

嘉南藥理大學111年度 研究計畫成果報告

計畫名稱：天然發酵產品研發

☒重點(整合型)研究計畫

☐與業界廠商合作之研究計畫

執行期間：111年05月04日至12月31日

總計畫主持人：

本(子)計畫主持人：

餐旅管理系曾鑫順助理教授

中華民國113年1月30日

子計畫3：酸老麵菌相與發酵麵製品特性影響

(一)摘要

酸老麵種 (sourdough starter) 作為發酵麵類產品的傳統製程，在需要更多手工操作與彈性調整的需求下，尚難以進入商業化的量產模式，因此讓該類帶有技藝 (artisan) 性質的相關製程，得以產出風味豐富、多元且極具差異化的在地特色發酵麵製品。酸老麵種微生物生態系統 (ecosystem) 涵蓋了酵母菌、乳酸菌與醋酸菌，前者提供最主要的澎發作用，後兩者產生的有機酸與乳酸菌分泌的細菌素 (bacteriocin)，使得產品更具風味和保存性，乳酸菌同時能分解麵粉中的植酸 (phytic acid)，有助於改善脹氣、消化不良及礦物質吸收利用率，該類產品也能讓人體血糖與胰島素波動降緩，上述的健康效益更吸引注重飲食健康群眾的目光。由於酸老麵生態潛在的共生、拮抗作用，導致酸老麵種的起始、培養、繼代延續和保存等的過程會有較多的變數，因此需要長時間的觀察並且適時地回應調整，也因為菌種多來自於本地環境，經過適度的篩選、融合與成熟後，可創建出在地風土味的發酵麵製品。以台中在地種植與生產之全麥麵粉作為原料，成功培養出穩定的酸老麵種，該麵種具備典型的酸老麵發酵特性，膨脹力達2倍體積以上，帶有濃烈酵母菌及產酸菌的發酵風味，經3個月的續種培養，該酸老麵種已趨於穩定，並具有開發健康訴求之發酵麵類製品應用潛力。

(二)研究動機與研究問題

隨著中西方飲食文化的交流與融合，小麥麵粉所能提供的多樣化製品，已成為國人飲食裡不可或缺的食物品項，為滿足現代化快速、工業化量產的目標需求前提下，唯一採用商業化生產的麵包酵母菌 (*Saccharomyces cerevisiae*) 作為發酵菌種，也是因應科學發展下的必然趨勢。隨時代精進下的餐飲產業 (culinary industry)，也開始講求更有利於健康的產品，以及環保、永續發展的生產、製作流程，因此消費者也開始認知到獨具一格的手作技藝製品有其助益與重要性，並且注意到起初製作發酵麵類產品的酸老麵種，其中多元的微生物系統，貢獻出豐富的風味與食感，同時改善了營養效益與產品保存性；可是製程相對複雜，也需要更具彈性的操作，使得酸老麵種到目前為止還是無法套用在大量化的生產線上。因此，一旦可以瞭解並掌控酸老麵種的產品開發及製程的穩定性，這會是發酵麵類製品市場裡一個曙光漸露的利基產品類別。由於酸老麵種的多變、難以完全掌控，受限於手工製作及其成本和售價，該類產品因

此在當今的市場上依然少見，說明了酸老麵種可作為區域化、在地特色發酵麵製品的發展主軸。

(三)文獻回顧與探討

1.酸老麵起源與演變

麵包製作，這門古老技藝的起源可往前推衍至新石器時代的亞洲，距今約1萬4千4百年(Calvert et al., 2021)，雖然原始的產品比較屬於發酵未完成的薄餅似麵包，然而利用附著於穀物上微生物的基本製作原理，依然延續至今，隨著人們更認識、掌握微生物的發酵作用，進而能製作出滿足期待的各式各樣產品。酸老麵(sourdough，法文 levain，音譯為「魯邦」)發酵麵製品，亦是現今坊間所宣稱的「天然酵母」發酵麵製品，有別於普遍採用的商業生產麵包酵母菌，作為主要且唯一的發酵作用貢獻者，酸老麵製品發酵所需的微生物類似於麵包起源的作法，來自於環境、空氣及/或原料等，經適當的篩選與培養，成為了製作發酵麵製品，如麵包、饅頭、餅乾等的有效起始菌種，這也是延續著自古以來的傳統作法，雖然商業酵母菌也是從自然界分離得到，基於快速發酵的需求，篩選出的單一菌種，僅能發揮出純粹的澎發功效，因此不得不捨棄了酸老麵發酵產品的多元特性。

