

行政院國家科學委員會專題研究計畫期末報告

利用米糠開發含營養及具機能性之食品配料
Utilization of Rice Brane for Manufacturing Nutritional
and Functional Food Ingredients

計畫類別： 個別型計畫

計畫編號： NSC 88-2214-E-002-013

執行期間： 87年08月01日 至 88年07月31日

個別型計畫：計畫主持人： 蔣丙煌

電子信箱：bhchiang@ccms.ntu.edu.tw

處理方式：可立即對外提供資料

(請打√)一年後可對外提供資料

兩年後可對外提供資料

(必要時，本會得展延發表時限)

執行單位： 台大食品科技研究所

中華民國 88 年 10 月 30 日

中文摘要

關鍵詞：米糠、植酸、肌醇、米糠醇、機能性食品。

米糠富含營養及機能性成份，但是需要將之加工使脂肪分解酵素失活，除去植酸，並使水不溶性纖維水解後始能成為一俱有機能性成份之食品配料。於本計畫之第一個年度中已研究如何利用擠壓加工來使脂肪分解酵素失活以延長米糠之保存期限。結果發現若利用雙軸擠壓機在 130°C 下加工 20 秒可使米糠之保存期限達到至少 20 天，並且在此條件下，擠壓加工米糠營養成份造成之損失少於 5%。米糠中之植酸可用 pH2 之氫氯酸在 25°C 下萃取 30 分鐘移除。所獲得之植酸萃取液可再用離子交換樹脂並配合活性碳予以純化，如此可以得到純度在 93% 以上之植酸，而且植酸之回收率亦高於 86%。

Abstract

Keywords : rice bran, phytic acid, myo-inositol, oryzanol, functional food

Rice bran is rich in nutritional and functional components, but need to be processed to inactivate lipase, remove phytic acid, and solubilize fiber in order

to convert it to a functional food ingredient. In the first year of this research project, an investigation was conducted to stabilize rice bran by extrusion process. It was found that a twin screw extruder operated at 130°C and 20 second of residence time could extend the shelf life of rice bran for at least 20 days. The total losses of nutritional components of rice bran due to extrusion was less than 5%. The phytic acid was extracted from rice bran by hydrochloric acid at pH 2 and 25°C for 30 minutes. The extracted phytic acid could be further purified by ion exchangers and followed by activated carbon. The purification procedure recovered more than 86% of phytic acid and the purity of the product was higher than 93%.

緣由與目的

臺灣年產糙米量 158 萬公噸，其產量與產值皆是臺灣最大宗農作物，糙米碾白產生 10% 米糠，為碾米之副產品，含油量近似黃豆，可用於提煉米糠油。但是，本省米糠油工業由於成本及市場因素已於民國 86 年全部瓦解。米糠富含營養物質，但因內含大量植酸及水不溶性纖維素等不適直接食用之物質，故大部分作為飼料、肥料及土壤改良劑，甚至當廢棄物處理，實是可惜。如能於大量米糠副產品中開發具機能性之食品或食品配料，則可提高米糠利用價值。

開發適口之食品，除了需考量風味、口味、顏色及營養價值等因素之外，尚需考慮其中所含之限制因子。利用米糠生產食品有不少限制因子，如①水不溶性纖維及植酸含量高；②富含脂肪分解酶，易致使油脂氧化；③米糠蛋白質之水溶性不佳及具高起泡性；④灰份（礦物質）含量高，皆需加予考慮並處理之。

本計畫擬以擠壓處理來安定米糠原料之品質，以酸性法去除植酸，利用酵素及擠壓產生之剪力，試圖將不溶性纖維及蛋白質予以部份水解，同時擠壓加工可增加產品之色、香、味及組織化之形成。擠壓處理安定米糠，除使米糠中之油脂能於貯存時不產生劣變外，尚需顧及米糠營養成份及機能性物質不受擠壓加工破壞損失，且不影響後續植酸之萃取，並希望能提昇米糠功能性及品質。研究工作主要考量為①膳食纖維水溶解度；②蛋白質水溶解度；③顏色、風味；④營養及機能性成份含量（ α -glucan、oryzanol、Vit.等）之保留；⑤產品性質，包括 WSI、WAI、CL、WHC 等。

植酸經酸溶液抽出後，擬以離子交換純化之，提高廢棄物利用，開發高價機

能性產品（植酸、肌醇）。但是，植酸變色及結晶為本研究有待突破重點。另外，分離含不同磷酸基肌醇之困難亦有待解決，這些皆為提高米糠產品價值需努力的目標。

本研究擬於二年內完成，於八十八年度已完成之項目包括以擠壓機來安定米糠原料品質之最適化條件以及以酸萃除去米糠中所含之植酸，並將萃出植酸收集並予純化之方法之建立。

材料與方法

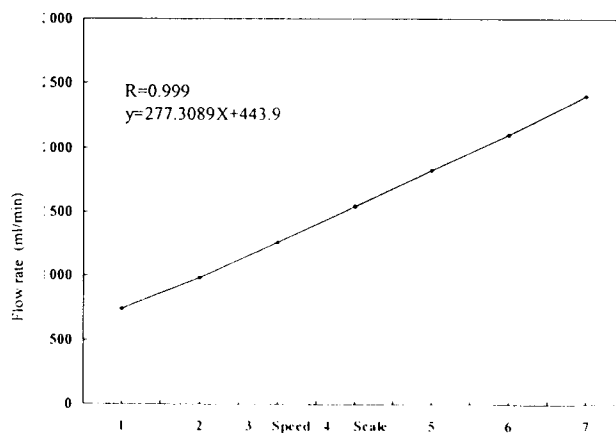
A. 材料：蓬萊米糠（87 年度第二年期稻作，國光一公司提供；台北）

B. 實驗裝置及設備

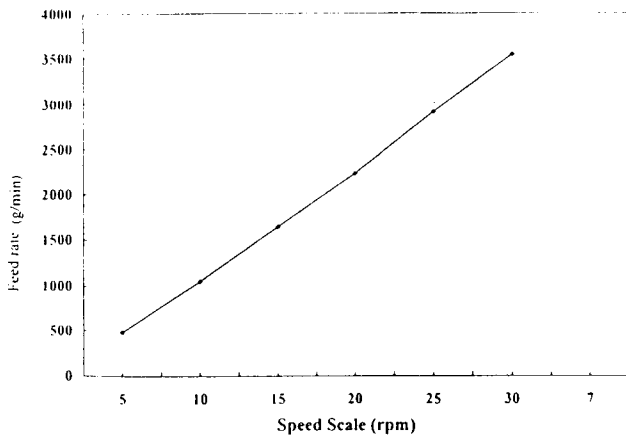
1. 擠壓機

擠壓機設備為法國 Cletral 公司出品之同向(Corotating)，密接(Intermeshing)雙軸擠壓機 (model BC-45)。擠壓機套管外使用電磁加熱器升溫，套管內有冷卻水循環，兩者配合可充分控制管內溫度；進料速率及加水泵 (Cole parmer instrument Co., 7518-00) 分別做刻度校正。

