

探究式實驗教學活動之探討——「“酵”容滿麵」

廖慧芬

高雄師範大學工業科技教育研究所研究生

huifen4660@gmail.com

壹、前言

美國國家科學教育標準（1996）中提出現今科學教育的目標，應重視學生真實世界中解決問題的能力。我國九年一貫課程綱也強調「運用科技與資訊」、「主動探索與研究」、「獨立思考與解決問題」等基本能力；而自然與生活科技領域學習，更提及應以學習者為活動的主體，重視開放架構與專題本位的方法，進行探究及實作的方式，強調手腦並用、活動導向、設計與製作兼顧、知能與態度並重，以培養探索科學的興趣與熱忱，並應用於當前和未來的生活（教育部，2001）。因此，觀察與實驗是科學學習的重要過程，經由實際引導學生進行科學探究學習，從活動中的觀察探索，學習中的討論與實驗操作，促使學生主動發現、探究與解決問題，了解科學原理、澄清概念，激發科學探索的興趣，運用所學於生活中，進而建立正確的科學概念、方法及態度，並增進推理和分析等高層次思考能力。

一、教學動機：

反省筆者自身的教學現場發現，現今的科學教育往往是師生們照著教材或學習單的指示操作實驗，再依循教材或學習單的問題來完成統一填答。長期下來，學生在過多的輔助學習架構下，養成學生過分依賴教材引導與老師的抄寫提示，導致日後進行諸如科學展覽、專題研究等主題式學習時，學生很少主動發現問題，漸漸喪失了原有的獨立思考、創造思考與問題解決等能力。

有鑑於此，如何設計一個融入生活問題情境與自編教材，整合資優課程加深、加廣、加速的科學內容之教學歷程，兼顧適合資優生、具適度挑戰性的學習任務，以引導學生釐清、整合所學科學概念，讓學生達成真正科學學習中，基本能力的建立與科學素養的養成，整合、轉化與詮釋相關科學知識，進而推論更精緻的科學想法，實為課程設計時首重的目標，也是必要的教學嘗試。

二、教學理念：

教育的目的之一，在讓學生學會如何運用所學去解釋事件，並運用於日常生活經驗中。課堂中教師經常使用「問問題」來增進學童注意力，檢驗學生對於事件的反應能力，衡量學童應用知識的程度；而學習者要經過假設、預測、操作、提問、尋求解答、想像、發明等經驗，以便建構新知識。

根據許多研究指出，探究式教學雖有極高的教學成效，卻因其教學的挑戰性高，包括教學情境的營造、探究主題的產生、操作所需的器材準備、探究問題的引導和討論、探究結果的蒐集和撰寫等問題，常讓教師們望之卻步。

有次學生正好提及和媽媽在家裡做黑糖饅頭時，發現麵團加入酵母，且放

置一段時間後，麵團竟然慢慢地脹大起來，為什麼當酵母與麵團混合時，酵母就彷彿活了起來？筆者就此問題情境的提出順水推舟，融入生活中的科學探究活動，提供符合學生能力和興趣的教學設計，運用 P.O.E (Prediction—Observation—Explanation) 探究式教學之「預測-觀察-解釋」模式，引導讓學生經由觀察、發現、試驗與討論的主題探究過程，充分體驗科學學習的樂趣，藉此培養學生觀察發現、動手操作、邏輯推理、創造思考與問題解決的能力，主動建構出屬於自己有意義的新知識。

貳、理論依據—探究式教學

觀察、假設、實驗是學習科學知識的方式，在傳統講述式教學活動中，學習者對於科學知識的學習方式常無法完全包含這三個元件，而實驗往往也只是照表操作的食譜式實驗，與真正科學概念的學習內涵相違背，對於科學學習相當不利。在各種探究教學實施的教學模式中，以 P.O.E 模式是最能符合九年一貫課程綱要的精神。

在教學過程中除了能有效探測學生的概念 (Liew & Treagust, 1998) 外，也是一種透過探究活動達到學生概念改變的有效教學模式 (邱美虹, 2000)。葉辰楨 (2000) 研究提出，提供學生概念衝突情境的 P.O.E 教學模式，不但能有效引出學生另有概念，更有助於學生主動建構並重新組合自己的概念 (Kucukozer, 2008)；換言之，P.O.E 教學對於科學概念的學習具有相當程度的效益 (楊凱悌、邱美虹、王子華, 2009)，教學效果最為理想。

