

天然保健烘焙食物— 添加乳酸菌及其所產葡聚糖之麵包

黃美瑩、朱惠真、曾亮璋、許晉榮

水產試驗所水產養殖組

乳酸菌應用於麵包的製作

乳酸菌為一群能利用碳水化合物進行發酵並產生大量乳酸之細菌的總稱 (Stiles and Holzapfel, 1997)，在食品方面的應用相當廣泛，一般而言，乳酸菌可以增加食品香味及營養價值、產生抗菌素 (bacteriocin) 及乳酸等抑制其他有害菌，進而延長保存期限，是食品加工上最常用的菌種之一 (Fadda et al., 2002)。近年來也證實乳酸菌對人體有相當多的保健功效，包括：抑制病原菌，維持腸道內菌叢之平衡、緩和乳糖不耐症、增加營養價值、降低血清中膽固醇、增強免疫作用、抗癌性、抗氧化性、抗致突變性及降血壓功能等 (Fooks and Gibson, 2002; Leena et al., 2003)。

在國外，乳酸菌常用於麵包的製作，而在國內則比較少見。添加乳酸菌具有增加麵包體積、延緩澱粉老化 (Corsetti et al., 1998) 及增進營養 (Liljeberg et al., 1995) 等效果；另，由於乳酸菌會產生乳酸及醋酸，可以延長麵包貨架期 (Corsetti and Settanni, 2007)，而酸化可以強化穀類及細菌之澱粉酶、蛋白酶及麵粉組成之溶解性，間接地也會影響麵包的風味、組織及延緩老化程度 (Clarke and Arendt, 2005)。

水膠體 (hydrocolloids) 應用於麵包的製作

關華豆膠 (guar gum)、三仙膠 (xanthan) 或藻膠 (alginate) 為典型用於烘培業之水膠體，添加該類水膠體 (0.5%) 有助於提升麵包體積、質地、含水量與貨架期 (Corsetti et al., 1998)。大部分水膠體來自植物或海藻，而且可能經過化學修飾 (Chemical modification)，例如硫酸酯化、酸化及鹼化等，以符合所需水膠體的特性。由於近年來食品添加物的安全議題備受關注，消費者傾向不使用食品添加物的天然食品，因此尋求天然食材以取代人工食品添加物實在刻不容緩。相關文獻顯示，微生物所產生的葡聚糖 (dextran) 或果聚糖 (levan) 也可以作為水膠體，應用於烘培食品，添加果聚糖於麵糰可以增加其延展性與水分吸收能力，增加麵包體積 1—2%，並減少麵包掉屑 (Kaditzky et al., 2008)。葡聚糖應用於烘培食品之研究，茲綜合整理如下。

葡聚糖應用於麵包的製作

美國專利 (US patent 2983613, 1961) 指出，在烘培食品中添加 1.0% 由乳酸菌

Leuconostoc mesenteroides B512 所產生的葡聚糖，可以增加烘焙食品的柔軟度，體積約增加 20%，所使用的葡聚糖分子量為 $2 \times 10^6 - 4 \times 10^6$ Dalton (Da)。而 *L. mesenteroides* 所產的葡聚糖也在 2001 年被歐盟執行委員會 (European Commission) 核可作為烘焙食品之添加物，添加 5.0% 該菌所產葡聚糖可以提升烘焙食品的柔軟度、質地及體積 (Byrne, 2001)。

Zannini et al. (2014) 報導，添加 2.5% 葡聚糖於高筋或製作全穀麵包的麵糰中；或添加 1.0% 葡聚糖於製作低筋麵包的麵糰中，所製成之麵包硬度明顯下降，即使放置 2—5 天，試驗組麵包的硬度仍顯著低於對照組。另，添加 0.5% 葡聚糖於低筋麵糰中，所製成之麵包的體積明顯高於對照組 (3.0 增加為 4.0 ml/g)。綜上可知，添加適量葡聚糖於製作高筋、全穀及低筋麵包的麵糰中，有助於降低硬度、延緩老化、延長貨架期及增加體積。

