

米乳酸發酵飲品之開發 與功能強化研究

撰文/楊志佳·涂曉君·陳錦樹

前言

近年來，隨著現代文明病的出現，國民健康意識抬頭，對具養生之天然保健食品，如具改善腸道功能之優酪乳或優格等乳製發酵品日益重視。現今市面上之乳酸發酵類產品多以牛乳為基質接種乳酸菌發酵而成，常以含生菌數量多寡做為產品訴求指標，較少對發酵液中之成分含量進行分析，如：乳酸、多醣及其它人體有益之物質。米穀類為多種傳統發酵食品之主原料，其中糙米是富含營養價值的食物來源，含有許多有益人體之成分。本研究室曾以白米、糙米及米糠為原料，利用麴菌之多種水解酵素及乳酸發酵方式強化米製發酵飲品機能性，包括免疫調節與抗氧化活性，期能開發出一種營養豐富、具保健功能且與一般乳酸發酵類商品有區別性之健康飲品，並達到全米利用之可行性，進而提高稻米加工產品之附加價值。

稻米之介紹

(一) 稻米

穀類是人類的主食，稻米為世界上重要的糧食作物之一。稻米屬禾本科 (*Gramineae*)、稻屬 (*Oryza*) 的植物，學名為 *Oryza sativa* L.。世界各地均有栽種，其中又以亞洲國家之稻米產量為世界之最大宗。台灣因位於亞熱帶地區，氣候適宜種植稻米，一年可收穫二次，為台灣重要糧食作物之一。

稻米分類可分為粳稻 (*Japonica*; *Sinica*)、秈稻

(*Indica*) 及爪哇稻 (*Javanica*) 三種品種。依胚乳特性分類又分為粳稻 (蓬萊米)、秈稻 (在來米) 及糯米三大類，其中粳稻為主要供米飯用。市售食用米則分為糙米 (*brown rice*)、胚芽米 (*germ rice*) 及白米 (*polished rice*)。稻穀採收後經脫去稻殼即為糙米，糙米再經過碾白 (精白)，去除米糠層，而保留胚部分即為胚芽米，若碾白時去除米糠層及胚部分，剩下即為白米。

一般稻米米粒結構主要由稻殼、米糠、胚及胚乳四部分所組成。稻殼為一高度木質化的保護層，位於穀粒的最外層；米糠由果皮種皮纖維素及糊粉層所構成，內含有豐富之油脂；胚為生長組織，富含營養素，位於米粒的一端；胚乳則由次糊粉層及澱粉胚乳所構成，含豐富的澱粉，為米之主體。

(二) 糙米

依中國國家標準 (CNS13446, N1126) 對糙米的定義為：「稻穀去除稻殼 (*hull*; *husk*) 後謂之糙米，亦即稻之穎果 (*caryopsis*)」，糙米包括米糠層 (果皮、種皮、外胚乳及糊粉層)、胚乳及胚芽，其中胚乳約占 92%，胚芽 3%，米糠層 5% (吳，2007)。

(三) 糙米之組成及營養價值

糙米富含營養價值，每 100 克糙米中含蛋白質 7.9 克、脂質 2.6 克、醣類 75.6 克、纖維素 1.2 克及維生素 B1 0.48 克 (吳，2007) 等。糙米中的礦物質如鎂、硒、錳、鐵及鋅的含量都遠高於精白米

(Villareal *et al.*, 1991)。根據古典記載，早在梁朝，陶弘景在《名醫別錄》中即稱糙米具有「益氣止渴止洩」作用；而明代李時珍在《本草綱目》中則稱糙米有「和五臟、好顏色」的益處，即若常食糙米不僅可以安和五臟，祛病延年，還能養顏美容，青春常駐，可見糙米不僅具有食用價值，而且還有醫療保健、養生延年之效用。現代醫學研究亦支持常食用糙米能夠預防動脈硬化、糖尿病、防止便秘與大腸癌；以及有增強免疫力，消除疲勞，提高記憶力，集中精神，消除焦慮不安等效果。此外，糙米還有潤膚、消除青春痘等美容作用(張，2003)。

事實上，糙米之營養精華都存在於糠層部份。糠層中含有豐富的蛋白質、脂質、纖維素、礦物質及維生素。其中蛋白質及脂質大都以蛋白質體 (protein body) 和脂質體 (lipid body) 的形式存在於糊粉層中(陳，2004)。