由於能在麵團或麵糊中生長、繁殖的（自然）環境微生物頗多，在不危及食品安全與人體健康的前提下，都會有機會保留在酸老麵種裡，其中包括了最重要的發酵作用主角，酵母菌，以及能生產酸味的乳酸菌、醋酸菌等，形成了酸老麵種既多元且平衡的生態系統。酸老麵種微生物成為麵團中的優勢菌，雖然能壓制其他的有害微生物，共生作用之外，卻也同時相互影響，如競爭營養源、產物抑制等拮抗作用(antagonism)，使得發酵作用主角的麵包酵母菌，容易受到不同程度的干擾，往往需要較多時間來促成符合期待的發酵作用，加上作為起始麵團發酵的麵種，也需要不間斷地培養、延續，因此也有「老麵」一詞的稱呼。

2.酸老麵種類

基於菌種組成，酸老麵種可分為四類型(Calvert et al., 2021)，第1型來自於自發性的演替作用，混合水和麵粉後，讓環境中可分解、發酵麵粉醣類（及營養素）的酵母菌與細菌定殖和發展，乳酸菌與醋酸菌生產的有機酸使得麵種穩定地變酸，麵種的「成熟」主要由澎發力（如氣室多寡、體積/高度）、氣味、



風味、外觀、品評特性等宏觀視野來評估，也因此目前還是少有科學資料來協助定義，所以尚無法應用於大規模的生產，反而經常用來製作手工麵包。成熟麵種通常保存於室溫（20~30°C），藉由每5~15天更新部份水及麵粉來延續酸麵種菌叢，亦即捨棄部份麵種並加入新麵粉和水，當不使用或較長使用間隔時間裡，則可低溫保存。第2型包括水麵粉混合物中接種特定細菌（通常是乳酸菌）及/或酵母菌（即麵包酵母菌），環境中自然微生物即使能存活，也僅是少量。為幫助接種微生物的快速生長、建立優勢，通常會提高發酵溫度，而有利於細菌產酸，造成較低的麵團 pH。相對於第1型酸老麵種複雜且無法全盤掌控的微生物生態系統，第2型酸老麵種的一致性，不僅可用於大量生產，更可以利用接種的微生物來控制產品特性，如澎發體積、風味、口感等。第3、4型比較像是第1和2型的食品工業與商業量產化延伸版本，第3型為第2型的乾燥版本，因此有利於保存及運輸。第4型酸麵種則是第2型酸麵種採用傳統（第1型）方法來維持與延續，另有在第1或2型額外添加水果或蜂蜜等附加物，也可稱為第4型；因此，該型酸麵種生態系統中的接種菌會被迫面臨與其中的在地環境微生物競爭，進而發生的生態漂移與分散所影響。總的來說，由於對於第3、4型酸麵種的微生物生態、官能品評品質與發酵潛力依然所知有限，更遑論在手工麵包層面上的應用(Lattanzi et al., 2014)。

雖然多元的微生物菌相，加上較長的發酵時間，使得酸老麵發酵麵製品具有更豐富的風味與食感，以及更長的保存期(Hutkins, 2019)，卻也相對犧牲生產效率與一致性；為增進發酵麵製品製作流程及產品品質的穩定性，進而發展出現代化的麵包酵母菌單一菌種的商業生產模式，此後，易保存、使用方便且發酵效率更高的商業酵母菌，讓人們無需再辛苦地維持酸老麵種的菌種活性，同時也排除了複雜的微生物消長時所帶來的不確定性，更可以確保終產品的穩定品質。

3. 酸老麵的健康效益

相較於現今商業化生產的單一菌種發酵麵製品，採用酸老麵種發酵法除了最簡單的配方材料外，共存的乳酸菌也可能帶來以下效益。首先是減少脹氣，主要分佈於小麥麩皮的植酸會抑制部份消化道蛋白酶與澱粉酶活性，導致消化困難，而乳酸菌所分泌的植酸酶（phytase），配合上較長的發酵時間，則可以改善此一問題(Leenhardt et al., 2005)；同樣地，植酸也會螯合鈣、鎂、鋅、鐵等礦物質，妨礙營養成份的吸收效率(López-González et al., 2008)，該問題同時獲得

改善；接著是調節血糖反應，推測為酸老麵發酵法改變製品構造，減緩了澱粉的分解與吸收，進而降低人體血糖及胰島素的波動(Lappi et al., 2010)；最後則是修飾了麩質（gluten，即麵筋）中的兩種蛋白質，醇溶蛋白（gliadin）與麥穀蛋白（glutenin），使得乳糜瀉（celiac sprue，也稱麩質敏感性腸炎）患者有機會接受酸老麵種發酵製得的小麥類食品(Di Cagno et al., 2004)。