邱彥文 (2000) 認為，P.O.E 教學模式可以幫助教師診斷學生的學習狀況，有助於教師反思教學，促進教師專業成長；學生也對 P.O.E 學習情境持正向看法，表示喜歡這樣的活動，認為這樣的活動對科學學習有幫助。因此 P.O.E 探究式教學模式對教學者的概念教學與學習者的學習活動都相當有益，特別是以抽象概念為主的科學課程，經由一定步驟中新舊概念的相互結合，讓學習者有效理解科學課程中的抽象概念。

一、P.O.E 探究式教學模式的理論基礎

P.O.E 探究式教學模式最早是由 White & Gunstone 在 1982 年所發展設計的，以人本建構主義為基礎。為了解 P.O.E 教學，以下就人本建構主義的三大主張來敘述之：

(一) 有意義的學習

Ausubel 於 1968 年在《教育心理學：認知取向》曾提及：「先備知識是影響學生學習的首要因素，了解學生學習新知識之前具有的先備知識，配合之以設計教學，從而產生有效的學習，就是教育心理學的任務」(張春興, 1998)。「有意義的學習」(meaningful learning) 是 Ausubel 理論中的核心理念，他認為只要學習者有意識的連結新知識和舊概念，兩者不斷整合使認知結構更為完備，即產生有意義的學習；強調學習必須和本身已有的認知結構產生交互作

用，進而概念改變形成另一新的概念結構，這過程就是進行有意義學習。因此教師在教學前必須先瞭解學生既有的先備知識，以促進學生進行有意義的學習。

（二）人本主義

人本主義心理學被稱為心理學界的第三大勢力，是繼精神分析學派和行為主義學派後另一大思想主流。在人本主義心理學所形成的改革運動中，在心理學理論上，Maslow 居於首要地位。然而，在教育實際方面發生最大影響的卻是 Rogers（張春興，1998）。

而 Rogers 所創的心理治療法，被稱為當事人中心治療法（person-centered therapy），其基本理念和學習理論為：1. 學生為中心的教育理念；2. 自由為基礎的學習原則。綜觀之，Rogers 的人本主義教學理論重視學習者主體性的發展，關注學生的人格與價值，並要求培養學生的獨立性及創造性，「以學習者為中心」的教育目標是幫助學生自我實現，學習必須從情意層面著手，教師要提供促使學生發揮潛能的良好環境，才能達到認知層面的目標。

（三）建構主義（Constructivism）

1980 年代建構主義的出現與知識論有關，知識論是研究知識的性質、範圍與確實性的學問，其議題包括知識內容的客觀性及知識如何驗證等。其本質較傾向主觀主義，將知識論的重心置於認知的主體——人的上面。綜合整理科教界建構論者的觀點，認為建構式教學有下列理念：1. 學生是學習的主體，教師是協助者；2. 知識並非被動的接受，而是具有認知能力的個體主動建構的；3. 知識獲得的方式是藉由組織我們的經驗，而不是發現已存在的現實世界；4. 須以重複實驗、討論、認知衝突等方式進行教學，引導學生消除迷思概念，並建立可以被認同的科學概念體系（鍾聖校，1999）。

二、P.O.E 探究式教學模式的實施

P.O.E「預測（Prediction）—觀察（Observation）—解釋（Explanation）」是一種測量知識能力應用程度的教學模式（White & Gunstone，1992），其主要教學步驟有三：

- （一）預測（Prediction）：學習者運用原有的知識去預測一個事件的結果，其預測必須要有其支持的理由，才能提出。
- （二）觀察（Observation）：在事件完成之後，學習者去描述所觀察之事件的真正結果。
- （三）解釋（Explanation）：學習者解釋預測與觀察之間的矛盾，此歷程便具有認知衝突的特色。

透過「預測」，學習者能藉由教師及同儕的鼓勵下發言，並提出大膽創新的假設；實驗活動中，學習者透過自己操作，加強對實驗流程熟悉度，對各種事物的思考模式有所精進而小心求證；「解釋」則可讓學生知道預測和實驗間的差別所在，是非常有意義的後設認知歷程。

