

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 農業及生物科技科

佳作

091408

乳果成真—當乳酸菌和果聚醣遇上麵包

學校名稱：國立蘇澳高級海事水產職業學校

作者： 職二 陳嘉琪 職二 林心怡	指導老師： 黃俊強 林秋玲
-------------------------	---------------------

關鍵詞：乳酸菌、果聚醣

摘要

本研究主要探討乳酸菌及果聚糖的添加對麵包品質的影響。結果顯示乳酸菌發酵麵糰產生有機酸、增加麵包體積及降低麵糰 pH 值致延遲發黴之功能。添加果聚糖可在不影響其香氣下，具有減少麵包掉屑、降低水活性、增加麵包保水性、組織結構變化較小及延長麵包老化之優點。另在硬度、彈性、咀嚼性及膠著性較低，黏聚性及回復性較高。經 GC/MS 分析後乳酸菌發酵之樣品可分析出 acetic acid，市售乳酸菌分析出較多風味化合物與品評結果一致。鱸魚腸道分離之乳酸菌亦具一般乳酸菌之功能。

壹、 研究動機

在高一的烘焙課程中，了解主要是利用酵母菌來製作土司。二年級上微生物課時，學習到乳酸菌是屬於有益菌的一種，此時試想如果利用乳酸菌來製作土司，不知是否會影響土司的組織及烤焙後的香氣？偶然的機會中聽到老師與他的同學談到有一種稱為果聚糖的物質可以當作穩定劑的功能，我們想嘗試利用這個特性，解決長久以來課堂中製作的麵包留存至第二天造成麵包老化的問題。更令我們好奇的是從魚類腸道分離出乳酸菌，是否與一般乳酸菌具有相同的功能呢？台灣年平均溫度約 22°C，濕度年平均 75%RH，雨天溼度約 80%~90%RH，非常適合黴菌滋長。如何能抑制發黴，延長麵包保存時間也是我們想要探討的問題？於是我們嘗試利用高一烘焙課所學之技術、高二微生物及微生物實習課程所學之理論和細菌培養的技術及食品化學與分析課程所學之理論及分析方法，在麵包製作過程中添加乳酸菌和果聚糖，看它們對麵包會造成什麼影響。

一、 乳酸菌介紹與其保健功效

(一) 乳酸菌的定義與分類

乳酸菌 (Lactic acid bacteria) 為能利用碳水化合物進行發酵產生大量乳酸之一群細菌的總稱，適宜生長溫度很廣(15~45°C)，最適宜生長溫度為 37°C，其特性為：(1) 革蘭氏陽性菌；(2) 桿菌或球菌；(3) 不形成內孢子；(4) 通常缺乏觸酶 (catalase) 和細胞色素 (cytochrom)；(5) 無運動性；(6) 厭氧、微好氧或兼性厭氧性，大多可在有氧環境生長，但以無氧狀態生長較佳，亦有絕對厭氧者；(7) 對所代謝之葡萄糖，產生 50%以上之乳酸；(8) 生長營養需求複雜，需有碳水化合物、胺基酸、核酸衍生物、維生素及多種生長素才能生長。乳酸菌依其代謝途徑及最終發酵產物的不同可分為同型發酵 (homofermentation) 與異型發酵(heterofermentation)，前者指在發酵過程中，經糖解作用使碳水化合物分解成丙酮酸後直接還原成 90-100%的乳酸；後者是指發酵過程中除了產生乳酸外還包括醋酸、乙醇及二氧化碳等多種產物 (李，1989；廖，1998；陳和林，2004)。

二、 乳酸菌之保健功效

(一) 抑制致病菌維持腸道內菌叢之平衡

乳酸菌是腸道內正常菌群之一，可藉由競爭吸附位置和營養源、分泌抑菌物質(如酸、抑菌素等)與調節免疫反應來對抗病原菌，以維持腸內菌相的平衡，改善腸道免疫功能，幫助宿主防禦外來病原菌的感染，因此乳酸菌常被用於一些腸道疾病的預防與治療 (廖，1998)。

(二) 緩和乳糖不耐症

乳糖不耐症 (lactose intolerance) 係指體內缺乏或僅具少量的乳糖酶，致使在食用含乳糖之牛乳等食品後，因無法消化而產生腹瀉現象。乳酸菌可產生乳糖分解酵素，可對乳品中的乳糖先行分解，故可改善患有先天性腸黏膜 β -galactosidase 缺乏症，或因胃腸炎導致的 lactase 活性不足者對於乳品中的乳糖無法代謝而引起腹瀉，增加其對乳品的攝取 (廖，1998)。廖 (1998) 指出優格或其他含有活性乳酸菌的發酵乳製品，可在腸道中利用 β -galactosidase 分解腸內乳糖，減少乳糖滲透，因而能減緩乳糖不耐症。

(三) 增加營養價值

乳酸菌於發酵過程中能將大分子初步分解成小分子，並因其蛋白質的水解活性，使蛋白質凝固物粒子變細而擴大酵素作用面積，提高游離胺基酸含量，以便於人體之消化吸收，亦可幫助消化乳糖等功能，乳酸菌亦可合成維生素 B₁、B₂、B₆、K、葉酸、菸鹼酸等，而增加產品之營養價值，促進鈣及其他營養素之消化吸收 (廖，1998)。

(四) 抗癌性

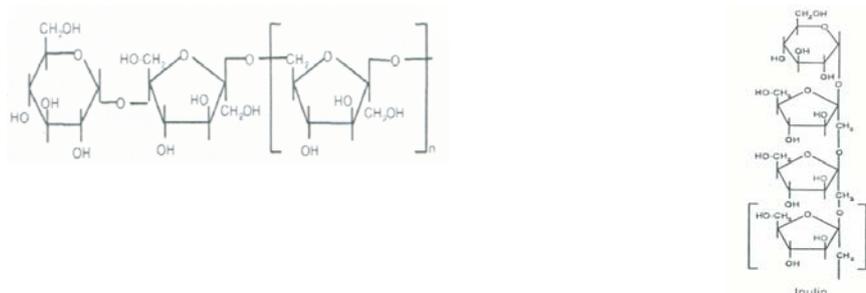
乳酸菌可直接壓抑致癌原或間接降低腸內其他菌分泌致癌物或原致癌原酵素活性。乳酸菌抑制癌症的真正機制目前尚不明確，但可歸納出 7 項可能之作用機制，包括-(1)降解或吸附可能之致癌物；(2)改善腸道菌相的質和量；(3)加強宿主免疫系統；(4)產抗腫瘤或抗突變的物質；(5)改變腸道菌叢的代謝活動；(6)改變腸道的生理生化環境；(7)影響宿主的生理機能(邱, 2004)。

(五) 增強免疫作用

許多臨床與動物實驗均顯示，乳酸菌與優酪乳具有調節免疫反應的作用，並藉由免疫的調節可預防腸道疾病、過敏性疾疾病與癌症等，也可防止呼吸道、肺部與泌尿道病原菌的感染 (邱, 2004)。

三、果聚醣

果聚醣 (levan) 是一種果糖的聚合物 (fructan)，果糖聚合物主要有 2 種，除了果糖之間的鍵結主要為 β (2-6) 的果聚醣外，另一為菊糖 (inulin)，主要為 β (2-1) 鍵結，二者均可能有支鏈，而前者的水溶性高於後者。許多植物組織中有小分子量的果聚醣及菊糖 (分子量通常 < 5000) 存在，此外，已知有多種微生物可以產生果聚醣，果聚醣在食物加工上可當乳化劑、成型劑、穩定劑、增稠劑及風味攜帶劑等，其低黏度而高水溶性之特性，也可取代阿拉伯膠使用在食物上。此外，果聚醣也具有身體保健方面的功效，包括抗腫瘤、降低膽固醇含量之能力及具益菌質 (prebiotic) 之功效，而果聚醣對於免疫系統亦具有提升的效果。(黃等，2010)



圖一、果聚醣 (levan) 及菊糖 (inulin) 之化學結構(Korakli and Vogel, 2002)

貳、研究目的

在國外，乳酸菌用於麵包製作相當普遍，而國內則比較少見，添加乳酸菌可增加麵包體積、延緩老化(Corsetti et al., 1998)及增進營養(Liljeberg et al., 1995)等，由於乳酸菌會產生醋酸，也會增加麵包架置時間及風味(Corsetti and Settanni, 2007)，而酸化也影響澱粉類及細菌之澱粉酶、蛋白酶及麵粉組成之溶解性，間接影響麵包的風味、組織及老化程度(廖，1998)。

Guar gum, Xanthan 或 Alginates 為典型用於烘培業之多醣類，添加該類多醣類(0.5%)有助於提升麵包體積、質地、含水量與架置時間(Corsetti et al., 1998)。Kaditzky et al. (2008) 研究發現，添加 0.3% 果聚醣於麵糰可以增加其延展性與水份吸收能力，製成之麵包體積增加 1-2%，麵包掉屑程度減少。

由於消費者對於自然及功能性食品需求之增加，本試驗擬於麵糰製作時添加乳酸菌和果聚醣，來探討乳酸菌和果聚醣的添加後，麵包的彈性、香氣、咀嚼性、軟硬度、嗜好性等及其他味覺的口感有什麼差異；另外也以物性實驗探討麵包軟、硬度的變化，並把部份土司做官能品評，瞭解一般人對於此種麵包之喜好情形。本實驗亦嘗試探討添加乳酸菌和果聚醣觀察是否可以延遲麵包老化、影響土司的香氣成分及麵包發黴情形，以作為開發新穎保健烘焙食物之基礎資料。

參、研究設備及器材

一、設備

- (一) 預發麵糰製備：pH meter (JENCO 6173pH, CHINA)、恆溫箱 (CHANNEL)。
- (二) 白土司製備：攪拌機 (JET-201-J, 通榮食品機械廠)、基本發酵箱 (JUAN-SHING)、最後發酵箱 (專鑫食品機械公司)、烤箱 (專鑫食品機械公司)。
- (三) 菌落培養試驗：可調式分注器 (Bottle Top Dispenser, LABmax "S" 10ml, Germany)、電子天平 (PB1502-L, Switzerland)、微波爐 (YM2322CB, TECO)、殺菌釜 (TM-328, TOMIN)、無菌操作箱 (High Ten)、熱風循環恆溫箱 (Cheng Tang)、三角錐瓶、吸量管、白金耳、L型棒、培養皿。
- (四) 土司香氣成分鑑定：Varian 450GC-320 MS、分析管柱 DB-5MS (30m×0.25mm, Film 0.25 μ m)
- (五) 物性測定儀 (TA.XT2, Stable Micro System, Surrey, UK)
- (六) 水份測定：冰箱 (Refrigerated Incubator, Model-RI102)。
- (七) 水活性測定儀 (CH8303 Bassersdorf, Switzerland)
- (八) 酵母菌發酵測定：燒杯、量筒、顯微鏡 (OLYMPUS CX-41, JAPAN)。
- (九) 菌落計數器 (Colony Counter 560 SUNTEX, Taiwan)
- (十) 麵包切片機
- (十一) 照相顯微鏡 (OLYMPUS CX-41, JAPAN)
- (十二) 組織照相顯微鏡 (Micrometrics SE-122CU camera)