(四) 稻米相關加工產品

1. 傳統米食加工製品

(1) 米粒類

以米粒為主原料製作之產品，其保有米粒之外觀。可分為飯粒型(如：油飯、飯糰及肉粽等)及粥品型(如：廣東粥及八寶粥等)。

(2) 漿(糰)粉類

以米粒磨製的米漿、漿糰或經乾燥後之米穀粉為主原料製作之產品。可分為米漿型(如：蘿蔔糕、碗粿及米乳等)及漿糰型(如：湯圓及麻糬等)。

(3) 熟(糕)粉類

以炒熟糕粉或熟米粒為主原料製作之產品。可分為糕粉型(如：雪片糕及糕仔崙等)及膨發型(如：爆米花等)。

(4) 釀造類

以稻米為主原料，經微生物發酵後製作之產品，如：米酒、米醋及味噌。

2. 具營養保健之米食加工製品

近年來，國民健康意識漸漸受注重，加上生活

品質提升，故對保健及養生的觀念日益重視，人們愈來愈重視天然保健食品，尤其是具抗癌及抗氧化等機能性成分之產品。對日常食糧稻米的品質要求，不但講求美味可口，也開始著重其營養與保健價值，許多研究除針對稻米中各種營養素進行分析外，也探討其對人體的生理機能。稻米產品種類逐漸多元化，為稻米產業提供更高的商業附加價值。目前市面上具營養保健功能之米加工製品如下：

(1) 新型米加工產品

如發芽糙米、營養強化米、藥膳米等。

(2) 米製飲品

糙米茶、糙米酒、糙米醋、糙米酵素及其他糙米飲品等。

3. 米加工副產物-米糠

米糠為糙米碾白過程中主要副產物，約占稻穀的 5-10%。單以台灣地區生產之糙米年產量達 118 萬公噸(2009 年)，故米糠產量十分豐富。米糠過去常被作為提煉油品，但因多氯聯苯事件及成本因素，目前已甚少製造米糠油，現今具營養價值的米糠多作為飼料、肥料、養菇用太空包培養基組成分或農業廢棄物處理。由於米糠富含脂質、蛋白質、植物纖維及礦物質等營養成分，且近年來研究指出米糠中尚含有豐富之維生素 E 與 B 群、 γ -米糠醇、米糠多醣、植物固醇和植酸等具抗氧化、抗癌、降血脂、降血壓與護肝等保健功能的生理活性物質。因此米糠漸漸被開發成一種低成本且富含機能性保健食品成分之素材。市面上也漸漸出現，如米糠穀粉、米糠纖維、米糠植酸錠等米糠相關產品。

(1) 脂質

米糠的油脂組成以亞麻油酸(36%)、油酸(42%)及棕櫚酸(16%)等三種脂肪酸最多，占總脂肪酸之 94 % (Parrado *et al.*, 2006)。也有研究指出米糠油具有降低膽固醇、三酸甘油酯及低密度脂蛋白的能力，能有效預防動脈粥樣硬化 (Ausman *et al.*, 2005; Utarwuthipong *et al.*, 2009)。

(2) 蛋白質

稻米之蛋白質主要存在於胚芽及米糠當中，含量為 11.3-14.9% (Juliano and Bechtel, 1985)，為一豐富的蛋白質來源，而米糠之蛋白質為一種高營養水解蛋白，具低過敏性，可以用於製作嬰兒奶粉 (Helm and Burks, 1996)。米糠中胺基酸含量亦很豐富，其中以麩胺酸及精胺酸比例為最高 (Parrado *et al.*, 2006)。

(3) 醣類

米糠中之醣類組成包括半纖維素 (9.5-16.9%)、澱粉 (13.8%)、纖維素 (5.9-9.0%)、戊聚糖 (7-8.3%) 及木質素 (2.8-3.9%) 等 (Juliano and Bechtel, 1985)。米糠中富含纖維素，能通便整腸，調節腸道菌叢生態，為膳食纖維的良好來源。膳食纖維有提供飽足感、促進腸道蠕動及有助腸內菌合成多種維生素等功能。

(4) 礦物質

米糠中的硒、鐵、鋅、鈣、銅、錳等礦物質的含量遠高於精製米。個別含量分別為精白米的 2.7 倍、12.8 倍、3.6 倍、5.1 倍、7.5 倍及 13.1 倍 (鄭, 2004a)。

(5) 米糠中之生理活性物質

除了上述之營養素外，米糠中之米糠醇 (γ -oryzanol；又稱穀維素)，為數種植物固醇與阿魏酸 (ferulic acid) 結合而成的混合物，含量約為 0.35% (Parrado *et al.*, 2006)。其為一植物性神經調節劑，對神經功能失調有良好療效；亦具有抗發炎、抗脂質氧化、抗高血脂及抑制自體合成膽固醇之作用，另對腸胃神經官能症有調節改善作用 (鄭, 2004a)。

植物固醇，於米糠中含量約為 1190mg/100g，植物固醇可抑制膽固醇的吸收，亦可用於合成固醇激素以調節水份、蛋白質、糖和鹽之代謝 (黃, 2010)。

植酸又名六磷酸肌醇 (myo-inositol hexakisphosphate, IP6)，為環類肌醇與六個磷酸根離子所組成之環類化合物，含量約為 0.17%

(Mameesh and Tomar, 1993)。植酸常與蛋白質及礦物質如鈣、鎂、銅、鋅及鐵等形成不溶於水之植酸鹽 (phytin) 而降低利用性，一般被認為是抗營養物質，但從另一方面來說，因具有強力螯合金屬離子的能力，卻是良好的抗氧化劑。植酸被分解後，會釋出磷及肌醇，為磷的良好來源，而肌醇則具有舒緩神經緊張、緩壓及增加心臟血管內皮生長因子等作用 (Pandey *et al.*, 1991)。