4.酸老麵的未來發展

隨著現代化飲食型態的兩極化，有追求效率、成本和大眾化的食品工業生產型態，也有更講求食材特性表現，甚至能連結環保、環境永續與健康的飲食體驗，這也使得近似於反璞歸真的酸老麵種生產技藝愈來愈受重視。由於眾多的變因（麵粉種類、含水量、培養與發酵溫度、時間控制、餵養操作、環境等），讓目前的酸老麵種產品製作有別於商業化的大量生產，大多處於在地化、小規模的生產型態(Calvert et al., 2021)。酸老麵種生態系統中高度特化微生物的複雜菌相，決定麵團的功能特性及其緊接的發酵產品最終的結構和品質，藉由原料、環境、操作型態及操作者的不同，製造出更具差異化以及與區域連結的在地特色發酵產品，並利用該基礎結合本地農特產原料，開發出內、外在兼具的本地特色食品。

(四)材料與步驟

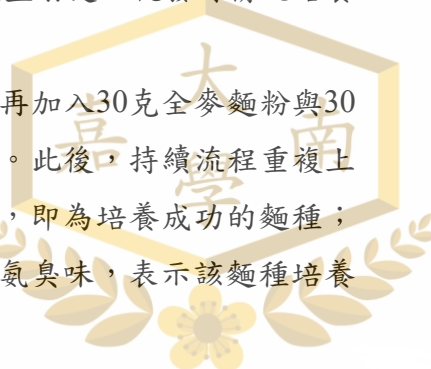
1.材料

全麥麵粉（十八麥-石磨式全麥麵粉，品種為台中選2號，台中市大甲區）、高、中筋麵粉（嘉禾牌、桃園市楊梅區）、水（悅氏、宜蘭縣頭城鎮）、快發乾酵母（LESAFFRE、法國）、50毫升塑膠離心管。

2.酸老麵種培養

乾淨玻璃瓶（500毫升）裝入30克全麥麵粉與30克水，均勻混合至無粉粒後，旋上蓋子不鎖緊，靜置於室內（室溫26~34°C）無日光直射處，視發酵情況培養12~24小時後續種。

續種操作為留下30克麵種，其餘丟棄，相同容器再加入30克全麥麵粉與30克水，攪拌均勻後，靜置於同樣位置再次培養24小時。此後，持續流程重複上述步驟，直至一週後，可觀察到麵種穩定的發酵樣態，即為培養成功的麵種；如未有適當的酵母菌發酵風味、膨脹不佳，甚至散發氨臭味，表示該麵種培養



失敗，需丟棄並且重新培養。

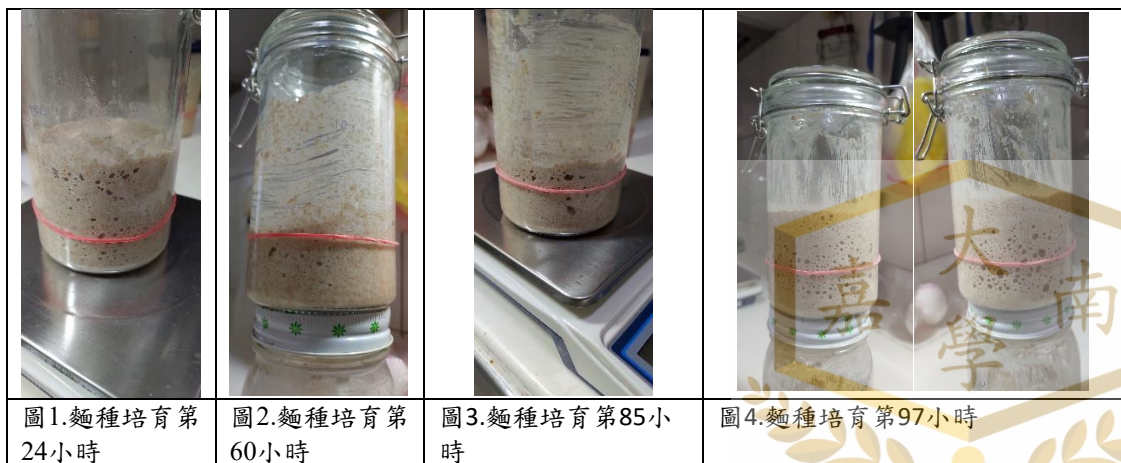
3.發酵試驗

取培養60天麵種5克，加入5克全麥麵粉與5克水，攪拌均勻後，緊密塞入50毫升塑膠離心管底部並且抹平表面，隨後垂直靜置於室溫中發酵3小時，期間紀錄麵團發酵體積變化。對照組採用市售酵母菌，麵團總量2%之乾酵母，先溶解於7.5毫升水，再與7.5克全麥麵粉攪拌混合成團，隨後將麵團如上述步驟置入離心管中。

