

酵母菌株和蒸餾處理對米酒粕營養組成之影響¹

蔡淑珍^{2,3} 吳宗諺²

摘 要

蔡淑珍、吳宗諺。2009。酵母菌株和蒸餾處理對米酒粕營養組成之影響。台灣農業研究 58:106–113。

米酒粕是國內米酒生產的大量副產物，了解米酒粕的營養價值有助於提昇米酒粕的加值利用。本試驗以台農 71 號為原料，探討酵母菌株和蒸餾處理對米酒粕營養組成之影響。依所接種之不同酵母菌株，分別進行熟米或生米發酵，於常溫發酵至終點時經壓濾酒糟以收得酒粕。結果顯示米酒粕的一般營養組成因發酵之酵母菌株不同而有所差異，生米發酵酒粕和熟米發酵酒粕之差異更為明顯。以米酒粕的主要成分粗蛋白質為例，菌株 Fermivin PDM[®]和 Danstil B[®] 菌株熟米發酵酒粕的蛋白質含量分別為 77.19%和 66.16%；而 Magic Koji[®] 菌株生米發酵酒粕的蛋白質含量為 59.67%。米酒粕的酒粕產率和其蛋白質含量呈顯著正相關性 ($p < 0.05$)。相對於熟米發酵酒粕，生米發酵酒粕含有較低蛋白質含量，較高的粗脂肪和粗纖維含量。酒醪蒸餾是產製米酒的重要加工步驟，分別於蒸餾前後收集蒸餾酒粕和未蒸餾酒粕並比較兩者營養組成。結果顯示，相較於未蒸餾酒粕，蒸餾酒粕有較低的粗蛋白質含量，但有較高的粗脂肪、粗纖維、灰分、碳水化合物、游離糖和直鏈澱粉等含量。和國外木質纖維素類穀糧酒粕不同，台灣米酒粕具高白蛋白質，是相當有潛力發展為高植物蛋白質來源。

關鍵詞：米、酒粕、營養組成、酵母菌、發酵、蒸餾。

前 言

酒粕是酒類或酒精生產的大量副產物。傳統上製造酒或酒精之工廠產生之廢酒糟、酒粕、酒精醪的再利用，以飼料原料、土壤改良、有機質肥料原料、培養土原料的應用為主。國外也曾研究作為環保盆栽原料 (Yamauchi *et al.* 2006)，或應用於廢水除氯或苯 (Adachi *et al.*

2005)，或用於化妝品 (Mitsui 2002)。由於穀糧類酒粕富含高纖維或高蛋白質，國外更多研究應用作為食品營養源或生技產業基質原料 (Mussatto *et al.* 2006)，除充分利用於再發酵生產酒或酒精 (Kida *et al.* 1998; Kim *et al.* 2008) 外，也應用於食品產品研發 (Wampler & Gould 1984; Kim *et al.* 1989; Stojceska *et al.* 2008)、作為菇類培養基質原料 (Yang *et al.* 2003)，或作

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2356 號。接受日期：98 年 6 月 29 日。

2. 本所農化組副研究員、聘用助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。

3. 通訊作者，電子郵件：sjtsai@wufeng.tari.gov；傳真機：(04)23302805。

為基質原料而應用於生產多醣體和酵素等研究 (Leathers 1998; Romero *et al.* 2007)。

國外穀糧類製酒 (含啤酒) 或酒精原料, 主要為玉米、高粱、大麥和小麥等單一或混合發酵。這類酒粕可視為一高量木質纖維素 (lignocellulosic) 物質, 以纖維 (fiber) 為主要原料, 並富含蛋白質, 其營養組成因原料、發酵條件、乾燥處理不同而有所差異 (Mustafa *et al.* 2000; Santos *et al.* 2003; Mussatto *et al.* 2006)。台灣傳統米酒是以白米為原料, 其酒粕成分和上述木質纖維素酒粕應有極大差異, 但因國外少有米酒產品, 有關米酒粕研究也闕如。因應加入 WTO, 國內民間酒類釀製造的開放, 米酒粕的產生量也會相對增加, 了解米酒粕的營養價值, 將更有助於提昇酒粕的加值利用。本試驗主要分析米酒粕營養組成, 並比較不同酵母菌株發酵, 或蒸餾處理與否對米酒粕營養組成之影響。