二、材料

- (一) 白土司製備：高筋麵粉、糖、鹽、白油、快發酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)、預發麵糰、枯草桿菌分解果聚醣 (levan)、廣用試紙。
- (二) 添加菌種：*Lactobacillus plantarum* BCRC編號12250 (標準菌)，*Leuconostocs*

pseudomesenteroids (鱸魚腸道分離之乳酸菌)，市售乳酸菌

編號	麵包項目及添加材料	代號
1	原味麵包 (對照組)	-
2	原味麵包 + 標準乳酸菌麵包	B4-1
3	原味麵包 + 標準乳酸菌麵包 + 果聚醣	B4-2
4	原味麵包 + 枯草桿菌分解之果聚醣	-
5	原味麵包 + 鱸魚腸道分離之乳酸菌	L
6	原味麵包 + 市售乳酸菌	7L

Leuconostocs pseudomesenteroids (鱸魚腸道分離之乳酸菌) 來源：鱸魚腸道均質後，以 MRS 加蔗糖作為選擇性培養基，再使用格蘭氏染色鑑定細菌後，請生技公司以 16sRNA 作細菌 DNA 鑑定比對。

(三) 培養試驗：洋菜粉、YMPD broth、MRS broth。

(四) 酵母菌發酵測定：快發酵母 (*S. cerevisiae*)、砂糖、預發麵糰。

(五) 培養基

表一、YMPD medium

Yeast extract	3	g
Malt extract	3	g
Peptone	5	g
Dextrose	10	g
Agar	15	g
Distilled water	1	L

表三、Yeast Malt Agar

Peptic digest of animal tissue	5	
Yeast extract	3	g
Malt extract	3	g
Dextrose	10	g
Agar	20	g
Distilled water	1	L

表二、MRS Agar

Proteose Peptone No. 3	10	g
Beef Extract	10	g
Yeast Extract	5	g
Dextrose	20	g
Polysorbate 80	1	g
Ammonium Citrate	2	g
Sodium Acetate	5	g
Magnesium Sulfate	0.1	g
Manganese Sulfate	0.05	g
Dipotassium Phosphate	2	g
Agar	15	g
Distilled water	1	L

肆、研究過程或方法

一、預發麵糰：先將水和糖溶解均勻，加入高筋麵粉混合拌勻，編號 1 號麵糰中無添加任何其他物質並當作對照組，再分別加入 10^7 CFU/g 標準乳酸菌於編號 2、3 號預發麵糰中，另加入 10^7 CFU/g 鱸魚腸道分離之乳酸菌於編號 5 號麵糰中，再加入 10^7 CFU/g 市售乳酸菌於編號 6 號預發麵糰中，並在編號 3、4 號預發麵糰中再加入 0.3% 果聚醣拌勻，放入 30°C 恆溫箱，發酵 22 小時，其中於 0、12、

18 及 22 小時分別以 pH 計測量並記錄其 pH 值的變化。(圖二)

表四、預發酵麵團組成份

原料名稱	配方(g)
高筋麵粉	100
糖	10
水	100
乳酸菌	10 ⁷ /g
混合後發酵 22 hr (30°C)	



圖二、預發麵糰 pH 值測定

Kaditzky et al. (2007)

二、白土司製備：

- (一) 秤取材料。
- (二) 以中速攪拌至麵糰成薄膜狀。(圖 a)
- (三) 基本發酵箱，放入前測量 pH 值(圖 b)，75%RH、28°C、40 分鐘後再測量其 pH 值。
- (四) 分割、滾圓。
- (五) 將麵糰整型後，放入烤模中並每 10 分鐘測量其發酵高度。(圖 c)
- (六) 放入烤模中最後發酵。(圖 d)
- (七) 以 pH 計分別測量 pH 值後再放入烤箱，上火 180°C、下火 200°C，烘烤 40 分鐘。
- (八) 觀察土司發黴狀況(溫度 28.5°C、濕度 75%)
- (九) 將土司麵包置於麵包切片機上，以固定的位置及刀片自動切片，收集碎屑秤重，比較各種土司掉屑情形(圖 e、f)。
- (十) 將土司切塊置於 24°C，濕度約 52%環境中，以組織照相顯微鏡放大 100 倍觀察其組織變化情形(圖 g)。
- (十一) 將土司以水分測定儀測定其水活性(圖 h)。
- (十二) 將土司以物性測定儀測定其物理性質(圖 i)。
- (十三) 將土司請各班學生作品評試驗，並填寫問卷。

表五、圓頂奶油土司配方表

原料名稱	烘焙百分比(%)	原配方 3 條重量配方(g)	預發麵糰配方 3 條重量配方(g)
高筋麵粉	100	921	829
奶粉	4	37	37
酵母	1.5	14	14
砂糖	10	93	83.8
鹽	1.5	14	14
蛋	12	111	111
水	52	479	387
酥油	10	93	93
合計	192	1772	1578.8

(文野出版社，2004)



(圖 a) 麵糰攪拌



(圖 b) 麵糰 pH 值測定



(圖 c) 測量麵糰高度



(圖 d) 最後發酵完成



(圖 e) 自動切片機切片



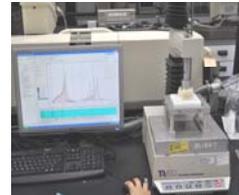
(圖 f) 碎屑收集



(圖 g) 組織照相顯微鏡
觀察其組織變化



(圖 h) 水活性測定



(圖 i) 物性測定

三、菌落培養試驗：

- (一) YMPD 及 MRS 分別加入洋菜 25g、水 500ml 混合均勻再拿至微波加熱。
- (二) 121℃，15 分鐘殺菌。
- (三) 將洋菜倒入培養皿 1/3~1/2 量。
- (四) 將乳酸菌及酵母菌混合菌液稀釋至百萬分之一。
- (五) 滴入 0.1ml 稀釋的細菌，塗抹培養。
- (六) 分別放入 30℃ 及 28℃ 培養箱觀察 24 小時。
- (七) 以菌落計數器計數菌落數 (圖 j)、(圖 k)



圖 j、菌落計數器



圖 k、使用菌落計數器計數菌落

四、格蘭氏染色：

- (一) 取載玻片。
- (二) 鈎無菌水。
- (三) 鈎菌、固定。
- (四) 染色：結晶紫 40 秒、碘液 40 秒、95% 酒精 15 秒脫色、番紅 30 秒。(圖 1)
- (五) 水分吸乾、滴松柏油、鏡檢。

五、土司香氣成分鑑定：

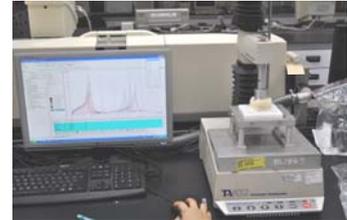
(一) 本研究使用頂空自動進樣配合氣相層析質譜儀(圖 m)，注射口溫度設定為 230°C，升溫條件為起始溫度 45°C，維持 5 分鐘，以每分鐘 5°C 的升溫率增加至 160°C，再以每分鐘 10°C 的升溫率增加至 230°C，維持 5 分鐘，總共分析時間為 50 分鐘。質譜分析以 70eV 電子撞擊進行離子化(Electron Ionization, EI)，偵測器電壓為 0.95kV，離子荷質比之觀察範圍設定為 40~300m/z，測定前經 autotuning 方式以標準品 PFTBA 進行校正。



(圖 l) 格蘭氏染色



(圖 m) Varian
450GC-320MS



(圖 n) 物性測定儀

六、物性測試：

將土司切成約 2cm³置於物性測定儀上，利用 3cm 圓盤以 1mm/sec 速度下壓 2 次(圖 n、圖 i)，依照力-時間作用圖，分別測得硬度 (Hardness, N)、彈性 (Springiness, %)、膠著性(Gumminess, N)以及咀嚼性(Chewiness, N)、黏聚性(Cohesiveness, %)、回復性(Resilience, %)等。硬度為第一圖峰的最高點，彈性為各圖峰的起始點至高點的比值，黏著性為 2 圖峰之比值，膠著性為硬度與黏著性之乘積，而咀嚼性為膠著性與彈性之乘積。

七、麵包老化測定：

(一)先將麵包秤重量，統計。

(二)將麵包放在 4°C 乾燥箱 (圖 o)，每 2 小時放進 105°C 乾燥箱烘乾 (圖 p、圖 q)，放進去前秤一次重量。

(三)放進 105°C 乾燥箱烘乾，經 24 小時後，取出再秤一次重量，計算差額和百分比。



(圖 o)4°C 乾燥箱



(圖 p) 105°C 乾燥箱



(圖 q)放進烘乾

八、酵母菌發酵測定：

(一) 將 2 克的糖放入 26ml 水中攪拌至溶解。

(二) 將 1 克的預發麵糰滴入攪拌至均勻。

(三) 將 2 克的酵母菌倒入均勻。

(四) 每 10 分鐘拍一次酵母菌發泡情形。(圖 r)



圖 r、發泡試驗

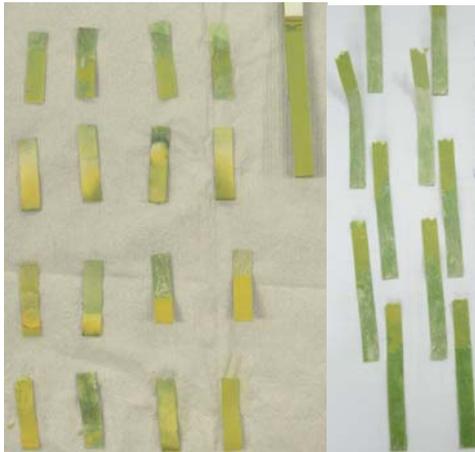
伍、研究結果

分別於編號 2、3、5、6 號預發麵糰加入 10^7 CFU/克的乳酸菌，再放置恆溫箱中 30°C 發酵 22 小時，以廣用試紙測試比色及 pH 計測量結果，其中以市售乳酸菌在 18 小時內 pH 值降低速度最快，於 22 小時以編號 3 號含標準乳酸菌和果聚糖之預發麵糰 pH 值皆降至 3.37 最低，又編號 1 號原味及編號 4 號只添加果聚糖之預發麵糰其 pH 值幾乎沒有變化，廣用試紙沒有變色（如表六、圖三、圖四）

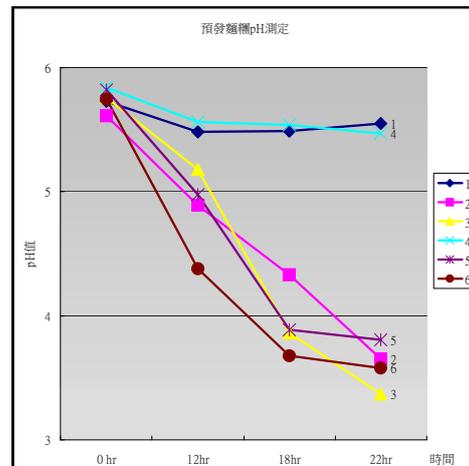
表六、預發麵糰 pH 值變化

編號 時間 pH (hr)	1 (原味)	2 B4-1 (標準乳 酸菌)	3 B4-2 (標準乳 酸菌、果)	4 (原、果)	5 L (鱸魚乳酸 菌)	6 7L (市售乳酸 菌)
0	5.73	5.61	5.76	5.84	5.82	5.75
12	5.48	4.89	5.18	5.56	4.98	4.38
18	5.49	4.33	3.86	5.54	3.89	3.68
22	5.55	3.65	3.37	5.47	3.81	3.58