圖一為加水泵刻度校正曲線，圖二為擠壓進料速率校正曲線。

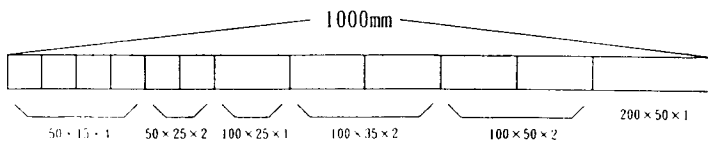


圖一、加水泵刻度校正曲線



圖二、擠壓進料速率校正曲線

使用螺軸組態(screw profile) (雙軸相同)



2. 高效能層析設備 (HPLC) (日本分光株式會社)

① Pump: JASCO model PU-980 (日本分光株式會社)

② Detector: RI-930

③ 分離管柱(Column): Lichrospher 100 RP-18, ID = 4m
L = 250mm, particlesize = 5 μ m (Merck Co., W.Germany)

④ 樣品注入量: 20 μ l

⑤ 植酸(Phytic acid)分析

a. 標準品 : Phytic acid dodecasodium salt ($C_6H_6O_{24}P_6Na_{12}$, from rice, Sigma Co., USA)

b. 移動相 (Mobile phase) : 0.005M NaOAc ($CH_3COONa \cdot 3H_2O$; GR, Merck Co., W. Germany)

C. 移動相流速: 1.0 ml/min

⑥ 米糠醇 (oryzanol) 分析

a. 標準品: γ -oryzanol(和光純藥工業株式會社) (γ -oryzanol 不易溶於非極性溶劑, 需以極性溶劑溶解如 ethanol, acetone, acetic acid, ethylacetate 等,

故本法採以 ethylacetate 溶解後進行分析)

b. HPLC column, sulpecosil (sulelco, Bellefonte, PA)

c. 移動相(mobile phase): isooctane : ethyl-acetate : acetic acid : 2,2-dimethoxypropane (98.15 : 0.9 : 0.8 : 0.1)

d. 移動相流速: 1.0 ml/min

e. Detector UV : 290nm

⑦ 維生素 B1、B2、Niacin 分析 :

a. 標準品 : B1、B2、Niacin (Sigma Co, USA).

b. 分離管柱 : Licrospher 100 RP-18 ID 4 mm、L=250 nm (Merck Co., W.Germany)

c. Detector : Model U-1100 (Hitachi, Japan), 254nm .

d. 流速 : 0.8 m/min

e. 流動相 : Methanol : H_2O : glacial acid (39:60)每 1000ml 加入 PIC-B5 及 PIC-87 一瓶

3. 分光光度計:

使用機型為 Model U-1100 (Hitachi, Japan)。

4. 色澤分析儀 (Colormetry) (Tokyo Denshoku Co., TC-1500DX, Japan)。

C、實驗方法

1. 米糠成份分析

a. 水分測定 : 2 克粉末 , 110 $^{\circ}$ C 烘乾至恆重。

b. 粗蛋白質測定 : 以凱氏法 (improved Kjeldahl method) 進行。米糠之氮係數以 5.95 計算。

c. 粗脂肪 : 以 Soxhlet 方法分析 ; 使用乾燥後之米糠原料置入圓筒濾紙中, 以乙醚迴流 8 小時, 將所得的回流液中的溶劑移除, 所得即是粗脂肪量。

d. 灰份測定：秤取 2 克的樣品於灰化爐中以 550°C 灰化至恆重

$$\% \text{ Ash} = \text{residue weight} / \text{樣品重} \times 100$$

e. 米糠色澤測定：米糠經 60 mesh 篩分後，以色澤分析儀測定 L、a、b 值。

f. 粗纖維測定：以 AOAC (1984) 方法測定。

秤取樣品 2 克置入三角瓶中，加入 0.15 克石棉、1.25% H₂SO₄ 200mL，安裝迴流冷凝管，煮沸 30 min，加入 1.25% NaOH 200 mL，加熱煮沸 30 min，過濾，以熱水洗至中性，並以 15 mL 酒精洗滌後置入 110°C 乾燥至恆重，置入 550°C 灰化爐，求灰化前後重量除以樣品重得粗纖維量。

2、植酸萃取：

a. 配置 pH = 1、2、3、4、5、6 之 HCl 溶液

b. 秤取 50 克米糠於配置稀鹽酸溶液中 (rice bran / solvent = 1/5、1/10、1/15)

c. 控制溫度: 25°C、40°C、55°C

d. 操作時間: 0.5hr、1hr、1.5hr、3hr、5hr

3、米糠安定化處理：

a. 進料速率、螺軸轉速與滯留時間校正 (表一)

