



財團法人
食品工業發展研究所
Food Industry Research and Development Institute

生物資源保存及研究簡訊

中華民國 109 年 9 月發行

補助單位：經濟部技術處 / 執行單位：財團法人食品工業發展研究所

本期內容

中心新聞

1

- ◎ 超級食物的再升級－微藻的開發與增值應用

研發成果

2

- ◎ 麵糰中的酵母菌多樣性與本土烘焙酵母菌庫
- ◎ 烘培酵母在冷凍麵糰的應用
- ◎ 烘焙酵母於麵包風味改良的應用
- ◎ 酵母生產製程與產品型式

超級食物的再升級－微藻的開發與增值應用



圖、台灣綠藻工業股份有限公司與財團法人食品工業發展研究所合作逆境適應培養於微藻生產之探討及錠劑配方設計技術

微藻是地球上最古老的生命形式之一，各種營養成分的含量非常均衡且多元，尤其是含有人體必需胺基酸、C.G.F. 綠藻精、藻藍素、蝦紅素、 β -胡蘿蔔素和 γ -次亞麻油酸等多元不飽和脂肪酸，以及人體不可缺少的礦物質如鐵、鋅、鈣、鎂、鉀等元素，故被稱為超級食物。微藻在食品工業中主要作為保健食品以及植物蛋白質的應用，此外，其富含的葉綠素、蝦紅素、藻藍素、 β -胡蘿蔔素亦被視為天然食用色素的來源，廣泛應用於食品、飲料和化妝品產業，可賦予產品鮮豔天然的顏色。近年來由於消費者對微藻的健康益處的認識不斷提高，以及追求健康與潔淨標示，明顯推動全球微藻市場的成長。

台灣綠藻工業股份有限公司與財團法人食品工業發展研究所攜手合作，進行高產量微藻培養平台與增值型錠劑產品之開發。由於現今多採萃取微藻色素再添加至產品中進行功效訴求，且產品營養標示普遍未提及微藻色素含量；透過結合食品所生資中心於生物資源探勘與增值之深厚能量，突破國內現有製程瓶頸，以解決現有微藻產量提昇、微藻色素功能性成分不足以及微藻打錠不易成型等問題，在上游原料端建立高效率微藻養殖製程，中下游階段則以錠狀加工技術進行產品開發，藉此提升微藻相關產品在國際外銷或國內銷售的競爭力，以高品質擴大國內外的市場布局。

（文：生資中心 賴進此資深研究員）

麵糰中的酵母菌多樣性與本土烘焙酵母菌庫

生物資源保存及研究中心 / 研究員
林宛柔

一、前言

自古以來，酵母菌就被應用於麵包、葡萄酒和啤酒等發酵食品和飲料的生產。在人類對微生物毫無所知的時代，就已經開始釀酒，當時食品發酵是純粹仰賴經驗的自然過程。直到 19 世紀末期，Hansen 和 Müller-Thurgau 生產出第一批釀造啤酒和葡萄酒的菌醃，從那時起，自然發酵逐漸被控制發酵替代，利用菌醃來提高發酵的速度、品質和一致性。釀酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 因為具有利用高糖培養基、產生理想風味且無毒素、產生高量酒精且對酒精具有耐受性等多種理想特性，為控制發酵中的主要酵母菌。自然界中存在著許多種酵母菌，其中約有 70 ~ 80 種的酵母菌在實驗室階段已證實具有應用於生物技術與工業的潛在價值 (Kurtzman *et al.*, 2011; Deak 2009)。工業上經常使用的僅有少數高度馴化的 *Saccharomyces* 菌株，例如當前用於商業烘焙的異源四倍體菌株 (Albertin *et al.*, 2009)，可能起源於艾爾啤酒和葡萄酒菌株間的雜交 (Legras *et al.*, 2007)。雖然使用商業烘焙酵母可提高麵團的發酵速度、一致性和質量，但同時也限制了最終產品的感官複雜性，而自然棲地的野生酵母菌潛力卻仍待開發。

二、酵母菌多樣性與產品風味

許多研究探索葡萄酒與啤酒發酵中，非商業酵母對於感官與

生化特性的潛在貢獻。例如，釀酒師利用 non-*Saccharomyces* 生產低酒精飲料，無需使用物理方法去除酒精 (De Francesco *et al.*, 2018)。精釀啤酒市場的增長及其對新型風味的需求也激發釀造啤酒菌株的需求 (Holt *et al.*, 2018)。相對而言，非商業酵母應用於麵團發酵的研究則相對較少。近年來，由於消費者對傳統和手作產品的偏好，麵包職人自養野生酵母，經過揉麵與長時間發酵製作出來的酸麵種 (sourdough)，受到大眾喜愛。網路上亦出現許多社團討論野生酵母種的培養與利用。更有市場調查公司預估，2018 ~ 2022 年間，酸種麵包全球市值將有近 15 億美金的拓展。近期研究也發現，雖然大多野生酵母無法達到理想的發酵速度，但他們產生的香氣化合物與代謝物，有助於提升麵包風味。某些野生酵母菌株則具有令人興奮的麵包發酵特性，例如冷凍耐受性、澱粉酶活性或發酵複雜糖的能力等等，顯示野生酵母極具商業發展的潛能。

三、麵團之微生物菌相組成與來源

酸種麵團或老麵的起始種由複雜多樣的酵母菌和細菌組成，賦予麵包獨特的風味和質地。Huys *et al.*, (2013) 整理了自 1971 年起，有關酸麵種酵母組成的研究報告，發現 *S. cerevisiae*、*Candida humilis*、*Wickerhamomyces anomalus*、*Torulaspora delbrueckii*、

Kazachstania exigua、*Pichia kudriavzevii*、*C. glabrata* 為酸麵種中常見之優勢酵母菌。這類麵團中的微生物群落來自原料、烘焙環境或麵包師。整個麵團發酵製程中，第一個有機會拓殖的微生物為麵粉中的微生物。麵粉中可能含有多種微生物，包括穀物的內生菌、穀物加工和儲存期間出現的菌種。理論上來說，製程中使用的水也含有多種微生物，可能參與麵團的發酵製程，但研究發現，水中的常見微生物並非麵團發酵的主要作用微生物 (Pinto *et al.*, 2014)。常見於麵團中的大多數微生物通常在空氣和灰塵樣品中發現 (Barberan *et al.*, 2015)，受到地理、植被和其他區域性因素的影響，空氣中的微生物可能是貢獻起始種微生物群差異的主要因子。麵團製程中，微生物群落的最終貢獻者為麵包師，他們皮膚上的微生物可能是麵包中酵母和細菌的來源。

四、本所研發成果

解析與獲得老麵與酸種麵團中微生物相是將老師傳手藝與菌種傳承下去的第一步。我們建立了老麵與酸種麵團中的微生物相分離技術，同時以 metagenome 方法發展老麵釀酵母菌相分析技術。酵母菌分離的結果顯示，西式烘焙酸麵團中，分離到 *S. cerevisiae* 17 株、*Candida humilis* 15 株；metagenome 分析顯示，西式烘焙酸麵團中之真菌菌相，含 127 屬、227 種，以 *C. humilis*、*S. cerevisiae* 為優勢，分別佔總菌量之 52.36% 和 22.51%，此結果顯示，metagenome 方法可偵測較多樣且豐富之菌種，但兩種方法偵測所得之優勢酵母菌種類似，僅豐富度略有不同。中式饅頭老麵則以 *S. cerevisiae* 和 *C. guilliermondii* 為優勢。這個酵母菌分離及分析平台，可協助台灣本土烘焙或蒸炊業者，