材料與方法

酒粕之收集

台農 71 號米經不同發酵條件處理後收集酒粕。發酵處理包括 (1) 熟米發酵: 原料生米加入 2.5 倍去離子水蒸煮成熟米, 於熟料時先加入 0.3% 澱粉液化酵素 (α -amylase) Spezyme[®] AA 於處理 1 小時, 待降溫至 60°C 時加入 0.3% 糖化酵素 (glucoamylase) Optimax[®] HP7527 (Enzyme Solutions Pty Ltd., Australia) 置於室溫下處理 4 小時, 當溫度降至約 35°C 時, 再分別接種不同市售酵母菌株 (原料乾重的 0.5%), 於常溫發酵 11–13 天後, 殘糖量和 brix 值開始呈恆定, 故統一於發酵 14 天後收取酒粕, 經過濾網 (100 mesh) 壓濾分離發酵液後所得之酒渣為酒粕。選用市售酵母菌株包括 Cepage Melot[®]、Fermivin PDM[®]、Fermicru LS2[®] 和 Fermicru VR5[®] (DSM Food Specialties B.V., Netherlands) Danstil B[®] (Lallemand S.A., France)

等。(2) 生米發酵: 原料生米加 2.5 倍去離子水後, 直接接入 0.5% (原料乾重) 市售生米菌麴 (神麴 Magic Koji[®], 大地之元企業股份有限公司代理), 發酵 14 天後經濾網 (100 mesh) 壓濾分離發酵液以獲得酒粕。所有酒粕均經 60°C 烘乾秤重計算酒粕產率 (相對於原料重), 進行酒粕分析並比較不同菌株發酵所得酒粕營養組成差異。

蒸餾和未蒸餾處理

選用酵母菌株為 Danstil A[®] 或 Danstil C[®] (Lallemand S.A., France), 依上述熟米發酵方式進行發酵至終點, 按酒粕的取得時間可分為蒸餾前或蒸餾後, 而分別得未蒸餾酒粕和蒸餾酒粕。未蒸餾酒粕的收集同前述, 乃於發酵終點, 未經蒸餾之酒醪經過濾網 (100 mesh) 壓濾分離發酵液後所得之酒粕。蒸餾酒粕乃將酒醪仿傳統蒸餾方式, 先以 120°C 加熱, 待蒸餾酒液開始流出時, 將加熱溫度略降至 100°C, 直至出口後酒精濃度約為 10–13% 則停止蒸餾。將蒸餾後之殘餘酒糟, 經過濾網 (100 mesh) 壓濾去汁所取得之固體渣為酒粕。所有酒粕經 60°C 烘乾後進行分析, 比較蒸餾前後酒粕營養組成之差異。

分析項目

各處理所得之酒粕 60°C 烘乾樣本, 經乾燥磨粉後進行下列化學成分分析: (1) 水分: 精秤 5 g 樣本在 105°C 下乾燥過夜, 秤至恆量, 以乾燥前後重量差異計算水分含量。(2) 粗蛋白質: 精秤 0.2 g 樣本, 參考 Micro-Kjeldahl Method 分析方法, 測出總氮含量 (N), 粗蛋白質含量以 $N\% \times 5.95$ 表示之 (AOAC International 2000)。(3) 粗脂肪: 精秤 1.0 g 樣本, 利用快速脂肪萃取裝置 (Tecator, Soxtec System HT2) 進行 Soxhelt 法萃取, 以乙醚迴流抽出 1 小時後測定 (AOAC International 2000)。(4) 粗纖維: 取萃取完粗脂肪之樣本, 依 AOAC 方法 (AOAC International 2000), 利用粗纖維測定裝