預發麵糰 (sourdough) 主要是將麵糰以乳酸菌或酵母先行發酵後，再以約 10—40% 的比例添加於麵糰中，可以提升麵糰穩定性，類似老麵的用法。文獻指出，添加 2.0—5.0% 葡聚糖於預發麵糰發酵後，再添加於麵糰中，葡聚糖與麵筋的網狀結構交互作用，可提升麵包的質地與口感、增加麵包的體積 (12%)、柔軟度、保水力 (12%) 及新鮮度等，因此可延緩麵包老化，並延長貨架期，即使放置 4—7 天後，硬度仍較對照組低，且能提高營養價值 (Bhavani and Nisha, 2010; Edema, 2010; Kothari et al., 2014; Lacaze et al., 2007; Meybodi and Mohammadifar, 2015)。

以乳酸菌發酵之葡聚糖應用於麵包的製作

含有乳酸菌或葡聚糖的麵包具有風味佳、延長商品貨架期、改善質地及具保健功能等優點，但價格昂貴，因為要分別加入高單價的乳酸菌及葡聚糖；有研究顯示，改良方式為，在麵糰中添加可產生葡聚糖蔗糖酶 (dextranucrase) 之乳酸菌進行發酵同時產生葡聚糖，以應用於麵包的製作。

目前研究發現，會產生葡聚糖與寡糖的乳酸菌主要為 *Lactobacillus* spp.、*Leuconostoc* spp.、*Streptococcus* spp. 及 *Weissella* spp. 等 (Leemhuis et al., 2013)。此類乳酸菌在特殊醱類條件下，利用本身分泌的葡聚糖蔗糖酶可合成寡糖與葡聚糖。葡聚糖蔗糖酶於葡萄糖與麥芽糖同時存在時，進行接受者反應 (acceptor-reaction)，利用蔗糖水解所產生之能量，將水解後之葡萄糖接到麥芽糖分子上，形成大小不同的異麥芽寡糖。葡聚糖蔗糖酶在只有蔗糖存在條件下，利用聚合反應 (polymerization)，將蔗糖水解所產生葡萄糖逐一加到葡聚糖鏈上的葡萄糖，而形成較大 $\alpha(1-6)$ 鍵結型態的葡聚糖 (Korakli and Vogel, 2006)。

Galle and Arendt (2014) 報導，典型的預發麵糰所使用的乳酸菌包括 *Lactobacillus* spp.、*Leuconostoc* spp.、*Pediococcus* spp. 及 *Weissella* spp. 等。Edema (2010) 指出，*Leuconostoc mesenteroides* 為發酵食品重要的菌種，雖然 *L. mesenteroides* 成長較慢，在自然食品發酵中非主要的菌種，但其代謝產物乙二醯 (diacetyl) 及乙醯甲基甲醇 (acetoin)

有助於發酵食品的組織及風味的提升，尤其是發酵乳製品；此外，*L. mesenteroides* 會產生抗菌素，也會產生乳酸及醋酸等，有助於麵包的口感、質地及貨架期。

Vandamme et al. (2002) 的專利揭露，在預發麵糰中添加乳酸菌 *L. mesenteroides* (LMGP-16878) 及蔗糖，適當發酵後，可以在預發麵糰中產生足量的高分子量 (10^6 Da) 葡聚糖，乳酸菌及其葡聚糖產物有助於增加麵包的體積、新鮮度、口感及柔軟度。

Decock and Cappelle (2005) 報導，義大利傳統甜麵包—panettone 是在耶誕節被大量食用的甜點，因為短時間內消費量大，必須在幾個月前就準備好，但在耶誕節食用時仍能保持新鮮，其秘密就在於預發麵糰的製程。在 panettone 的預發麵糰中添加 *L. mesenteroides*，並分 7 次加入蔗糖，使麵糰中的菌相適合高蔗糖的環境，*L. mesenteroides* 於麵糰中產生大量葡聚糖 (25%，乾重)，有助於所製作之 panettone 保持新鮮及柔軟，該葡聚糖分子量接近 2.0×10^5 Da，化學結構上， $\alpha(1-3)$ 支鏈少於 5%；該相關技術已由比利時烘焙公司 Puratos® 取得專利。該預發麵糰可以用低溫、滅菌或乾燥保存，不會影響葡聚糖的功能。