解析具特色的老麵菌組，開發該公司之獨特菌醃，穩定老麵或酸種麵糰之生產製程，以期能讓傳統師徒傳承模式，走向科學化、標準化、規模化，進而能成為可複製的連鎖加盟體系。此平台不僅限於老麵糰或酸種麵糰之分析，還可用於酒糟或發酵基底物發酵菌組之解析。

除了人為發酵環境外，自然環境中，亦有多種的酵母菌存在。植物、昆蟲體表與土壤中有許多酵母菌。我們採集來自台灣各地之果實、花朵、土壤等樣本，進行酵母菌之分離、純化與鑑定，利用 MALDI TOF 蛋白質分子圖譜的結果，排除非 *Saccharomyces* 菌株，截至 2020 年 6 月底，共獲得 *S. cerevisiae*、*S. kudriavzevii*、*S. paradoxus* 等菌種共 150 株。這些野生酵母菌株，經過篩選與發酵特性分析後，建構兼具特性資料完整及方便使用等特點之本土商用菌醃庫，能提供國內相關企業發展具特色的差異化產品所需，更有助於國內烘焙及精釀酒類產業鏈向上延伸至上游菌醃領域界，提升國內產業競爭力。

參考文獻

1. Albertin W, Marullo P, Aigle M, Bourgaïs A, Bely M, Dillmann C, de Vienne D, Sicard D. 2009. Evidence for autotetraploidy associated with reproductive isolation in *Saccharomyces cerevisiae*: towards a new domesticated species. *Journal of Evolutionary Biology* 22(11): 2157–2170.
2. Legras JL, Merdinoglu D, Cornuet JM, Karst F. 2007. Bread, beer and wine: *Saccharomyces cerevisiae* diversity reflects human history. *Molecular Ecology* 16(10): 2091–2102.
3. Deak T. 2009. Ecology and biodiversity of yeasts with potential value in biotechnology. In *Yeast Biotechnology: Diversity and Application*, T. Satyanarayana, G. Kunze (eds.), Springer Science + Business Media B.V. 2009.
4. De Francesco G, Sannino C, Sileoni V, Marconi O, Filippucci S, Tasselli G, Turchetti B. 2018. *Mrakia gelida* in brewing process: an innovative production of low alcohol beer using a psychrophilic yeast strain. *Food Microbiology* 76: 354–362.
5. Holt S, Mukherjee V, Lievens B, Verstrepen KJ, Thevelein JM. 2018. Bioflavoring by non-conventional yeasts in sequential beer fermentations. *Food Microbiology* 72: 55–66.
6. Huys G, Daniel H.-M, De Vuyst L. 2013. Taxonomy and biodiversity of sourdough yeasts and lactic acid bacteria. In: Gobbetti, M., Gänzle, M. (Eds.), *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer, New York, USA, pp. 105–154.
7. Kurtzman PC, Fell JW, Boekhout T. (Eds.). 2011. *The Yeasts, a Taxonomic Study*. Elsevier.
8. Pinto AJ, Schroeder J, Lunn M, Sloan W, Raskin L. 2014. Spatial-temporal survey and occupancy-abundance modeling to predict bacterial community dynamics in the drinking water microbiome. *mBio* 5:e01135–14.
9. Barberan A, Dunn RR, Reich BJ, Pacifici K, Laber EB, Menninger HL, Morton JM, Henley JB, Leff JW, Miller SL, Fierer N. 2015. The ecology of microscopic life in household dust. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282: 20151139.

烘培酵母在冷凍麵糰的應用

生物資源保存及研究中心 / 副研究員
葉怡真

一、前言

台灣烘培市場每年約有 600~800 億的商機，尤其在麵包品項的產值達 120 億元。由於國人飲食消費習慣的改變與國際趨勢的帶動，消費者對麵包品質、多樣性和新鮮度的要求顯著提昇。冷凍麵糰是麵包業發展之重要趨勢，由中央工廠大量生產經急速冷凍後低溫配送至下游銷售地點，只需經簡單解凍、發酵、烘培即可讓現烤麵包「新鮮、便利」的供應給消費者。冷凍麵糰

的應用已逐漸改變麵包生產的生態鏈。

二、烘培酵母的功能

烘培酵母屬兼性厭氧菌，是一種在有氧及無氧狀態下皆能生長繁殖的微生物，在麵糰發酵初期，酵母菌利用攪拌麵糰時，以伴入的氧行有氧條件下的呼吸作用，利用葡萄糖，分解成為二氧化碳和水，並釋出能量。隨著反應的進行，產生的二氧化碳 (CO₂) 氣體不斷增加，使麵糰體積逐漸增大，當麵糰中

的氧氣被消耗減少後，酵母轉變行無氧發酵作用，產生醛類、酒精、有機酸和二氧化碳。在二氧化碳產生時，可在調製麵糰的麵筋網絡中形成細小氣室，造成麵糰膨脹。當麵糰被烤培時，其小氣室內的二氧化碳受熱產生壓力，且麵糰中的水分也同時受熱產生水蒸氣和蒸氣壓，可將麵糰體積增大。另外，麵糰中的蛋白質（麵筋）受熱凝固，即成為鬆軟似海綿組織的麵包製品 (Van Der Borgh et al., 2005)。因此酵母在麵包製作過程中，除了可行發酵作用產生二氧化碳外，也有助於加強麵糰中麵筋的發展及提升麵包特殊的芳香風味。

常用於烘培業的酵母菌醃類型可分為壓榨酵母（又稱新鮮酵母）、活性乾酵母和即發活性乾酵母（又稱快速酵母）等3種。一般而言，酵母的選擇會依據產品種類的不同而有所不同。研究指出發酵速度以新鮮酵母最快；酵母活力以即發活性乾酵母最大，在冷凍麵糰貨架期方面，由於延遲期較長的關係，活性乾酵母的應用效果優於新鮮酵母。

三、影響冷凍麵糰品質的因子

隨著商業模式的改變，在麵包的製作生產中，在簡化操作流程和品質穩定的前提下，加上人力短缺和技術傳承不易，促使冷凍麵糰技術的開發。冷凍麵糰體能“現烤現賣”可隨時提供消費者新鮮烘培產品，且減少因烘焙食品品質不穩定、貨架期短和老化而造成的經濟損失。

冷凍麵糰在生產技術層面存在著麵糰的持氣性低和酵母的抗凍性弱兩大不利因素。研究發現在冷凍過程中，麵糰內的水會形成冰晶破壞麵糰蛋白質網絡結構，使麵糰結構的牢固性和持氣能力減弱。若凍結速度過慢，蛋

白質在冰晶的擠壓作用下會發生凝聚反應，使解凍後產品無法恢復正常，影響產品的口感、風味等感官品質。當保存過程中溫度不穩定，麵糰內的冰晶會發生再結晶，隨著冰晶體積增大，對麵糰組織的機械損傷力也增大，會破壞麵糰骨架支撐力和降低持氣性，使產品含水量下降，容易出現龜裂現象。同時冰晶生成和再結晶現象也會傷害酵母細胞，導致酵母細胞存活率下降，且顯著降低活性、發酵力與產氣能力，影響產品品質 (Kechinski et al., 2010; Meziani et al., 2012)。而凍藏過程中亦會損傷酵母的呼吸系統，引發 NADH-細胞色素 C 還原酶和琥珀酸-細胞色素 C 還原酶失去活性，最終導致酵母細胞死亡。另外，在麵糰解凍過程中死亡的酵母會釋放出麩胱甘肽 (glutathione) 等還原性物質，這些物質能夠破壞麵筋的二硫鍵，導致麵筋網絡結構弱化、麵糰的保氣性和骨架支撐力降低 (Bhattacharya et al., 2003)，進而使麵糰體積減小，質量變差。因此如何提高冷凍麵糰冷凍之穩定性、持水性及改善酵母的抗凍性對冷凍麵糰的品質至關重要。