置 (Tecator, Fibertec System I) 測定。(5) 灰分：精秤新鮮樣品 5 g 以 550°C 灰化法測定 (AOAC International 2000)。(6) 碳水化合物：以 100% 減去水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維及灰分所得之值。(7) 純蛋白質：以 Lowry *et al.* (1951) 方法之修飾法分析；其 A 液改為 2% Na₂CO₃，取代 NaOH。(8) 游離糖、總醣、粗澱粉：游離糖之萃取乃精秤乾燥磨粉樣品，在 85–90°C 熱水浴中以 80% 乙醇迴流加熱萃取半小時，離心取出上層萃取液，共重複萃取 4 次，混合全部萃取液並以玻璃棉濾紙濾去殘渣後，以 80% 乙醇稀釋定容後測定。總醣則乾粉樣本經 0.7 N HCl 隔水加熱迴流水解 2 小時，離心取出上層萃取液，共重複萃取 2 次，合併萃取液並以玻璃棉濾紙濾去殘渣，以去離子水定容後測定。游離糖和總醣之樣液以酚-硫酸法測定萃取液之六碳糖含量，並以葡萄糖為計算標準 (Dubois *et al.* 1956)。粗澱粉以 (總醣 - 游離糖) × 0.9 表示之。(9) 直鏈澱粉：含量以 Juliano *et al.* (1981) 方法分析，樣本先經 1 N NaOH 作用 40°C 下作用 2 小時，再與碘液反應，測定 OD₆₂₀。(10) 總酚：將樣本先加入 trichloroacetic acid 處理將可能存在蛋白質沉澱，經離心取上澄液以 Folin-Ciocalteu 方法分析 (Singleton &

Rossi 1965)，其含量以 % GAE (Gallic acid equivalents) 表示。

結 果

不同發酵處理酒粕營養組成之差異

由不同酵母菌株發酵所得未蒸餾酒粕產率分別為熟米發酵 5.40–7.03% 和生米發酵 3.02%，其營養組成結果如表 1A 和表 1B，熟米發酵之酒粕粗蛋白 66.16–77.19%、粗脂肪 6.39–7.58%、灰分 1.11–1.20%、粗纖維 2.86–4.89% 和碳水化合物 10.99–20.93%。米酒粕的一般營養組成因酵母菌株不同而有所差異，生米發酵酒粕和其他熟米發酵酒粕的差異更為明顯。相對於蒸米發酵酒粕，生米發酵酒粕之較低蛋白質 (59.67%)、極高的粗脂肪 (19.45%) 和較高的粗纖維 (6.35%)。本實驗室分析台農 71 號 85% 精白度白米原料的營養組成 (乾物計) 為粗蛋白質 7.80%，粗脂肪 1.20%，灰分為 0.26% 粗纖維 0.29% 和碳水化合物 90.44%。白米經過發酵後，原含澱粉已被轉化成酒精，蛋白質成為殘餘酒粕的主要的營養成分。除澱粉外，米酒粕各成分也依發酵不同菌株而都較白米提昇約 4–16 倍。

表 1A. 不同酵母菌株發酵之米酒粕乾物一般營養組成比較

Table 1A. Effect of yeast strains on proximate composition and yield of fermented rice dregs from steamed and raw rice (dry weight basis)^z

Yeast strain	Source of rice	Yield ^y (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Ash (%)	Crude fiber (%)	Carbohydrate (%)
Cepage Melot	steamed	5.40	68.79 ± 0.67 b ^x	7.58 ± 0.26 b	1.18 ± 0.00 a	4.89 ± 1.39 ab	17.55 ± 0.91 ab
Fermivin PDM	steamed	6.64	77.19 ± 0.98 a	6.95 ± 0.31 b	1.20 ± 0.06 a	3.67 ± 0.01 bc	10.99 ± 0.81 c
Permicru LS2	steamed	7.03	74.43 ± 0.61 a	7.53 ± 0.03 b	1.15 ± 0.08 a	4.32 ± 0.10 bc	12.56 ± 0.72 c
Fermicru VR5	steamed	5.26	68.97 ± 0.37 b	6.39 ± 0.08 b	1.14 ± 0.01 a	2.86 ± 0.07 c	20.64 ± 0.54 a
Danstil B	steamed	5.82	66.16 ± 0.37 b	7.12 ± 0.08 b	1.11 ± 0.01 a	4.70 ± 0.09 abc	20.93 ± 0.31 a
Magic Koji	raw	3.02	59.67 ± 1.81 c	19.45 ± 0.93 a	1.10 ± 0.20 a	6.35 ± 0.19 a	13.44 ± 2.75 bc

^z Value = mean ± S.D.

