

不同米種對米麴和鹽麴製備之影響

林子揚 林欣儀 保愛貞 陳淑德*

國立宜蘭大學 食品科學系

摘要

不同米種作為米麴菌 (*Aspergillus oryzae*) 固態發酵基質，所製造的米麴含有多種酵素，混合鹽水後可以製成鹽麴，生成的還原糖會提供甘甜味，胺基酸則作為風味物質。本研究分別使用粳米、秈米和預煮粳米作為基質發酵製成米麴，並加入鹽水再發酵以製備鹽麴，以探討不同米麴對鹽麴液中還原糖和酪胺酸含量的影響。首先，先將粳米、秈米及預煮米蒸煮，冷卻後加入米麴菌進行發酵 3 天後，以冷風乾燥 6 h 使其乾基水分含量降至約 0.1 g 水/g 乾物，得以保存。測量三種米麴的顏色可發現秈米麴有較高明亮度， L^* 為 69.49，預煮米麴則有較高紅色度， a^* 為 0.28，可能因預煮米本身紅色度較高所致。將不同的米麴與 12% 鹽水以 1 : 5 (w/w) 混合於 40°C 培養 3 天，最後分析粳米、秈米及預煮米製成鹽麴液的還原糖含量分別為 37.967、40.300 及 46.133 mg/mL，酪胺酸含量則分別為 1.813、1.918 及 2.048 ppm，其中以預煮米麴製成的鹽麴有較高還原糖和酪胺酸含量，可製成風味較佳的鹽麴。

關鍵詞：米、米麴菌、米麴、發酵、鹽麴

*通訊作者。E-mail: sdchen@niu.edu.tw

Effect of Different Rice on Rice Koji and Salt Koji Preparation

Zih-Yang Lin, Sin-Yi Lin, Ai-Chen Po, Su-Der Chen*

Department of Food Science, National Ilan University, Taiwan

Abstract

Different rice species are used as *Aspergillus oryzae* solid-state fermentation media, and the resulting rice koji contains a variety of enzymes. When combined with brine, salt koji is obtained, which produces reducing sugars to provide sweetness and amino acids as flavor substances. The objective of this study was to use different rice as media for *Aspergillus oryzae* fermentation to produce rice koji, which was then brined to produce salt koji. The effect of different rice koji preparation on reducing sugar and tyrosine contents of salt koji was investigated in this study. First, *Aspergillus oryzae* fermented japonica rice, indica rice and parboiled rice for three days to produce rice koji, which was then dried by cold air drying for six hours to reduce moisture content to about 0.1 g water/g dry material for preservation. Indica rice koji had a higher L* of 69.49, and parboiled rice koji had a higher a* of 0.28, which could be attributed to the higher a* of parboiled rice itself. Different types of rice koji was mixed with 12% brine as 1:5 and fermented for 3 days at 40°C. After analyzing, the reducing sugar content of japonica rice, indica rice and parboiled rice was 37.967, 40.300 and 46.133 mg/mL respectively; the tyrosine content was 1.813, 1.918 and 2.048 ppm respectively. The parboiled rice koji has a higher reducing sugar and tyrosine contents; therefore, it can be used to make salt koji with a better flavor.

Keywords: rice, *Aspergillus oryzae*, rice koji, fermentation, salt koji

*Corresponding author. sdchen@niu.edu.tw

壹、前言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 與小麥及玉米為世界三大糧食作物，收成時具有 22~33% 的高含水量，需經過乾燥、脫殼及精白等加工製程，形成白米而得以食用。在台灣常種植的米種，一者為梗米（蓬萊米），另一者為秈米（在來米），而宜蘭地區所種植的秈米以台中 10 號秈米為主，梗米則是採用高雄 145 號。而陳等（2020）利用熱風輔助射頻快速乾燥剛收割的稻穀，只需射頻加熱 10 分鐘內即可將稻穀中心溫度提升至 120°C 以上，水分含量則由 28% 降至 14%，達到乾燥效果並使酵素失活且提升儲藏期間安定性。經熱風輔助射頻快速乾燥，米糠的營養也進入精白米中，此稻穀碾製、精白後，可獲得具有白米口感，且大幅提高抗氧化能力的預煮米 (parboiled rice)。另外將乾燥的稻穀經浸泡、高溫蒸煮、乾燥等傳統預煮加工後，可製成預煮米，改變稻米物理性質、質地，並提升其營養價值（李，2019）。

比較固態發酵 (solid-state fermentation) 與液態發酵 (submerged fermentation)，固態發酵僅需較少製備成本及用水量便可進行發酵，且能夠利用農業廢棄物作為微生物生長的基質、減少廢棄物產生，無須太多空間利用且殺菌成本較低，同時有助次級代謝物產生、提升發酵物的營養價值及生物活性化合物 (Martins *et al.*, 2011)。

麴黴屬 (*Aspergillus*) 是世界上最常見的黴菌，可以在沙漠、森林、濕地和耕種的土壤等地發現 (Klich, 2002)，雖然部分麴菌會導致人類及動物疾病，但許多麴菌具有產生胞外酵素的能力，可用以生產特定酵素及代謝產物，因此在發酵工程上具有重要的價值 (Bennett, 1998)。其中，米麴菌 (*Aspergillus oryzae*) 為美國食藥署 (U.S. Food and Drug Administration, FDA) 列為公認安全 (generally recognized as safe, GRAS) 的發酵菌株，能分泌 α -澱粉酶 (α -amylases) 及蛋白酶 (proteases) 等多種胞外酵素，配合固態發酵得以在產物中增加生物活性成分的含量。