四、提昇酵母抗凍性的方法

許多研究指出酵母是影響冷凍麵糰品質的最大主因，為了提升酵母在冷凍麵糰中的抗凍性，研發人員將研究重點主要集中在開發抗凍酵母及對酵母抗凍機制之探索。

(一) 開發抗凍酵母的策略

主要是透過天然篩選、突變篩選、調整培養條件、細胞融合、雜交、基因工程技術等手段進行篩選，簡要介紹如下：

1. 天然篩選

Oda 等 (1986) 以酵母型態、培養條件和生理特性為依據，由

300 多株釀酒酵母中篩選出 11 株適合於冷凍麵糰的菌株，並且發現酵母細胞內海藻糖 (trehalose) 的含量與冷凍麵糰中較高的酵母細胞存活率具有相關性。江等 (2002) 從土壤、穀物、蔬果和空氣等自然界中篩選分離獲得 60 多株酵母菌，透過模擬冷凍麵糰預發酵進行初篩和複篩，最後得到 FTY-28、FTY-31 和 FTY-56 等 3 株抗凍酵母，將此 3 株抗凍酵母在冷凍麵糰中凍藏 7 天後，細胞存活率和相對發酵力均超過 80% 以上。Alves-Araújo 等 (2004) 從傳統的玉米和黑麥麵包麵糰中分離出 *Torulaspora del-brueckii* PYCC5323，在 -20°C 冷凍 120 天後對細胞存活率無影響，然商用酵母 (*S. cerevisiae* PYCC5325) 在冷凍 15 天後僅剩 20% 的存活率。

2. 突變篩選

Teunissen 等 (2002) 將工業酵母 S47 (二倍體) 和 L13 (多倍體) 兩菌株進行 UV (10mJ/m²) 突變，並將突變株加入麵糰中進行 200 次冷凍-解凍循環程序以篩選抗凍菌株。結果顯示以 S47 為母株突變獲得的 AT25 菌株，具有較好的抗凍能力。耿 (2011) 將 *S. cerevisiae* 216 菌株利用 UV (15 w) 處理不同時間 (0、30、60、90、120、150、180 秒) 和利用不同濃度的硫酸二乙酯 (0.5%、1.0% 和 1.5%) 與反應時間 (20、40、60 分鐘) 進行突變篩選，結果顯示分別在紫外光處理 90 秒時和添加 1% 硫酸二乙酯，在 27°C、150 rpm 反應 40 分鐘，能得到的突變株抗凍性最強。

3. 調整培養條件

酵母的培養基質與培養條件亦會影響其抗凍性，Piasecka-Jozwiak (2003) 研究指出在高濃度糖蜜中培養酵母，所獲得的新酵母菌株其體內的海藻糖含量比原來高 7~10%，抗凍性也提高，可適用於冷凍麵糰生產過程的多次

冷凍-解凍循環程序。

4. 雜交

日本研究人員從自然界中分離出 FRI413、FRI802 和 FRI501 等抗凍菌株，其中 FRI501 菌株在解凍後於低糖和高糖麵糰中仍保持發酵力，可用於油脂含量低的麵包類，但不適合無糖麵糰。另外將 FRI413 菌株與無糖麵糰用的 CYM 菌株作雜交，得到 FIYJ 兼具抗凍及發酵無糖麵糰特性染合菌株。

5. 基因工程技術

Shima 等 (1999) 以商業酵母為母株，透過基因缺失方法獲得 3 株二倍體海藻糖酶缺陷型突變株 (*Anth1 ath1*、*Anth1*、*Δath1*)，突變株對胞內海藻糖的降解能力下降，在穩定期後期累積的海藻糖含量，均較母株高 2 倍，使得突變菌株抗凍力明顯優於母株，且發酵力提高。Sasano 等 (2012) 透過基因重組手段，建構一株同時富含海藻糖和脯氨酸的酵母菌株 *PRO1-1150T/Anth1*，且其胞內海藻糖和脯氨酸 (proline) 的含量比 *PRO1-1150T* 酵母菌株和 *Anth1* 酵母菌株的都要高，抗凍力也最強。

(二) 酵母抗凍機制之探索

影響酵母抗凍性的因素很多，如酵母的品種、生長階段、麵糰冷凍前的發酵、麵糰的解凍條件等。另外，細胞內多項因子與酵母抗凍性有很大關聯 (Shi *et al.*, 2014)，包括胞內海藻糖、甘油、某些帶電荷胺基酸、不同脂肪成分的比例、呼吸能力、酒精含量、抗凍蛋白 (Antifreeze proteins, AFPs)、控制質膜的水運送的 aquaporin 基因表達等，其中胞內海藻糖、甘油、脯氨酸和帶電荷胺基酸 (如麩胺酸 glutamate、精胺酸 arginine 及天冬胺酸 aspartate 等) 被證實是影響酵母細胞抗凍性的主要因素。

1. 海藻糖

海藻糖主要由 2 個葡萄糖分子以 α,α -1,1-糖苷鍵所形成的結構，屬於非還原性雙糖，廣泛存在於自然界中包括細菌、酵母菌、真菌、昆蟲、無脊椎動物和植物。海藻糖是麵包酵母典型的應激 (壓力) 代謝產物，也是酵母穩定期胞內所累積的貯藏性糖類，能保護細胞在冷凍、脫水、高滲透壓、高溫、放射線及有毒試劑等不良環境下免遭傷害 (Li *et al.*, 2009)，但具體作用機制尚未完全清楚，主要有兩種假說，1. 水替代假說：在凍結過程中海藻糖與細胞內蛋白質之間形成氫鍵，代替蛋白質與水之間的氫鍵，保持蛋白質的結構，防止變性；2. 玻璃態假說：海藻糖在特定水分下時，經低溫冷凍海藻糖會形成玻璃態結構，分子移動性低，阻止蛋白發生分子重排和結構變形，維持細胞膜的完整性和保護酵母細胞免於冷凍損傷。Shi 等 (2014) 證實冷凍麵團中酵母細胞的發酵能力與細胞存活率密切相關。隨著冷凍酵母細胞中細胞內化合物總含量的增加，細胞存活率呈線性增加。而海藻糖是影響冷凍耐受性的主要化合物，其次是脯氨酸、麩胺酸、精胺酸、天冬胺酸和甘油。

2. 甘油

甘油是酵母細胞中最主要的相容性溶質，有著類似海藻糖之防凍效果，甘油脫氫酶 (GDH) 主要參與甘油的代謝過程。Izawa 等 (2004) 將 GDH 基因敲除，使酵母細胞中 NADP^+ 甘油脫氫酶 (GCY1) 活性降低，可增加胞內甘油的含量，當細胞富含甘油其耐凍性增強，進而增加此突變株在冷凍麵糰的發酵力。