P.O.E 模式的執行，主要於「預測」階段中要求學生說出自己預測與推理的理由，藉以引發學童的教學前概念，據此作為教學基礎，引導後續的觀察、解釋與調和的步驟，促使學生進行有意義的學習。若學生在預測與觀察的實驗結果不一致，將產生概念衝突，進一步激發學生面對既有知識與觀察現象產生認知衝突時，重新調適與組織，形成新的知識體系來達成概念改變之目的（邱美虹，2000）。而學生在觀察前所做的「預測」行為也會提高其對實驗的參與度，特別是當大家對預測有不同看法時（Bruce, 1997），因此 P.O.E 教學模式不但能有效改變學生概念，亦能引發學生對即將發生現象的興趣，啟動自我探索的開關。

綜合上述，科學「探究式教學」是在科學學習場域所採取的一種教學模式，藉由科學探究活動，讓學生體驗與科學家相似的探究歷程，從而學習科學家的探究方法；以問題解決為導向，驗證科學原理與相關知能，培養主動探究和學習的態度。科學探究式教學的主要過程包括：1. 提出議題；2. 預測與假設；3. 訂定研究計劃與設計實驗；4. 進行實驗與收集數據；5. 分析與驗證；6. 評鑑結果；7. 延伸與論證。

參、科學領域探究式教學研究

本研究旨在深入探討筆者科學教學現場中，五年級資優資源班學生在 P.O.E（Prediction-Observation-Explanation）實驗教學活動中，對酵母的「發酵」與「活力」等概念之認知發展情形。期望學生能親身動手做實驗、動腦想科學，透過反覆的發現問題、確定問題、解決問題、與再設計再製作的歷程，培養學生創造思考與問題解決的能力。

一、探究教學實施(教師的任務)

(一) 課程目標：

1. 規劃符合其能力及興趣的主題課程，教師為資源提供者及統整方案諮詢者，達到因材施教的目的。
2. 以學生為學習的主角和創意的實踐者，促發其學習動機，進行有意義的科學概念學習，以增進學習成就。
3. 設計探究情境，提昇學生從事科學探究的能力，強化問題解決的能力，實踐科學領域中學以致用的理想。

(二) 教學設計理念

融入生活問題情境，結合現有自然學科課程，進行教材分析，編擬適切可行的教學設計：“酵”容滿麵—麵包酵母活力研究。採用 P.O.E 模式進行主題式探究教學，以趣味科學實驗啟發學生思考，透過具體操作實驗，讓學生主動探索生活科學中「發酵」之概念理解，強調問題情境與觀察現象之間的互動，與學生所習得科學概念相驗證。針對爭議之處再思考，以達成概念的一致。

(三) 教學策略：

透過要求學生執行三項作業來評量他們的理解：1. 預測某個事件的結果，並提出理由；2. 請學生描述自己看到發生什麼事情；3. 設法解決預測與觀察之間可能出現的衝突。

1. 預測 (Prediction)

- (1) 要求學生針對某一事件做出預測。
- (2) 要清楚確認學生所做預測的理論基礎。
- (3) 鼓勵學生勇敢預測，不必在乎是否為正確答案。

2. 觀察 (Observation)

- (1) 要求學生觀察實驗的進行，並在實驗進行時立即寫下所觀察到的現象。
- (2) 鼓勵學生思考任何想得到的可能性，並完整記錄自己所看到的現象。

3. 解釋 (Explanation)

- (1) 要求學生對所預測與觀察現象之間的矛盾處，加以提出解釋。
- (2) 鼓勵學生多發言，刺激學生多方面的思考。

二、科學探究歷程(學生的任務)

(一) 預測 (Prediction)

1. 針對某一事件做出預測，並清楚寫出來。
2. 決定如何使用何種理論來支持自己的預測，而不是胡亂的猜測。

(二) 觀察 (Observation)

1. 觀察實驗的進行，並寫下實驗時自己觀察到的現象。
2. 在寫出自己的觀察之前，先不與他人討論，以避免所觀察的角度或想法受他人影響。

(三) 解釋 (Explanation)

1. 針對預測與觀察之間的矛盾或衝突，提出合理解釋並試著去調和。
2. 利用已學過的理論基礎來解釋預測與觀察之間的不協調。

肆、探究式教學應用：以「“酵”容滿麵—麵包酵母活力研究」為例

一、研究動機

有一天，同學提到他和媽媽在家裡做黑糖饅頭，將麵團加入酵母，放置約二十分鐘後，麵團竟然慢慢地脹大起來。為什麼當酵母與麵團混合時，酵母就彷彿活了起來？我們上網查找了相關資料，得知水、糖、溫度……都可能影響酵母的活力，於是「水」和「糖」變成了我們研究的重點。