傳統上米麴菌會接種在米飯中，利用澱粉酶發酵製成清酒，若混合大豆及小麥發酵，則能利用澱粉酶及蛋白酶降解產生風味胺基酸，製成發酵醬油 (Narahara *et al.*, 1982)。當分別以糙米、白米及米糠作為基質發酵 45 h 後，使發酵物內 L-麥角硫因含量分別提升至 85.5 ± 32.3 、 59.8 ± 20.4 及 $176 \pm 39 \mu\text{g/g}$ ，其中米糠經發酵後提升了 140 倍的 L-麥角硫因含量 (Horie *et al.*, 2020)；若以黑米糠作發酵基質，在 30°C 下發酵 4 天後，其發酵產物的總酚類物質含量有所提升，游離酚酸含量也在第 3 天增加到最大，又以原兒茶酸 (protocatechuic acid)、香草酸 (vanillic acid) 及阿魏酸 (ferulic acid) 最為顯著，清

除 DPPH (Diphenylpicrylhydrazyl) 自由基清除能力及抑制酪胺酸酶活性能力也以相同趨勢增長 (Shin *et al.*, 2019); 若以發酵糙米及米糠餵食小鼠, 得以抑制發炎反應進而預防發炎促進致癌作用, 也可降低小鼠的腫瘤形成率及腫瘤轉移能力, 症時期具有抗發炎及抗突變的效果 (Nemoto *et al.*, 2022)。

利用米麴菌發酵不同基質時可能影響酵素活性, 米麴以 β -澱粉酶及中性蛋白酶有最佳活性, 豆麴的 α -澱粉酶及酸性蛋白酶活性較佳, 而麥麴則以 α -澱粉酶為主要作用酵素 (Hong and Kim, 2020); 以大豆作為基質在 30°C 下進行米麴菌的固態發酵, 發現 48 h 時蛋白酶活性會達到最大值 84.38 unit/ g 乾物重, 而 72 h 時澱粉酶活性會達到最大值 200 unit/ g 乾物重 (Chancharoonpong, 2012); 將糯米及米糠以 1:2 (w/w) 混合, 經米麴菌在 37°C 下發酵 7 天後, 會有 16.84 g/L 的還原糖含量, α -葡萄糖苷酶活性則會達到最大值 4.49 unit/mL (Sawangwan and Saman, 2016); 若利用 45% 的大豆皮及 55% 的麵粉副產物混合, 在 30°C 下發酵 6 天後能獲得 47000 U/g 乾物重的最大活性 α -澱粉酶 (Melnichuk, 2020)。

米麴菌常用於發酵調味料的製作, 以不同比例的米麴量製作韓式大醬 (doenjang) 時, 對大醬的理化性質、酵素活性及風味上皆有所差異 (Jo *et al.*, 2021)。鹽麴為近年的熱門產品, 利用米麴菌耐鹽特性, 將乾燥米麴與高濃度鹽水混合後發酵, 高濃度鹽水的高滲透壓有助抑制雜菌生長, 而鹽麴酵素作用則會產生單糖、胺基酸、核苷酸等風味物質, 過程中也會產生蘋果酸、檸檬酸、乳酸等代謝物, 有助於改善糞便型態, 使排便順暢並維持腸胃道健康 (Gao *et al.*, 2019; Wakana *et al.*, 2019)。

黃和陳 (2020) 曾比較不同溫度 (30、40、45、50 和 60°C) 下對鹽麴 α -澱粉酶和蛋白酶活性之影響, 結果升高溫度至 45°C 並不太會影響酵素活性皆高於 90%, 但溫度升高至 50°C 發即會因為溫度升高而使得酵素活性降低, 甚至在 60°C 發下的 α -澱粉酶和蛋白酶活性則分別降低為 10% 和 30% 以下。另外在 25 及 40°C 進行鹽麴培養三天後, 40°C 發酵者因溫度較高而加速酵素反應, 可製作出較高含量還原糖及酪胺酸的鹽麴, α -澱粉酶及蛋白酶的活性也相對較高且穩定, 製成風味甘甜的鹽麴 (黃和陳, 2020)。

將鹽麴用於料理製作時能增添其質地及風味。鹽麴中的蛋白酶能水解肌原纖維, 可使用於鴨肉的醃漬處理, 達到嫩化肉品的效果, 而食鹽也能幫助蛋白質網狀結構形成, 提升鴨肉保水性 (沈等, 2019)。製作米麵包時若以鹽麴取代食鹽, 能增添風味更可以分解澱粉, 改善澱粉經隔夜後老化、組織變硬的現象, 並提供葡萄糖以供酵母菌利用, 有利於酵母菌發酵產生氣體, 並且因米麵糰的網狀結構增強而得以被保留, 使米麵包保

有蓬鬆口感（黃和陳，2020）。

由於米麴菌可產生澱粉酶和蛋白酶，並無纖維素酶，故糙米不易應用於米麴發酵，且目前未探討過不同種類的米對製備米麴及鹽麴之影響，故本研究目的為利用梗米、秈米及富糙米營養的預煮米作為基質，製作成太空包進行固態發酵 3 天製備成不同米麴，再經冷風乾燥後混合鹽水於 40°C 培養 3 天，最後測定不同鹽麴的還原糖及酪胺酸含量。