3. 脯氨酸和帶電荷胺基酸

脯氨酸具有分子伴侶 (chaperone) 功能，在穩定生物膜的完整性、維持蛋白質的高級結構、參與蛋白質的折疊性等生

理生化過程中發揮重要作用。Takagi 等 (1997) 分離得到脯氨酸酶缺陷型 (不能利用脯氨酸) 的脯氨酸類似物抗性突變株，在液體基質於 -20°C 冷凍 1 週後，與母株相比，細胞存活率顯著提高 2~10 倍，且發現抗凍菌株累積大量的脯氨酸、麩胺酸和精胺酸，後兩者與脯氨酸的代謝有關。Shima 等 (2003) 以烘培酵母 T118 (雙倍體) 為母株，透過基因缺失方法獲得精胺酸缺失突變株 CA118 (雙倍體)，發現突變株 CA118 能在胞內累積大量精胺酸或麩胺酸鹽，且可大幅提升在冷凍麵糰的發酵能力，這表示 CAR1 基因的缺失能增加烘培酵母的抗凍性。Tsolmonbaatar 等 (2016) 將 *PRO1* 基因突變，使菌株胞內脯氨酸含量增加，進而增加細胞的抗凍作用。

檢索文獻和公開專利可發現，目前適用於冷凍麵糰生產的抗凍酵母菌非常有限。其主要原因有 (1) 抗凍酵母的抗凍能力不強，凍藏時穩定性較差，在冷凍麵糰中的發酵力低；(2) 基因工程酵母菌等方法獲得的抗凍酵母菌株為基改菌株，需考量其工業化生產、食用安全性與大眾接受度。目前國外已實際應用於麵包生產的抗凍酵母均是透過自然篩選策略取得，如 *Torulaspora delbrueckii*、*Saccharomyces cerevisiae* FRI-413 和 FRI-802、*Kluyveromyces thermotolerans* FRI-501 等，而我國食藥署允許使用於食品的酵母菌為麵包酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)、脆壁酵母菌 (*Saccharomyces fragilis*)、高蛋白假絲酵母菌 (*Candida utilis*) 等菌種。

五、本所研發成果

本所生資中心研發團隊由西式烘焙酸麵糰、中式饅頭老麵，以及台灣各地之果實、花

朵等樣本，分離獲得超過 100 株本土麵包酵母菌，以海藻糖、脯氨酸和甘油為指標，期望能篩選出具抗凍潛力的酵母菌。結果共獲得 5 株具甘油、海藻糖或脯氨酸等抗凍代謝產物含量較高的酵母菌株，經冷凍測試後仍有不錯的發酵力，未來將以這些菌株進一步評估在冷凍麵糰產品的應用潛力。

參考文獻

1. 江正強、齊金姍、鄒紅、區顯聰和李里特。2002。耐冷凍酵母菌的篩選。中國農業大學學報。7:87-91。
2. 耿瑞玲。2011。酵母抗凍性研究及其在冷凍麵糰中的應用。河南農業大學碩士論文。
3. Alves-Araújo, C., Almeida, M. J., Sousa, M. J., and Leão, C. 2004. Freeze tolerance of the yeast *Torulaspora delbrueckii*: cellular and biochemical basis. FEMS Microbiol. Lett. 240:7-14.
4. Bhattacharya, M., Langstaff, T. M., and Berzonsky, W. 2003. Effect of frozen storage and freeze-thaw cycles on the frozen doughs. Food Res. Int. 36:365-372.
5. Van Der Borgh, A., Goesart, H., Veraverbeke, W. S. and Delcour, J. A. 2005. Fractionation of wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. J. Cereal Sci. 41:221-237.
6. Izawa, S., Sato, M., Yokoigawa, K., and Inoue, Y. 2004. Intracellular glycerol influences resistance to freeze stress in *Saccharomyces cerevisiae*: analysis of a quadruple mutant in glycerol dehydrogenase genes and glycerol-enriched cells. Appl. Biochem. Biotechnol. 66:108-114.
7. Kechinski, C. P., Castro, M. G., Fleck, R. J., and Norena, C. Z. 2010. Leavening cells viability in frozen French bread dough. Cienc. Rural 40: 1193-1198.
8. Li, L., Ye, Y., Pan, L., Zhu, Y., Zheng, S., and Lin, Y. 2009. The induction of trehalose and glycerol in *Saccharomyces cerevisiae* in response to various stresses. Biochem. Bio-phys. Res. Commun. 387: 778- 783.
9. Meziani, S., Jasniewski, J., Ribotta, P., Arab-Tehrany, E., Muller, J. M., Ghoul, M., and Desobry, S. 2012. Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough. J. Food Eng. 109:538-544.
10. Oda, Y., Uno, K., and Ohta, S. 1986. Selection of yeasts for breadmaking by the frozen-dough method. Appl. Environ. Microbiol. 52:941-943.
11. Piasecka-Jozwiak, K., Badocha, E., Chablowska, B., Steck, K. M., and Grzybowski, R. A. 2003. Cryoresistance of chosen baker's yeasts. Prace Instytutów i Laboratoriów Badawczych Przemysłu Spożywczego. 58:32-49.
12. Sasano, Y., Haitani, Y., Hashida, K., Ohtsu, I., Shima, J., and Takagi, H. 2012. Simultaneous accumulation of proline and trehalose in industrial baker's yeast enhances fermentation ability in frozen dough. J. Biosci. Bioeng. 113:592-595.
13. Shi, X., Miao, Y., Chen, J. Y., Y., Chen, J., Li, W., He, X., and Wang, J. 2014. The relationship of freeze tolerance with intracellular compounds in baker's yeasts. Appl. Bio-chem. Biotechnol. 172:3042-3053.
14. Shima, J., Hino, A., Yamada-Iyo, C., Suzuki, Y., Nakajima, R., Watanabe, H., Mori, K., and Takano, H. 1999. Stress tolerance in doughs of *Saccharomyces cerevisiae* trehalase mutants derived from commercial baker's yeast. Appl. Environ. Microbiol. 65:2841-2846.
15. Shima, J., Sakata-Tsuda, Y., Suzuki, Y., Nakajima, R., Watanabe, H., Kawamoto, S., and Takano, H. 2003. Disruption of the *CAR1* gene encoding arginase enhances freeze tolerance of the commercial baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Appl. Environ. Microbiol. 69:715-718.
16. Takagi, H., Iwamoto, F., and Nakamori, S. 1997. Isolation of freeze-tolerant laboratory strains of *Saccharomyces cerevisiae* from proline-analogue-resistant mutants. Appl. Microbiol. Biotechnol. 47:405-411.
17. Teunissen, A., Dumortier, F., Gorwa, M. F., Bauer, J., Tanghe, A., Loiez, A., Smet, P., Van Dijck, P., and Thevelein, J. M. 2002. Isolation and characterization of a Freeze-tolerant diploid derivative of an industrial baker's yeast strain and its use in frozen doughs. Appl. Environ. Microbiol. 10:4780-4787.
18. Tsolmonbaatar, A., Hashida, K., Sugimoto, Y., Watanabe, D., Furukawa, S., and Takagi, H. 2016. Isolation of baker's yeast mutants with proline accumulation that showed enhanced tolerance to baking-associated stresses. Int. J. Food Microbiol. 238: 233-240.