「水」是一種很特別的物質，在我們日常生活中扮演不可或缺的角色，近年因水污染情況日漸嚴重，坊間出現許多淨水設備，標榜能生產良好品質的飲用水，各種飲用水對於酵母的活動力有任何影響嗎？另外我們聯想到所有水果都含糖，只是糖分含量高低比例各不相同，水果含糖量的多寡，是否也會影響酵母的活力？這些問題引起我們高度的興趣，因此展開了以下的實驗。

二、研究目的

- (一) 實驗一：不同種類的水(R0 水、自來水、礦泉水、山泉水、能量水)對酵母活力的影響。
- (二) 實驗二：不同種類的新鮮水果汁(柳丁、棗子、蘋果、楊桃、大番茄)對酵母活力的影響。

三、研究設備與器材

- (一) 研究設備：量杯、量匙、秤、燒杯、市售健康飲品玻璃瓶(60ml)、夾鏈袋、直尺、電鍋、榨汁機、保鮮膜、攪拌棒、白板筆。
- (二) 實驗材料：中筋麵粉、酵母粉、砂糖、水(R0 水、自來水、礦泉水、山泉水、能量水)、水果(柳丁、棗子、蘋果、楊桃、大番茄)、沙拉油。

四、研究限制

(一) 揉製成的麵團難以定量

雖然每次都力求實驗的標準化，量取定量的麵粉、酵母粉、砂糖、水及新鮮果汁，又為了使麵團順利壓入瓶內，而在保鮮膜與白板筆上塗抹微量的油；但麵團仍可能殘留在保鮮膜或玻璃瓶口，或因搓揉技巧不一致，麵團無法完全壓入瓶內，也難以壓到最平整，而未能達到預期所設定之相同的原始高度。

(二) 電鍋保溫時距難以固定

該實驗研究，是來自分散各班的同學，一起於資優班上課間進行，於資優班上課時段完成實驗設置，僅能於下課時間，前往資優班觀察測量。因此麵團於電鍋內保溫時段無法固定，較難整理出觀測時距和酵母發酵結果的規則性。

(三) 受外界天氣影響大

酵母發酵過程中，仍可能受環境因素，包括溫度、溼度等的影響，實驗數據可能無法達到完全的精準。

五、研究過程

(一) 研究一(問題情境一)：不同種類的水(R0 水、自來水、礦泉水、山泉水、能量水)對酵母活力的影響。

1. 預測：酵母在五種不同水中的平均成長率排名為，能量水 > R0 水 > 礦泉水 > 自來水 > 山泉水。

2. 方法(觀察)：

(1) 實驗材料：如下表 1

	麵團直徑差變化	麵團淨升高變化
麵粉	30 公克	15 公克
酵母粉	1 公克(2%~3%麵粉)	0.5 公克(2%~3%麵粉)
砂糖	3 公克(10%麵粉)	1.5 公克(10%麵粉)
水	19 公克(50%~60%麵粉)	8 公克(50%~60%麵粉)

(2) 麵團「直徑差」變化的研究過程：

① 取一段保鮮膜約，塗抹上些許沙拉油，將其置於燒杯中。

- ②分別量測 30 公克麵粉、1 公克酵母粉及 3 公克砂糖各五份；另量測 19 公克的 RO 水、自來水、礦泉水、山泉水與能量水。
- ③將定量的麵粉、酵母粉和砂糖倒入燒杯，取段保鮮膜平放於桌面，漸次加入 RO 水、自來水、礦泉水、山泉水或能量水，以攪拌棒均勻混合所有材料成麵團，詳見表 2。
- ④五份麵團（詳見表 2）盡力揉成正圓形，放入夾鏈袋並封口後，同時擺進保溫的電鍋中。