米麴之介紹

(一) 麴

麴 (koji) 是以穀類 (如：米、豆、麥或其他穀類) 為基質，經浸泡及蒸煮殺菌後，接種特殊微生物，如米麴菌，在水分較少的環境下以固態發酵方式培養微生物後所得之產物，微生物為了利用固態營養基質進而分泌較高的酵素活性 (Pandey, 2003)。

依型態分類麴可分為固體麴與液態麴兩大類。其中，固體麴依外型可為塊麴及散麴，塊麴大小又可為大麴及小麴 (劉, 2002)。依原料及用途之不同可分為米麴、豆麴及麥麴等 (歐陽, 1998；蔣, 1998)。

麴於食品發酵上常作為酵素源，於製麴過程中，麴菌能分泌多種不同酵素 (如：澱粉酶及蛋白酶) 分解基質成小分子，以供菌體之生長及產生風味物質。麴於發酵食品的製造上扮演了澱粉的液化及糖化、蛋白質的水解等作用，產生新物質並賦予產品色澤、味道及香氣，對發酵食品有很大的貢獻。

對麴品質的影響因素主要與麴菌菌株的不同、接種量、基質水分含量、pH 值、水活性、溫度、通氣量有關。

(二) 米麴菌 (*Aspergillus oryzae*)

Aspergillus oryzae 屬於散囊菌科 (Eurotiaceae)、麴黴屬 (*Aspergillus*) 的真菌，稱為米麴菌，別名：日本麴黴。此屬黴菌菌絲容易生長，一般為分枝多、有節、多核且透明，菌絲在年輕時即產生大量的分

生孢子柄 (conidiophores)，於頂端產生一球形的圓頭稱為頂囊 (vesicle)，而基部的菌絲稱為足細胞 (foot cell)。Aspergillus 屬黴菌長久以來被廣泛使用於釀造食品製麴所需之菌種，食品發酵工業上經常使用的麴菌有 *A. oryzae*、*A. sojae*、*A. awamori* 等，其中以 *Aspergillus oryzae* 所分泌之澱粉酶及蛋白酶有較高的酵素活性，故常作為以米或豆類為基質製麴之菌種，被廣泛應用在許多釀造食品發酵上，如：酒類及醬油等。米麴菌亦被美國 FDA 認為是屬於 GRAS (generally regarded as safe) 之菌種。本研究室曾由醬油釀造用麴粉中篩選出一株具高澱粉及蛋白質水解能力之菌株，經 DNA 序列鑑定，確認菌株並命名為 *Aspergillus oryzae* NCH K-2。

乳酸菌之介紹

(一) 乳酸菌

乳酸菌 (lactic acid bacteria) 泛指能利用碳水化合物進行發酵並產生多量乳酸之細菌。乳酸菌為革蘭氏陽性菌，多為桿狀或球狀，屬絕對厭氧或兼性厭氧，具有無運動性、觸酶試驗為陰性、不形成內孢子及耐酸等特性，主要菌屬共包括 17 個屬，其中，*Lactobacillus* 屬為乳酸菌中菌種數目較多，普遍存在於自然界中，如植物體表面、果實、食品及動物腸胃道中，也因此 *Lactobacillus* 為目前乳酸菌中研究資料最為豐富之一屬。Jay (1992) 依其發酵方式及最終發酵產物的不同，將 *Lactobacillus* 分成二大類。

1. 同型發酵 (homofermentation)

指乳酸菌能代謝葡萄糖，以乳酸為主要或唯一之最終產物，以及能代謝五碳醣，其產物可能含有乳酸及醋酸。所產生的能量為異型發酵的兩倍，此型乳酸菌種包括 *Pediococcus*、*Streptococcus*、*Lactococcus* 及 *Vagococcus* 等屬所有菌種與 *Lactobacillus* 屬的部分菌種。

2. 異型發酵 (heterofermentation)

指乳酸菌能代謝葡萄糖產生乳酸外，還能生成

醋酸、酒精及二氧化碳，以及能代謝五碳醣成乳酸與醋酸，此型乳酸菌種包括 *Leuconostoc*、*Weissella*、*Oenococcus*、*Carnobacterium* 及 *Lactosphaera* 等屬所有菌種與 *Lactobacillus* 屬的部份菌種。

而本研究使用之乳酸菌係由傳統發酵牛乳克弗爾 (kefir) 中分離出的馬乳酒乳桿菌 (*Lactobacillus kefiranofaciens*)，屬同型發酵乳酸菌，為常見之益生菌菌株，此菌能分泌水溶性胞外多醣，稱為克弗蘭 (kefiran)，是由三個葡萄糖及三個半乳糖組成之重複單元所構成，為分子量約在一百至四百萬間之異質多醣 (Micheli *et al.*, 1999)。克弗蘭除了可做為增稠劑、穩定劑及膠凝劑等食品添加物用途外，動物實驗亦證明具有降血膽固醇、活化免疫機能及抗腫瘤等機能活性 (Maeda *et al.*, 2004)。