烘焙酵母於麵包風味改良的應用

生物資源保存及研究中心 / 副研究員
廖巧敏

一、前言

麵包已是現今台灣普羅大眾日常飲食不可或缺的一部份，下午茶、飯後點心、早餐，甚至是正餐均可見其蹤跡。烘焙業者為了滿足國人愛吃香酥軟 Q、賣相好、又低成本的麵包，可能會使用天然或人工合成的食品添加劑，來增加麵包香氣、顏色、柔軟度、彈性、保水性，以及保持其鮮度。然而隨著天然、健康、少添加的消費趨勢的盛行，訴求天然的安心食材、減少人工添加物的使用已成為烘焙蒸炊產業努力的方向。麵包製作的基本材料，不外麵粉、水、糖、鹽及酵母，其中烘焙酵母的種類及其在麵團中發酵產氣的情況，對麵包製作成功與否極為重要，此外麵包品質好壞、口感、香氣以及生產成本等均與酵母息息相關，因此，優良的烘焙酵母，可能取代人工添加物，為麵包增添風味。

二、麵包的香氣來源與風味物質

每當現烤麵包出爐，焦香的氣味是吸引消費者購買麵包產品的主因之一，但大多數香氣成分，存在濃度低、組成與結構複雜、揮發性極高、穩定性差以及與其他組成成分間存在一種動態平衡，所以風味成分的合成、提取、分離、分析以及控制釋放都具有很大難度，因此，在食品香氣的研發仍以主觀的感官品評為主，有機酸、胺基酸、二氧化碳、酵素、甘油、醣類等成分的含量分析為

輔，並尋找最佳之平衡狀況。烘焙酵母產生的代謝物，及高溫烘焙過程中糖與胺基酸或胺基酸產生的梅納反應、糖的焦化反應，是麵包香氣的重要來源。這些不同來源的麵包的香氣成分綜合發揮刺激人體的視覺、味覺、嗅覺和觸覺的效果，再結合人們的心理與嗜好等主觀因素，組合而成對烘焙品的綜合印象。

酵母發酵過程中產生的酵素，如澱粉酶、蛋白酶、葡萄糖氧化酶、木聚糖酶、脂酶等，會進行麵粉的分解與代謝，進而產生複雜的代謝物，包括甘油、胺基酸、有機酸、醣類、醇類、酯類、醛類、酸類、抗氧化物、芳香化合物以及揮發性物質等。這些代謝物質互相組合後，影響麵包膨發、香氣、風味、顏色、柔軟、彈性、保水及保存時間等。發酵過程產生之醋酸能增加麵包的香氣和果香，但是過多也會令麵包味道變得太酸；乳酸和麵粉中的蛋白質和糖分結合能釋出甜味，具備獨特的酸甜口味與風味。蛋白酶作用產生之胺基酸，會增加麵團的甘醇滋味與濃郁感。而自然發酵產生的游離胺基酸能改善麵包風味，尤其是鳥氨酸(ornithine)，可賦予麵包更獨特的風味(王立等, 2016)。澱粉被酵素分解產生之醣類，則可帶出麵包的甜味。

另外，天然酵母發酵過程中，合成的 2- 甲基 -1- 丙醇、2,3- 甲基 -1- 丁醇和其他異醇類等揮發性風味成分，亦是構成為烘焙製品香氣的重要化合物。以葡萄

乾種製作麵包，發現較一般發酵麵包多出甲乙酐、癸醛等多種獨有的風味物質，且酯類物質含量更高，香味更豐富(涂雅俊等, 2013)。Aslankoohi 等 (2016) 的研究指出 2- 苯基乙醇、1- 庚醇、庚醛、苯甲醛、苯乙醛和辛酸乙酯是麵包中的重要香氣化合物；1- 庚醇和庚醛來自脂質的氧化作用；苯甲醛和 2- 戊基呋喃是由於脂質的降解和酵母的發酵而生成；梅納反應中產生的 2- 戊基呋喃也是麵包中重要的香氣化合物。另外，揮發性酯是一類特別重要的化合物，因為這些酵母衍生的分子是發酵產品水果香氣的主要來源；Lilly 等 (2000) 亦指出乙酸 2- 苯基乙基酯是麵團發酵過程中，產生香氣的主要酯類之一。

三、風味改良劑

來自於麵粉、空氣的酵母及其它微生物，再經麵包師傅的巧手，製成傳統麵包製作使用的老麵、酸麵糰(Sourdough)以及魯邦液等，可以增加麵包的風味、改善品質口感。魯邦液是很古老的天然酵母，早期將穀物加水，混拌均勻後，利用穀物表面以及大氣中含有的酵母菌，以穀物中所含的糖粉作為營養來源進行發酵製成麵種，然後用它來製作麵包。老麵或酸麵糰中的菌種，除了酵母菌外，還會混合乳酸菌；乳酸菌生長時會生產出乳酸和醋酸(酸麵糰中酸的來源)、短鏈脂肪酸、以及分解蛋白質產生小分子的胺基酸，讓麵包中的化學分子更為豐富，例如酸與短鏈脂肪酸有可生產出酯質，讓老麵麵包的味道有深度而豐富，是一般常使用的天然風味改良劑。

這些傳統的老麵、酸麵糰以及魯邦液等天然風味改良劑，目前多由烘焙業者自行研發製備，具有獨特風味，也可作為專業師傅個人的風格；或是個人家庭廚

房自行發酵來製作烘焙產品。但是，天然菌種不固定，酵母菌與乳酸菌比例無法控制，發酵時間較長，保存條件也比較嚴苛，甚至一段時間以後，菌種遭到雜菌污染或是菌相產生改變，會讓風味整個劣化，品質控制不易。因此，每一個老麵或酸種都可以說是獨一無二的，並非每一次都能發酵養出一樣的風味，可以說方法簡單卻充滿未知數，無法進行工業生產。因而，以人工的方法挑選較優良的菌種，在控制菌種、菌數、溫度、濕度、無菌的環境下，進行大量、安全、品質穩定的生產，將可建立商業式天然風味改良劑，甚至在產氣、膨發力穩定下直接取代快速商業酵母，使酵母與風味改良劑合一，減少麵包製作時程，減少材料準備，降低成本。

四、其他成分對麵包品質的影響

麵包發酵過程中產生的代謝物，除了風味物質，直接影響風味外，有些成分主要影響麵包的品質與口感，但也間接影響了麵包整體風味，例如二氧化碳、澱粉分解酵素、甘油與海藻糖等。

1. 二氧化碳與澱粉分解酵素

酵母菌分解葡萄糖、麥芽糖而生成酒精及二氧化碳及其他風味成分，產生的二氧化碳將麵糰體積撐大膨脹，在麵糰中留下許多孔洞，可使質地鬆軟，亦是麵包膨發的關鍵。酵母菌對於小麥澱粉等多醣的利用率較差，需經較長時間發酵，但對單醣、雙醣等分子量較小的碳水化合物利用率較佳，發酵時間相對也較快。若於麵包製程中添加澱粉酶將小麥澱粉的醣苷鍵斷裂，產生糊精、麥芽糖、葡萄糖等分子量較小的產物，則會加速酵母菌生長，並縮短發酵時間。

表一 澱粉酶的作用方式

澱粉酶種類	作用方式
澱粉液化酶 (α -amylase)	1. 不規則切斷 α -1、4 醣苷鍵 2. 對 α -1、6 醣苷鍵無作用 3. 產物為低分子糊精、麥芽糖及葡萄糖
澱粉糖化酶 (β -amylase)	1. 切斷 α -1、4 醣苷鍵 2. 以麥芽糖單位切斷 3. 產物麥芽糖及極限糊精
葡萄糖苷酶 (Glucosidase) 葡萄糖澱粉酶 (glucoamylase)	1. 切斷 α -1、4 醣苷鍵及 α -1、6 醣苷鍵 2. 以葡萄糖為單位 3. 產物為葡萄糖