表一、進料速率、螺軸轉速與滯留時間校正表

Feed reat (rpm)	Screw speed (rpm)	Residence time (sec)
3-4	9-10	300
3-4	15-16	180
5-6	19-20	137
5-6	25	111
5-6	30	90
6-7	40	68
12	95	30
13-14	120	25
14-15	140	20
20-21	250	12

b. 操作溫度 (barrel temperature) : 120°C、125°C、130°C、135°C、140°C

c. 米糠經擠壓處理後測定：

① 水分含量：2 克粉末，110°C 烘乾至恆重。

② 色澤變化：經處理之米糠以 60 mesh 篩分後，以色澤分析儀測定 L、a、b 值。

③ 脂肪酸價測定：取 5 克於 125 ml 三角瓶中，加入乙醚試劑 50 ml，用 Polytron Homogenizer 均質 (10,000 rpm, 10 分鐘)，加入 2 滴酚太指示劑，以 0.1N KOH 滴定至微紅色 (持續 30 秒)，求其酸價 (AV)

$$AV = (A - B) \times N \times 56.1 / \text{Sample (wt)}$$

A：樣品之 KOH 消耗量

B：空白試驗之 KOH 消耗量

N：KOH 之濃度

4. 維生素 B1、B2、Niacin 之測定 (Toma, R. B. & Tabekhia, M. M., 1979)

a. 秤取 5g 樣品加入 50ml 0.1N 硫酸溶液混合。

b. 置放殺菌釜以 15 psig 加熱 30 min，冷卻至常溫。

c. 以 2M 醋酸鈉溶液調整樣品液至 pH4.5，添加 0.5% (w/v) takadiastase & 1% (w/v) papain 混勻，放至於 35±1°C 保溫箱過夜 (overnight) 以無灰濾紙過濾。

d. 以去離子水稀釋定量至 100ml，以 0.45µm millipore filter 過濾後以 HPLC 分析。

e. HPLC 分析條件：① Column:

Chromspher C-18 (250×4.6mm) ;

② Mobile phase: 1000 ml contain

(MeOH 390 ml, H₂O 600ml, glacial acetic acid 10 ml, PIC-B5/PIC-B7 both 1 bottle) ; ③Flow rate: 0.8 ml/ min ;
 ④Detector: UV(254 nm) ;
 ⑤Temperature: 室溫。

5. 米糠醇測定(Shin, T. S., et al., 1997) :

- a. 米糠 0.5gm 於 15ml test tube, 加入 0.1g Ascorbic acid、5ml Ethanol。
- b. 置放於 80°C 水浴槽中加熱 10 min, 加入 0.15 ml 80% KOH 皂化再以 80 °C 水浴槽加熱 15 min。
- c. 速置入冰水中終止反應。
- d. 加入 3ml 蒸餾水、5ml n-hexane 一起置入離心瓶以 120xg 離心 1 min, 取上層液入 125ml 分液漏斗中。
- e. 靜置 5min, 收集 n- hexane 層。加入 5ml n-hexane 萃取樣品分離收集 n-hexane 層, 再加入 5ml n-hexane 萃取樣品分離收集 n-hexane 層。
- f. 加入 5ml 蒸餾水清洗, 收集 n-hexane 層 (此步驟重複三次)。
- g. 加入適量無水硫酸鈉(Na₂SO₄)去除水分, 以純 nitrogen gas 吹乾, 以 isooctane 稀釋至 1ml。
- h. 以 0.45µm 過濾後進行 HPLC 分析。
 HPLC 分析 :
 ①Column: Sulpecosil(Sulelco, Bellefonte, PA) ; ②Mobile phase: isooctane/ethylacetate/acetic acid/2,2-dimethoxypropane (98.15/0.9/0.85/0.1) ; ③Detector: UV(emission λ 330 nm, excitation λ 290 nm) ; ④Flow rate: 1.6-2.4ml/min ; ⑤Temperature: 室溫 ;

4. 植酸純化方法

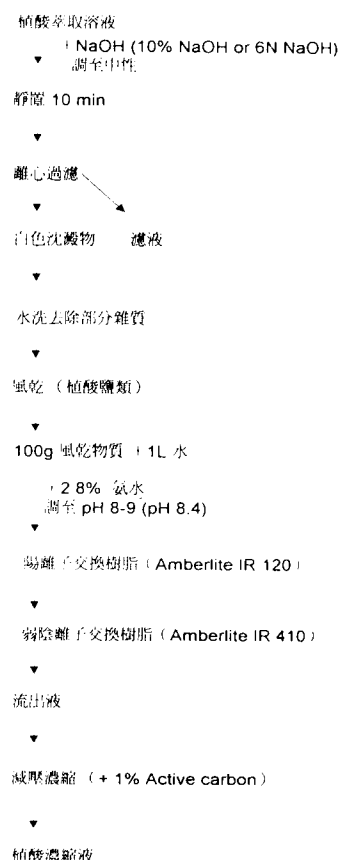
a. 植酸之含量分析:

秤取 1g 米糠, 使用 Soxhlet 迴流裝置以乙醚萃取 8 小時去除脂肪後, 加入 20 ml 0.5 N HCl 攪拌 2 小時, 離心

(5000 rpm, 2420 xg)10 min, 取得萃取液, 加入去離水定量至 100 ml, 使用 AG1-X8 離子交換樹脂吸附植酸(加入 15 ml 0.1N HCl 洗雜質), 再以 2 N HCl 沖提出植酸, 沖提溶液定量至 50 ml, 以 HPLC 分析其植酸含量。

b. 植酸萃取: 採前述最適萃取條件萃取植酸溶液。

c. 植酸純化: 純化流程如下



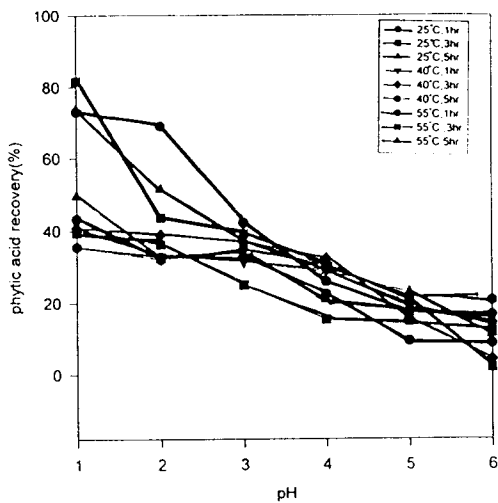
結果與討論

一、植酸之萃取

(一)以 50g 米糠加入 5 倍水(以 HCl 溶液調 pH 1, 2, 3, 4, 5, 6), 控制萃取溫度 25°C, 40°C, 55°C, 萃取時間 1hr, 3hr,

5hr 實驗發現於 pH 3 以下所得之萃取液以濾紙較容易過濾，而 pH 4 以上者不易過濾，且隨萃取時間增加，其過濾愈不易，顯示有部份澱粉糊化或水解現象。在萃取溫度增加時其萃取物顏色增加（變深），且糊化現象愈明顯。