(二) 乳酸菌之益處

乳酸菌具備益生菌條件，為益生菌 (probiotic) 中之重要代表，益生菌是指具有改善宿主體內微生物相之平衡，並有益於宿主健康的單一或數種微生物 (陳等, 2007)，乳酸菌是腸道內菌群之一，可產生有機酸 (乳酸或醋酸) 以降低腸道內 pH 值，及藉由與有害菌競爭營養源及吸附位置，減少有害菌增殖，以及調節免疫反應，抵抗外來病原菌，以保持腸道內菌相之平衡 (吳, 2007)。乳酸菌除了可降低腸道內有害菌、增強免疫力外，可藉由乳酸菌對牛乳中乳糖之代謝作用，分解成葡萄糖和半乳糖，達到改善乳糖不耐症；亦可活化腸道部位的巨噬細胞及淋巴細胞的產生，並且生成 γ -干擾素及抗腫瘤因子，進而抑制腫瘤細胞形成 (O' Sullivan *et al.*, 1992)；亦具有降低膽固醇、預防癌症、降血壓及減緩過敏反應等腸道或非腸道相關疾病 (吳, 2007)，對於許多文明病的預防與醫療輔助均有顯著的效果。

(三) 乳酸菌於食品上之應用

乳酸菌長久以來被廣泛應用於食品加工 (乳製品、肉品及蔬果加工) 上，不僅賦予發酵食品特殊風味、提高營養價值，還可抑制腐敗菌的繁殖，增

加食品之保存性(林, 2004)。飲品方面多以乳製品為主, 而米製飲品較少(表一)。此外, 也有研究製造黑豆奶或蔬菜汁之乳酸發酵飲品(鄭, 2004b;唐, 2003)。

(四) 乳酸發酵飲品之種類及生理功能

接種乳酸菌於全乳或脫脂乳中培養發酵所得之

乳製發酵飲品, 種類包括酸凝酪(yogurt)及酸乳糖漿等。酸凝酪的製程是以原料乳經濃縮, 加入脫脂乳粉, 經 80°C 殺菌後冷卻, 接種具凝乳作用之乳酸菌進行發酵, 成品經均質化與否可分為固態酸凝酪及液狀發酵乳, 製品酸度為 0.7-0.8%(以乳酸計算)。而利用發酵方法製作酸乳糖漿, 其製程為原料乳經 80°C 殺菌、冷卻、接種乳酸菌進行發酵, 隨

表一 發酵乳製品常用之乳酸菌

Bacteria	Examples of fermented milk
Lactococci	
<i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Cultured buttermilk, kefir
<i>L. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	Cultured buttermilk, kefir, dahi
<i>L. lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>	Cultured buttermilk, kefir, dahi
Streptococci	
<i>S. thermophilus</i>	Yoghurt, dahi, mozzarella
Leuconostoc	
<i>L. mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i>	Kefir, cultured cream
<i>L. mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>	Kefir, cultured cream
<i>L. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i>	Kefir, cultured cream
Lactobacilli	
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>delbrueckii</i>	Fermented milk drinks, yoghurt
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	Fermented milk drinks
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	Yoghurt, Bulgarian, buttermilk mozzarella
<i>L. helveticus</i>	Kefir, koumiss, mozzarella
<i>L. acidophilus</i>	Acidophilus milk, kefir
<i>L. paracasei</i> subsp. <i>paracasei</i>	Fermented milk drinks
<i>L. johnsonii</i>	Probiotic yoghurt, fermented milk drinks
<i>L. casei</i>	Probiotic yoghurt
<i>L. paracasei</i>	Probiotic yoghurt
<i>L. reuteri</i>	Probiotic yoghurt
<i>L. rhamnosus</i>	Kefir
<i>L. plantarum</i>	Kefir
<i>L. kefir</i>	Kefir
<i>L. kefiranoferasciens</i>	Kefir
<i>L. brevis</i>	Kefir
<i>L. fermentum</i>	Kefir
Bifidobacteria	
<i>B. adolescentis</i>	Fermented milk
<i>B. bifidum</i>	Yoghurt-like products
<i>B. breve</i>	
<i>B. infantis</i>	
<i>B. longum</i>	

資料來源: Philippe and Beat, 2001.