澱粉分解酵素有許多種類，一般食品上常見的有澱粉液化酶 (α -amylase)、澱粉糖化酶 (β -amylase)、葡萄糖苷酶 (Glucosidase) 或葡萄糖澱粉酶 (glucoamylase)，作用方式如下表一，可分解澱粉產生小分子糊精、雙醣、葡萄糖以及麥芽糖等。許多文獻中可發現酵母菌具有可降解澱粉的能力，但目前尚未有商業量產商品；Li 等 (2007) 由海洋酵母 *Aureobasidium pullulans* N13d，可分離純化出 amylase。Wanderley 等 (2004) 從水果中分離出了可降解澱粉的酵母，通過分子和生化分析，將其分類為 *Cryptococcus flavus* 的新變種。Carrasco 等 (2016) 則研究多種酵母菌發現其具有胞外澱粉酶或纖維素酶活性，且培養基成分與溫度會影響酵素活性，在 22℃ 以下，添加葡萄糖於培養基中較添加澱粉所得之細胞外澱粉酶或纖維素酶的活性較高。

目前，常用的麵包添加劑中，多使用澱粉酶、半纖維素酶和蛋白酶來改變和改善麵團特性和麵包品質，但酵素來源複雜，品質不一，製作成本增加；若使用本身具有澱粉分解酵素的烘焙酵母菌，不用額外添加的情況下，即可達到加速酵母菌生長，並縮

短發酵時間等效果，則具有做為工業烘焙酵母的潛力。

2. 甘油

甘油在麵包中具有暖甜味，能增加麵包的厚味感，亦具有乳化、保水、保濕的功能，因此能促使麵包質地鬆軟、延長保存時間等。當面對滲透壓時，例如在半固態麵包麵團發酵過程中，酵母菌產生甘油，通過平衡細胞內滲透壓與環境滲透壓來防止脫水；但是，甘油產量的增加也會導致二氧化碳產量的下降，從而減少麵團的發酵 (Aslankoohi et al., 2015)。因此，為提高麵團發酵效率，麵團中氣體滯留與甘油產生的平衡是其重要的關鍵作用。

3. 海藻糖 (Trehalose)

海藻糖耐熱耐酸性佳、穩定性高，是麵包與糕點製作過程常使用的添加劑，具清甜味，可降低糕點整體甜度，為砂糖的 45%；且可保存原料的油脂與水分，並阻絕濕氣，保持鮮度、留住美味；與水結合性佳，可降低微波時水分喪失過多，增強成品保濕抗凍性；還能抑制蛋白質變性及澱粉老化，延長賞味期。由於不屬於還原性糖，因此與胺基酸和蛋白質共熱時，不會發生梅

納褐變反應，而可防止顏色褐變。海藻糖還可作為一種非滲透性冷凍保護劑，在烘焙酵母菌用冷凍保存時，維持酵母活性，延長保存期限（聶與寧，2001）。

五、本所研發成果

食品所生資中心篩選耐高糖、發酵力佳、具特殊風味或高抗氧化等優良特性的本土特色烘焙酵母菌，並將這些酵母組成菌組以激發出複合且多元的風味，再透過本土特色農產品共同發酵培養，以中種、水果種或改良種的方式，製作成天然無添加、可提升麵包品質的天然風味改良劑。這些源自特殊酵母的天然改良劑，可應用於烘焙產品之風味與質地的改良，供業界發展差異化產品。

參考文獻

1. 王立，虞樞芳，錢海峰，張暉，齊希光。2016。天然酵母麵包研究現狀及發展趨勢。食品與機械。32(9): 201-208。
2. 涂雅俊，黃田苗，趙寶。2013。發酵葡萄乾對麵包烘焙特性及風味的影響。食品工業科技 34(5): 80-84。
3. 聶凌鴻，寧正祥。2001。海藻糖研究現狀及其在食品工業中的應用。食品與發酵工業。28(2): 71-74。
4. Aslankoohi, E., Rezaei, M. N., Vervoort, Y., Courtin, C. M. and Verstrepen, K. 2015. Glycerol production by fermenting yeast cells is essential for optimal bread dough fermentation. PLoS One. 10(3): e0119364.
5. Aslankoohi, E., Herrera-Malaver, B., Rezaei, M. N., Steensels, J., Courtin, C. M. and Verstrepen, K. J. 2016. Non-Conventional Yeast Strains Increase the Aroma Complexity of Bread. PLoS One. 11(10): e0165126.
6. Carrasco, M., Villarreal, P., Barahona, S., Alcaíno, J., Cifuentes, V. and Baeza, M. 2016. Screening and characterization of amylase and cellulase activities in psychrotolerant yeasts. BMC Microbiol. 19: 16-21.
7. Li, H., Chi, Z., Wang, X., Duan, X., Ma, L. and Gao, L. 2007. Purification and characterization of extracellular amylase from the marine yeast *Aureobasidium pullulans* N13d and its raw potato starch digestion. Enzyme and Microbial Technology. 40(5): 1006-1012.
8. Lilly, M., Lambrechts, M. G. and Pretorius, I. S. 2000. Effect of Increased Yeast Alcohol Acetyltransferase Activity on Flavor Profiles of Wine and Distillates. Applied and Environmental Microbiology. 66(2):744-753.
9. Wanderley, K. J., Torres, F. A. G., Moraes, L. M. P. and Ulhoa, C. J. 2004. Biochemical characterization of α -amylase from the yeast *Cryptococcus flavus*. FEMS Microbiology Letters. 231(2):165-169.

酵母生產製程與產品型式

生物資源保存及研究中心 / 副研究員
余立文

一、前言

數千年以來，酵母菌已被人類廣泛應用於食品和飲料的加工，如麵包製作與酒精飲料生產等。19世紀末，巴斯德分離和鑑定酵母菌後，開始酵母工業化生產。應用現代微生物的知識和技術可以分離、純化和工業生產具有特定特性的酵母菌株，以滿足烘焙和酒類發酵產業的需求。近年來，食品級酵母也被用作蛋白質、酶和維生素的來源，在保健食品行業中作為營養品，或被應用於食品添加劑、調節劑和調味劑。

日商環球訊息有限公司的調查資料顯示，全球酵母市場估計在2020年達到68億美元，預計到2027年將達到104億美元的規模，複合年增長率為6.3%。酵

母產業深具成長潛力，在天然健康消費趨勢下，更帶動全球酵母產業的蓬勃發展，因此其研發亦備受關注。

二、食品產業用酵母產品的形態

食品產業用酵母可分為活酵母及死酵母兩大類，其中活酵母主要作為烘焙、釀造及製酒等產業應用的菌醃，而死酵母（或酵母萃取物）則主要用於營養補充劑及調味劑等作為食品加工產品的副原料。目前市售活酵母菌醃的型態有新鮮酵母（fresh yeast）與乾式酵母（dry yeast），Ali等學者（2012）提出新鮮酵母的種類有液體酵母（cream yeast）與壓榨酵母（compressed yeast），乾式酵母的種類有活性乾酵母（active dry yeast）與即發活性乾酵母（instant