表 2 放入保溫電鍋前的麵團

圖 1 自來水	圖 2 RO 水	圖 3 礦泉水	圖 4 山泉水	圖 5 能量水
				

- ⑤自放入電鍋開始，每節下課取出五袋麵團（詳見圖 6），以直尺測量並記錄麵團於夾鏈袋中的膨脹情形，再求算酵母發酵後麵團直徑差與成長率。



圖 6 實驗後自保溫電鍋中取出的麵團

(3) 麵團「淨升高」變化的研究過程：

- ①取一段保鮮膜約，塗抹上些許沙拉油，將其置於燒杯中。
- ②配合選用的市售健康飲品其玻璃瓶(60ml)容量，並預留麵團膨脹空間，將實驗材料減半處理，改以 15 公克麵粉、0.5 公克酵母粉及 1.5 公克砂糖各五份量測之；另量測 8 公克的 RO 水、自來水、礦泉水、山泉水與能量水(詳見圖 7)。



圖 7 不同種類的水之量測

③將定量麵粉、酵母粉、砂糖和不同果汁倒入燒杯的保鮮膜裡，小心取出保鮮膜平放於桌面，分次慢慢加入 RO 水、自來水、礦泉水、山泉水或能量水，以攪拌棒均勻混合所有材料成麵團。



圖 8 將麵團下壓至玻璃瓶底

④再利用白板筆的筆尾，將放入玻璃瓶的麵團下壓至平整（詳見圖 8）後，五份麵團同時擺進保溫的電鍋中（詳見圖 9）。



圖 9 將麵團同時放入保溫中的電鍋

⑤自放入電鍋開始，每節下課取出玻璃瓶，以直尺測量並記錄麵團於玻璃瓶內升高情形，再求算酵母發酵後麵團淨升高、膨脹體積與成長率。

3. 記錄：詳見附件一。

4. 結果（解釋）：

(1) 各種類的「水」，表面上看起來都一樣乾淨，但真的都是相同嗎？由實驗結果得知，酵母在五種水中的平均成長率排名為：能量水 > 自來水 > 山泉水 > RO 水 > 礦泉水。

(2) 加入能量水的麵團，對酵母活力的影響(膨脹成長)最佳，達 1.11 的高平均成長率，與以平均成長率 1.02 名列第二的自來水，有一小段差距。如果要做品質最好、口感柔軟的麵包時，可以選擇自來水與能量水試試，但必須先經過煮沸處理。

(二) 研究二(問題情境二)：不同種類的新鮮水果汁(柳丁、棗子、蘋果、楊桃、大番茄)對酵母活力的影響。

1. 預測：酵母在五種不同水中的平均成長率排名為，柳丁汁 > 棗子汁 > 楊桃汁 > 蘋果汁 > 大番茄汁。

2. 方法（觀察）：

(1) 實驗材料：如下表 3

	麵團淨升高變化
麵粉	15 公克
酵母粉	0.5 公克(2%~3%麵粉)
新鮮果汁	9 公克(50%~60%麵粉)

(2) 麵團「淨升高」變化的研究過程：

①取一段保鮮膜約，塗抹上些許沙拉油於保鮮膜上方，將此保鮮膜置於燒杯中。

- ② 稍微清洗柳丁、棗子、蘋果、楊桃、大番茄表皮後，以榨汁機取果肉分別榨出新鮮果汁。
- ③ 分別量測 15 公克麵粉及 0.5 公克酵母粉各五份；另外量測 9 公克柳丁、棗子、蘋果、楊桃與大番茄五種新鮮水果汁。
- ④ 將定量的麵粉和酵母粉倒入燒杯，取出保鮮膜平放桌面，分次慢慢加入柳丁汁、棗子汁、蘋果汁、楊桃汁或大番茄汁，以攪拌棒使所有材料充分混合均勻成麵團。
- ⑤ 利用白板筆筆尾，將麵團平整下壓至玻璃瓶，再同時放入保溫的電鍋(如圖 10)。
- ⑥ 自放入電鍋開始，每節下課取出玻璃瓶，以直尺測量並記錄麵團於玻璃瓶內升高情形，再求算酵母發酵後麵團淨升高、膨脹體積與成長率。