^y Yield % = dry weight of rice dreg/weight of raw rice grain.

^x Means within a column followed by the same letters were not significantly different at the 0.05 probability level based on the least significant difference (LSD) test; N = 2.

表 1B. 不同酵母菌株發酵之米酒粕化學成分含量比較

Table 1B. Effect of yeast strains on chemical components fermented rice dregs from steamed and raw rice (dry weight basis)^z

Yeast strain	Source of rice	Free sugar (%)	Crude starch (%)	Amylose (%)	Total phenolics (mg/g)
Cepage Melot	steamed	5.60 ± 0.74 b ^y	6.87 ± 0.29 b	0.84 ± 0.03 b	30.80 ± 0.65 bc
Fermivin PDM	steamed	0.85 ± 0.03 d	7.74 ± 0.21 b	0.50 ± 0.01 b	31.80 ± 0.33 ab
Permicru LS2	steamed	1.00 ± 0.05 d	9.38 ± 0.07 a	0.51 ± 0.09 b	30.61 ± 0.86 bc
Fermicru VR5	steamed	8.10 ± 0.05 a	6.64 ± 0.13 bc	0.75 ± 0.03 b	29.40 ± 0.16 c
Danstil B	steamed	1.96 ± 0.06 cd	7.66 ± 0.02 b	1.41 ± 0.33 a	29.68 ± 0.16 c
Magic Koji	Raw	2.94 ± 1.05 c	5.56 ± 0.81 c	1.21 ± 0.08 a	32.94 ± 0.43 a

^z Value = mean ± S.D.^y Means within a column followed by the same letters were not significantly different at the 0.05 probability level based on the least significant difference (LSD) test; N = 2.

本試驗白米先以酵素水解澱粉成葡萄糖，再經酵母菌發酵利用將葡萄糖轉換成酒精。酒粕醱類相關成分和總酚含量分析結果如表 1B。一般澱粉包括直鏈澱粉 (amylose) 和支鏈澱粉 (amylopectin)。本試驗分析米酒粕粗澱粉含量為 5.56–9.38%，其中直鏈澱粉僅 0.50–1.4%，說明了酒粕殘留未被酵素水解的粗澱粉主要是支鏈澱粉。酒粕游離糖含量 0.85–8.10%，表示發酵終點的殘糖量高低不同，推測和菌株發酵能力相關。米酒粕總酚含量為 29.40–32.94 mg/g，遠高於 85%精白度的白米總酚 3.30 mg/g 的含量 (實驗室分析資料)。米酒粕總酚含量和其他成分一樣，約為白米 9–10 倍，推測在發酵過程中米內大部分總酚並沒有被酵母菌所利用或分解，所以當澱粉於發酵中被耗盡時，酒粕的總酚含量也相對被濃縮提高。Shen *et al.* (2009) 分析不同顏色米之總酚量為 1.08–12.44 mg/g，其中以白米 1.08–2.51 mg/g 較低。Bhanja *et al.* (2008) 自糙米原料和經 *Aspergillus oryzae* 發酵之米麴等乾物萃取出水溶性總酚量分別為 0.58 mg/g 和 8.22–10.60 mg/g。