經 HPLC 分析 phytic acid 萃取量得圖三如下：

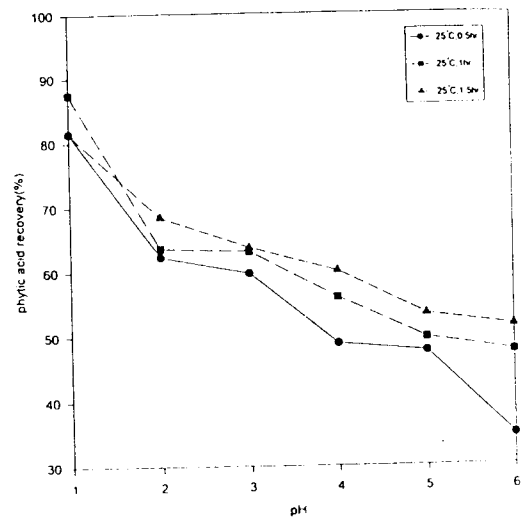


圖三、米糠經酸萃取植酸之回收率

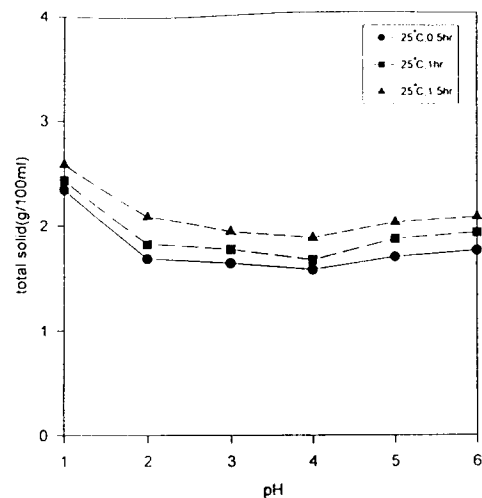
結果顯示萃取時間對植酸萃取量並沒有顯著增加；而有影響者為 pH 及溫度。以 25°C 萃取時得較佳萃取量，且隨 pH 增加，萃取之植酸回收率減少。由此可知植酸於酸性條件下較容易被萃出。

(二)將米糠與溶劑比例維持 1/5 時，溫度控制 25°C，時間縮短為 0.5、1、1.5hr，實驗結果如圖四、五，可知 pH 3 以下可得 65% 以上植酸回收率，且於 pH 1 時，可得 80-88% 之植酸萃取回收率。而萃取時間 0.5 小時與 1 小時，植酸量並無顯著差異，由萃取溶液 total solid 值（圖五）可知 pH 2-3 時可得最小之 total solid，亦說明在 pH 2-3

時所萃取之溶液，其植酸含量及純度皆較高。也就是說在 pH 2 時，其未來植酸純化所要去除的雜質最少。故由圖四、五可知，萃取液在 pH 1-2，萃取時間 0.5 小時，操作溫度 25°C，即可得較佳之植酸萃取效果。



圖四、米糠經酸萃取植酸之回收率



圖五、米糠經酸萃取溶液之固形量

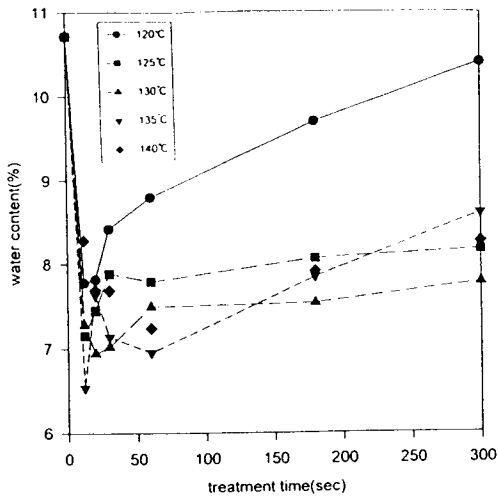
二、六糖安定化最佳化研究結果

擠壓機：雙軸擠壓機

帶留時間控制：12sec, 20sec, 30sec, 60sec, 180sec, 300sec

溫度控制：120°C, 125°C, 130°C, 135°C, 140°C

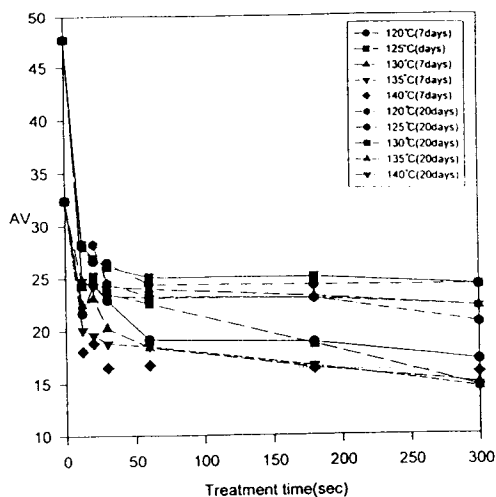
(一)經擠壓之米糠產品，其水分含量如圖六所示。



圖六、米糠經擠壓處理之產品水分含量

顯示滯留時間越短，其產品所含水分含量越少，且隨著滯留時間增加，其擠壓產品之水分含量越高，由實驗中可觀察，滯留時間短時，其螺軸轉速快，所造成擠壓膨發現象明顯，由於膨發時，其米糠具有高溫之水蒸汽散發，造成水分揮發散失，故由水分含量圖中可明顯得到，滯留時間越短，水分含量越低。

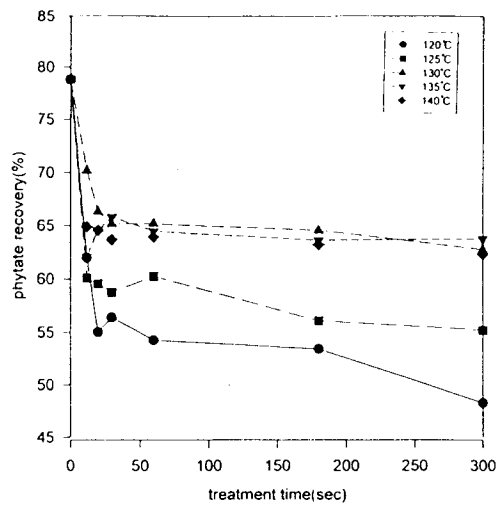
(二)經擠壓處理之米糠以常溫(25°C)貯藏(7、14、20天)，測其脂肪酸價，可得圖七。