圖 10 酵母中加了果汁的麵團

3. 記錄：詳見附件二。

4. 結果(解釋)：

- (1) 本來我們預測加入柳丁汁的麵團，可以增加酵母的活動力，發酵情形會最好，而加入蘋果汁、大番茄汁二者應該不利於酵母的發酵。但實驗結果顯示，酵母在五種新鮮果汁中的平均成長率排名為：棗子汁 > 楊桃汁 > 柳丁汁 > 蘋果汁 > 大番茄汁。加入棗子汁的麵團，以 0.79 的平均成長率拿下第一，對酵母活力有最大的影響(膨脹成長)，而排名第二、三、四名的楊桃汁、柳丁汁、蘋果汁對酵母活力的影響非常接近，平均成長率都只差了 0.01。
- (2) 五次實驗中，加入柳丁汁的麵團，發酵成長率僅一次居冠，其平均成長率也僅名列第三，其中尚有一次實驗其酵母的發酵情形，不如加了大番茄汁的麵團；而加入蘋果汁的麵團，在五次實驗中竟然有兩次出乎大家意料之外，酵母的發酵變化分別以 1.14 和 0.95 的高成長率奪冠。我們推測可能受每一次大家帶來水果的甜度(品種、成熟度)，或實驗過程中水果的氧化程度所影響。

六、研究結論與未來研究展望

(一) 研究結論

1. 綜合實驗結果來看，酵母在添加五種水或五種水果中，平均發酵時間於 60 分鐘左右，麵團都呈現體積膨脹升高的正成長變化。

2. 糖是供給酵母發酵的重要能量來源，綜合我們收集的參考資料得知，實驗中選用五種水果的含糖量多寡，依序為：棗子≡楊桃>柳丁≡蘋果>大番茄。對照比較實驗結果，發現糖分多寡與酵母活力成正比，棗子汁的含糖量與添加棗子汁的麵團之平均成長率皆遙遙領先，對酵母活力(膨脹程度)的影響明顯；而大番茄汁的含糖量與添加大番茄汁的麵團之平均成長率則居五種水果之末。
3. 由成長率(詳見表 16、表 27)的整體數據呈現來看，我們發現，加入水的麵團，相較於加入新鮮果汁的麵團，對麵包酵母活力(膨脹程度)的影響程度較明顯，因此五種水中所含成分更令我們好奇。

(二) 未來研究展望

1. 無論不同種類的水或不同種類的水果原汁，對酵母活力的實驗，從所有實驗結果發現，麵團的成長都不相同，前幾次最後一名，一下又攀升到第一名的例子不在少數。推測可能與麵粉、糖、水及新鮮果汁的量測誤差，大氣中的溼度，測量時的溫度差異(電鍋內外)，或是麵團沒有壓好等因素有關，導致麵團成長狀況各異的現象，希望以後能做更嚴謹的實驗設計，作更精確的研究。
2. 考量等待大家完成麵團揉製的過程，將玻璃瓶放進電鍋前，麵團可能已經膨脹，或有一部份水分可能散失於空氣中，而影響發酵情形。在後幾次的實驗中，取來瓶蓋先蓋住已完成處理的玻璃瓶，減少空氣可能對酵母的作用與麵團的影響，希望日後有機會再研究時能盡力改善。
3. 水中的成分(如礦物質含量)與水質(水的來源、水的過濾類型等)，是否成為影響酵母活力的因素？水果的品種、成熟度、氧化程度等，是否也會左右酵母活力的變化？希望以後有機會能在針對酵母活力相關影響因素，作更深入精確的探討。
4. 假以時日，若能取得更完善的實驗資源，還希望可以透過顯微鏡與相機觀察並拍攝酵母活動的情形，進一步比較不同種類的水，或不同種類的水果，對酵母活力的影響情形。

伍、結論與省思

本研究中的主題探究式教學活動設計，首重培養學生觀察、推理及運用所學知識來解釋新的實驗現象之能力。透過 P.O.E 探究式教學歷程，分析教學日誌與學生學習歷程相關檔案等質性資料，發現學生在實驗操作、現象觀察與實驗記錄中，可以得到具體且直接的感受；此外，由學生的迷思概念角度出發，瞭解學生真實的概念理解是否正確後，可運用同儕彼此間的論證來轉化，藉著同儕間較能互通的語言，來互相辯白並權衡彼此的觀點，使概念越辯越明，更容易被學生所接受，強化學生科學邏輯思維。

此次設計與實施 P.O.E 探究式教學法，筆者在實作過程中親身觀察學生在探究教學中的學習成效，充份體認讓學生「先預測、再觀察、後解釋」的做法，

可激發學生的好奇心，增加探索科學問題的動機，且與同儕討論、互動的過程中，需要閱讀相關的補充資料，才能針對問題情境或迷思概念，進行多次反覆的探討，以澄清自己的想法，轉化為自己的語言來表達科學概念的意涵。所以，學生在探究學習歷程中，參與許多實驗操作與現象觀察的 POE 學習活動，科學探究的機會將比傳統式的教學來得更多，強化了他們對於科學概念理解、科學探究以及問題解決等科學素養與科學知能。