蒸餾對酒粕成分之影響

白米經澱粉水解酵素處理後，分別接入酵母菌株 Danstil A 和 Danstil C，並於蒸餾前或蒸

餾後所收集之米酒粕，分析一般營養組成結果如表 2A。未蒸餾米酒粕的粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、灰分和碳水化合物等含量分別為 72.12–74.32%、7.28–7.68%、4.44–4.64%、1.01–1.30%和 12.96–14.26%。蒸餾米酒粕的粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、灰分和碳水化合物等含量則分別為 62.33–63.74%、7.55–9.34%、5.47–5.74%、1.16–1.31%和 19.87–23.49%。相較於未蒸餾酒粕，蒸餾米酒粕含有較低蛋白質，但有較高粗纖維和碳水化合物。其他成分如游離糖、粗澱粉、直鏈澱粉和總酚等含量，未蒸餾米酒粕分別為 0.83–1.11%、8.21–9.32%、0.87–1.12%和 2.99–3.04%；而蒸餾米酒粕則分別為 0.94–2.43%、8.42–8.47%、1.44–1.89%和 2.57–2.79% (表 2B)。相較於未蒸餾酒粕，蒸餾米酒粕含有較低總酚和較高直鏈澱粉含量。由此發現，蒸餾明顯使粗蛋白質含量減少；除粗澱粉外，蒸餾使米酒粕其他成分如粗脂肪、灰分、粗纖維、碳水化合物、游離糖和直鏈澱粉等含量均或多或少增加，此應是米酒粕蛋白質相對減少所致之結果。

討 論

國外穀糧類製酒 (含啤酒) 或酒精原料，主要為玉米、高粱、大麥和小麥等單一或混合

表 2A. 蒸餾對米酒粕乾物一般營養組成影響

Table 2A. Effect of distillation on proximate composition of rice dregs from wine fermentation (dry weight basis)^z

Yeast strain	Distillation	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Ash (%)	Crude fiber (%)	Carbohydrate (%)
Danstil A	No	74.32 ± 1.40 a ^y	7.28 ± 0.35 b	1.01 ± 0.00 c	4.44 ± 0.09 c	12.96 ± 1.66 b
Danstil A	Yes	63.74 ± 1.29 b	7.55 ± 0.27 b	1.16 ± 0.01 b	5.47 ± 0.30 ab	23.49 ± 1.25 a
Danstil C	No	72.12 ± 0.10 a	7.68 ± 0.36 b	1.30 ± 0.03 a	4.64 ± 0.17 bc	14.26 ± 0.06 b
Danstil C	Yes	62.33 ± 0.16 b	9.34 ± 0.08 a	1.31 ± 0.00 a	5.74 ± 0.26 a	19.87 ± 0.03 a

^z Value = mean ± S.D.^y Means within a column followed by the same letters were not significantly different at the 0.05 probability level based on the least significant difference (LSD) test; N = 2.

表 2B. 蒸餾對米酒粕乾物化學成分之影響

Table 2B. Effect of distillation on chemical components of rice from wine fermentation (dry weight basis)^z

Yeast strain	Distillation	Free sugar (%)	Crude Starch (%)	Amylose (%)	Total phenolics (mg/g)
Danstil A	No	1.11 ± 0.12 b ^y	8.21 ± 0.12 a	1.12 ± 0.06 bc	29.93 ± 0.06 a
Danstil A	Yes	2.43 ± 0.06 a	8.42 ± 0.27 a	1.89 ± 0.12 a	25.73 ± 1.66 b
Danstil C	No	0.83 ± 0.09 a	9.32 ± 1.04 a	0.87 ± 0.16 c	30.52 ± 0.63 a
Danstil C	Yes	0.94 ± 0.04 a	8.42 ± 0.37 a	1.44 ± 0.18 ab	27.94 ± 0.40 ab

^z Value = mean ± S.D.^y Means within a column followed by the same letters were not significantly different at the 0.05 probability level based on the least significant difference (LSD) test; N = 2.