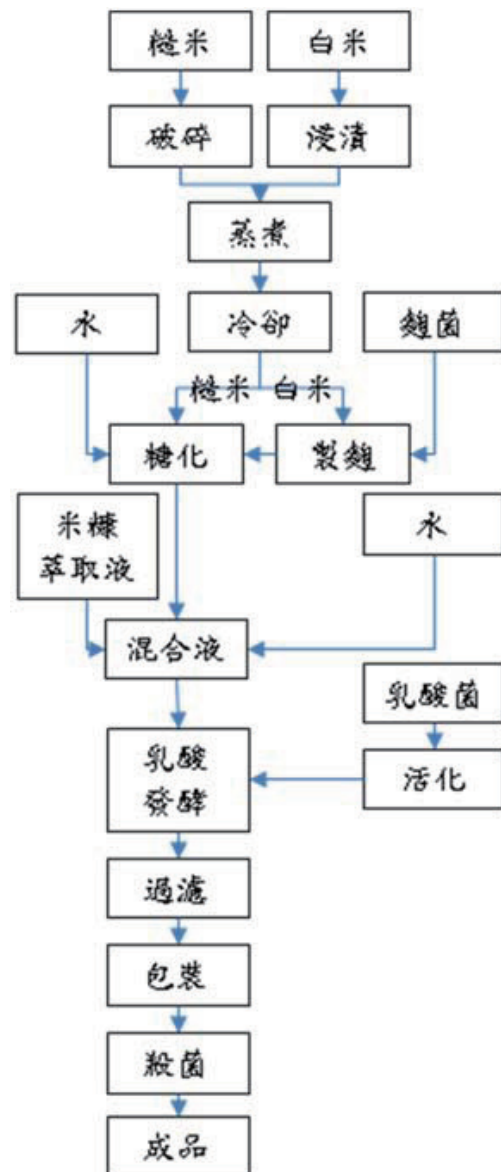
後加熱、均質化及添加蔗糖加糖殺菌，冷卻後進行調味，製品酸度 1-1.5 % (以乳酸計算) (賴和金，1991)。前者含活性乳酸菌，但乳酸含量較低，成品具凝乳型；反之，後者不含活性乳酸菌，乳酸含量較高，成品呈液態，於風味調整及食用上較為方便，而本研究之米製乳酸飲品其發酵方式採用類似酸乳糖漿之製程。

乳酸飲品除了保有牛乳之營養素，還含有乳酸菌及其代謝產物，如乳酸、胞外多醣、維生素 K 與核黃素 (B₂)、菸鹼酸 (B₃)、吡哆醇 (B₆) 及葉酸 (B₉) 等維生素 B 群 (鄭，2004b)，其中乳酸提供酸性環境，可促進鈣及其他營養素易被宿主消化吸收 (唐，2003)。此外，亦提供發酵乳之風味及提高保存性。乳酸菌胞外多醣則具有促進免疫反應、抗腫瘤及降低膽固醇活性的功能 (楊，2004)。此外，能賦予發酵乳之質地，提供濃厚口感，亦可作為增稠劑、穩定劑、乳化劑、脂肪替代物或膠凝劑，可改善產品品質 (Laws and Marshall, 2001)。

米製乳酸發酵飲品

米製發酵飲品乃使用米為發酵基質，接種微生物發酵而得，因米成分主要為澱粉及蛋白質等大分子，不適合直接進行酒精發酵、醋酸發酵或乳酸發酵，故常以製麴之方式取得豐富之水解澱粉及蛋白質之酵素來源，再對米澱粉進行液化及糖化、蛋白質降解作用，產生葡萄糖及胺基酸等小分子後，供後續酵母或醋酸菌之發酵利用，如釀酒及釀醋工業常以此法進行。米製乳酸發酵飲品之製造概念亦同，因乳酸菌無法直接利用米澱粉，故以麴菌之酵素先對澱粉分解成單醣或雙醣，以供乳酸菌利用進行發酵。米製乳酸發酵飲品之製作流程如圖一所示。

本研究室曾對不同米發酵飲品之製程開發與抗氧化活性進行相關研究，如先於蒸熟之白米飯上接種米麴菌製得米麴後，再用於水解糙米，所得水解液可供後續酵母菌之輕微酒精發酵或乳酸菌發酵用



圖一 米製乳酸飲品之製造流程

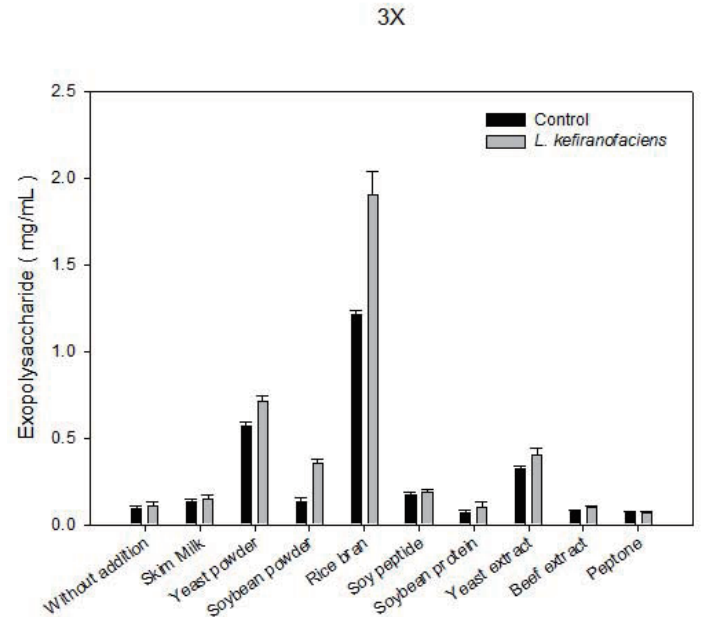
之培養基，結果發現米水解液經發酵液具有良好之抗氧化活性。不過，為進一步改良發酵液之風味及提升機能性，乃嘗試將酵母菌與乳酸菌進行共同培養以及選用可產生特殊胞外多醣 (kefiran) 之乳酸菌 *L. kefiranofaciens*。另外，由於一般米水解液以醣類碳源為主，氮源含量相對較少，因此需再補充營養源，尤其是如酵母或肉萃取物等複合氮源，方能促進乳酸菌 *L. kefiranofaciens* 之生長與產生多醣體，