L B4-1 B4-2 7L 原 1 4

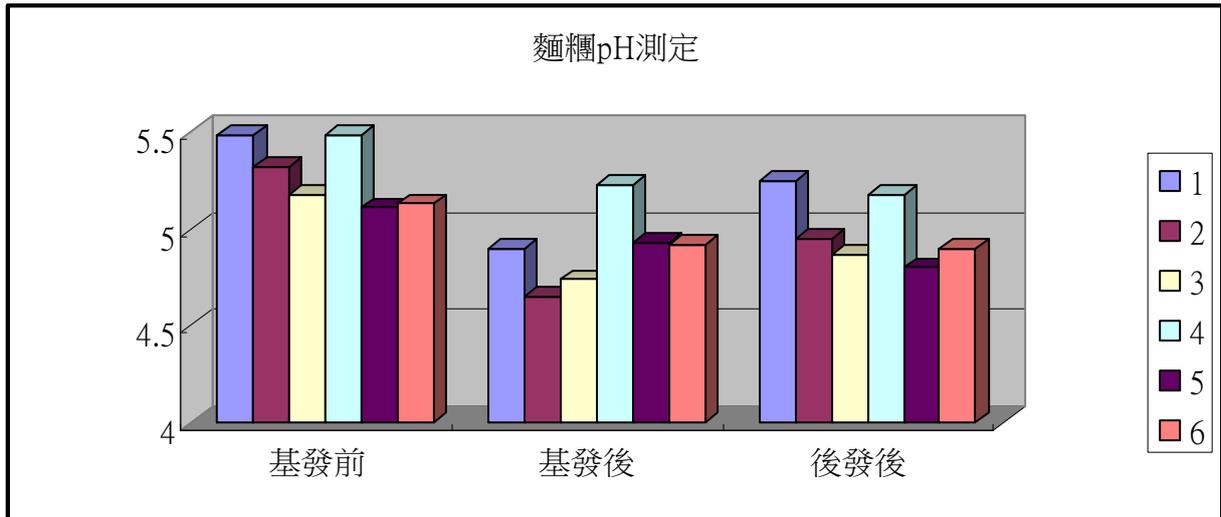


圖三、預發麵糰經廣用試紙測試後
試紙顏色變化情形

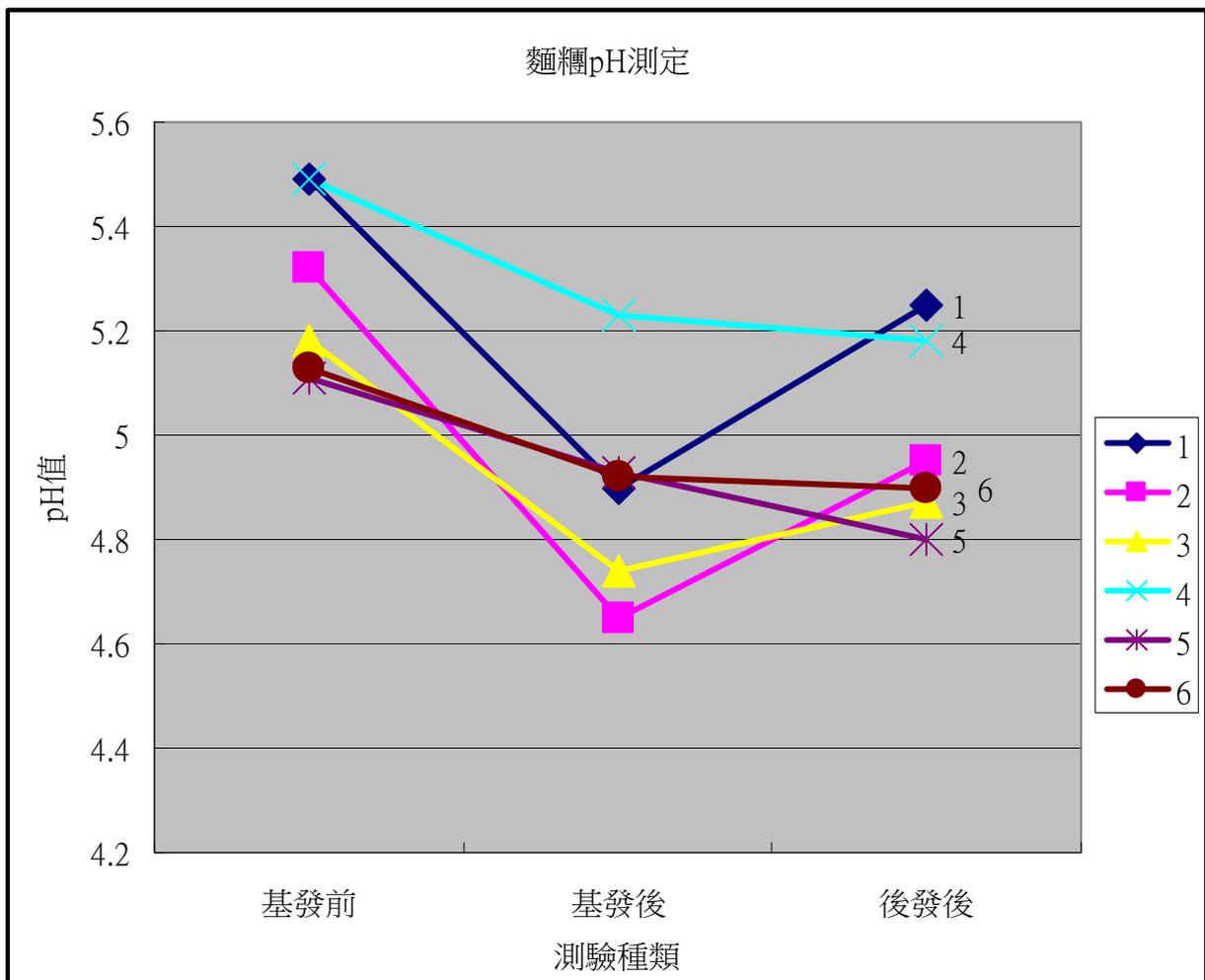


圖四、預發麵糰經 pH 計測量結果

麵糰於基本發酵前、後分別以 pH 計測量其 pH 值變化，經整型後置入烤模中，置於溫度 35°C ，85% 濕度最後發酵箱中每 10 分鐘測量麵糰上升高度，至麵糰上升至 9 分滿再測量其 pH 值，後再放入烤爐烘焙。其中原味麵包添加標準乳酸菌麵包及果聚糖（編號 3 號）和添加市售乳酸菌（編號 6 號）麵糰高度上升較慢，而添加果聚糖（編號 4 號）之麵糰，麵糰每 10 分鐘之上升是最快（如表七）。其中基本發酵前、基本發酵後及最後發酵 pH 值測定如圖五、圖六所示，如圖所顯示除了編號 5 號從基本發酵開始至最後發酵 pH 值都是一直下降，其他五種麵糰 pH 值都先下降，到了最後發酵 pH 值變成上升。