圖七、經擠壓處理之米糠於常溫貯存時酸價變化

由圖七中可知，擠壓溫度在 130°C 以上，滯留時間控制在 20-30 秒時，即可使米糠具有安定效果，經 20 天之常溫貯存，其酸價變化不明顯，顯示以 130°C 以上，處理時間 20-30 秒，即可使米糠達到安定。

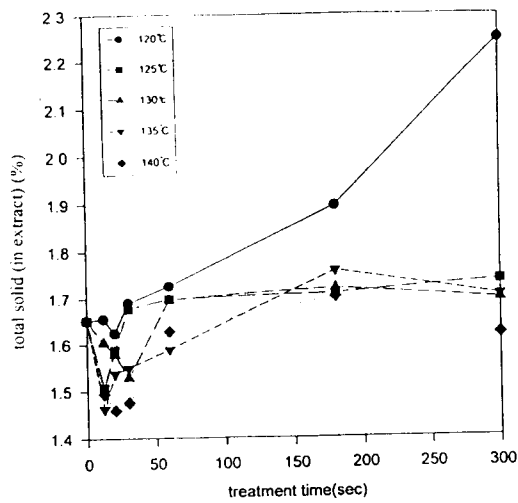
(三)經擠壓處理之米糠，以 pH2 之 HCl 溶液萃取植酸結果如圖八。



圖八、經擠壓處理之米糠經酸溶液萃取植酸

由實驗結果發現擠壓處理時間滯留時間越長，其萃取植酸量下降，顯示較激烈之擠壓處理會使得米糠中組成份與植酸形成複合物，而使植酸萃取量減少。尤以擠壓處理時間達 60 秒以上，植酸萃取量明顯減少。

米糠經酸萃取之萃取液之固形物含量 (total solid) 如圖九所示。



圖九、經擠壓處理之米糠經酸溶液萃取所得之萃出液之固形物含量

結果得知，在擠壓處理時間 20-30 秒時，其萃取液之固形物含量最少，而隨擠壓處理時間增加，萃取液中之固形物含量隨之增加。如此不但對於保存米糠機能性成份具有影響，而且增加未來植酸純化之困難度。

(四) 擠壓產品之色澤

表二、擠壓處理之米糠色澤

	x	y	z	L	a	b	ΔE
Rice bran	48.73	49.36	37.34	70.26	0.82	17.71	24.71
Extrusion 120°C	45.31	45.63	33.18	67.55	1.46	18.21	27.25
130°C	45.24	45.59	33.20	67.53	1.47	17.98	27.15
140°C	45.24	45.60	33.41	67.52	1.41	18.15	27.25

如表二所示，米糠顏色會隨擠壓處理溫度增加而變深，但擠壓處理溫度變化(120°C、130°C、140°C)對其米糠顏色影響變化不大。

由上述實驗結果得知，欲得安定化之米糠，且考慮於未來去除植酸及植酸純化加工之容易度，同時減少萃取步驟造成機能性物質之損失，較適當之

擠壓條件為擠壓溫度 130°C，處理時間 20 秒。

(五) 營養物質的變化：

表三、米糠精處理後之營養物質之變化

Treatment	安定米糠(130°C, 20 秒擠壓)	去除植酸米糠(以滾筒乾燥, 120-130°C, 52 秒)
Niacin residue(%)	99.15	97.21
Vitamin B2 residue(%)	91.27	83.30
Vitamin B1 residue(%)	94.30	91.23
Oryzanol residue(%)	97.10	52.55

米糠精擠壓安定，其營養物質受熱變化不大，再經酸萃取植酸後再以滾筒乾燥處理，維生素 B 群之損失率 3-17%，唯 oryzanol 則有 48% 損失。

三、植酸之純化處理

1. 100g 米糠以 pH 2 之鹽酸溶液萃取植酸後，經 10% NaOH 中和沈澱可得 15.4g 白色萃取物，其中含 4.69g 植酸鹽類，估算植酸鹽純度為 30.45%，顯示仍有 70% 雜質被酸溶液所萃取出來。為了將 70% 雜質去除，則利用活性碳或離子交換樹脂進行純化處理。

2. 離子交換處理：

a. 白色萃取物溶解

秤取上述白色萃取物 100g 加入 1L 水，以 28% 氨水調 pH 8.4 以陽離子交換樹脂及陰離子交換樹脂處理純化植酸(美國專利, 1978)，經實驗發現以 28% 氨水調製 pH 8.4 時，白色萃取物無法完全溶解，成白色濁狀，通入分離管柱時造成阻塞，探究其原因，可能白色萃取物含有相當量雜質，植酸與不同物質形成緊密之複合物，無法直接形

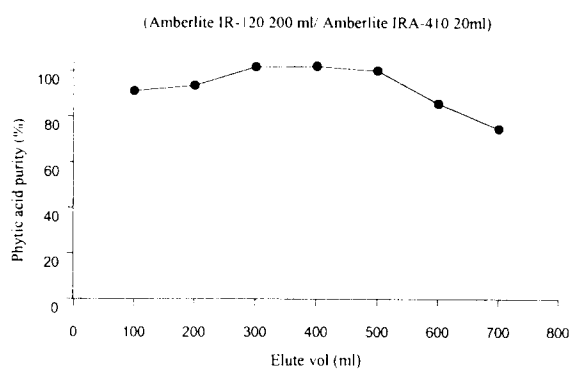
成植酸氫水溶液。故無法以離子交換方式純化植酸，故改用以鹽酸 0.5M 溶解白色萃取出物，可完全溶解且通過離子交換樹脂管柱時不造成阻塞。

b.離子交換樹脂選擇：

陽離子交換樹脂：Amberlite IR-120
陰離子交換樹脂：Amberlite IRA45、IRA-93、IRA-410、IRA-68、XAD-4、MP-62、XAD-7、A-7 經預備實驗選擇吸附雜質效果佳，且顏色較透明者以 Amberlite IRA-410、IRA-93 為佳。

c.離子交換樹脂純化：

植酸溶解物流通等量的 Amberlite IR-120 及 Amberlite IRA-410 管柱(16.7 mm×1000 mm)時，發現可得植酸純度達 97.6% 以上，唯回收率為 10.27%，將兩管柱分離時，流經於 Amberlite IR-120 後之流出液，可使植酸純度由 30.45% 提升至 70-88%，回收植酸量達 95.36%，而再經 Amberlite IRA-410 時，回收量下降至 10.27%，故知 Amberlite 除可吸附雜質外，可吸附大量植酸，經研究以不同比例配比量來處理時，得知 Amberlite IR-120: Amberlite IRA-410 以 10:1 時具有最佳效果，可得純度 93-100% 植酸，回收率為 86.43%。