惟此將嚴重影響最終發酵產品之風味。因此，後續以添加不同營養源來強化米水解液之營養，並提高乳酸菌生長及胞外多醣產量為改善方向。首先是選用糙米為原料，並確立最適米麩與糙米粉用量之比例，結果以米麩、糙米粉及水之用量比在 1:1:6 時為較適添加比例。經 55°C 糖化 10 小時後，所得之水解液中，葡萄糖含量可達 78.2mg/mL，而胺基態氮含量達 31.5mg/100mL。不過，由於水解液中葡萄糖含量較高，抑制乳酸菌之生長，故以稀釋成 4 倍之水解液（糖度約 2.6°Brix）經乳酸菌於 37°C 下厭氧培養 48 小時後，發現稀釋處理並不影響多醣產量且有較好之產酸能力。

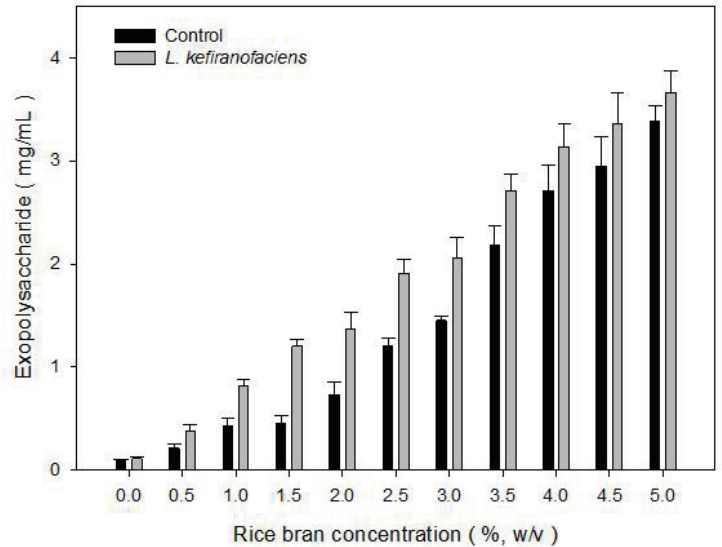
氮源部分則曾測試市售脫脂奶粉、酵母粉、黃豆粉、米糠、大豆勝肽、大豆蛋白、酵母萃取物、牛肉萃取物與蛋白胨共 9 種不同氮源，添加量為 2.5%。經發酵 48 小時後，結果如圖二所示，其中以添加米糠為氮源時所獲得之多醣產量較高，約為 0.74mg/mL，黃豆粉次之，而培養液中乳酸菌生菌數亦以米糠組最高，脫脂奶粉組其次。考量對乳酸菌生長效果及多醣產率、水解液中營養強化及成份等因素，米糠為較適之氮源。

為使乳酸菌能有效利用米糠中的氮源，所以調整米糠添加濃度。不同米糠添加量經乳酸菌於 37°C 下厭氧培養 48 小時後，結果如圖三所示，米糠量為 1.5% 時，多醣產量最高；但當米糠添加量大於 2.0%，其多醣產量並不會隨著添加量的增加而提升，因此以添加 1.5% 米糠為較適氮源添加量。

以上述條件較適培養基接種乳酸菌行乳酸發酵所製得之米乳酸發酵飲品，不僅具有較高之多醣產量，米水解液經乳酸菌發酵 48 小時後，發酵液之抗氧化能力均有顯著增加之效果。例如 DPPH 自由基清除能力由 32.5% 增加到 42.8%、總抗氧化能力由相當於 0.045mM Trolox 增加至 0.068mM Trolox、還原力由 0.89 (700 nm) 增加至 1.15 (700nm) 及過氧化氫清除能力由 28.3% 增加至 46.9%。



圖二 米麩水解液中添加不同氮源對 *L. kefiranofaciens* BCRC 16059 多醣產量之影響



圖三 不同米糠添加量對 *L. kefiranofaciens* BCRC 16059 於米麩水解液中多醣產量之影響

結語

以米麩水解液培養 *L. kefiranofaciens* BCRC 16059 之較適條件，米麩、糙米粉及水以 1:1:6 添加比例（重量比）於 55°C 下進行水解 10 小時所得之

米麴水解液中，添加 1.5 % 米糠作為氮源，可有效提升該乳酸菌之生長及胞外多醣產量。以此培養基於 37°C 下厭氧培養 *L. kefiranofaciens* BCRC 16059 兩天，發酵液經過過濾去除發酵殘渣，所得濾液可再經消費者喜好性品評予以簡單風味調整，基本上已建構出米製乳酸發酵飲品之雛型。