圖五、麵糰發酵過程中 pH 值變化

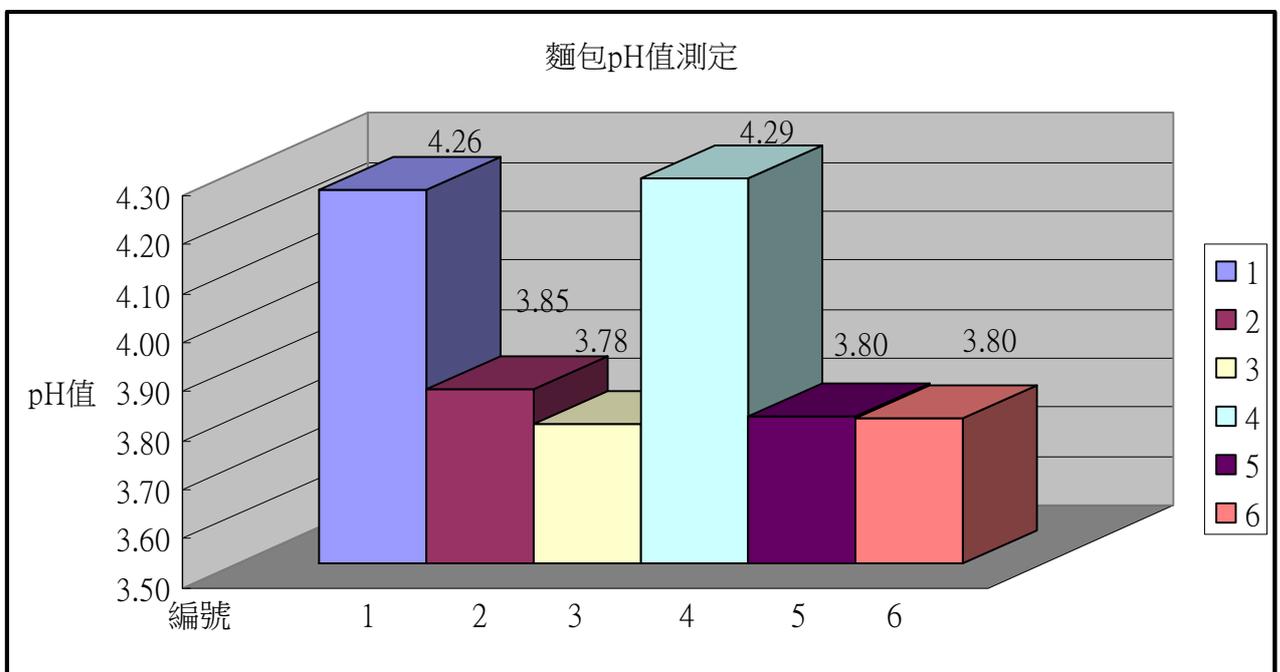


圖六、麵糰發酵過程中 pH 值變化曲線圖之表示

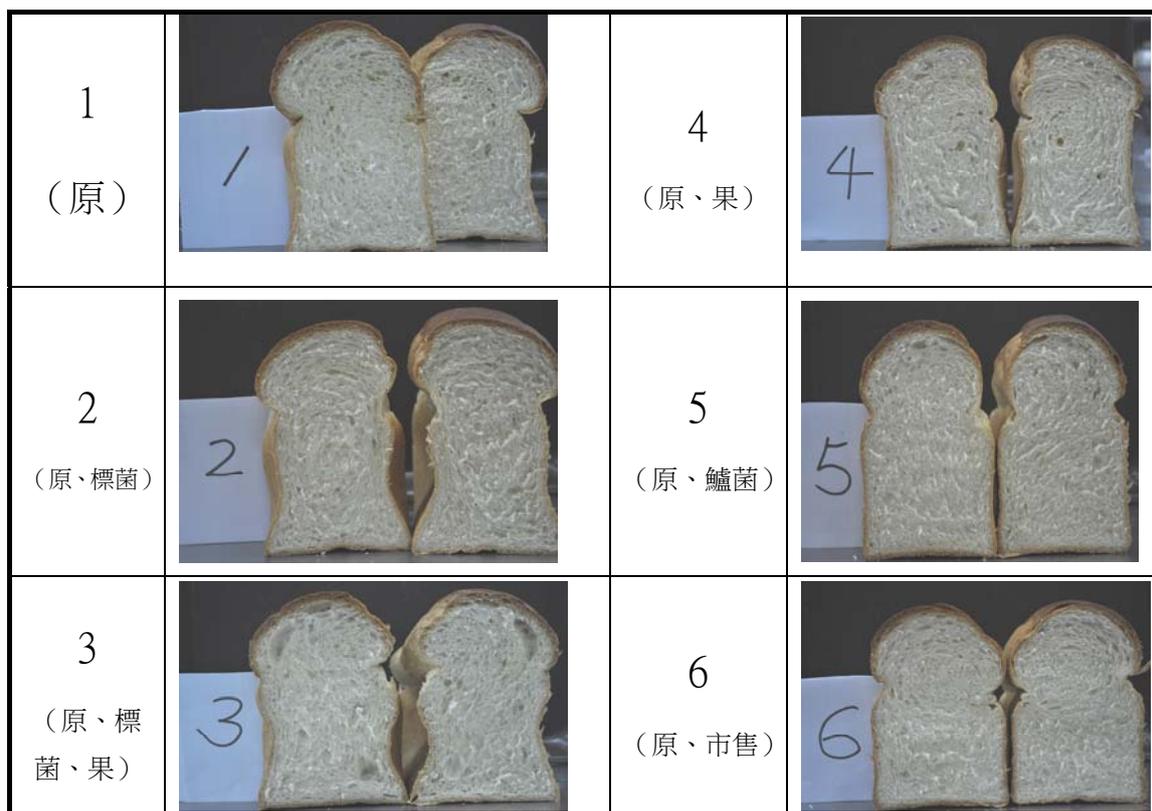
表七、麵糰高度上升測定情形

高度 時間 (min)	編 號					
	1 (原)	2 (原、標菌)	3 (原、標 菌、果)	4 (原、果)	5 (原、鱸菌)	6 (原、市售)
0	7	7	6.8	6.7	7	6.8
10	8.3 1.3	7.8 0.8	7 0.2	7.5 0.8	7.7 0.7	7.6 0.8
20	9 0.7	9.3 1.5	8.2 1.2	9 1.5	8.7 1	8.8 1.2
30	10.6 1.6	10.7 1.4	9 0.8	10.5 1.5	10.3 1.6	9 0.2
平均上升高度/每 10 分鐘	1.2	1.23	0.73	1.26	1.1	0.73

麵包於烘焙完後，取麵包 10 克加入 90 克蒸餾水均質，以 pH 計測量其 pH 值情形，結果如圖七所示，其中編號 1、4 號其 pH 值最高，編號 3 號（添加標準乳酸菌、果聚醣）pH 值最低。由圖八觀察可知，編號 3 號（添加標準乳酸菌、果聚醣）和編號 4 號（添加果聚醣）的麵包組織含有較多孔洞，而編號 5 號（添加鱸魚腸道分離之乳酸菌）、編號 6 號（添加市售乳酸菌）的麵包孔洞少，組織比較均勻。



圖七、麵包 pH 值測定結果



圖八、麵包切面之比較

製成之土司放置於溫度 28.5°C、濕度 75% 基本發酵箱中，觀察其發黴情形，並在第五天以 YM agar 作黴菌菌落數平版計數，結果如表八、圖九所示，利用不同的乳酸菌和果聚醣的添加所製成之土司，第一天至第四天所有的土司皆無發黴現象，第五天所有的土司都開始發黴，但是編號 3 號至編號 6 號，第七天黴菌較看的出來，其中編號 4 號只添加果聚醣者至第九天才明顯發黴，編號 5 號添加鱸魚腸道分離之乳酸菌所製成的麵包，在同一環境下，黴菌的菌落數較少。

不同的麵包以自動麵包切片機以固定刀片及位置，切片後收集掉落之碎屑，經秤重後統計如表九、圖十，編號 2 號至編號 5 號有添加單一乳酸菌及果聚醣者掉屑情形較少，編號 1 號為對照組未添加任何物質，編號 6 號添加市售乳酸菌，內含有 7 種不同乳酸菌掉屑較多。

將土司切塊放置於濕度為 RH: 51.9，溫度為 24°C 下，每天固定時間以放大倍率為 100 倍之組織照相顯微鏡觀察其組織變化情形。由圖十一照片中觀察到編號 1 號（原味麵包）、編號 2 號（添加標準乳酸菌）在第三、四天時孔洞較大，其中編號 3、4 號添加果聚醣者組織的變化較小，編號 5、6 號者，開始就有較大的變化，顯示編號 3、4 號添加果聚醣者其保水性較佳。

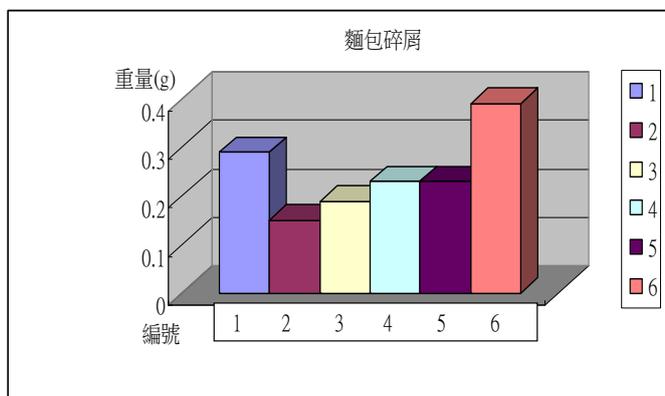
將製成之土司切成面積約 2cm³ 之形狀，以水活性測定儀測量其水活性，其結果如圖十二所示，其中以編號 1 號（原味麵包）水活性最高，編號 4 號只添加果聚醣者水活性最低。

表八、土司發黴菌落數之計數結果

編號 CFU	1 (原味)	2 B4-1(標準 乳酸菌)	3 B4-2(標準 乳酸菌、 果)	4 (原、果)	5 L(鱸魚乳 酸菌)	6 7L(市售乳 酸菌)
	6.3×10 ⁷	2.25×10 ⁷	2.5×10 ⁷	4.8×10 ⁷	3.7×10 ⁷	3.9×10 ⁷

天數 編號	第五天	第六天	第七天	第八天	第九天
1 (原)					
2 (原、標菌)					
3 (原、標菌、果)					
4 (原、果)					
5 (原、鱸菌)					
6 (原、市售)					

圖九、土司發黴天數的觀察



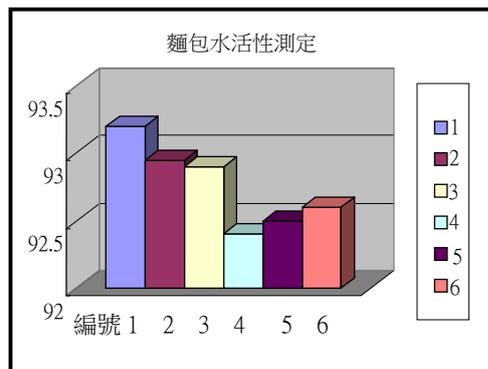
圖十、麵包碎屑比較圖

表九、麵包碎屑結果

重量 號碼	重量 (g)
1 (原)	0.29
2 (原、標菌)	0.15
3 (原、標菌、果)	0.19
4 (原、果)	0.23
5 (原、鱸菌)	0.23
6 (原、市售)	0.39

天數 編號	組織變化			
	第一天	第二天	第三天	第四天
1 (原)				
2 (原、標菌)				
3 (原、標菌、果)				
4 (原、果)				
5 (原、鱸菌)				
6 (原、市售)				

圖十一、以組織照相顯微鏡放大 100 倍觀察麵包組織結構變化圖

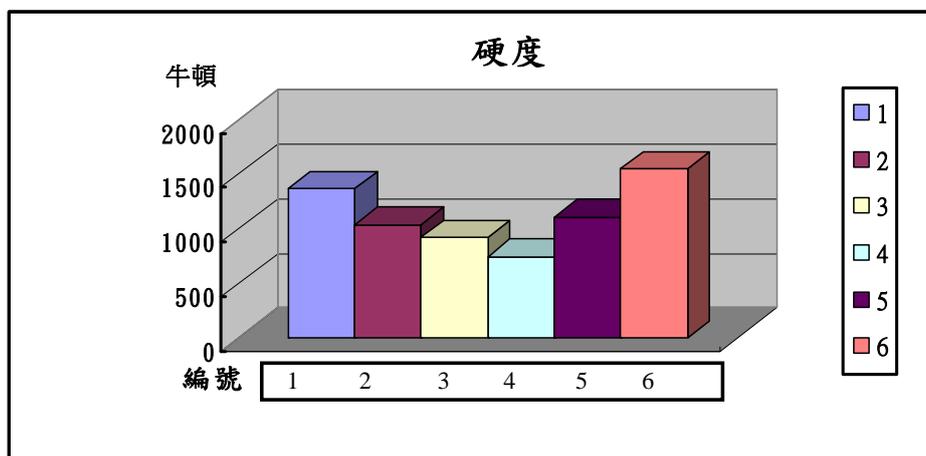


圖十二、麵包水活性測定結果

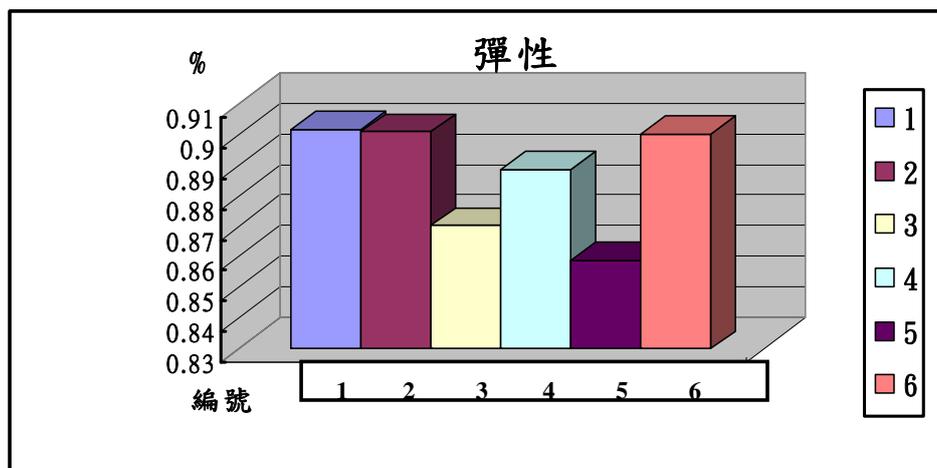
土司製作後以物性測定儀測試各種麵包之物理特性，物性測定儀設定條件如下表：

pre-test speed = 2mm/sec	未接觸樣品時速度
test speed = 1mm/sec	接觸樣品速度
post-test = 1mm/sec	測完後回復速度
target mode = strain 75%	預達到目標模式為形變達 75%
time = 5s	兩波鋒間隔時間
trigger force = 100g	探頭接觸力大於 100g 後開始跑數據
探頭直徑 = 35mm	

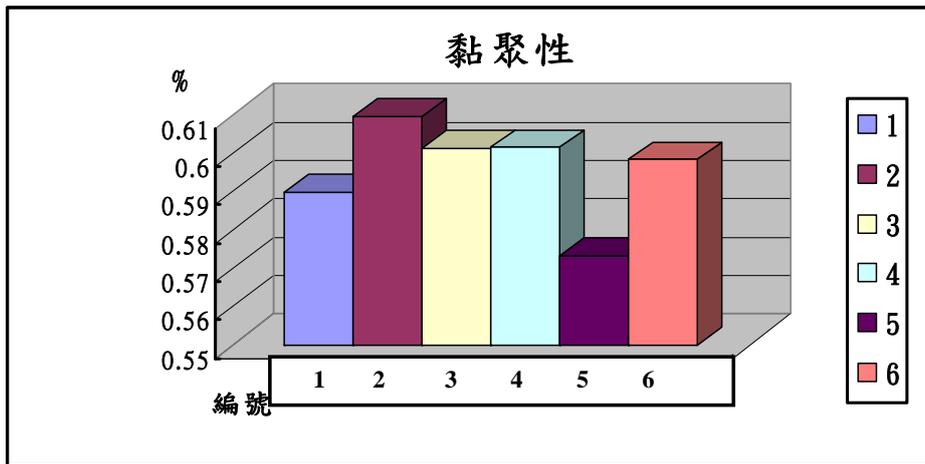
經由物性測定儀測出在硬度以編號 6 號最高，編號 4 號最低，如圖十三。從圖十四中得知彈性以編號 6 號最高，編號 5 號最低。在黏聚性測定上以編號 5 號最小，編號 2 號最大如圖十五所示。從圖十六得知膠著性測定結果以編號 6 號最高，編號 4 號最低。而在咀嚼性測定上，從圖十七得知仍是以編號 6 號最高，編號 4 號最低。回復性測定上以編號 2 號最大，編號 5 號最小，如圖十八。