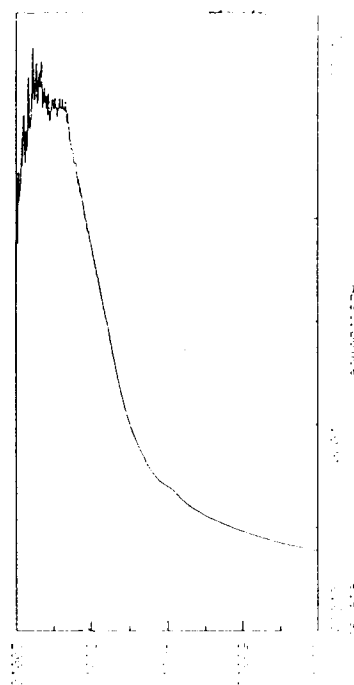


圖十、植酸萃取出液之光譜吸收峰圖

故研究得知以 Amberlite IR-120 與 Amberlite IRA-410 以 10:1 配比方式分離純化，可得純化植酸。

3.植酸萃取出液之色素去除

植酸萃取出液之可見光吸收峰如圖十一所示：



圖十一、植酸萃取出液之光譜吸收峰圖

萃取出液在 300 nm 以下具有高吸收峰，故以此波長測量色素含量，將萃取出液以 1%、3%、5% (w/w) 活性碳(Active carbon)處理，經 30 min 攪拌混合後過濾，測其色素脫除率如下表

表三、植酸萃取出液經活性碳處理

Active carbon 添加量	色素去除率 (%)	植酸回收率 (%)
1%	97.8a	94.2a
3%	98.59a	85.4b
5%	99.18a	78.1c

* 植酸回收率係指萃取出液經活性碳處理前後之總量值比值。

顯示使用 1% 活性碳添加量，即可去除萃取液中 97% 以上之色素雜質，而且植酸損失量僅約 5%。但是活性碳處理僅能去除色素，對植酸之純度的提升不大，故未來仍須經離子交換樹脂來純化植酸。

結論

本研究進行了一年，已得知安定米糠並且保持米糠營養物質之最佳處理條件為以雙軸擠壓方式，以 130°C，20 秒處理，其營養物質損失可降至 5% 以下。米糠中之植酸則應以 pH2 以下之氫氯酸萃取，而植酸萃取液得以離子交換樹脂 (Amberlite-IR-120 及 Amberlite IRA-410, 10:1) 來分離雜質，可獲得純度近 100% 之植酸液。植酸液再以 1% 活性碳處理，可去除 97.8% 色素，且植酸損失量可保持再 5% 以下。

未來將繼續研究如何利用第一年累積之經驗進一步開發食品配料，希於米糠之功能性上予以改善，使其兼具營養性、機能性且能廣泛適用於各種食品之配料。

參考文獻

- 王文龍，廖鉅賢。1985。米糠提油前處理技術之引入。食品工業發展研究所，研究報告第 400 號。
- 王文龍。1984。米糠油精煉方法之改進--中間工場溶劑鹼精製法。食品工業發展研究所，研究報告第 341 號。
- 邱紫文，蘇矢宏，虞士貞呂正義。1994。

臺灣區稻米米麩中水溶非澱粉性多醣之分離與鑑定。83 年米穀類加工產品技術之研究成果彙編 pp.87-101.(農委會)。

- 邱紫文，虞士貞，邱紫怡，黃乾吉，楊啟春。1995。米糠之水溶非澱粉性多醣之萃取。84 年米穀類加工產品技術之研究成果彙編，pp 245-261(農委會)。
- 林佳慧。1994。真菌植酸酶(Phytases)再食品工業之應用。食品工業，28(4):20-24。
- 李慧芳。1994。米糠於貯藏期間劣化之研究。靜宜大學碩士論文。
- 李政德。1985。植物固醇的抽取及利用。食品工業，17(5):17-22。
- 何明根。1984。台灣發展米糠油工業可行性之研究。先鋒企業管理發展中心出版(台北)。
- 馬永正。1992。擠壓加工製備鈣鐵營養強化米製品之研究。臺灣大學碩士論文。
- 連俊杰。1994。比較不同品種之米糠蛋白質組成及其功能性。靜宜大學碩士論文。
- 許立峰。1989。穀類食物纖維及其在食品上之應用。食品工業 21(3):33-38。
- 黃偉儀。1992。食米在擠壓加工中成分物質之變化暨其與產品香味、顏色之關係。臺灣大學碩士論文。
- 陳介武。1980。植物油精煉皂腳之利用。食品工業，22(2): 46-51。
- 陳淑霞。1983。米糠的利用。食品工業 15(6): 25-30。
- 陳賢哲。1982。植酸及肌醇的製造應用。食品工業 14(2): 23-27。
- 陳恒宏。1993。植酸的簡介。食品工業 25(8): 13-20。
- 陳文亮。1995。米加工食品新技術介紹。食品工業 27(6): 15-22。