上述製程具有低成本但有效利用米麴水解液及米糠、強化米水解液中營養成份、促進乳酸菌生長，以及提升發酵液中多醣產量及抗氧化能力等特性，基本上已達到全米利用之可行性，進而提高稻米加工產品之附加價值。

AgBIO

楊志佳 國立中興大學 食品暨應用生物科技學系 碩士班研究生
 涂曉君 金穎生物科技股份有限公司 助理研究員
 陳錦樹 國立中興大學 食品暨應用生物科技學系 教授

參考文獻

1. 中國國家標準。CNS13446。
2. 林富美 (2004) 乳酸菌與免疫調節作用。食品工業，36: 16-26。
3. 吳國豪 (2007) 糙米發酵飲品之製造與抗氧化性質研究。國立中興大學食品暨應用生物科技學系碩士論文。
4. 唐靜宜 (2003) 乳酸發酵綜合蔬果汁之試製及儲藏期間成分變化與品質特性之探討。國立中興大學食品科學系碩士論文。
5. 陳樺翰 (2004) 探討不同碾白度米粒中細胞壁多醣物質特性及其對澱粉理化性質之影響。國立中興大學食品科學系博士論文。
6. 陳慶源、黃崇真、印雪惠、廖啟成 (2007) 乳酸菌之保健功效與產品開發。農業生技產業季刊，11:60-68。
7. 張守文 (2003) 糙米的營養保健功能。糧食與飼料工業，12:38-41。
8. 楊政儒 (2004) 生長溫度與pH值對乳酸菌胞外多醣生成影響之研究。中國文化大學生活應用科學研究所碩士論文。
9. 蔣宗哲 (1998) 米麴。米食加工 (豐年叢書HV#981)，頁149-154。
10. 歐陽港生 (1998) 大麴。製酒科技專論彙編，20:138-150。
11. 劉祖君 (2002) 製酒用麴及其相關酵素的介紹。食品工業，34:14-18。
12. 鄭宏 (2004a) 從米糠油中提取米糠醇之研究。國立臺灣科技大學化學工程系碩士論文。
13. 鄭秀粧 (2004b) 乳酸菌於黑豆奶、還原奶中成長情形及貯藏期間變化。國立中興大學食品科學系碩士論文。
14. 賴滋漢、金安兒 (1991) 食品加工學 (加工篇)。富林出版社。
15. Ausman, L. M. and Rong, N. (2005) *Hypocholesterolemic effect of physically refined rice bran oil: studies of cholesterol metabolism and early atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters*. J. Nutr. Biochem. 16(9):521-529.
16. Helm, R. M. and Burks, A. W. (1996) *Hypoallergenicity of rice bran protein*. Cereal Foods World. 41(11):839-843.
17. Jay, J. M. (1992) *Modern Food Microbiology, 4th ed.* Van Nostrand Reinhold, New York. pp.131-147.
18. Juliano, B. O. and Bechtel, D. B. (1985) *The rice grain and its gross composition*. In: Juliano, B. O. (Ed.) Rice: Chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemists. Inc., Minnesota. pp.17-57.
19. Laws, A. P. and Marshall, V. M. (2001) *The relevance of exopolysaccharides to the rheological properties in milk fermented with ropy strains of lactic acid bacteria*. International Dairy. 11:9-21.
20. Maeda, H., Zhu, X., Suzuki, S., Suzuki, K. and Kitamura, S. (2004) *Structural characterization and biological activities of an exopolysaccharide kefiran produced by Lactobacillus kefiranofaciens WT-2BT*. J. Agric. Food Chem. 52:5533-5538.
21. Mameesh, M.S., and Tomar, M. (1993) *Phytate content of some popular Kuwaiti food*. Cereal Chem. 70:502.
22. Micheli, L., Uccelletti, D., Palleschi, C., and Crescenzi, V. (1999) *Isolation and characterization of a ropy Lactobacillus strain producing the exopolysaccharide kefiran*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 53:69-74.
23. O' sullivan, M. G., Thornton, G., Osullivan G. C. and Collins, J. K. (1992) *Probiotic bacteria: myth or reality*. Trends in Food and Technology. 3(12): 309-314.
24. Pandey, S. C., Davis, J. M., Schwertz, D. W. and Pandey, G. N. (1991) *Effect of antidepressants and neuroleptics on phosphoinositide metabolism in human platelets*. J. Pharm. Exp. Therap. 256:1010-1018.
25. Pandey, A. (2003) *Solid-state fermentation*. Biochem. Eng. J. 13:81-84.