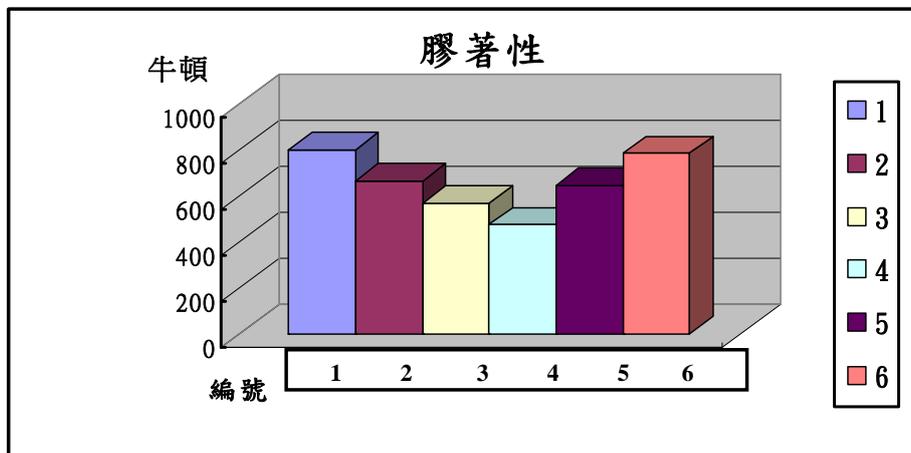
圖十三、硬度測定結果



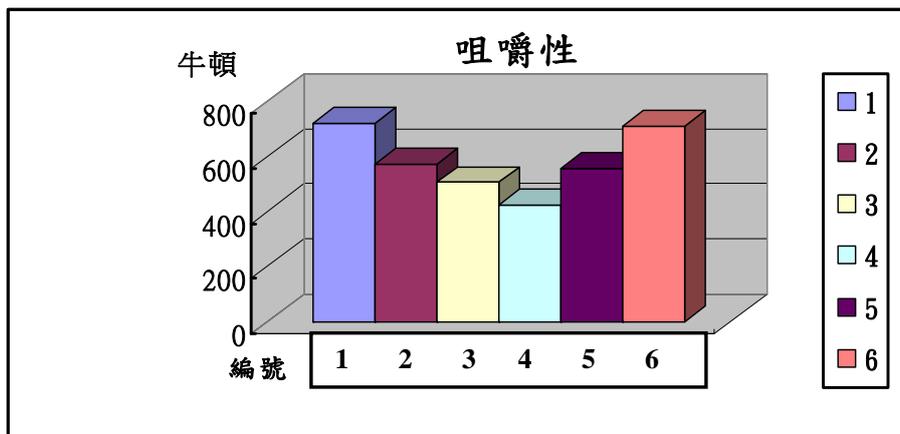
圖十四、彈性測定結果



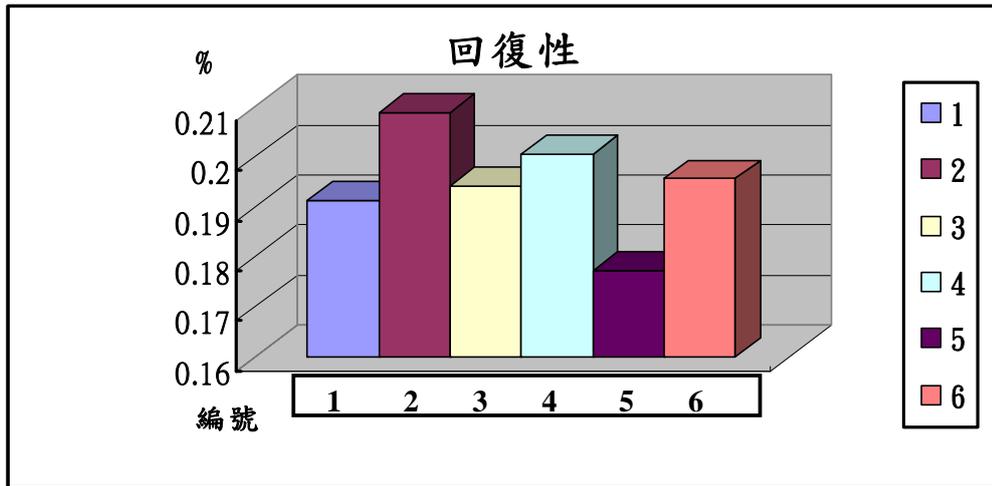
圖十五、黏聚性測定結果



圖十六、膠著性測定結果



圖十七、咀嚼性測定結果



圖十八、回復性測定結果

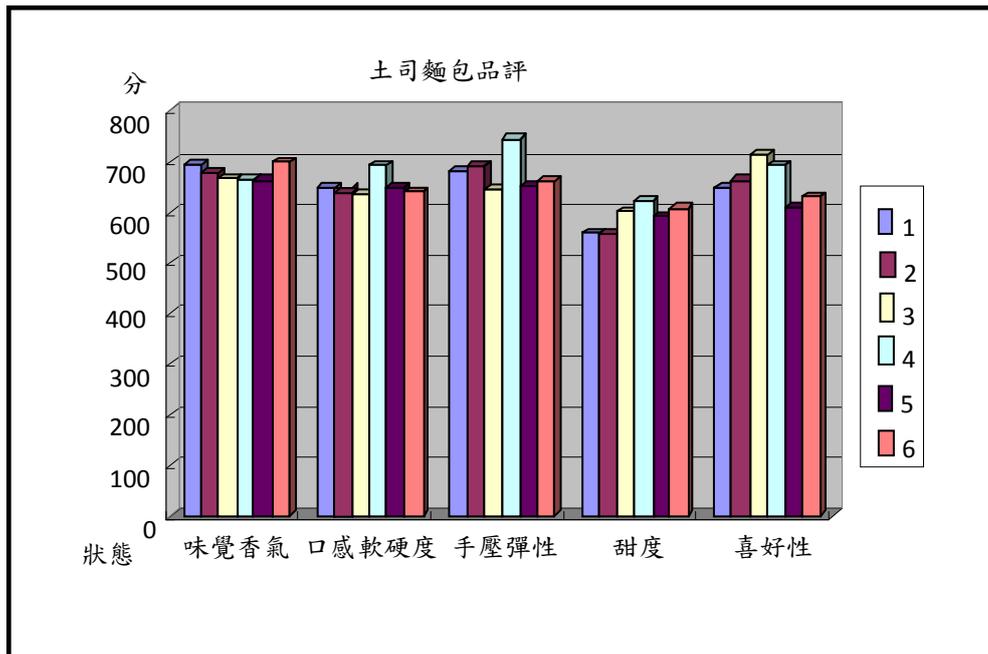
將土司切塊後請同學進行官能品評，樣品數為 214 人，年齡介於 16-17 歲間，品評溫度為 20°C 左右，品評單設計如下表。同學在香氣、軟硬度、彈性、甜度及嗜好性方面喜好程度，官能品評結果為 6 號香氣最好，4 號軟硬度、彈性、甜度最高，大家最喜愛 3 號，綜合結論是 4 號取得多種學生的喜愛，如圖十九所示。