- 張永欣。1990。水溶性食物纖維在食品方面地利用。食品工業 22(2): 46-51。
- 張壽昌，孫超財，劉廷英。1980。米糠油發展試驗(一)。食品發展研究所，研究報告第 172 號。
- 張壽昌，游玉華，孫超財，劉廷英。1980。米糠油發展試驗(二) - 米糠油之精煉。食品發展研究所，研究報告第 193 號。
- 孫超財，張壽昌。1982。米糠油脂區分及區分物之利用。食品發展研究所，研究報告第 277 號。
- 張壽昌，黃俊雄。1983。米糠擠壓造粒提油之研究。食品工業發展研究所，研究報告第 290 號。
- 黃俊雄，張壽昌。1983。米糠擠壓造粒提油之示範推廣試驗。食品工業發展研究所，研究報告第 293 號。
- 廖鋸賢，黃俊雄，彭冠玉，謝定時。1985。米糠擠壓提油精製商業化生產之評估試驗。食品發展研究所，研究報告第 273 號。
- 蔡敬民，丁海惠，王麗娟，林子清。1992。米糠對人體血脂肪之影響。中國農業化學會誌 30(4): 484-495。
- 蔣玉華。1995。酵素固定化法轉換植酸為肌醇之研究。大業工學院碩士論文。
- 蔡佳原。1994。米穀粉在擠壓時流變性質與產品物性關係之研究。台灣大學碩士論文。
- 盧重鎮。1980。膳食纖維中的組成。食品工業 12(11): 34-39。
- 蕭寧馨。1987。植酸分析方法綜論。中華民國營養學會會誌 12(1, 2): 43-50。
- Adhikari, S. and Adhikari, J. 1986. Indian rice bran lecithin. *JAOCS*, 63(10): 1367-1369.
- Aoe, S.; Oda, T.; Tatsumi, K.; Yamauch, M. and Ayano, Y. 1993. Extraction of soluble dietary fibers defatted rice bran. *Cereal Chem.* 70(4): 423-425.
- Bera, M. B.; Das, H. and Mukherjee, R. K. 1990. Moisture adsorption characterists and storage stability of rice bran protein concentrate. *Lebensm-Wiss-U. Technol.* 23: 221-225.
- Bhattacharyya, A. C. and Bhattacharyya, D. K. 1989. Biorefining of high acid rice bran oil. *JAOCS*, 66(10): 1469-1471.
- Bhattacharyya, A. C.; Majumdar, S. and Bhattacharyya, D. K. 1986. Edible quality ricebran oil from high FFA rice bran oil by miscella refining. *JAOCS*, 63(9): 1189-1191.
- Bhattacharyya, S. and Bhattacharyya, D. K. 1987. Deacidification of high FFA ricebran oil by reesterification and alkali neutralization. *JAOCS*, 64(1): 128-131.
- Carroll, L. E. 1990. Functional properties and applications of stabilized rice bran in akery products. *Food Tech.* 1990(4): 74-76.
- Champagne, E. T.; Hron, R. J.; Abraham, G. 1992. Utilizing ethanol to produce stabilized brown rice products. *JAOCS*, 69(3): 205-208.
- Cheryan, M. 1980. Phytic acid interactions in food systems. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 13: 297-335.
- Cilliers, J. J. L. and Niekerk, R. J. 1980. LC determination of phytic acid in food by postcolumn colorimetric detection. *J. Agric. Food Chem.*, 34(4): 680-683.
- Diack, M. and Saska, M. 1994. Separation of vitamin E and γ -oryzanols from rice bran by normal-phase chromatography. *JAOCS*, 71(11): 1211-1217.

- Fellers, D. A. 1991. Rice bran stabilization and recovery of edible oil-technical and financial feasibility. *Food Reviews Inter.*, 7(4): 445-483.
- Fredlund, K.; Asp, N. G.; Larsson, M.; Marklinder, I. and Sandberg, A. S. 1997. Phytate reduction in whole grains of wheat, rye, barley and oat after hydrothermal treatment. *J. Cereal Sci.*, 25(1997): 83-91.
- Gnunasumbandam R. and Hettiarachy, N. S. 1995. Protein concentrates from unstabilized and stabilized rice bran : preparation and properties. *J. Food Sci.*, 60(5): 1066-1069.
- Gregory, J. F. and Sartain, D. B. 1991. Improved chromatographic determination of free and glycosylated form of vitamin B6 in foods. *J. Agric. Food Chem.* 39: 899-905.
- Hammond, N. 1994. Functional and nutritional characteristics of rice bran extracts. *Cereal Food World*, 39(10): 752-755.
- Hemavathy, J. and Prabhakar, J. V. 1987. Lipid composition of rice (*Oryza sativa* L.) bran. *JAOCS*, 64(7): 1016-1019.
- Juliano, B. O. 1985. *Rice : Chemistry and technology*. American Association of cereal chemists Inc. (1985).
- Krishna, A. G. G. 1992. A method for bleaching rice bran oil with silica gel. *JAOCS*, 69(12): 1257-1259.
- Krishna, A. G. G. 1993. Influence of viscosity on wax setting and refining loss in rice bran oil. *JAOCS*, 70(9): 895-897.
- Hudson, C. A.; Chiu, M. M.; Knuckles, B. E. 1992. Development and characteristics of high-fiber muffins with oat bran, rice bran, or barley fiber fractions. *Cereal Food World*. 37(5): 373-376.
- James, C. and Sloan, S. 1984. Functional properties of edible rice bran in model systems. *J. Food Sci.* 49: 310-311.
- Julino, B. O. and Hicks, P. A. 1996. Rice functional properties and rice food products. *Food Rev. Int.*, 12(1): 71-103.
- Kahlon, T. S. and Chow, F. I. 1997. Hypocholesterolemic effect of oat, rice, and barley dietary fibers and fractions. *Cereal Food World* 42(2): 86-92.
- Kahlon, T. S.; Chow, F. I. and Sarye, R. N. 1994. Cholesterol-Lowering properties of rice bran. *Cereal Food World*. 39(2): 99-103.
- Kahlon, T. S.; Chow, F. I.; Chiu, M. M.; Hudson, C. A. and Sayre, R. N. 1996. Cholesterol-lowering by rice bran and rice bran oil unsaponifiable matter in hamsters. *Cereal Chem.* 73(1): 69-74.
- Kim, C. J.; Byun, S. M.; Cheigh, H. S. and Kwon, T. W. 1987. Optimization of extrusion rice bran stabilization process. *J. Food Sci.* 52(5): 1355-1358.
- Landers, P. S. and Hamaker, B. R. 1994. Antigenic properties of albumin, globulin, and protein concentrate fractions from rice bran. *Cereal Chem.* 71(5): 409-411.
- Lehrfeld, J. 1989. High-performance liquid chromatography analysis of phytic acid on a pH-stable, macroporous polymer column. *Cereal Chem.* 66(6): 510-515.
- Maczulak, A. E.; Wolin, M. J. and Miller, T. L. 1993. Amount of viable