貳、材料和方法

一、材料

本實驗所使用的秈米（臺中秈 10 號）購自三星紀元農莊、梗米（高雄 145 號）購自冬山地區有機米、及預煮米（parboiled rice）乃是本實驗室將採收後含水量為 28% 的高雄 145 號）稻穀，經射頻輔助熱風乾燥降低水分含量至 14%，且最終溫度高達 120°C 的稻穀，再經碾製成為預煮米（陳等，2020）。米麴菌購自泰源食品行（宜蘭，臺灣）。氫氧化鈉（S5881）、酪胺酸（T8566）購自 Sigma-Aldrich（St. Louis, MO, USA）。3,5-二硝基水楊酸（3,5-Dinitrosalicylic acid, 試藥級）購自 PanReac 公司（Barcelona, Spain）。酒石酸鉀鈉購自日本試藥工業株式會社（Japan）。

二、設備

電鍋（NS-RDF18, ZOJIRUSHI, Japan）、水平式無菌操作台（4HT-24，聖川實業有限公司，新北市，臺灣）、恆溫震盪培養箱（LM-600R，裕德科技有限公司，台北市，臺灣）、高溫蒸氣直立式滅菌釜（TM-329，東明儀器有限公司，新北市，臺灣）、電子精秤（HDW-15L，衡新計量科技有限公司，宜蘭，臺灣）、冷風乾燥機（YK-112RS，主典興業公司，台中，臺灣）、分光光度計（Model U-2001，日立公司，東京，日本）、全光譜吸收光判讀儀（BMG SPECTROstar Nano，岑祥股份有限公司，台北市，臺灣）、超音波震盪機（DC-600H，台達電子工業股份有限公司，台北市，臺灣）、震盪器（Vortex genie 2, Scientific Industries, Inc., N.Y. USA）、離心機（Hsiangtai Centrifuge，頤樺科技有限公司，新北市，臺灣）、烘箱（DCM45，謙銳儀器有限公司，新北市，台灣）、色差儀（ColorLite sph900, ColorLite GmbH, Lindau, Germany）。

三、米麴之製備

（一）米麴太空包製作

分別取梗米、秈米、預煮梗米加入米重 2 倍的水浸泡 15 min，倒去多餘水分使米的

水分含量為 40%，放入電子鍋蒸煮完後悶煮 30 min，取出煮熟的米以每包 500 g 裝入太空包，將裝好的太空包放入水平式無菌操作台內冷卻至室溫後，接種 25 g 固態米麴，於 37°C 恆溫震盪培養箱內進行固態發酵 3 天製成米麴，發酵過程中每天翻麴一次，最後的米麴再以 40°C 冷風乾燥 6 h 製成乾米麴。

(二) 水分含量測定

將煮熟的米、發酵後的濕米麴及乾燥後的乾米麴作為樣品，分別精秤 3 g 置於鋁製皿中，放入 105°C 的烘箱內烘乾至恆重，每個樣品皆測定 3 重複後計算其水分含量，以平均值表示。

(三) 顏色分析

將不同太空包的米麴分別以色差儀測定樣品之 L^* 、 a^* 及 b^* 值，分析不同包米麴顏色值，5 重複，以平均值表示。 L^* 介於 0-100 間，代表亮度，0 為完全黑色，100 為完全白色； a^* 代表紅綠度，正值為紅色，負值為綠色； b^* 代表黃藍度，正值為黃色，負值為藍色。

四、鹽麴之製備

(一) 鹽麴製備

將冷風乾燥的米麴與 12% 鹽水以 1:5 (w/w) 的比例混合均勻後，於 40°C 恆溫培養箱培養 3 天，即得為鹽麴後，置於冰箱中備用。

(二) 鹽麴液分析前處理

將製備好的鹽麴於室溫下，以 40 kHz 震盪頻率之超音波震盪器震盪 1 h 後，以 6000 rpm 離心 5 min，取上清液即為待分析之鹽麴液。

(三) 還原糖含量測定

參考 Miller (1959) 步驟修飾測定之，首先配製濃度為 0~1000 ppm 之葡萄糖標準溶液，取 0.2 mL 之葡萄糖標準溶液加入 2 mL DNS 試劑 (以 0.25 g 之 3,5-dinitrosalicylic acid 與 75 g 酒石酸鉀鈉溶於 50 mL、2 M 之氫氧化鈉中，再以逆滲透水 (reverse osmosis, RO water) 定容至 250 mL，再於 100°C 沸水浴加熱 10 min，靜置至室溫後，以分光光度計調整波長為 570 nm 測量吸光值，製作成還原糖之標準曲線。取鹽麴上清液稀釋後同樣取 0.2 mL 加入 2 mL DNS 試劑，再以上述步驟測量得知吸光值，即可帶入標準曲線，換算求得鹽麴液之還原糖含量，測定 3 重複，以平均值表示。

(四) 酪胺酸含量測定

參考石(2012)步驟修飾測定之，配製 0-0.25 ppm 酪胺酸標準溶液，再以 Elisa reader 於 278 nm 下測定其吸光值，製作成酪胺酸之標準曲線。取鹽麴上清液稀釋後以上述步驟測量得知吸光值，即可帶入標準曲線，換算求得鹽麴之酪胺酸含量，測定 3 重複，以平均值表示。此方法是利用含苯環的胺基酸皆可於 278 nm 波長下吸光的特性，以酪胺酸濃度作為間接指標，分析鹽麴在發酵後蛋白質的分解情形。