您好!請大家品嚐我們精心製作的新鮮土司，品嚐後，請仔細填寫口味調查表，謝謝大家的協助與配合。

*請依據喜好度填入 1-5 數字：

5：很喜歡；4：喜歡；3：還 OK；2：普通；1：喜好度最低。

狀態 編號	味覺 香氣	口感 軟硬度	手壓 彈性	甜度	喜好性
1					
2					
3					
4					
5					
6					

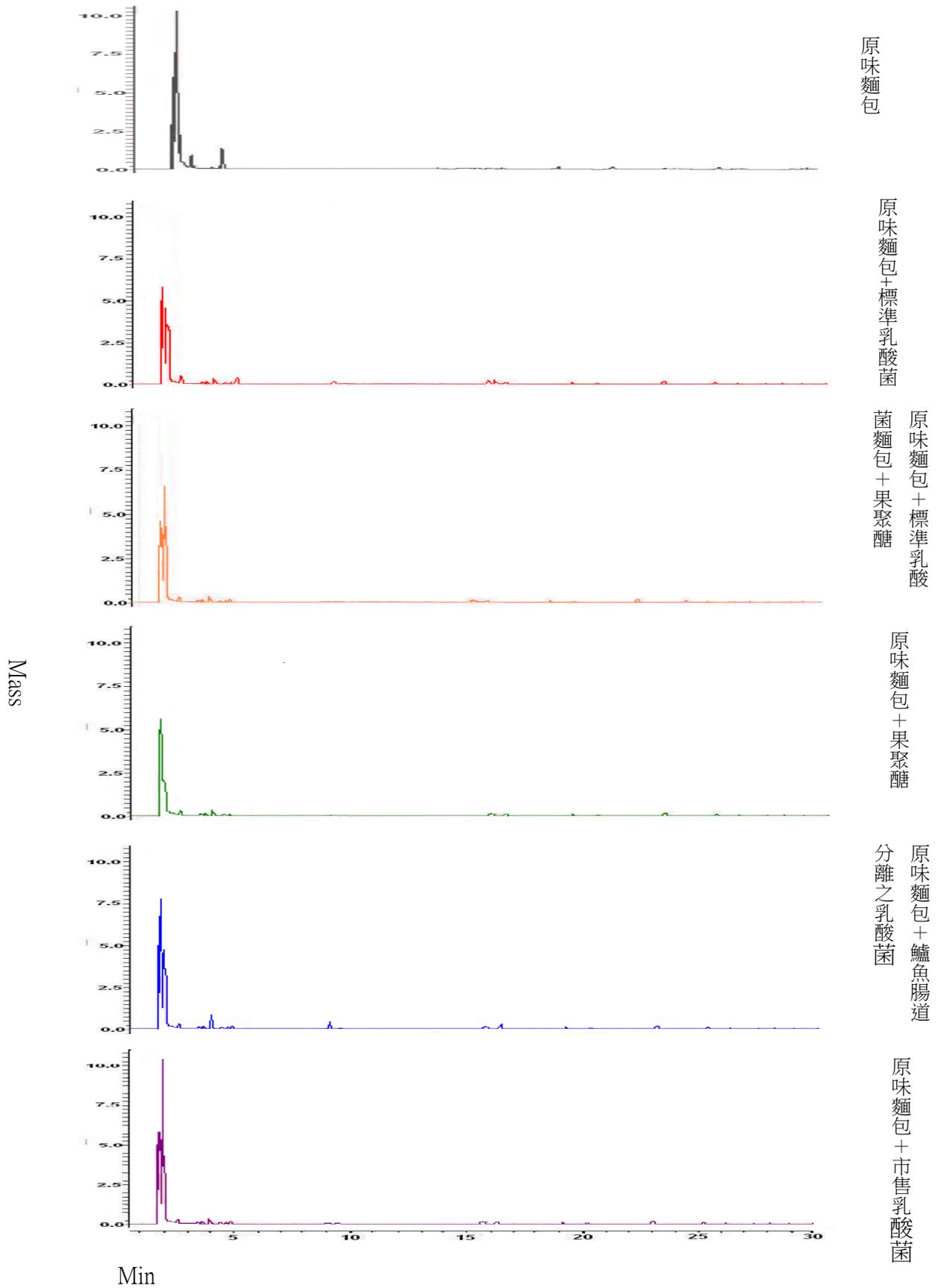


圖十九、官能品評結果

以 Varian 450GC-320MS，以 SIM mode 進行分析結果發現如表十、圖二十，其中發現因為都是較低分子麵包揮發性化合物，在 1.921 分鐘時編號 2、3、6 號出現 Propanamide, 2-hydroxy-化合物，2.043、16.149、24.234 分鐘時所有麵包都分別有出現 Oxalic acid、Phenylethyl alcohol 及 Tridecane 化合物，於 2.268、2.621、3.499、3.656、4.205、4.344、4.45 分鐘時，除了編號 1 號對照組麵包未出現之外，其他五種麵包都分別有 acetic acid、Propane, 1-chloro-2-methyl、dimethylamine、Propanamide, 2-hydroxy、Cyclobutanone, 3-ethyl、Tetrazolo [1,5-b] 1,2,4-triazine, 5,6,7,8-tetrahydro-6,-7dimethyl、Oxirane, 2-(1,1-dimethylethyl)-3-methyl 化合物的產生，於 2.622、3.338、3.923、4.021、4.316、4.529、15.578 分鐘時編號 1 號分別產生 1-propanol, 2-methyl、Propanedioic acid、Oxirane, 2(1,1 dimethylethyl)-3-methyl、1-Butanol, 2-methyl、Cyclopentane 1,2,3-trimethyl、1-Pentanol、Benzoic acid, methyl ester，其餘五種麵包都未產生。於 23.737 分鐘時除編號 1、6 號有產生 2-Propenoic acid, 1,7,7-trimethylbicyclo [2,2,1] hept-2-yl ester, exo-化合物外，其餘四種麵包都未出現此化合物，25.564 分鐘時編號 1、2、3、6 號都有出現 Dimethylphthalate，但編號 4、5 號沒有出現該化合物，由此可知對照組 1 號麵包與其他有添加物質之麵包香氣成分不一樣。由圖二十得知多數的香氣都集中 5 分鐘內出現，其中 2 分多鐘的化合物成分 Oxalic acid、acetic acid 及 Propane, 1-chloro-2-methyl 三種化合物出現較高的強度，其餘的化合物出現強度較小。

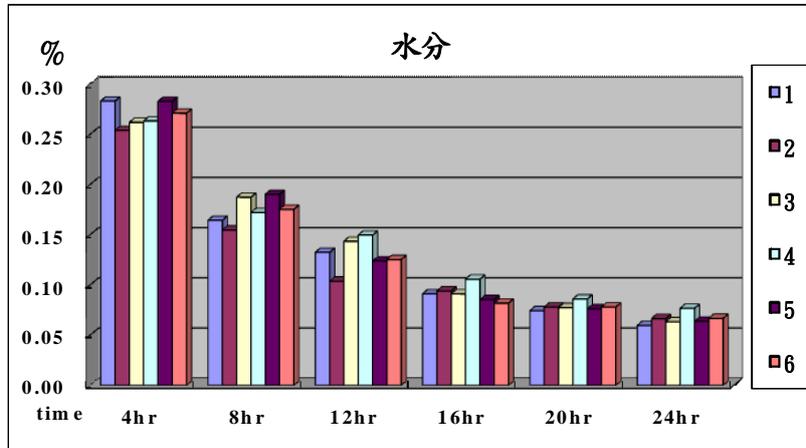
表十、麵包香氣(揮發性化合物)由 GCMS 圖譜呈現之化合物成分

min	1 (原)	2 (原、標菌)	3 (原、標菌、果)	4 (原、果)	5 (原、鱸菌)	6 (原、市售)
1.921		Propanamide, 2-hydroxy-	Propanamide, 2-hydroxy-			Propanamide, 2-hydroxy-
2.043	Oxalic acid	Oxalic acid	Oxalic acid	Oxalic acid	Oxalic acid	Oxalic acid
2.268		acetic acid				
2.621		Propane, 1-chloro-2-methyl	Propane, 1-chloro-2-methyl	Propane, 1-chloro-2-methyl	Propane, 1-chloro-2-methyl	Propane, 1-chloro-2-methyl
2.622	1-propanol, 2-methyl					
3.338	Propanedioic acid					
3.499		dimethylamine	dimethylamine	dimethylamine	dimethylamine	dimethylamine
3.656		Propanamide, 2-hydroxy	Propanamide, 2-hydroxy	Propanamide, 2-hydroxy	Propanamide, 2-hydroxy	Propanamide, 2-hydroxy
3.923	Oxirane, 2(1,1 dimethylethyl)-3- methyl					
4.021	1-Butanol, 2-methyl					
4.205		Cyclobutanon e, 3-ethyl				
4.316	Cyclopentane 1,2,3-trimethyl					
4.344		Tetrazolo [1,5-b] 1,2,4-triazine, 5,6,7,8-tetrahydr o-6,-7dimethyl-				
4.45		Oxirane, 2-(1,1-dimethylet hyl)-3-methyl	Oxirane, 2-(1,1-dimethylet hyl)-3-methyl	Oxirane, 2-(1,1-dimethylet hyl)-3-methyl	Oxirane, 2-(1,1-dimethylet hyl)-3-methyl	Oxirane, 2-(1,1-dimethylet hyl)-3-methyl
4.529	1-Pentanol					
15.578	Benzoic acid, methyl ester					
16.149	Phenylethyl alcohol	Phenylethyl alcohol	Phenylethyl alcohol	Phenylethyl alcohol	Phenylethyl alcohol	Phenylethyl alcohol
23.737	2-Propenoic acid, 1,7,7-trimethylbi cyclo [2,2,1] hept-2-yl ester, exo-					2-Propenoic acid, 1,7,7-trimethylbi cyclo [2,2,1] hept-2-yl ester, exo-
24.234	Tridecane	Tridecane	Tridecane	Tridecane	Tridecane	Tridecane
25.564	Dimethylphthalat e	Dimethylphthalat e	Dimethylphthalat e			Dimethylphthalat e

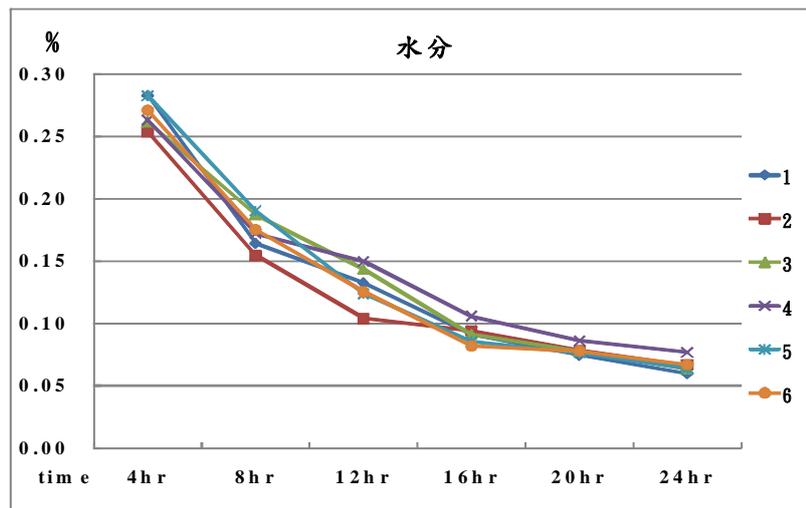


圖二十、麵包之揮發性風味 GC-MS 氣相層析圖譜

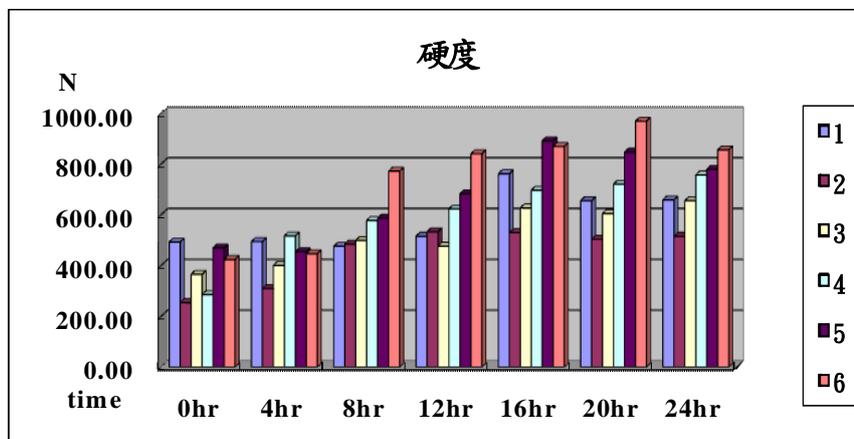
將土司置於 4°C 冰箱中 24 小時，再以 oven 法於 105°C 測定土司中水分，觀察各種土司水分含量變化如圖二十一，又從圖二十二中得知編號 1 號對照組土司水分下降最大，編號 4 號只添加果聚醣水分下降最慢，推測添加果聚醣保水性較好，具有延遲老化之效果。又土司置於 4°C 冰箱中 24 小時後，再以物性測定儀測定其硬度，從圖二十三及圖二十四中看出，硬度以編號 6 號最高，編號 4 號只添加果聚醣的硬度上升情形較有規律。