綜上所述，探究教學確實能有效提升學生在科學概念、知能與態度方面的學習成效，因此以開放式提問激發學生高層次思維；營造給予支持的學習氣氛，容許學生有更大彈性和更多選擇；採用創意思維的教學法，鼓勵學生發現問題、邏輯思考、討論與批判等多元互動學與教策略的活用，涵養學生擁有接受挑戰、不斷學習，及有智慧地解決問題的能力，以適應現在、駕馭未來，成為未來世界的贏家。

陸、參考資料

一、中文部份

- 邱美虹（2000）。概念改變研究的省思與啟示。《科學教育學刊》，8，1-34。
- 教育部（2000）。國民中小學九年一貫課程總綱。台北市：教育部。
- 張春興（1998）。教育心理學—三化取向的理論與實踐。台北市：東華。
- 葉辰楨（2000）。POE 模式在國一生物科教學之運用。第十六屆科學教育學術研討會，國立臺灣師範大學。
- 楊凱悌、邱美虹、王子華（2009）。應用數位影音融入POE教學改善國小高年級學童脊椎動物分類另有概念之效益研究。《科學教育學刊》，17(5)，387-407。
- 鍾聖校（1999）。自然與科技課程教材教法。台北市：五南。

二、英文部份

- Bruce, B. C. (1997). Benefits of P.O.E. Retrieved Jun 17, 2012, from <http://people.lis.illinois.edu/~chip//teach/resources/POE/POEbenefits.shtml>
- Kucukozer, H. (2008). The effects of 3D computer modelling on conceptual change about seasons and phases of the Moon. *Physics Education*, 43(6), 632-636.
- Liew, C. W. & Treagust, D. F. (1998). *The effectiveness of predict-observe-explain tasks in diagnosing students' understanding of science and in identifying their levels of achievement*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. San Diego, April 13-17, 1998. (ERIC Document Reproduction Service No. ED420715)
- White, R. & Gunstone, R. (1992). Prediction-observation-explanation. In R. White & R. Gunstone(Eds.), *Probing understanding* (pp. 44-64). London: The Falmer Press.

附件一 酵母加入不同水後的麵團發酵變化實驗紀錄圖表

表 4 酵母在不同水中的發酵情形

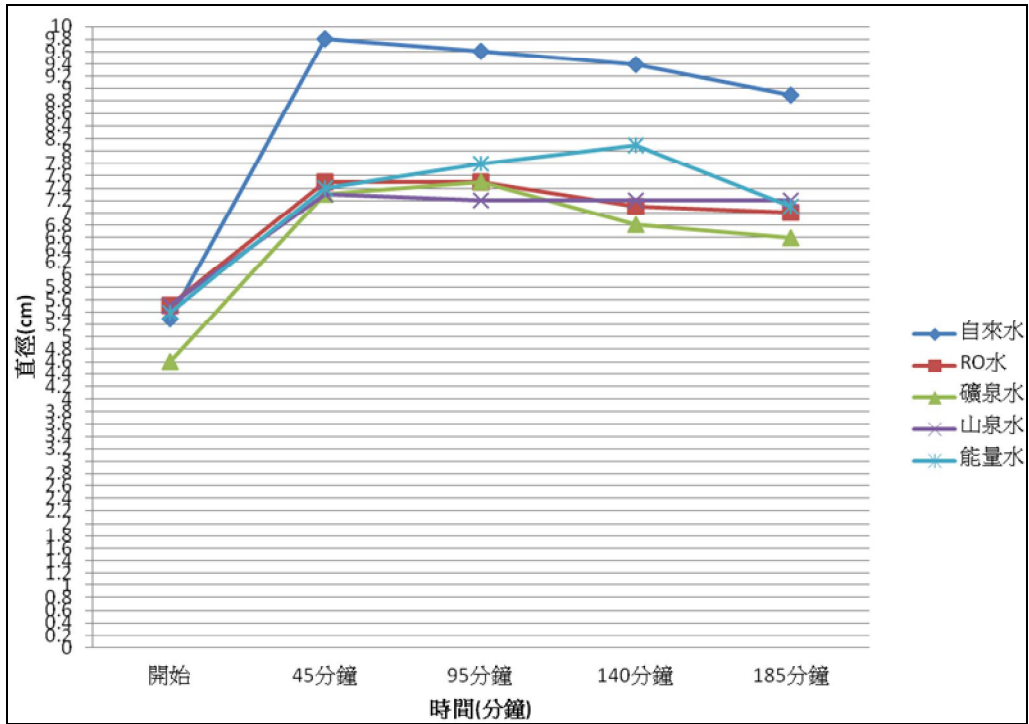
記錄時間 麵粉團 直徑(cm)		開始	45 分鐘	95 分鐘	140 分鐘	185 分鐘	麵粉團 直徑差	成長率	排名
		13:15	14:00	14:50	15:35	16:20			
電鍋保溫： 35°C	自來水	5.3	9.8	9.6	9.4	8.9	3.6	0.68	①
	RO 水	5.5	7.5	7.5	7.1	7.0	1.5	0.27	
	礦泉水	4.6	7.3	7.5	6.8	6.6	2.0	0.43	②
	山泉水	5.5	7.3	7.2	7.2	7.2	1.7	0.31	③
	能量水	5.4	7.4	7.8	8.1	7.1	1.7	0.31	③