五、統計分析

實驗結果以平均值±標準差表示之，數據使用 Statistical Package for Social Science (SPSS, SPSS INC. 宏德國際軟體諮詢顧問股份有限公司) 20.0 版 (2011) 統計套裝軟體進行統計分析，以多元全距檢定分析 (Duncan's Multiple Range Test)，以顯著水準為 $\alpha = 0.05$ ，比較其差異之顯著性。

參、結果與討論

一、米麴製備之研究

圖 1 呈現不同種類的米經浸泡後的吸水率變化，可以發現梗米及秈米在浸泡約 15 min 後，其吸水率便會趨近最大值，此時吸水率分別為 31.4%及 33.5%，後續則趨於平緩，而預煮米在浸泡 15 min 後達到相近吸水率的 33.1%，但後續則因浸泡時間增加使吸水率也隨之提升，於浸泡 60 min 時達到 64.5%，可能因為預煮米在加工製備時，已因為高達 120°C 的乾燥而造成熱降解澱粉和破碎澱粉含量增加，有助於提升預煮米對水分的吸收及保留能力。

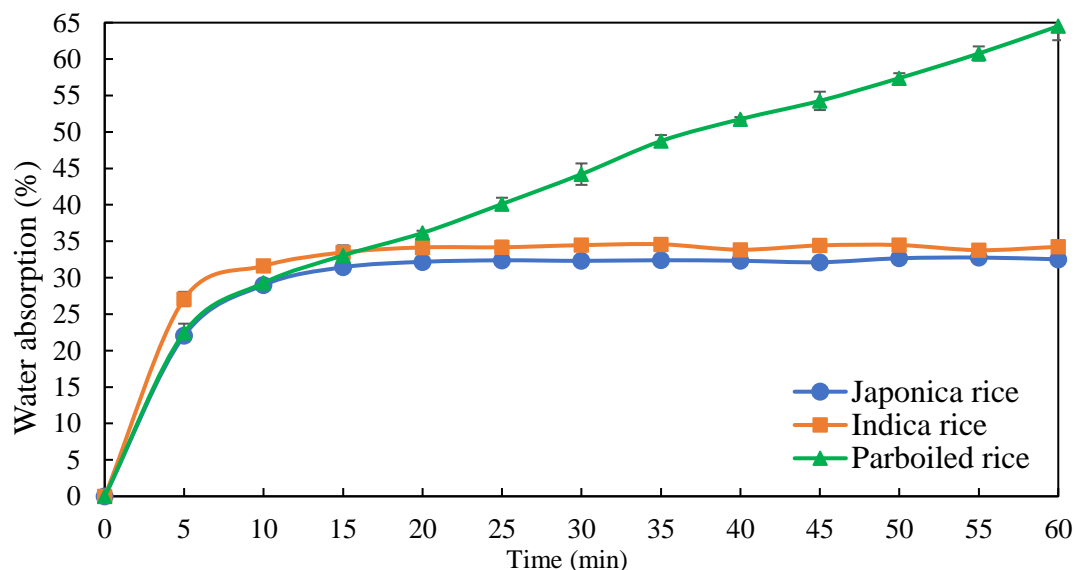


圖 1. 比較不同米基質之吸水率。













Fig. 1. Comparison of water absorption of different rice media.

李 (2019) 將高雄 145 號梗米以不同溫度條件浸泡 60 min，並測量水分含量變化，當在 35°C 下浸泡 20 min 時，乾基水分含量約來到最大值 0.428 (kg 水/kg 乾物)，而林 (2017) 梗米經過不同預煮條件處理後計算其吸水指數，顯示經由預煮處理後有助於提升白米的水合性質，上述研究皆與本實驗結果相近，並且可發現預煮米之吸水量會隨時間延長而增加，因此本實驗將各種米的浸泡時間控制在 15 min，以利後續調整固態基質的水分含量。

米麴經由 3 天發酵後能測得最高的 α -澱粉酶及麴蛋白酶活性(石, 2012; Shah *et al.*, 2014)，故本研究將米基質經由蒸煮處理、冷卻後，秤取 500 g 裝入太空包，再加入市售米麴混合後在 37°C 進行固態發酵 3 天。表 1 則呈現不同天數時的發酵情形，其中顏色較黃的米粒為接種的市售固態米麴，而發酵至第三天時米麴生長幾乎佈滿所有米基質，其中以預煮米有較佳的米麴生長結果。

表 1. 不同米基質的米麴發酵情形

Table 1. Rice koji fermentation with different rice media

Day	0	1	2	3
Japonica rice				
Indica rice				
Parboiled rice				

預煮米經熱加工處理後可能產生直鏈澱粉-脂質複合體與熱降解澱粉，在蒸煮預煮米時降低米澱粉被完全展開，冷卻時產生回凝並減少米粒沾黏，並提升預煮米的硬度及吸水能力 (鄭, 2016)，因此在米麴發酵過程中有利於維持米粒完整性，預煮米也能有效吸收米麴酵素作用分解基質產生的水分，低沾黏性的米粒間也具較大間隙，利於翻麴時太空包內的氣體流動，降低米麴發酵過程產生的發酵熱蓄積於太空包中，避免發酵過

程溫度升高導致米麴菌死亡及酵素失活。

表 2 則呈現不同米在發酵前後及乾燥後的水分含量變化，雖然發酵前水分含量略有差異，但皆約在 40% 左右，發酵後可發現各種米麴的水分含量皆有增加 3% 左右，因為米麴在發酵過程中會有酵素作用分解基質，產生水分並使水分含量增加。