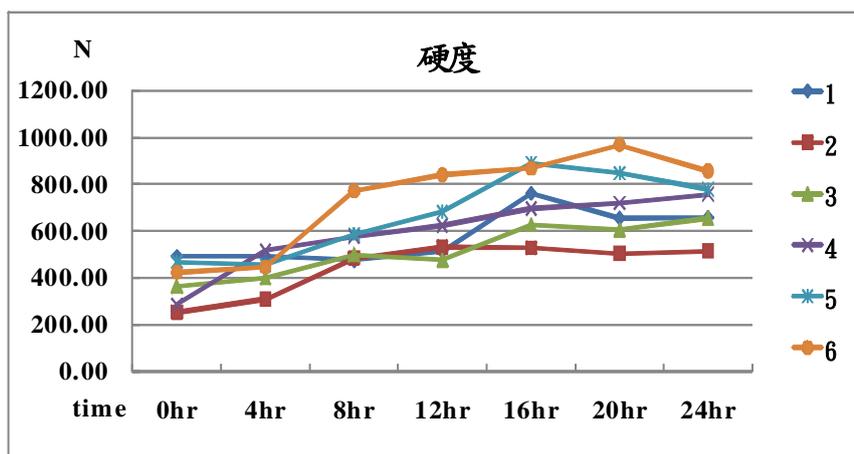
圖二十一、各種土司延遲老化測定水分變化



圖二十二、單一土司延遲老化測定水分變化



圖二十三、各種土司延遲老化硬度測定結果

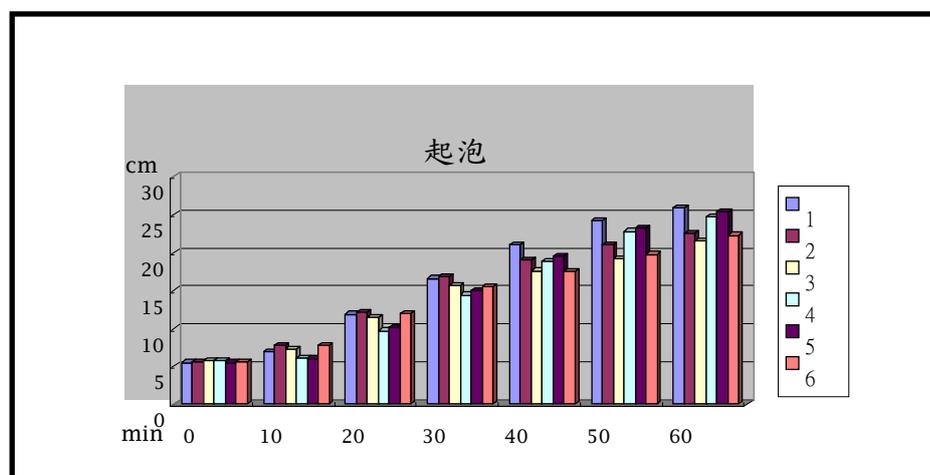


圖二十四、單一土司延遲老化硬度測定結果

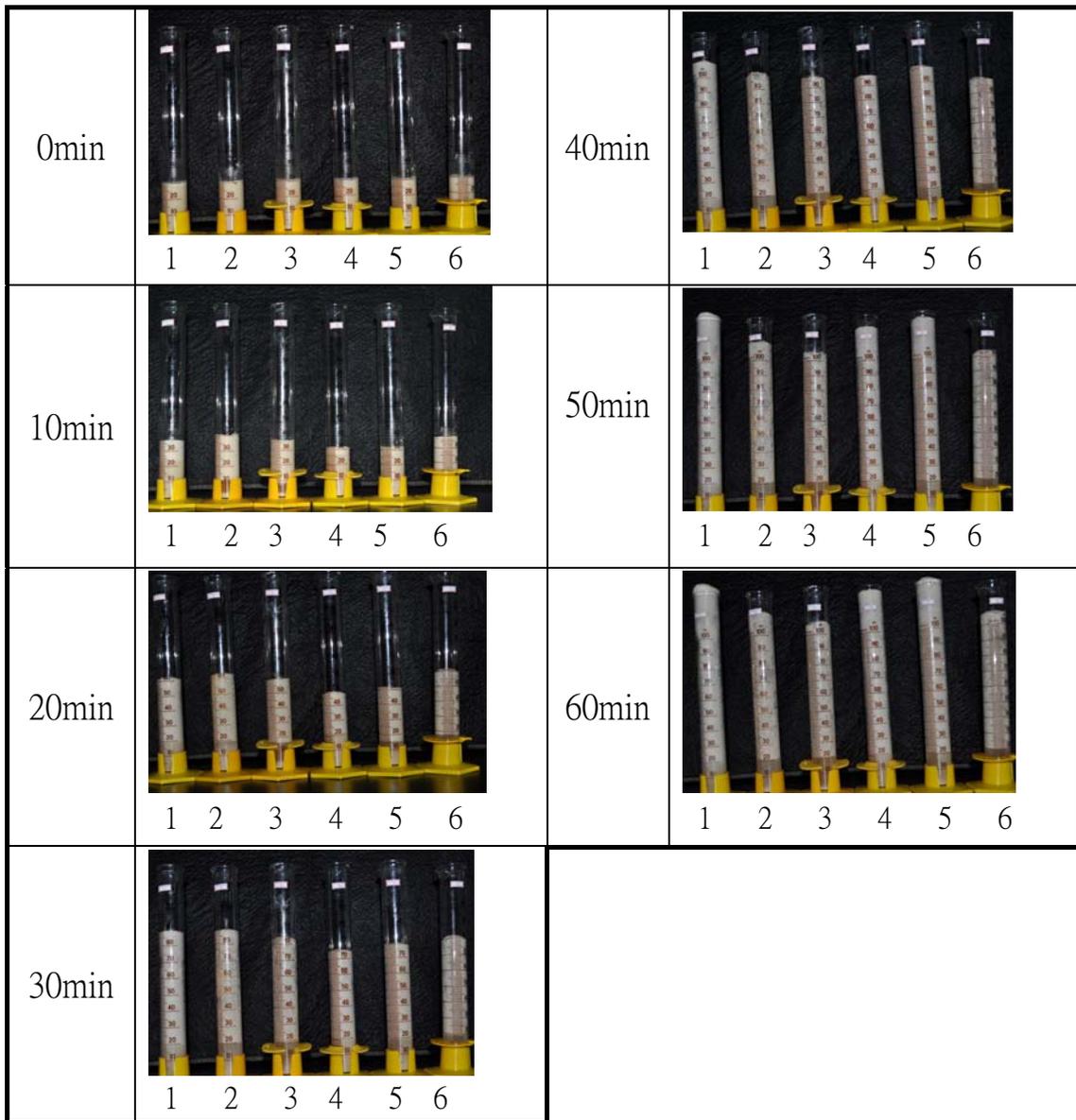
將酵母菌浸泡於不同的乳酸菌與果聚醣的糖水中，觀察其生長情形，再測量其生長發泡高度如表十一、圖二十五、圖二十六，發現編號 3 號(標準乳酸菌+果聚醣)、編號 4 號(添加果聚醣)及編號 5 號(添加鱸魚腸道分離之乳酸菌)剛開始上升高度很慢，但過了 10 分鐘後，上升速度越來越快，6 種樣品在 20 分鐘至 30 分鐘時上升速度最快，期間酵母菌出芽生殖進行較快，如圖二十七。但到了 60min 後，上升高度都呈現緩和。

表十一、酵母菌浸泡在不同的乳酸菌與果聚醣的糖水中發泡上升高度情形

時間 (分鐘)	編號 上升高度 (cm)	1 (原)	2 (原、標菌)	3 (原、標 菌、果)	4 (原、果)	5 (原、鱸菌)	6 (原、市售)
10		1.5	2.2	1.6	0.4	0.5	2.2
20		4.9	4.4	4.2	3.6	4.1	4.2
30		4.7	4.7	4.2	4.7	4.9	3.5
40		4.4	2.2	1.9	4.4	4.6	2
50		3.3	1.9	1.6	4	3.6	2.3
60		1.6	1.5	2.3	2	2.2	3



圖二十五、酵母菌浸泡在不同的乳酸菌與果聚醣的糖水中發泡上升高度比較情形



圖二十六、酵母菌發泡試驗氣泡上升情形

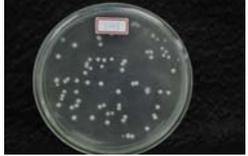
	1 (原)	2 (原、標菌)	3 (原、標菌、果)	4 (原、果)	5 (原、鱸菌)	6 (原、市售)
10min						
20min						
30min						
40min						
50min						
60min						

圖二十七、顯微鏡觀察酵母菌添加不同乳酸菌和果聚糖生長情形

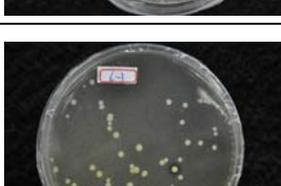
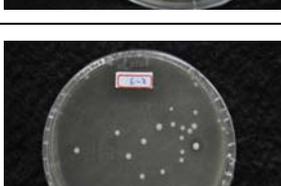
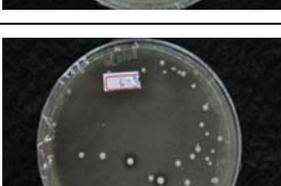
取酵母菌浸泡在含有不同的乳酸菌和果聚糖的糖水稀釋至百萬分之一濃度，再取 0.1 毫升分別培養在 YMPD medium 及 MRS agar 中，分別培養在 30°C 及 28°C 恆溫箱中培養並作三重重複培養，酵母菌生長情形如圖二十八，乳酸菌生長情形如圖二十九。酵母菌落數如表十二，其中編號 3 號及編號 5 號菌落數較少。以格蘭氏染色 MRS agar 中產生透明圈之菌落及無透明圈之菌落，結果如圖二十九所示，判斷圖三十左邊為乳酸菌，右邊為酵母菌。

表十二、酵母菌培養在 YMPD medium 下菌落數

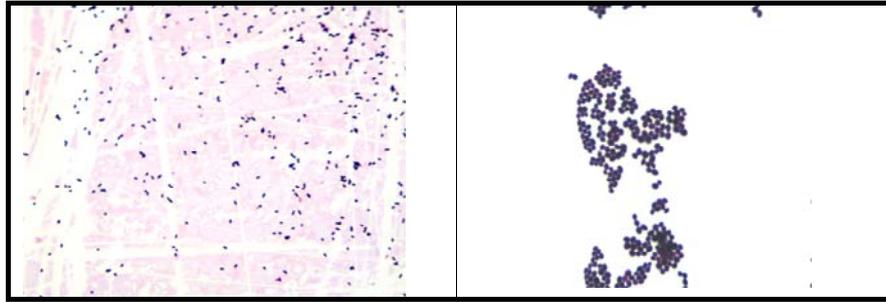
編號	plate1	plate2	plate3	平均	CFU
1 (原)	67	63	69	66	6.6×10^8
2 (原、標菌)	63	32	56	50	5.0×10^8
3 (原、標菌、果)	39	45	41	42	4.2×10^8
4 (原、果)	83	77	59	73	7.3×10^8
5 (原、鱸菌)	33	37	49	40	4.0×10^8
6 (原、市售)	52	48	70	57	5.7×10^8

plate 編號	plate1	plate2	plate3
1 (原)			
2 (原、標菌)			
3 (原、標菌、果)			
4 (原、果)			
5 (原、鱸菌)			
6 (原、市售)			

圖二十八、酵母菌培養在 YMPD medium 生長情形

plate 編號	plate1	plate2	plate3
1 (原)			
2 (原、標菌)			
3 (原、標菌、 果)			
4 (原、果)			
5 (原、鱸菌)			
6 (原、市售)			

圖二十九、乳酸菌培養在 MRS agar 生長情形（有透明圈者，沒有透明圈者為酵母菌）



圖三十、乳酸菌（左）、酵母菌（右）

陸、討論

預發麵糰經過 22 小時發酵分解後，pH 值降低應是麵糰經乳酸菌作用後產生醋酸等有機酸所致 (李, 1989; 廖, 1998; 陳和林, 2004)。其中編號 1 號 (原味對照組) 及編號 4 號 (只添加果聚糖) 二者，經 22 小時作用後，以廣用試紙及 pH 計測量結果是一致的，結果顯示 pH 值幾乎沒有多大差異 (如圖三、圖四)。推論編號 4 號只添加果聚糖對麵糰性質沒有影響。

在入爐烘焙之前，麵糰在基本發酵及最後發酵過程中，最初因酵母菌作用產生酸及二氧化碳使得 pH 值降低，但是最後 pH 值又升高 (如圖六)，研判是因為發酵後階段產生多種醇類所致，因醇類本身是鹼性會使 pH 值升高，所以對酵母菌生長並無太大之影響。但是編號 5 號添加鱈魚腸道乳酸菌 pH 值並無升高情形，推論可能是因水產生物所生長之環境及最終發酵多屬同型發酵所致，相對會抑制酵母菌之生長致菌落最少如表十二。