發酵，其酒粕以纖維素、非纖維質多醣和木質素等碳水化合物為主要原料（約 50–70%），亦含高量蛋白質（20–35%）（Santos *et al.* 2003; Kim *et al.* 2008; Stojceska *et al.* 2008）。本試驗分析米酒粕主要成分為蛋白質，其粗含量高達約 60–77%，遠高於其他穀糧類酒粕，是相當有潛力發展為高蛋白質來源之一。台灣米酒一般是以碾白率 85% 的白米作為發酵原料，而一般日本製作清酒用白米的碾白率 30–70%。Hisamatsu *et al.* (1995) 曾分析來自日本酒廠二種清酒酒粕粗蛋白質含量為 17.1% 和 37.1%，總醣含量高達約 63% 和 42%。Tsutsui *et al.* (1998) 分析乾燥清酒酒粕含蛋白質 44.6%、碳水化合物 37.4% 和水分 7.2%。日本清酒酒粕的高殘醣量表示應有甚多的澱粉並未被充分利用，也相對使粗蛋白質含量遠低本試驗之酒粕。相反地，本試驗酒粕的殘餘總醣量（含游

離糖和粗澱粉）為 8.59–14.74%，遠較清酒粕為低。日本清酒粕和台灣米酒粕成分差異應是由於酒產品目的不同所採用的發酵方法不同所致。一般而言，台灣米酒發酵會盡求發酵完全、醣類耗盡的目標，以期獲得最大製酒率。因此米酒粕醣類含量較清酒粕低，相對地，蛋白質含量較高。

稻米澱粉含量約 70–80%，台農 71 號米的直鏈澱粉約為 19.7–22.6%（Lai *et al.* 2001），本試驗蒸米以澱粉液化酵素（ α -amylase）和糖化酵素（glucoamylase）進行二階段式澱粉水解和糖化。前者酵素為內切型（endoamylase），作用於 α -1,4 的糖苷鍵，將澱粉水解成糊精或寡糖；後者則為外切型酵素（exoamylase），作用於直鏈和支鏈澱粉的非還原性末端 α -1,4 和 α -1,6 的糖苷鍵，而水解出葡萄糖（van der Maarel *et al.* 2002）。本試驗酒粕殘留未被發酵

的粗澱粉主要應是含有 α -1,4 和 α -1,6 糖苷鍵的支鏈澱粉，而直鏈澱粉含量則低。多位學者報告利用酵素移除米澱粉和纖維等，而獲得蛋白質含量 47.8–90% 的米分離蛋白 (rice protein isolate) (Morita & Kiriyama 1993; Shih & Daigle 1997; Shih *et al.* 1999)。

本試驗結果顯示米酒粕主要營養組成是蛋白質，而且米酒粕的酒粕產率和粗蛋白質含量呈顯著正相關性 ($p < 0.05$)，即粗蛋白質含量高者，其酒粕產率也相對較高。酵母雖然主要利用糖類發酵成酒精，但生長繁殖仍需要少量利用其他營養源，由此或許可推測酵母菌株對米蛋白質分解或利用的能力影響米酒粕的蛋白質含量或酒粕產率，此仍有待研究。觀察發酵過程及所收集酒粕的外觀，發現蒸米發酵的溼酒粕仍隱約有米粒外型而內部空洞，顯示精白米外層不易被利用而裏層澱粉已被利用竭盡。相反的，生米發酵的溼酒粕組織鬆散而不見原有米的外形，表示米粒外層組織被崩解消耗，而其粗蛋白質含量和酒粕產率明顯低於蒸米發酵，推測生米菌麴更能分解或利用米蛋白質。研究報告國外穀糧類的木質纖維素酒粕粗脂肪含量約 3–10% (Santos *et al.* 2003; Kim *et al.* 2008)。原白米原料約含 1% 粗脂肪，而本試驗生米發酵酒粕卻具有高達 19.45% 的粗脂肪含量，遠高於熟米發酵酒粕 (6.39–7.58%)，推測生米酒麴具有合成或蓄積脂肪的能力，但實際作用機制則不清楚。由試驗發現生米發酵者和熟米發酵者的酒粕外觀與營養組成差異較大，惟本試驗僅選用一組生米發酵處理，是否其他生米發酵者都有相似的結果，須再進一步探究以確認。因為生米發酵少了熟米發酵所需要的蒸米步驟，少了相關設備和能源成本的支出，商業應用生米發酵方法生產米酒也開始普遍，因此對生米發酵酒粕的了解將更有助於其未來利用。