Chancharoonpong 等人 (2012) 測量製備豆麴期間的水分含量變化，在發酵前期水分含量由 40% 提升至 45%，但在 72 小時後便降至 22%，作者推測是因為發酵前期酵素作用分解基質，後期利用水促進菌絲生長導致，結果與本研究結果不符合，因為本研究採用太空包培養，因此推測麴菌生長會持續分解基質，但水分產生後不利蒸發至太空包外所致，實驗過程中也可見太空包內有小水滴形成有較佳吸水能力的預煮米較利於太空包米麴發酵。

表 2. 不同米在製麴前後與乾燥後的水分含量

Table 2. Moisture content and water activity after drying in different rice media before and after fermentation

Moisture (%)	Japonica rice	Indica rice	Parboiled rice
Before Fermentation	40.78 ± 1.05 ^{aA}	38.67 ± 1.01 ^{bB}	41.55 ± 3.00 ^{aA}
After Fermentation	43.29 ± 0.95 ^{aA}	41.61 ± 0.84 ^{abA}	44.41 ± 0.41 ^{aA}
After drying	11.45 ± 1.65 ^{bB}	11.19 ± 1.20 ^{cB}	15.26 ± 0.80 ^{bA}

Data were expressed as mean ± S.D. (n=3).

^{a-b} Means in each column followed by different letters were significantly different (p<0.05).

^{A-B} Means in each row followed by different letters were significantly different (p<0.05).

二、米麴乾燥之研究

圖 2 為米麴發酵後的冷風乾燥的乾燥曲線圖，發酵後的米麴水分含量高達 40% 以上，即乾基水分含量約 0.67 g 水/g 乾物，將每包 500 g 發酵後的米麴倒至冷風乾燥機的鐵盤上並平鋪均勻，經 45°C 冷風乾燥 6 小時後，米麴的乾基水分含量能降低至 0.1 g 水/g 乾物左右，達到保存效果，而米麴乾燥期間處於恆率乾燥期。

依據黃和陳 (2020) 的實驗結果，米麴酵素在 40°C 時能維持較佳的酵素活性，於圖 3 中顯示，在冷風乾燥過程的升溫曲線圖中米麴溫度最終僅上升至 40°C 左右，得以減少乾燥過程對米麴酵素活性的影響，且可降低米麴水分含量達到保存目的，因此以 45°C 冷風乾燥 6 小時為合適的米麴乾燥條件。

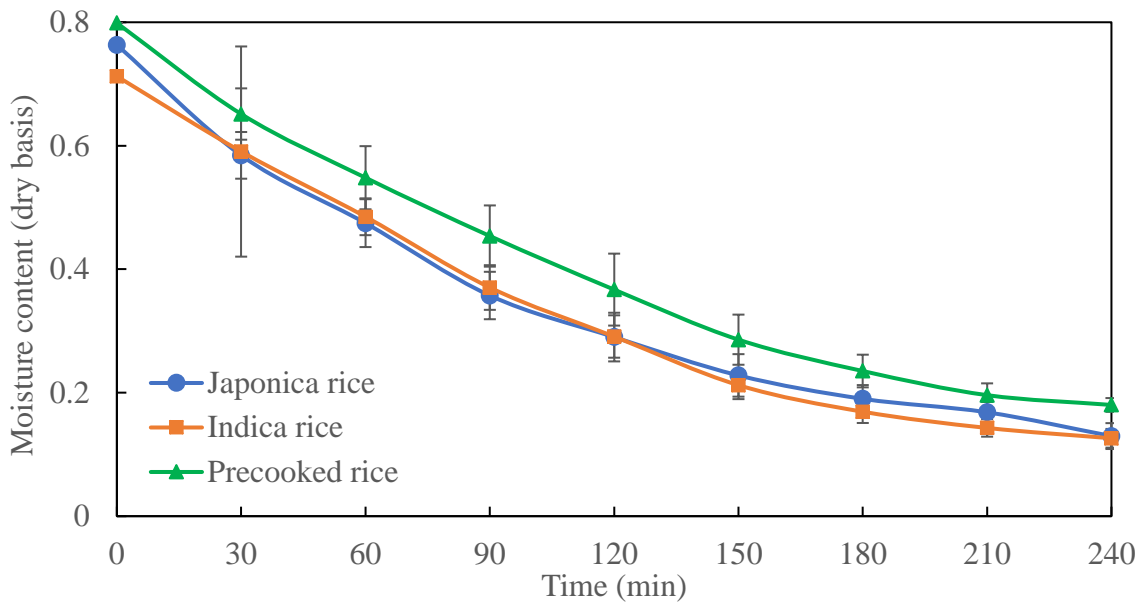


圖 2. 不同米麴在冷風乾燥時之乾燥曲線。

Fig. 2. The drying curves of different rice koji during cold-air drying.