表一、各種酵母的貯存及使用特性

項目	液體鮮酵母	壓榨鮮酵母	活性乾酵母	即溶乾酵母
貯存溫度℃	1-4	2-7	室溫	室溫
貯存期限	10-14 天	3-4 週	2-12 月	1 年
水分含量 %	80-82	67-72	6-8	4-6
使用要求	與其它物料一起加入	1、與其它物料一起加入；2、攪拌麵團前先分散在水中	使用前需先用 40-43℃ 溫水活化 10-15 min	1、與其它物料一起加入 2、攪拌麵團後再加入

(張守文, 2002)

dry yeast)，四種型態酵母菌醃的特性如表一所示。

(一) 液體酵母

將酵母菌株大量培養後，再經過清洗、冷卻、濃縮後製成，優點為加工步驟較少，新鮮而酵母品質提高，劑量準確性高，酵母有更好地利用性，具更穩定的放氣性能。缺點為儲存時間短，無法長途運輸。較適用於具有特殊風味與地方特色之烘培或釀酒產品。

(二) 壓榨酵母

此酵母為液體酵母去掉大部分水，使其乾物質含量達到 30%，均質後經壓榨而製成。優點為活性較高，品質穩定，發酵力大，發酵速度快，發酵耐力強，使麵包的膨脹性夠、風味好且香味濃。缺點為貯存條件嚴苛，必須在低溫下保持其活性，在運輸或貯藏的過程易導致活性迅速降低，貯存時間短，有效貯存期僅有 3-4 週。

(三) 活性乾酵母

活性乾酵母是將新鮮酵母大量除去水，壓榨成短細條狀或細小顆粒狀，經低溫乾燥製成乾酵

母，乾物質達到 92%-94%。優點為運輸比新鮮酵母更方便，長途運輸不需要冷藏車，保存容易，其常溫環境下即可保存 1-2 年。缺點為使用前必須先以溫水活化酵母，待其活性恢復後才可以應用於麵包發酵中，另外其生產成本較高，發酵速度較慢，發酵時間長。

(四) 即發活性乾酵母

即發活性乾酵母是採用流化床乾燥系統快速乾燥而成，且以真空密封充氮包裝，故品質穩定。優點為運送方便不需低溫貯存，且使用時無須溫水活化，可直接摻入麵糰中進行發酵，減少活性恢復時間促使發酵速度提升。缺點為產品價格較高，而製作的麵包風味多為平淡，香味濃度不如新鮮酵母。發酵耐力差，時常於二次發酵時顯得發酵力不足。

三、商業化酵母產品生產製程

商業化生產酵母乃透過噸級以上之發酵槽進行大量培養，酵母菌種菌先透過擴大培養方式逐漸放大，發酵液經由酵母分離機離心去除發酵液，取得

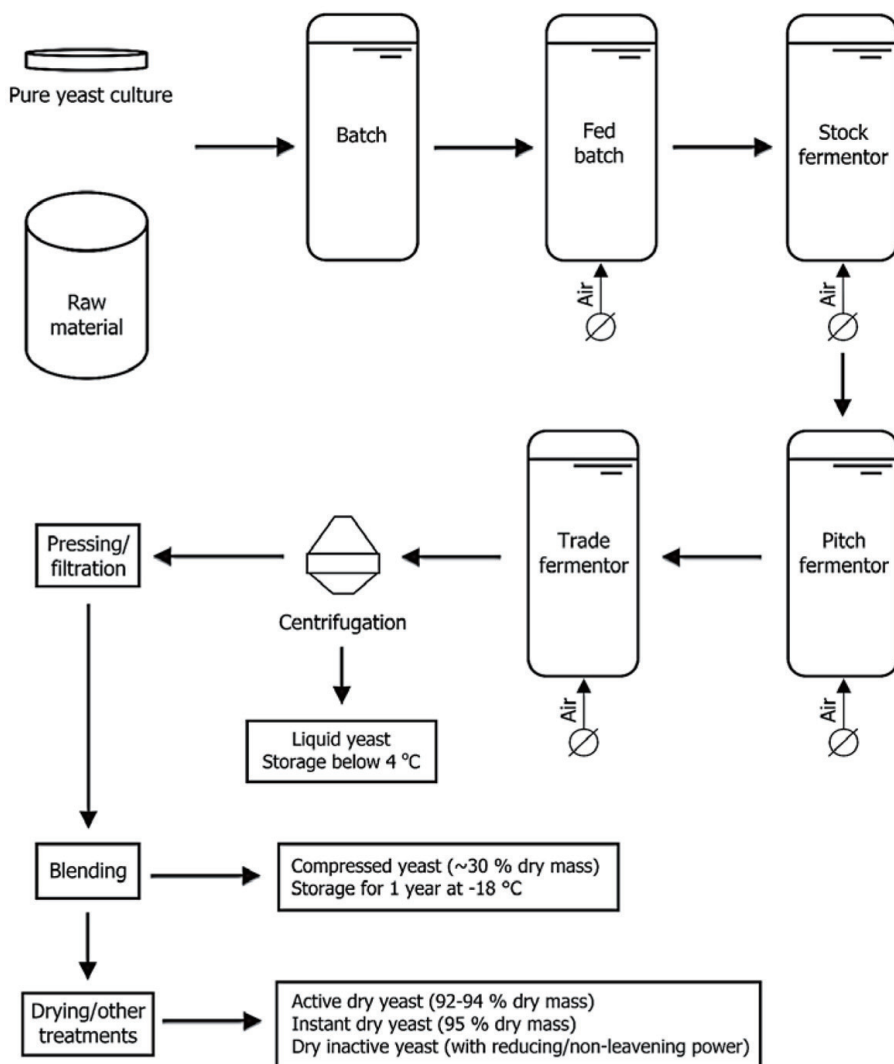
濃縮酵母 (cream yeast)。後續處理依產品類型而異 (圖一)，壓榨酵母會透過板框過濾機 (plate and frame filter press) 或轉輪過濾機 (rotary vacuum filters) 將多餘水分去除後，添加乳化劑並均勻混合以利擠出塑型、切割及包裝；活性乾酵母及即發乾酵母則透過流動床乾燥或是噴霧乾燥等製成。

(一) 酵母菌發酵培養基質

酵母菌發酵培養常用碳源有蔗糖和糖蜜等，氮源有氨、鉍鹽、尿素及谷氨酸等，磷源是正磷酸鹽或磷酸，還需補充礦物質如鎂等，和維生素如生物素和硫胺素等。糖蜜含有可發酵性糖類 (蔗糖、葡萄糖、果糖)、必需礦物質 (鉀、磷、鎂、鋅等)、胺基態氮 (多種胺基酸) 以及維生素 (主要為維生素 B 群) 等營養素，Shima 等學者 (2005) 曾報導利用糖蜜培養之酵母在麵團中發酵活性較佳，且較能抵抗滲透壓對其活性之影響，所以糖蜜因其成本低廉常被應用於生產酵母菌菌。

(二) 發酵槽培養條件

酵母菌發酵槽培養適合溫度在 25% ~ 30% 間，Eroshin 等



圖一、酵母菌醃的商業化生產製程 (Bekatorou, 2006)

(1976) 曾報導通過在 28°C 至 30°C 之間的恆定發酵溫度來優化產量，而在 28.5°C 時獲得了最大產量。在 pH 方面，培養基起始 pH 在 6.5 ~ 7 較適宜，調控發酵過程的 pH 維持於 >5，Casey 等 (2010) 曾報導在酵母菌發酵過程中乙酸的出現會明顯抑制菌體的生長，通過提高培養基 pH 可以降低乙酸的抑制作用，顯示能提高菌體量。