酒粕收集時間可為蒸餾前或蒸餾後，分別得蒸餾酒粕和未蒸餾酒粕，兩者差別在於酒粕有無和發酵液一起蒸餾。以日本製酒為例，日本清酒酒粕即屬於未蒸餾酒粕，米燒酒酒粕即為蒸餾酒粕。由於未蒸餾酒粕仍含有酒精，台灣民間傳統米酒釀製時習以將酒粕和酒液一起蒸餾以增加出酒率，所以殘餘酒粕為蒸餾酒粕。試驗觀察未蒸餾米酒粕於烘乾後仍呈鬆散的淺土黃色；而蒸餾米酒粕則於烘乾後深褐色且易結成硬塊，嚴重影響外觀。就酒粕未來利用性而言，未蒸餾米酒粕應比蒸餾酒粕更具有應用的空間。由本試驗發現，台灣的米酒粕營養組成和國外木質纖維素類穀糧酒粕不同，米酒粕是相當有潛力發展為高植物蛋白質來源之一。

引用文獻 (Literature cited)

- Adachi, A., H. Hamamoto, and T. Okano. 2005. Use of lees materials as an adsorbent for removal of organochlorine compounds or benzene from wastewater. *Chemosphere* 58:817–822.
- AOAC International. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. AOAC International, Maryland, USA. 2200 pp.
- Bhanja T., S. Rout, R. Banerjee, and B. C. Bhattacharyya. 2008. Studies on the performance of a new bioreactor for improving antioxidant potential of rice. *WT-Food Sci. Technol.* 41:1459–1465.
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350–356.
- Hisamatsu, M., T. Fukumoto, T. Noda, K. Teranishi, and T. Yamada. 1995. Sugar compositions of polysaccharide fractions from various industrial food wastes. *Bull Faculty Bioresources-Mie Univ.* 14: 143–149. (in Japanese with English abstract)
- Juliano, B. O., C. M. Perez, A. B. Blakeney, T. Castillo, N. Kongseree, B. Laignelet, E. T. Lapis, V. V. S. Murty, C. M. Paule, and B. D. Webb. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Stärke* 33:157–162.

- Kida, K., M. Nakagawa, H. Nishisako, and S. Morimura. 1998. Production of Shochu on a commercial scale from post-distillation slurry by a newly developed recycling process. *J. Inst. Brew.* 104:265–272.
- Kim, C. H., J. A. Maga, and J. T. Martin. 1989. Properties of extruded dried distiller grains (DOG) and flour blends. *J. Food Process. Pres.* 13:219–231.
- Kim, Y., N. S. Mosier, R. Hendrickson, T. Ezeji, H. Blaschek, B. Dien, M. Cotta, B. Dale, and M. R. Ladisch. 2008. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. *Bioresour. Technol.* 99:5165–5176.
- Lai, M. S., C. P. Li, C. S. Tseng, H. J. Huang, C. G. Chern, and Y. C. Kuo. 2001. Development of aromatic rice variety Tainung 71 (Yihchuan aromatic rice). *J. Agric. Res. China* 50:1–12. (in Chinese with English abstract)
- Leathers, T. D. 1998. Utilization of fuel ethanol residues in production of the biopolymer alternan. *Process Biochem.* 33:15–19.
- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, L. Farr, and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265–273.
- Van der Maarel, M. J. E. C., B. van der Veen, J. C. M. Uitdehag, H. Leemhuis, and L. Dijkhuizen. 2002. Properties and application of starch-converting enzymes of the α -amylase family. *J. Biotechnol.* 94:137–155.
- Mitsui, Y. 2002. New raw materials and technologies for cosmetics. The development of a new cosmetic ingredient by using Natural resources. I. Application of Sake cake for cosmetics. *Fragr. J.* 30: 145–149. (in Japanese with English abstract)
- Morita, T. and S. Kiriya. 1993. Mass production method for rice protein isolate and nutritional evaluation. *J. Food. Sci* 58:1393–1396.
- Mussatto, S. I., G. Dragone, and I. C. Roberto. 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics, and potential applications. *J. Cereal Sci.* 43:1–14.
- Mustafa, A. F., J. J. McKinnon, and D. A. Christensen. 2000. Chemical characterization and in situ nutrient degradability of wet distillers' grains derived from barley-based ethanol production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 83:301–311.
- Romero, E., J. Bautista, A. M. Garcia-Martinez, and J. Parrado. 2007. Bioconversion of corn distiller's dried grains with solubles (CDDGS) to extracellular proteases and peptones. *Process Biochem.* 42:1492–1497.
- Santos, M., J. J. Jimenez, B. Bartolome, C. Gomez-Cordoves, and M. J. del Nozal. 2003. Variability of brewer's spent grain within a brewery. *Food Chem.* 80:17–21.
- Shen Y., L. Jin, P. Xiao, Y. Lu, and J. Bao. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *J. Cereal Sci.* 49:106–111.
- Shih, F. F. and K. Daigle. 1997. Use of enzymes for the separation of protein from rice flour. *Cereal Chem.* 74:437–441.
- Shih, F. F., E. T. Champagne, K. Daigle, and Z. Zarins. 1999. Use of enzymes in the processing of protein products from rice bran and rice flour. *Nahrung* 43:14–18.
- Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16:144–158.
- Stojceska, V., P. Ainsworth, A. Plunkett, and S. Ibanoglu. 2008. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. *J. Cereal Sci.* 47:469–479.
- Tsutsui, N., Y. Yamamoto, and K. Iwami. 1998. Protein-nutritive assessment of sake lees obtained by brewing from liquefied rice. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 44:177–186.
- Wampler, D. J. and W. Gould. 1984. Properties of extruded dried distiller grains (DOG) and flour blends. *J. Food Sci.* 49:1321–1322.
- Yamauchi, M., S. Masuda, and M. Kihara. 2006. Recycled pots using sweet potato distillation lees. *Resour. Conserv. Recy.* 47:183–194.
- Yang, F. C., C. Hsieh, and H. M. Chen. 2003. Use of stillage grain from a rice-spirit distillery in the solid state fermentation of *Ganoderma lucidum*. *Process Biochem.* 39:21–26.