- anaerobes, methanogens, and bacterial fermentation products in feces of rats fed high-fiber or fiber-free diets. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(3): 657-662.
- Maga, J. A. 1982. Phytate : Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *J. Agric. and Food Chem.* 30(1): 1-9.
- Nasirullah, ;Krishnamurthy, M. N. and Nagaraja, K. V. 1989. Effect of stabilization on the quality characteristics of rice-bran oil. *JAOCS*, 66(5): 661-663.
- Orthoefer, F. T. 1996. Rice bran oil : health lipid source. *Food Tech.* 1996(12): 62-64.
- Plaami, S. P. 1997. Content of dietary fiber in foods and its physiological effects. *Food Rev. Int.*, 13(1): 29-76.
- Polizzoto, L. M.; Tinsley, A. M.; Weber, C, W. and Berry, J. W. 1983. Dietary fiber in muffins. *J. Food Sci.* 480: 111-118.
- Prakash, J. and Ramanatham, G. 1985. Effect of stabilisation treatment of rice bran on nutritional quality of protein concentrates. *Int. J. Food Sci. and Nutn.* 46: 177-184.
- Prakash, J. 1996. Rice bran proteins : properties and food uses. *CRC. Food Sci. and Nutn.* 36(6): 537-552.
- Proctor, A.; Jackson, V. M.; Scott, M. and Clark, P. K. 1994. Rapid equilibrium extraction of rice bran oil at ambient temperature. *JAOCS*, 71(11): 1295-1296.
- Ramsay, M. E.; Hsu, J. T.; Novak, R. A. and Reightler, W. J. 1991. Processing rice bran by supercritical fluid extraction. *Food Tech.* 1991(11): 98-104.
- Randall, J. M.; Sayre, R. N.; Schultz, W. G.; Fong, R. Y.; Mossman, A. P.; Tibelhorn, R. E. and Saunders, R. M. 1985. Rice bean stabilization by extrusion cooking for extraction of edible oil. *J. Food Sci.* 50: 361-364.
- Rong, Ni, Ausman, L. M. and Nicolosi, R. J. 1997. Oryzanol decreases cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. *lipids.* 32(3): 303-309.
- Ryden, P. and Robertson, J. A. 1995. The consequences of fruit and vegetable fiber fermentation on their binding capacity for MeIQX and the effect of soluble fiber source on the binding affinity of wheat bran preparations. *Carcinogenesis.* 16(8): 1711-1716.
- Sandberg, A. S. and Svanberg, U. 1991. Phytate hydrolysis by phytase in cereals; effect on in vitro estimation of iron availability. *J. Food Sci.* 56(5): 1330-1333.
- Sarkar, S. and Bhattacharyya, D. K. 1991. Nutrition of rice bran oil in relation to its purification. *JAOCS.* 68(12): 956-961.
- Saunders, R. M. 1990. The properties of rice bean as a foodstuff. *Cereal Food World.* 35(7): 632-636.
- Sayre, R. N.; Earl, L.; Kratzer, F. H. and Saunders, R. M. 1987. Nutritional qualities of stabilized and raw rice bran for chicks. *Poultry Sci.* 66: 493-499.
- Sayre, R. N.; Earl, L.; Kratzer, F. H. and Saunders, R. M. 1988. Effect of diets containing raw and extrusion-cooked

- rice bran on growth and efficiency of food utilisation of broilers. *British Poultry Sci.* 29: 815-823.
- Sayre, R. N.; Nayyar, D. K. and Saunders, R. M. 1985. Extraction and refining of edible oil from extrusion-stabilized rice bran. *JAOCS.* 62(6): 1040-1041.
- Sayre, R. N. and Saunders, R. M. 1990. Rice bran and rice oil. *Lipid Tech.* 2(3): 72-74.
- Sengupta, R. and Bhattacharyya, D. K. 1996. Enzymatic extraction of mustard seed and rice bran. *JAOCS.* 73(6): 687-692.
- Sharp, C. Q. and Kitchens, K. J. 1990. Using rice bran in yeast bread in a home baker. *Cereal Food World.* 35(10): 1021-1024.
- Shin, T. S. and Godber, J. S. 1996. Changes of endogenous antioxidants and fatty acid composition in irradiated rice bran during storage. *J. Agric. Food Chem.* 44: 567-573.
- Shen, Z.; Palmer, M. V.; Ting, S. S. and Fairclough, R. J. 1996. Pilot scale extraction of rice bran oil with dense carbon dioxide. *J. Agric. Food Chem.* 44:3033-3039.
- Sreenarayanan, V. V. and Chattopadhyay, P. K. 1986. Rice bran stabilization by dielectric heating. *J. Food Pro. & Pres.* 10: 89-98.
- Suzuki, Y.; Yasui, T.; Matsukura, U. and Terao, J. 1996. Oxidative stability of bran lipids from rice variety [*Oryza sativa*(L.)] lacking lipoxygenase-3 in seeds. *J. Agric. Food Chem.* 44: 3479-3483.
- Torre, M. and Rodriguez, A. R. 1991. Effect of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *CRC Food Sci. & Nutri.* 1(1): 1-22.
- Vetrimani, R.; Jyothirmayi, N.; Rao, P. H. and Ramadoss, C. S. 1992. *Lebensm-Wiss-U. Technol.* 25: 532-535.
- Wood P. J.; Weisz, J. and Blackwell, B. A. 1991. Molecular characterization of cereal β -D-glucans. Structural analysis of oat β -D-glucan and rapid structural evaluation of β -D-glucans from different sources by high-performance liquid chromatography of oligosaccharides released by lichenase. *Cereal Chem.* 68(1): 31-39.
- Yoon, S. H. and Kim, S. K. 1994. Oxidative stability of high-fatty acid rice bran oil at different stages of refining. *JAOCS.* 71(12): 227-229.
- Zhou, J. R. and Erdman, J. W. 1995. Phytic acid in health and disease. *CRC Food Sci. & Nutri.* 35(6): 495-508.