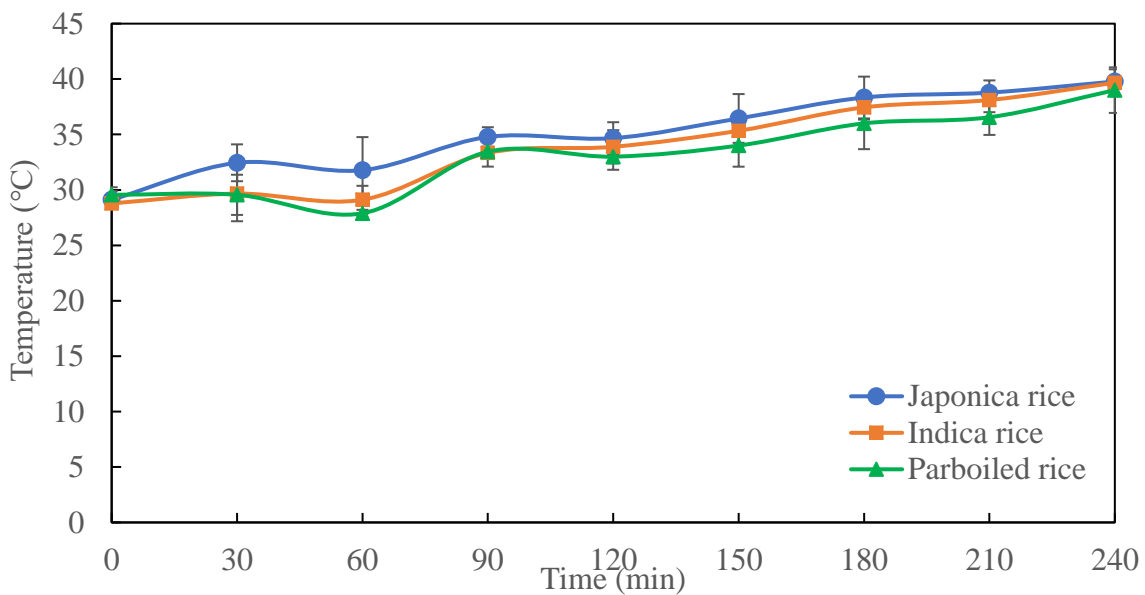


圖 3. 不同米麴在冷風乾燥時之升溫曲線。

Fig. 3. The temperature profiles of different rice koji during cold air drying.




表 3 顯示三種米麴中以預煮米麴有較完整的米粒及麴菌生長，而以此三種米麴進行色差分析，可以發現亮度值(L^*)以秈米米麴最高為 69.49，而梗米米麴則為最低值 59.89，可能因為米飯性質、米麴菌生長的基質利用性而有所差異；紅色度 (a^*) 以預煮米米麴最高為 19.09，可能因預煮米本身顏色較其他兩種米有較高紅色度 (a^*)，而米麴製作過

程中酵素作用，代謝物產生及麴菌本身顏色，導致紅色度 (a^*) 上升。

陳等人(2020)測量射頻及冷風乾燥的精白米外觀，結果顯示射頻處理後亮度值(L^*)較低，但紅色度 (a^*) 及黃色度 (b^*) 較高。林(2017)也提到預煮米在熱加工處理時稻穀顏色會因擴散作用使稻米胚乳呈現琥珀色，而加熱時造成梅納反應而褐變，也是使預煮米紅色度 (a^*) 上升的主因，因此在製備成米麴後紅色度 (a^*) 仍會較梗米麴及秈米麴要高；本研究製備之三種米麴在黃色度 (b^*) 則無顯著差異。Hong 和 Kim (2020) 製備並分析米麴、豆麴及麥麴的色差值，在亮度值 (L^*) 方面以麥麴最高為 13.4，米麴及豆麴約為 8 左右，而紅色度 (a^*) 以豆麴最高為 3.4，黃色度 (b^*) 則以米麴最高為 6.8，豆麴及麥麴約 4 左右。

表 3. 不同乾燥米麴之外觀與顏色比較

Table 3. Comparison of the appearance and color of different dried rice koji

	Japonica rice	Indica rice	Parboiled rice
L^*	59.89 ± 1.99 ^c	69.49 ± 0.64 ^a	65.55 ± 0.82 ^b
a^*	-0.59 ± 0.17 ^b	-1.18 ± 0.21 ^b	0.28 ± 0.39 ^a
b^*	16.25 ± 2.49 ^a	16.94 ± 1.35 ^a	19.09 ± 1.82 ^a
Picture			

Data were expressed as mean ± S.D. (n=5).

^{a-c} Means in each row followed by different letters were significantly different ($p < 0.05$).

三、鹽麴製備之研究

本研究依據黃和陳(2020)之研究結果，將各種米麴與鹽水依比例混合後，於 40 °C 下發酵三天製備成鹽麴，再取鹽麴上清液進行分析，而由圖 4 及圖 5 顯示預煮米的鹽麴有較高的還原糖及酪胺酸含量，分別為 46.133 mg/mL 及 2.048 ppm，可能因預煮米可提供較佳的生長環境及營養，促使米麴菌生長較快並產生酵素水解基質，使預煮米麴製成鹽麴後產生較多還原糖及酪胺酸。