Effects of Yeast Strains and Distillation on Nutritional Composition of Rice Dregs¹

Shwu-Jene Tsai^{2,3} and Tsung-Yen Wu²

Abstract

Tsai, S. J. and T. Y. Wu. 2009. Effect of yeast strains and distillation on nutritional composition of rice dregs. J. Taiwan Agric. Res. 58:106–113.

Fermented rice dreg is a valuable by-product of rice wine manufacture. This study was carried out to determine effects of yeast strains and distillation on nutritional components of rice dregs using rice variety TNG-71. Wine fermentations of steamed or non-steamed rice were inoculated with different commercial strains of yeast (*Scharomyces cerevisiae*). At the end of ambient fermentation, the solid dregs were separated from thin stillage and then used for chemical analyses. Results showed that the nutritional composition of rice dregs was affected by strains of yeast as well as the source of rice grain (steamed or non-steamed). For examples, crude protein, the main ingredient of rice dregs, was 77.19, 66.16 and 59.67% for the treatments of yeast strain Fermivin PDM[®] in steamed rice, yeast strain Danstil B[®] in steamed rice, and yeast strain Magic Koji[®] in non-steamed rice, respectively. In addition, there was a positive correlation ($p < 0.05$) between dried yield and protein contents of rice dregs. Compared to fermented steamed rice, the rice dregs from fermentation of non-steamed rice had lower protein content but higher fiber and lipid. Since distillation of fermented mash is an important processing for spirit production from rice, the chemical composition of distilled and non-distilled dregs was compared. Results showed that the distilled rice dregs had lower protein but higher fat, fiber, ash, carbohydrate, free sugar and amylose, compared to the non-distilled rice dregs. Unlike the reported low protein of lignocellulosic distillers' grains, the dreg from rice wine manufacture contains high protein, and thus, may serve as a potential source of plant protein for food.

Key words: Rice, Rice dregs, Chemical composition, Yeast, Fermentation, Distillation.

1. Contribution No.2356 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: June 29, 2009.

2. Associate Researcher and Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, e-mail: sjtsai@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.