麵包體積大小與發酵過程有很大的關係，表七中編號 2、3、5、6 號四種樣品都有添加乳酸菌可增加麵包體積 (Corsetti et al., 1998)，因此編號 2、5 號發酵較快。果聚糖之性質在食品加工上可當乳化劑、成型劑、穩定劑、增稠劑及風味攜帶劑等 (黃等, 2010)。編號 3 號受此影響體積可能增加較慢，編號 6 號因添加市售乳酸菌 (內含 7 種不同乳酸菌)，推論經作用後因其代謝物質造成其麵糰膨脹較慢。

將烘焙完成之土司均質後以 pH 計測量結果，編號 2、3、5、6 號四種樣品因都有添加乳酸菌使麵包 pH 值較低，編號 1、4 號麵包 pH 值較高且相近，與發酵麵糰結果一致。編號 3 號除了添加乳酸菌外又添加果聚糖，而果聚糖對乳酸菌而言是一種益菌質，適合乳酸菌生長，所以 pH 值最低 (圖七)。

土司發黴實驗方面如圖九得知編號 3 號至 6 號，第七天黴菌比較看的出來，其中編號 4 號只添加果聚糖者發黴至第九天才有明顯看出。Corsetti and Settanni (2007) 指出乳酸菌會產生醋酸，可以增加麵包架置時間及風味，果聚糖因具益菌質 (prebiotic) 之功效 (黃等, 2010) 推論可延緩黴菌生長，本研究發現編號 5 號鱈魚腸道分離出之乳酸菌亦有抑制黴菌之功能 (表八)。

麵包組織安定與否與掉屑多寡有一定關係，除了貯藏條件及切割力量均勻與否也會影響其掉屑情形，但以固定機器及利用同一位置來切割可將影響切割之外力因素降至最低，就比較偏向麵包本身結構有關。從圖十中得知編號 2 號至編號 5 號掉屑較少，應與該成分中添加乳酸菌及果聚糖有關。Corsetti et al (1998) 指出添加乳酸菌可以延緩老化，(黃等, 2010) 指出添加果聚糖可以當作增稠劑增加麵包安定性較不會掉屑相符，推論因編號 1 號對照組麵包未加任何添加物致掉屑最多，而推論編號 6 號因含有多種乳酸菌，產生多種代謝物互相影響造成麵包較不穩定，形成掉屑較多。

麵包保水性越好其組織越鬆軟，組織纖維之間的孔徑變化較不大；反觀保水性差之麵包

組織較硬，組織之間孔徑變化差異較大。由圖十一照片中在常溫下觀察到編號 1 號（原味麵包）、編號 2 號（添加標準乳酸菌）在第三、四天時孔洞較大，又從圖十二得知添加果聚糖所製成之麵包水活性最小，表示保水性較佳，因此孔洞沒有明顯差異。

麵包經物性測定儀測試後，發現有添加乳酸菌及果聚糖者，在硬度、彈性、咀嚼性及膠著性較低，相對黏聚性及回復性較高，與麵包含水量有很大的關係，如圖十三至圖十八。Kaditzky et al. (2008) 研究發現，添加 0.3% 果聚糖於麵糰可以增加其延展性與水份吸收能力。本研究中編號 4 號添加果聚糖者因其保水性佳，與報告相符。因果聚糖在食物加工上可當乳化劑、成型劑、穩定劑、增稠劑及風味攜帶劑等，其低黏度而高水溶性之特性，也可取代阿拉伯膠使用在食物上(黃等，2010)，因此硬度最低。

麵包產生之揮發性氣味，包含有醇類 (alcohols)、醛類 (aldehydes)、酸類 (acids) 及酮類 (ketones) 等化合物，這些揮發性氣味主要來自麵粉及添加物之風味、酵母發酵之產物及烘焙後產生之梅納反應(maillard reaction)，經參考文獻(Bianchi et al 2008)及比對滯留時間，一般而言，麵包中可能之揮發性化合物以 Furfural、Benzaldehyde、2-Nonenal、2,4-Decadienal、乙醇 (ethanol) 及醋酸 (acetic acid) 為主；其中 Furfural 為六碳糖 (hexose) 於酸性環境下，高溫脫水分解而形成的，為麵包普遍存在之香味物質，而 Benzaldehyde 杏仁味，亦為梅納反應之產物；2-Nonenal 之甜瓜味及 2,4-Decadienal 之油味皆可能來自油脂高溫裂解之產物，而乙醇 (ethanol) 為酵母發酵之產物。如表十、圖二十得知本研究中乳酸菌發酵之樣品可分析出 acetic acid，而市售乳酸菌分析出較多之風味化合物。Corsetti and Settanni (2007) 指出麵糰中添加乳酸菌有助於麵包風味之提昇是相吻合的。又從本試驗結果推論酵母菌及乳酸菌皆無分泌分解果聚糖之酵素，因此添加果聚糖不影響其香氣成分如表十編號 2、3、4 號所示。亦經品評試驗發現編號 6 號所產生之香氣最受測試者歡迎 (圖十九)，與 GC-MS 分析結果相符。

從圖二十一、二十二麵包水分測定結果得知，編號 1 號對照組水分減少最大，而添加乳酸菌及果聚糖其水分變化較小，保水性較高，特別是在 4 小時後，編號 4 號（只添加果聚糖）麵包水分降低最慢。因此可證明果聚糖具可延緩麵包老化之功能(Corsetti et al., 1998), Kaditzky et al. (2008)。

從顯微鏡下觀察酵母菌生長情形如圖二十七，發現大部分的酵母菌在 20 分鐘至 40 分鐘之間酵母菌出芽生殖情形較為活躍，與發泡速度較快的情形吻合如圖二十六。酵母菌出芽生殖過程中除了醣類以外，蛋白質也是必要的物質，到了 60 分鐘左右推論可能是蛋白質耗盡才使發泡速度降低，高度緩慢上升。而編號 3 號及編號 5 號菌落數較少，與所加之乳酸菌麵糰 pH 值較低有關。因為乳酸菌會分解 MRS agar 中的鈣質產生透明圈，而酵母菌雖可生長在 MRS agar 中，但不會產生透明圈如圖二十九所示。將有透明圈之菌落經革蘭氏染色確認是乳酸菌如圖三十。

本研究發現從鱸魚腸道所分離之乳酸菌，麵糰上升速度不是很快，酵母菌培養菌落數最少，推論可能與水產生物腸道環境有關。但麵包質地不錯，發黴不明顯，保水程度、掉屑情形及 pH 值降低速度與一般乳酸菌則無明顯差異，綜觀其相關的特性與一般乳酸菌性質相近，可運用在食品製造上。

本實驗以原味麵包為對照組，利用乳酸菌及果聚糖可延長麵包老化時間及延長發黴的效果，並且乳酸菌本身又具備多項有益人體之功能，未來如何利用這些乳酸菌和果聚糖的優點來發展成一般大眾都能接受之健康食品，如乳酸菌可生產有機酸開發之健康食品等，將是進一步研究之課題。

柒、結論

- 一、乳酸菌可發酵麵糰產生有機酸。
- 二、添加乳酸菌可以增加麵包體積。
- 三、添加乳酸菌可以降低麵糰 pH 值延遲發黴之功能。
- 四、添加果聚糖可以減少麵包掉屑。
- 五、添加果聚糖可以降低水活性，增加麵包保水性，延長麵包老化，但不會影響麵包香氣。
- 六、乳酸菌發酵之樣品可分析出 acetic acid，而市售乳酸菌分析出較多之風味化合物。
- 七、鱸魚腸道所分離之乳酸菌，亦具有一般乳酸菌之功能。

捌、參考資料及其他謝誌

- 1.感謝漁業屬水產試驗所基隆總所水產養殖組黃美瑩研究員提供標準乳酸菌、鱸魚腸道分離之乳酸菌及果聚糖和相關報告資料。
- 2.感謝國立宜蘭大學食品科學系陳輝煌教授實驗室及張文碩研究生協助物性測定儀與物理性質的分析進行。
- 3.感謝國立宜蘭大學化學工程與材料工程學系吳友平教授實驗室及郭家祺研究生協助 GC/MS 氣液相層析-質譜儀與成分分析進行。
- 4.感謝國立宜蘭大學食品科學系馮臨惠教授實驗室及黃舜廷研究生協助水活性測定儀分析進行。
- 5.感謝國立澎湖科技大學食品科學系邱采新教授研究之諮詢協助。
- 6.感謝經國管理暨健康學院食品保健系蔡政融講師協助 GC/MS 氣相層析儀與成分分析進行。
- 7.感謝海洋大學王懷德先生協助 GC/MS 氣相層析-質譜儀與成分分析進行。

參攷文獻

- 1.文野出版社，烘焙食品技術士技能檢定完全寶典（丙級）。第二版。台中市。66-67 頁。2004 年。
- 2.李福臨 (1989) 食品加工上乳酸菌之利用. 食品工業, 21(12)：32-38.
- 3.徐華強等，實用麵包製作技術。第十版。臺北縣。中華穀類研究所。197-207 頁。1997 年。
- 4.邱雪惠 (2004) 乳酸菌之抗癌機制. 食品工業, 36(3)：27-33.
- 5.陳慶源、林富美 (2004) 益生菌之保健功效. 食品工業, 36(3): 1-3.
- 6.廖啟成 (1998) 乳酸菌之分類及應用. 食品工業, 30(2): 1-10.
- 7.黃美瑩、黃詩涵、方佩琪、林金榮 (2010) 以微生物生產果聚糖及其應用。水試專訊，31：20-24。
- 8.羅靖瑋 (2010) 探討不同酵母來源對餐包品質質地之影響。中國文化大學農學院生活應用科學系碩士論文。
- 9.Bianchi, F.^a, Careri, M.^a, Chiavaro, E.^b, Musci, M.^a, Vittadini, E.^b 2008. Gas chromatographic – mass spectrometric characterisation of the Italian Protected Designation of Origin ‘Altamura’ bread volatile profile. Food Chemistry 110, 787 – 793.
10. Corsetti, A., M. Gobbetti, F. Balestrieri, F. Paoletti, L. Russi and J. Rossi. 1998. Sourdough lactic

- acid bacteria effects on bread firmness and staling. J. Food Sci., 63(2): 347-351.
11. Corsetti, A. and L. Settanni. 2007. Lactobacilli in sourdough fermentation. Food Res. Int., 40(5):539-558.
 12. Kaditzky, S., M. Seitter, C. Hertel and R. F. Vogel. 2008. Performance of *Lactobacillus sanfranciscensis* TMW 1.392 and its levansucrase deletion mutant in wheat dough and comparison of their impact on bread quality. Eur. Food Res. Technol., 227: 433-442.
 13. Koraki, M., M. G. Gänzle and R. F. Vogel. 2002. Metabolism by bifidobacteria and lactic acid bacteria of polysaccharides from wheat and rye, and exopolysaccharides produced by *Lactobacillus sanfranciscensis*. J. Appl. Microbiol., 92: 958-965.
 14. Liljeberg, H. G. M., C. H. Loenner and I. M. E. Bjoerck. 1995. Sourdough fermentation or addition of organic acids or corresponding salts to bread improves nutritional properties of starch in healthy humans. J. Nutrition, 125(6): 1503-1511.
 15. Rosell, C. M., J. A. Rojas and C B. de Barber. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloids, 15(1): 75-81.

【評語】 091408

1. 實驗主題及方法具創意且具應用價值。
2. 能採用新的分析技術進行實驗。
3. 建議實驗設計應能確實加入必要之對照組以使結果更具說服力。
4. 實驗記錄可加強。