(五)結果與討論

1.酸老麵種培養

天然麵種的取得與培養非常仰賴原料的初始度，本實驗一開始採用以國內麵粉廠所進口的小麥粒磨製而成，且無經漂白處理與無添加物之高筋麵粉，作為天然發酵菌種的培養來源，經過3回的培養試驗失敗後，轉而尋找種植於台灣，並以最單純流程磨製成的全麥麵粉作為起始原料；雖然第1回的培養試驗未能成功，原因無法推測，但是在相同的器具及操作流程，第2回的試驗即培育出符合預期特性的酸老麵種。麵種培育的24~36小時，已可觀察到麵團約有1~1.5倍高度的體積膨脹，仍維持著全麥麵粉之氣味（圖1）；第60小時，麵團未膨脹、僅帶有細小氣泡，麵粉味略帶油耗（圖2）；第85小時，麵種約有10%膨脹高度，且夾雜著少量的大氣泡，散發出些許麵包酵母發酵似的酒精氣味（圖3）；第97小時，發酵膨脹高度又來到約1.5倍，具有明顯蜂窩狀組織和酵母菌酒精發酵氣味（圖4）；第10天（約241小時），麵種的澎發、組織持續著與前次續種時觀察到的類似結果，氣味除了濃厚的酵母菌發酵氣息，同時帶有明顯酸氣。



天然來源酸麵種至此已大致成型，接著將該酸麵種延續培養，使其更能符合「酸老麵種」的樣態。

2.發酵效力

相較於市售商業酵母菌，酸老麵種發酵速度較為緩慢，在於市售酵母菌即已依發酵效率為目標來篩選與改良酵母菌，因此，本試驗所培養得到之野生型酵母菌，無法在發酵效率與之抗衡。另一方面，單一菌種的市售酵母菌也可以在不受其他微生物干擾，發展出最佳的發酵效率，這也多菌相的酸老麵種無法比擬的環境，多元菌種的相互競合，以及產酸菌種造成的麵種環境酸化，皆不利於酵母菌的生長和發酵。發酵試驗中，明顯觀察到市售酵母菌無與倫比的發酵速度與產氣膨脹效力，在30分鐘時，該酵母菌的麵團體積膨脹已有約1倍，本試驗獲得之酸老麵種卻未有明顯的膨脹，僅產生出些許的小氣泡。當發酵時間來到60分鐘，市售酵母菌體積膨脹來到最高的42毫升（1.4倍），酸老麵種還是只有少量的膨脹。隨著時間延長至2小時，市售酵母菌膨脹的麵團已收縮、回落，酸老麵種有明顯膨脹，體積增加0.6~0.7倍（圖5），3小時後，達到發酵膨脹的高峰，增加1.3~1.5倍（圖6）。

	
圖5.發酵試驗2小時（左：酸老麵種起始重量與體積分別為15克與12.5毫升；中：酸老麵種起始重量與體積為14.6克與13毫升；市售乾酵母菌：起始重量與體積為15.4克與17.5毫升）	圖6.發酵試驗3小時（說明同圖5）

這說明本試驗酸老麵種發酵速度雖然緩慢，經過延長時間的發酵，還是可以發揮出近似市售酵母菌的麵團膨脹效果。



(六)參考文獻

- Leenhardt F, Levrat-Verny MA, Chanliaud E, Rémésy C. Moderate decrease of pH by sourdough fermentation is sufficient to reduce phytate content of whole wheat flour through endogenous phytase activity. *J Agric Food Chem.* 2005;53(1):98-102. doi:10.1021/jf049193q
- López-González AA, Grases F, Roca P, Mari B, Vicente-Herrero MT, Costa-Bauzá A. Phytate (myo-inositol hexaphosphate) and risk factors for osteoporosis. *J Med Food.* 2008;11(4):747-752. doi:10.1089/jmf.2008.0087
- Lappi J, Selinheimo E, Schwab U, Katina K, Lehtinen P, Mykkänen H, Kolehmainen M, Poutanen K, Sourdough fermentation of wholemeal wheat bread increases solubility of arabinoxylan and protein and decreases postprandial glucose and insulin responses, *Journal of Cereal Science*, 2010, 51(1), 152-158.
- Di Cagno R, De Angelis M, Auricchio S, et al. Sourdough bread made from wheat and nontoxic flours and started with selected lactobacilli is tolerated in celiac sprue patients. *Appl Environ Microbiol.* 2004;70(2):1088-1096. doi:10.1128/AEM.70.2.1088-1096.2004
- Calvert MD, Madden AA, Nichols LM, et al. A review of sourdough starters: ecology, practices, and sensory quality with applications for baking and recommendations for future research. *Peer J.* 2021;9:e11389. Published 2021 May 10. doi:10.7717/peerj.11389
- AACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 10–05.01, Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement. First approval October 17, 2001. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E. 1989, Basic sensory methods for food evaluation. Ottawa: The International Development Research Centre. P. 59-68.
- Hutkins RW. 2019. *Microbiology and technology of fermented foods*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Lattanzi A, Minervini F, Gobetti M. 2014. Assessment of comparative methods for storing type-I wheat sourdough. *LWT—Food Science and Technology* 59:948–955.