Palomba et al. (2012) 指出，在預發麵糰中添加 *Leuconostoc lactis*、*Lactobacillus curvatus* 及 10.0% 蔗糖，於 30°C 發酵 15 小時後，該二種乳酸菌可以在預發麵糰中產生 0.23% 葡聚糖，所形成的葡聚糖與麵糰中的蛋白質結合，使麵糰黏度上升，不必再添加水膠體的添加物，此階段麵糰的 pH 為 4.0，菌數為 5×10^8 cfu/g。

Katina et al. (2009) 指出，在預發麵糰中添加乳酸菌 *Weissella confusa* (10^7 cfu/g) 及 10% 蔗糖，於 25°C 發酵 24 小時後，菌數達 10^8 cfu/g，pH 為 4.3–4.9，該乳酸菌可以在預發麵糰發酵中產生 1.1–1.6% 葡聚糖，也有異麥芽寡糖產生，將預發麵糰以 43% 的比例添加於麵糰中，所製成之麵包體積增加 10%，儲存 6 天後，試驗組麵包的柔軟度較對照組增加 25–40%，推測葡聚糖可以延緩澱粉結晶，延遲麵包老化。

Galle et al. (2012) 報導，在預發麵糰中添加 *W. cibaria* (10^7 cfu/g) 及 15% 蔗糖，於 30°C 發酵 24 小時後，pH 為 4.0，該乳酸菌可以在預發麵糰發酵中產生 0.8% 葡聚糖，也有異麥芽寡糖產生，將預發麵糰以 10–20% 的比例添加於麵糰中，所製成之麵包柔軟度較對照組增加，麵包老化延緩，貨架期延長，所產寡糖具有益生菌 (prebiotic) 之功能，營養成分提高。此外，蔗糖水解所產生的葡萄糖及果糖，有助於酵母菌生長，因此麵糰中所產二氧化碳增多。

Galle and Arendt (2014) 報導，麵糰中分別加入 *Weissella* spp.、*Leuconostoc sanfranciscensis* 及蔗糖，發酵後的麵糰分別含有 1.6% 及 0.5% 的葡聚糖體，可用以取代水膠體，提升麵包之品質及貨架期。

除了直接添加具葡聚糖蔗糖酶之乳酸菌及蔗糖於麵糰，在麵糰進行發酵時產生葡聚糖外，也可以直接添加葡聚糖蔗糖酶及蔗糖至麵糰中進行發酵，該酵素也可以作用蔗糖產生葡聚糖，應用於麵包的製作。Kajala et al. (2015) 指出，將 *W. confusa* 的葡聚糖蔗糖酶基因轉殖到 *L. lactis* 表現，將該菌所產生之

葡聚糖蔗糖酶添加在預發麥麩 (wheat bran) 麵糰中，並添加 16.7% 蔗糖，於 30℃ 發酵 6 小時後，麵糰中檢測出 8.1% 的葡聚糖。添加 20% 預發麥麩麵糰於麵糰中發酵及烘焙後，含葡聚糖的麵包比較柔軟，也可以中和麥麩所造成之麵包體積減小的缺點。

本所近年來自水產動物腸道篩選出一株能夠產生葡聚糖的海洋乳酸菌 *L. mesenteroides* B4，在麵糰中加入該菌及蔗糖，經過適當發酵後，*L. mesenteroides* B4 適

量增殖，產生乳酸菌的特殊代謝產物及葡聚糖，可增添麵包的美味，同時降低 pH 值，延緩麵包發霉 (如圖)。葡聚糖產物可以提升麵包之保水力、質地、嗜好性、柔軟度及延緩麵包老化情形；且葡聚糖具有多項身體保健方面的功效。因此麵糰中添加海洋乳酸菌 *L. mesenteroides* B4，於麵糰發酵中自然產生葡聚糖的麵包，為值得開發之天然保健烘焙食物。



對照組 (上) 及麵糰中添加海洋乳酸菌 *L. mesenteroides* B4 於麵糰發酵中自然產生葡聚糖的麵包 (試驗組，下) 切片麵包，置於溫度 28.0℃ 且相對濕度 75% 之基本發酵箱中，第 5 天時麵包上黴菌生長之狀況