參考文獻

1. Chen, C. N. and Pan, S. M. (1996) *Assay of superoxide dismutase activity by combining electrophoresis and densitometry*. Bot. Bull. Acad. Sin. 37:107-110.
2. Chung, K. S., Kim, S. S., Kim, H. S., Kim, K. Y., Han, M. W. and Kim, K. H. (1993) *Effect of Kp, an antitumor protein-polysaccharide from mycelial culture of Phellinus linteus on the humoral immune response of tumor-bearing ICR mice to sheep red blood cells*. Arch. Pharm. Res. 16:336-338.
3. Hanssen, V. H-P. and Sch dler, M. (1982) *Pilz als volksmittel in der chinesischen medicine*. Deutsche Apoth. Zeit. 122:1844-1848.
4. Hong, N. D., Yoo, I. D., Yang, K. H., Lee, C. W. and Han, Y. J. (1999) *The inhibitory effect of polysaccharide isolated from Phellinus linteus on tumor growth and metastasis*. Immunopharmacology 41:157-164.
5. Ikekawa, T., Nakanishi, M., Uehara, N., et al. (1968) *Anti-tumor action of some basidiomycetes, especially Phellinus linteus*. Gann. 59:155-157.
6. Imazeki, R. and Hongo, T. (1989) *Colored illustrations of mushrooms of Japan Vol. II*. Japan: Hoikusha Publishing Co. Ltd., p.189.
7. Ito, H. et al. (1976) *Antitumor polysaccharide fraction from the culture filtrate of Fomes fomentarius*. Chem. Pharm. Bull. 24:2575.
8. Kim, H. M., Han, S. B., Oh, G. T., Kim, Y. H., Hong, D. H., Hong, N. D. and Yoo, I. D. (1996) *Stimulation of humoral and cell mediated immunity by polysaccharide mushroom Phellinus linteus*. Int. J. Immunopharmac. 18(5):295-303.
9. Kim, S.H., Lee, H. S., Lee, S., Cho, J., Ze, K., Sung, J. and Kim, Y.C. (2004) *Mycelial culture of Phellinus linteus protects primary cultured rat hepatocytes against hepatotoxins*. J. Ethnopharmacol. 95:367-372.
10. Kitamura, S., Hori, T., Kurita, K., Takeo, K., Hara, C., Itoh, W., Tabata, K., Elgsaeter, A. and Stokke, B. T. (1994) *An antitumor, branched (1→3)-β-D-glucan from a water extract of fruiting bodies of Cryptoporus volvatus*. Carbohydrate Res. 263:111-121.
11. Kuek, C. (1996) *Shake-flask culture of Laccaria laccata, an ectomycorrhizal basidiomycetes*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 45:319-326.
12. Lee, J. H., Cho, S. M., Kim, H. M., Hong, N. D. and Yoo, I. D. (1996) *Immunostimulating activity of polysaccharide from mycelia of Phellinus linteus grown under different culture conditions*. J. Microbiol. Biotechnol. 6(6):52-55.
13. Lee, J. H., Cho, S. M., Song, K. S., Hong, N. D. and Yoo, I. D. (1996) *Characterization of carbohydrate-peptide linkage of acidic heteroglycopeptide with immuno-stimulating activity from mycelium of Phellinus linteus*. Chem. Pharm. Bull. 44:1093-1095.
14. Lee, J. H., Cho, S. M., Song, K. S., Han, S. B., Kim, H. M., Hong, N. D. and Yoo, I. D. (1996) *Immunostimulating activity and characterization of polysaccharides from mycelium of Phellinus linteus*. J. of Microbiology and Biotechnology 6(3):213-218.
15. Naruse, S., Takeda, S., Ito, H., Fujii, K., Terada, Y., Shimura, K., Sugiura, M. and Miyazaki, T. (1974) *Studies on antitumor activity of basidiomycete polysaccharides II. Antitumor effects of polysaccharides prepared from cultured basidiomycetes*. Mie Medical J. 23:207-231.
16. Oh, G. T., Han, S. B., Kim, H. M., Han, M. W. and Yoo, I. D. (1992) *Immunostimulating activity of Phellinus linteus extracts to B-lymphocyte*. Arch. Pharm. Res. 15(4): 397-381.
17. Ohtsuka, S. et al. (1977) *Polysaccharides*. U. S. Patent 4,051,314. From CA 87:199194r.
18. Park, Y. D., Hong, Y. K., Whang, W. K., Hur, J. D. and Park, S. (1989) *Comparison of protein-bound polysaccharide contents obtained from mycelial cultured broth and fruit body of Coriolus versicolor*. Kor. I. Appl. Mycol. 17:223-228.
19. Shibata, S. et al. (1968) *Antitumor studies on some extracts of Basidiomycetes*. Gann. 59:159-161.
20. Song, K. S., Cho, S. M., Lee, J. H., Kim, H. M., Han, S. B., Ko, K. S. and Yoo, I. D. (1995) *B-lymphocyte stimulating polysaccharide from mushroom Phellinus linteus*. Chem. Pharm. Bull. 43:2105-2108.
21. Suzuki, I., Hashimoto, K., Oigawa, S., Sato, K., Osawa, M. and Yadomae, T. (1980) *Antitumor and immunomodulating activities of a β-glucan obtained from liquid-cultured Grifola frondosa*. Charm. Pharm. Bull. 37:410-413.
22. Ying, J. et al. (1987) *Icones of medicinal fungi from China*. Beijing: Science Press.