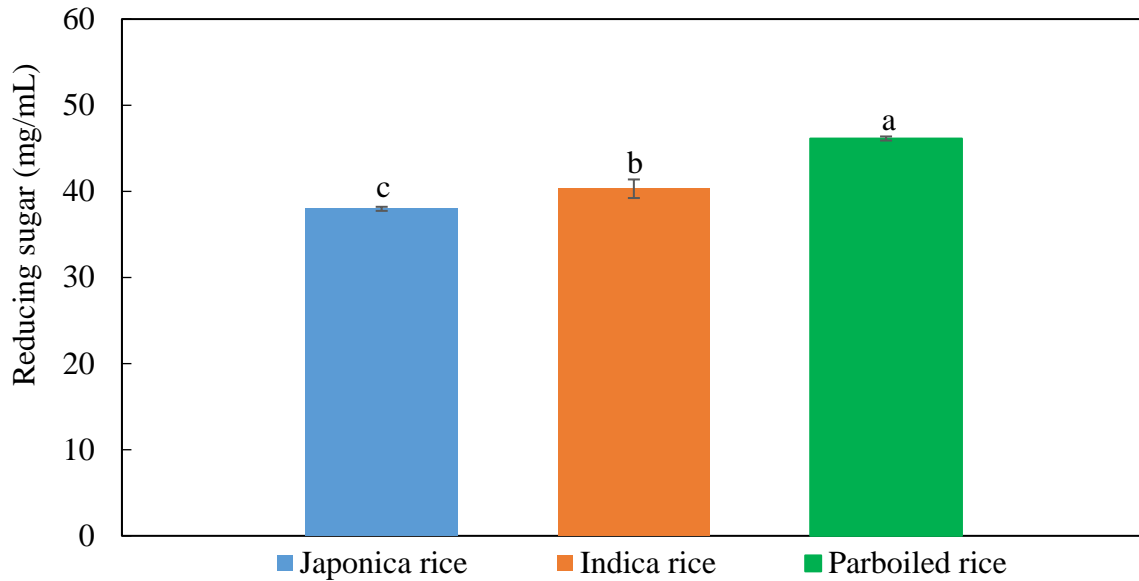


圖 4. 不同鹽麴之還原糖含量。

Fig. 4. Reducing sugar content of different salt koji. Data were expressed as mean \pm S.D. (n=3). ^{a-c} Means with different letters were significant difference (p<0.05).

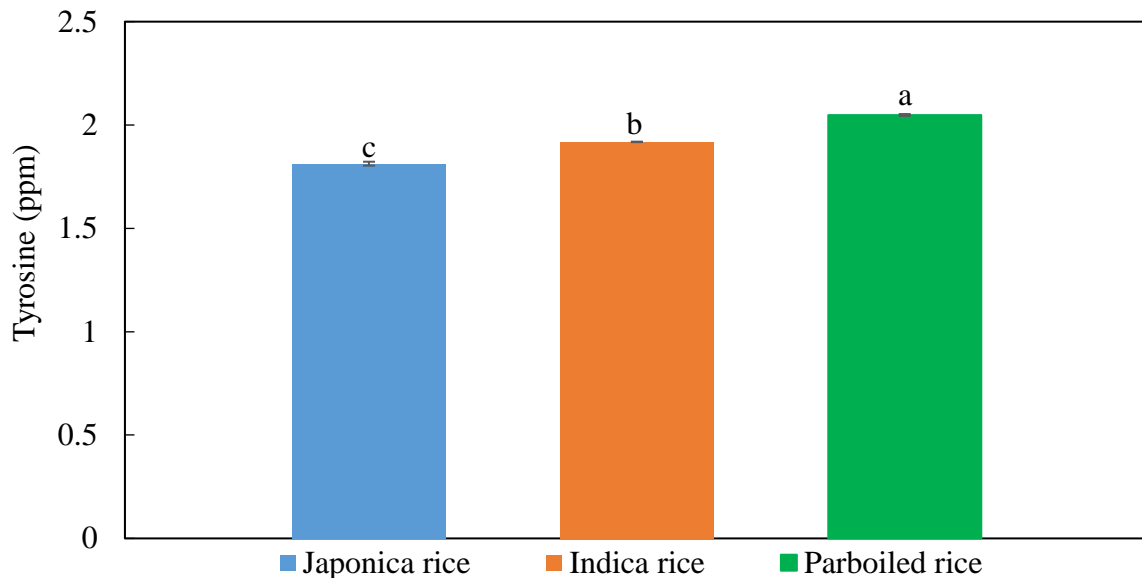


圖 5. 不同鹽麴之酪胺酸含量。

Fig. 5. Tyrosine content of different salt koji. Data were expressed as mean \pm S.D. (n=3). ^{a-c} means with different letters were significant difference (p<0.05).

Sawangwan 和 Saman (2016) 將糯米及米糠依 1 : 2 (w/w) 混合，接種米麴菌於 37 °C 下固態發酵 7 天後，將米麴與蒸餾水依 1 : 5 (w/v) 混合，經 150 rpm、37°C 作用 1 h 後，於室溫以 8000 rpm 離心 20 min 後收集懸浮液，再加入 pH4.6 的硝基苯酚 α -D-吡喃葡萄糖苷-乙酸鈉緩衝溶液，在 50°C 反應 30 min，最後加入 1 mL 的 100 mM 碳酸鈉溶液後，於室溫以 13500 rpm 離心 5 min，取其上清液可測得還原糖含量 16.84 g/L。Hong 和

Kim (2020) 製備米麴、麥麴及豆麴並測量還原糖含量，米麴最高為 90.3 mg/g，麥麴及豆麴相近為 15.2 及 13.9 mg/g。Jo 等人 (2021) 以不同米麴量製作韓式大醬，各比例的還原糖含量皆在發酵前 15 天有上升的情形，因為酵素水解速度大於麴菌生長速度，而後 15 天還原糖含量因麴菌生長而減少。

肆、結論

將不同米浸泡水中 15 min 後，梗米及秈米的吸水率會趨近於最大值，而預煮米則會因浸泡時間增加而提升吸水率，故以浸泡 15 min 此作為最佳浸泡時間，再經過蒸煮成米飯、發酵 3 天及冷風乾燥 6 h 後，製成不同種類的米麴，其中預煮米的米麴有較高 a^* 為 0.28，可能因預煮米本身 a^* 較高所致。將米麴與 12% 鹽水混合發酵後製成鹽麴，而預煮米麴的鹽麴有 46.133 mg/mL 及 2.048 ppm 的還原糖及酪胺酸，高於梗米及秈米鹽麴，有利於製作風味較甘甜且豐富的鹽麴。

