Ruperez, P. Effect of high-fat diets supplemented with okara soybean by-product on lipid profiles of plasma, liver and faeces in Syrian hamsters. *Food Chem* **2011**, 124(1), 72-79.
3. Chau, C.F.; Wang, Y.T.; Wen, Y.L. Different micronization methods significantly improve the functionality of carrot insoluble fibre. *Food Chem* 2007, 100(4), 1402-1408.
4. Rehinan, Z.U.; Rashid, M.; Shah, W.H. Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *Food Chem* **2004**, 85(2), 245-249.
5. Chau, C.F.; Huang, Y.L. Characterization of passion fruit seed fibres—a potential fibre source. *Food Chem* **2004**, 85(2), 189-194.
6. Sato, M.; Ramarathnam, N.; Suzuki, Y.; Ohkubo, T.; Takeuchi, M.; Ochi, H. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *J Agr Food Chem* **1996**, 44(1), 37-41.

- 7.Sarikurkcü, C.; Tepe, B.; Daferera, D.; Polissiou, M.; Harmandar, M. Studies on the antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Marrubium globosum* subsp. *globosum* (lamiaceae) by three different chemical assays. *Bioresource Technol* **2008**, *99*, 4239-4246.
- 8.Hsia, S.Y.; Hsiao, Y.H.; Li, W.-T.; Hsieh, J.F. Aggregation of soy protein-isoflavone complexes and gel formation induced by glucono- $\delta$ -lactone in soymilk. *Sci Rep-Uk* **2016**, *6*, 35718.

# Development and application of multiprocessed predicted of soybean Okara

Po-Yuan Chiang<sup>1,\*</sup>

## Abstract

Soybean is an important plant in the world. It makes into many soybean processed products, such as soy milk, tofu, dried tofu, natto, soy sauce and miso, etc.; Okara is the main processing by-product, Rich in dietary fiber, water and nutrients. How to diversify utilization has become an important research issue. This research uses Kaohsiung No. 10 as the material to carry out various processing and diversified product development. The research are following: 1. Observation of the structure of soybeans: The structure of soybeans includes epidermis, palisade tissue, sponge tissue and cotyledon cells. 2. Soybean Okara drying treatment: radio frequency treatment has the effect of shortening the drying time, hot air drying at 45-55 °C can obtain the soybean Okara with good quality and processing characteristics. 3. Micronization treatment: using dry grinding, soybean Okara particle size, bulk density, water retention, swelling, cation exchange capacity and particle size are all positively correlated, soy isoflavones content range is about 26.38 ~ 82.19  $\mu\text{g/g}$ . In addition, with the increase of the grinding speed and time, the particle size of wet grinding decreased significantly, and soluble dietary fiber (SDF), flavonoids, aglycones, and glucosidase all increased significantly. 4. Diversified utilization of soybean Okara: The soluble diet of Soybean Okara and soybean isoflavones can be fermented to be used as prebiotics and functional biomedical carrier platforms; crystal balls and controlled release tablets can increase the coating and intake of functional index components. Adding soybean Okara to cakes, noodles and seasoning sauces can increase the dietary fiber content and adjust the flavor and taste.

**Keywords:** soybean okara, drying, micronization, cakes, noodle

---

<sup>1</sup> Department of Food Science and Biotechnology of National Chung Hsing University

\* Correspondence: pychiang@nchu.edu.tw; Tel.: +886-4-22851665