在攪拌速率與通氣量方面，酵母生長在好氧的環境下，才能進入檸檬酸循環 (TCA cycle) 大量繁殖菌體，Inparuban 等 (2009) 指出提高通氣量增加溶氧量能明顯增加酵母的菌體量。Galation

等 (2010) 曾報導在酵母菌好氣發酵過程中，氣泡表面被細胞阻塞而導致氧氣質傳係數 (KLa) 降低，藉由增加攪拌速率與通氣量提高氧氣質傳係數，有助於提高酵母菌體量的產生。所以商業化發酵生產酵母菌時，發酵槽儘量控制於較高之攪拌速率與通氣量，以維持高溶氧量可提高菌體量。

(三) 酵母發酵菌體之回收與乾燥

1. 新鮮酵母

酵母菌發酵液經連續離心機去除水分濃縮成泥狀，約 20% 固體菌體之液體酵母 (cream yeast)，

進一步可以使用板框式壓濾機進行過濾，或使用旋轉的連續真空過濾器，所得的酵母壓餅以半塑料塊的形式擠出並包裝在蠟紙中，被稱為壓榨酵母 (compressed yeast)。近年來，濕式酵母可以提供烘培麵包或酒類有更好的味道與品質，廣受消費者喜愛，也導致新鮮酵母的市場逐漸放大，因其保存期限短受到限制。Degré (2019) 提出液體酵母添加膠體如阿拉伯膠等，多羥基化合物如甘油、丙二醇、單糖 (木糖)、糖醇 (甘露醇和山梨糖醇) 等，能有效提高低溫保存期限，如此可以擴大其應用性。

2. 乾式酵母

酵母菌在乾燥時需注意溫度，避免酵母中酵素蛋白遭受分解破壞，一般酵素蛋白在 38 ~ 50°C 即凝固破壞，所以必須在低溫下乾燥。酵母乾燥時間長短也是關鍵，乾燥時間過長易引起酵母之蛋白質分解酵素自行分解酵母體內之蛋白質，可能造成細胞破壞。常利用之酵母乾燥方法有流化床乾燥、噴霧乾燥、冷凍乾燥及鼓風乾燥。流化床乾燥與噴霧乾燥因為高溫易降低細胞存活力，張建峰等學者 (2011) 利用海藻糖、span-60、tween80 的保護劑組合，有效提高乾燥後之存活力。冷凍乾燥過程中冰晶的形成會引起機械損傷導致細胞死亡，需要添加一些保護劑，例如雙糖、單糖、多元醇、脫脂牛奶和其他有機分子，N，Guessan 等 (2015) 測試以蔗糖、葡萄糖、甘油為保護劑進行凍乾，結果添加蔗糖的存活力較佳。冷凍乾燥之成本較高，近年一些研究以鼓風乾燥來降低成本，Lee 等學者 (2016) 使用鼓風乾燥代替傳統的乾燥方法，於 37°C 風乾過程中添加 10% 脫脂奶粉及海藻糖當保護劑，可明顯增加存活率達 97.54%。

四、本所相關研究成果

國內烘焙產業蓬勃發展，年產值已超過 600 億台幣，然而我國烘焙產業之關鍵原料「酵母」仍以進口為主，進口量約 9000 公噸 / 年 (產值約 5.3 億台幣)，顯示其關鍵原料仍掌握於國外大廠的手中，有下列待解決的問題：(1) 酵母原料仰賴進口，有菌醃供應、原料安定及安全等潛在風險；(2) 需要有多元且具特色的優質酵母菌，以提升風味價值，發展差異化產品，提升國際競爭力。因此穩定提供優良的酵母菌醃，發展具特色風味的酵母產品，是本土酵母產業未來重要的發展方向。

本所研發酵母菌體之連續發酵生產製程技術，並且針對產生不同風味產品的菌株，進行發酵生產研製菌醃，建立烘培酵母菌體之發酵調控及連續發酵生產製程，可以大量縮短生產時程，及提高酵母菌體量，在新鮮酵母菌醃方面，調配適當的菌體保護劑後，能有效延長低溫保存時間。在乾式酵母菌醃方面，建立最適化保護劑配方組合，開發乾燥及粉體化技術，提供具有特色風味之優質本土酵母菌醃，以帶動國內酵母及周邊產業的成長。

參考文獻

1. 張守文。2002。麵包酵母的功能特性與科學使用方法。食品科技。4: 31-34。
2. Ali, A., Shehzad, A., Khan, M.R., Shabbir, M.A., Amjid, M.R., 2012. Yeast, its types and role in fermentation during bread making process. Pak. J. Food Sci., 22: 171-179.
3. Galaction, A.I., Casvacal, D., Camarut, S. 2010. Analysis of distribution of oxygen transfer rate in stirred bioreactors for yeasts broths. Rom. Biotechnol. Lett. 15:5423-5435.
4. Degre, R., Karus K., Zhang, Z. 2019. Composition for ethanol production, fermentation and leavening processes, comprises yeast, gums and polyhydroxy compounds. ZA200711088A.
5. Lee, S.B., Choi, W.S., Jo, H.J., Yeo, S.H. and Park, H.D. 2016. Optimization of air-blast drying process for *manufacturing Saccharomyces cerevisiae* and non-*Saccharomyces* yeast as industrial wine starters. AMB Express 6:1-10.
6. Peppler, H. J. and Perlman, D. 1979. Production of yeasts and yeast products. Microbial Technology: Microbial Processes. 1: 157-185.
7. Inparuban, K., Vasantharuba, S., Balakumar, S. and V. Arasaratnam, V. 2009. Optimization of culture conditions for baker's yeast cell mass production - a preliminary study. JSc- EUSL 6: 34-45.
8. Eroshin, V. K., Utkin, I. S., Ladynichev, S. V., Samoylov, V. V., Kuvshinnikov, V.D., Skryabin, G. K. 1976. Influence of pH and temperature on the substrate yield coefficient of yeast growth in a chemostat. Biotechnol. and Bioengineer. 18: 289-448.
9. N. Guessan, F. K., Coulibaly, H. W. 2015. Production of freeze-dried yeast culture for the brewing of traditional sorghum beer, tchapalo. Food Sci. Nutr. 4:34-41.
10. Shima, J., Kuwazaki, S., Tanaka, F., Watanabe, H., Yamamoto, H., Nakajima, R., Tokashiki, T., Tamura, H. 2005. Identification of genes whose expressions are enhanced or reduced in baker's yeast during fed-batch culture process using molasses medium by DNA microarray analysis. Int. J. Food Microbiol. 102: 63 – 71
11. Yeast-global market trajectory & analytics . 2020. <https://www.strategyr.com/market-report-yeast-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp/>

生物資源保存及研究簡訊 第123期

發行者：財團法人 食品工業發展研究所

發行人：廖啓成所長

主 編：陳倩琪

編 輯：王俐婷、許璦文、黃學聰、梁克明

本著作權依補助契約歸屬財團法人 食品工業發展研究所

地 址：新竹市食品路 331 號

電 話：(03)5223191-6

傳 真：(03)5224171-2

承 印：國大打字行

電 話：(03)5264220

ISSN：1021-7932

GPN：2009001214

中華郵政新竹誌字第0030號

交寄登記證登記為雜誌交寄