參考文獻

- 石嘉雯。2012。麴菌蛋白酶之特性分析及其應用於牛肉熟成之探討。中興大學動物科學系所碩士論文。臺中。
- 沈則言、林榮信、陳淑德。2019。高壓加工及微波乾燥鹽麴鴨肉製程之研究。臺灣農業化學與食品科學 57: 210-219。
- 林靖雯。2017。預煮製程對稻米性質的影響。宜蘭大學食品科學系碩士論文。宜蘭。
- 李佳燕。2019。浸泡壓力和溫度對稻米水分含量之影響及模型參數之建立。宜蘭大學食品科學系碩士論文。宜蘭。
- 陳淑德、林季函、辛珮琳。2020。射頻乾燥稻穀以製備預煮米之研究。臺灣農業化學與食品科學 58:147-153。
- 黃翊庭、陳淑德。2020。鹽麴在麵包和米麵包之應用。臺灣農業化學與食品科學 58:10-17。
- 鄭光哲。2016。預煮處理對稻米理化特性與消化性之影響。臺灣大學食品科技研究所學位論文。臺北。
- 嚴玉芬、林樾德、陳淑德。2016。發芽糙米之製程和應用的研究。臺灣農業化學與食品化學 54: 160-168。
- Bennett, J. W. 1998. Mycotechnology: the role of fungi in biotechnology. J. Biotechnol. 66:

101-107.

- Chancharoonpong, C., P. C. Hsieh, and Sheu, S. C. 2012. Enzyme production and growth of *Aspergillus oryzae* S. on soybean koji fermentation. APCBEE Procedia 2: 57-61.
- Gao, X., Y. Yin, J. Yan, J. Zhang, H. Ma, and C. Zhou. 2019. Separation, biochemical characterization and salt-tolerant mechanisms of alkaline protease from *Aspergillus oryzae*. J. Sci. Food Agric. 99: 3359-3366.
- Horie, Y., A. Goto, R. Imamura, M. Itoh, S. Ikegawa, S. Ogawa, and T. Higashi. 2020. Quantification of ergothioneine in *Aspergillus oryzae*-fermented rice bran by a newly-developed LC/ESI-MS/MS method. LWT 118: 108812.
- Hong, H. H., and Kim, M. K. 2020. Physiochemical quality and sensory characteristics of koji made with soybean, rice, and wheat for commercial doenjang production. Foods 9: 975.
- Jo, Y., W. S. Bang, and M. K. Kim. 2021. Changes of physiochemical and enzymatic activities of doenjang prepared with different amount of rice koji during 30 days of fermentation. Foods 10: 372.
- Klich, M. A. 2002. Biogeography of *Aspergillus* species in soil and litter. Mycologia 94: 21-27.
- Martins, S., S. I. Mussatto, G. Martínez-Avila, J. Montañez-Saenz, C. N. Aguilar, and J. A. Teixeira. 2011. Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. A review. Biotechnol. Adv. 29: 365-373.
- Melnichuk, N., M. J. Braia, P. A. Anselmi, M. R. Meini, and D. Romanini. 2020. Valorization of two agroindustrial wastes to produce alpha-amylase enzyme from *Aspergillus oryzae* by solid-state fermentation. Waste Manage. 106: 155-161.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Anal. Chem. 31: 426-428.
- Narahara, H., Koyama, Y., Yoshida, T., Pichanigkura, S., Ueda, R., and TAGUCHI, H. 1982. Growth and enzyme production in a solid-state culture of *Aspergillus oryzae*. J. Ferment. Technol. 60: 311-319.
- Nemoto, H., M. Otake, T. Matsumoto, R. Izutsu, J. P. Jehung, K. Goto, M. Osaki, M. Mayama, M. Shikanai, T. Watanabe, and F. Okada. 2022. Prevention of tumor progression in inflammation-related carcinogenesis by anti-inflammatory and anti-mutagenic effects brought about by ingesting fermented brown rice and rice bran with *Aspergillus oryzae* (FBRA). J. Funct. Foods 88: 104907.
- Shah, I. J., P. N. Gami, R. M. Shukla, and D. K. Acharya. 2014. Optimization for α -amylase production by *Aspergillus oryzae* using submerged fermentation technology. Basic Res. J.

Microbiol. 1: 01-10.

Sawangwan, T., and P. Saman. 2016. Prebiotic synthesis from rice using *Aspergillus oryzae* with solid state fermentation. Agric. Nat. Resour. 50: 227-231.

Shin, H. Y., S. M. Kim, J. H. Lee, and S. T. Lim. 2019. Solid-state fermentation of black rice bran with *Aspergillus awamori* and *Aspergillus oryzae*: Effects on phenolic acid composition and antioxidant activity of bran extracts. Food Chem. 272: 235-241.

Wakana, M., Y. Yamazaki, T. Iwasa, Y. Hidani, T. Shirai, K. Homma, and N. Wakana. 2019. Effects of amazake and raw-shiokoji containing *Aspergillus oryzae* on the number of fecal bacteria and defecation in humans. J. Japan Health Med. Assoc. 28: 68-73.

111年 2月 27日 投稿

111年 5月 16日 接受