表 5 不同水中的酵母之發酵變化

經過時間 水的種類		45 分鐘	95 分鐘	140 分鐘	185 分鐘
		電鍋保溫： 35°C	自來水	+	-
RO 水	+		×	-	-
礦泉水	+		+	-	-
山泉水	+		-	×	×
能量水	+		+	+	-

註：「+」表示麵團膨脹，「-」表示麵團收縮，「×」表示麵團沒有變化。

圖 11 酵母在不同水中發酵後，麵團直徑的變化



第一次實驗：101.01.03

* 我們發現：

1. 自來水在首次觀察時，激長到 9.8cm，而後以 0.2cm 遞減；最後一次觀測的直徑差最大，和其他兩名有極大落差。RO 水在 45~95 分鐘期間沒有變化，但後兩次測量卻呈現負成長。山泉水 95 分鐘測量後，就不再變化。能量水前 140 分鐘都持續成長，但 140 分鐘後卻陡降 1 公分。
2. 如何量測麵團在夾鏈袋裡的直徑差，其實讓我們傷透了腦筋，在大家腦力激盪下，不斷調整與改善測量方式(如以下附圖)。由鉛直擺放的兩把直尺間距測量起，到運用兩個平行擺放的保鮮膜盒作為輔助測量用具，為更確定輔助測量的兩保鮮膜盒之平行，以三角板畫平行線的原理思考，於保鮮膜盒兩側再擺放兩本書輔助固定，力求得到最精確的測量結果。



圖 12 力求最精確的測量結果，於保鮮膜盒兩側再擺放兩本書輔助固定

3. 經大家竭力思考，我們的測量方式仍有爭議，如：麵團膨脹後並非變球形麵團，且有厚薄之差異，如何找出其最大直徑加以測量？於是，討論後我們改變了實驗設計，決定以觀測麵團的**高度差**變化試驗酵母的活力。

表 6 酵母在不同水中的發酵情形

記錄時間 麵粉團 高度 水的種類	經過時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	開始 09:14	60 分鐘 10:14	106 分鐘 11:00	156 分鐘 11:50	196 分鐘 12:30				
自來水	1.5	2.9	3.0	3.0	2.8	1.3	9.18	0.87	
RO 水	2.1	5.5	6.0	6.1	5.5	3.4	24.02	1.62	②
礦泉水	3.0	5.7	6.3	5.5	5.5	2.5	17.66	0.83	
山泉水	1.9	4.6	4.5	4.5	4.5	2.6	18.37	1.37	③
能量水	2.0	7.1	7.0	6.8	6.5	4.5	31.79	2.25	①
電鍋保溫：35°C					玻璃瓶底面積：7.065cm ²				

表 7 不同水中的酵母之發酵變化

水的種類		經過時間			
		60 分鐘	106 分鐘	156 分鐘	196 分鐘
電鍋保溫： 35°C	自來水	+	+	×	—
	RO 水	+	+	+	—
	礦泉水	+	+	—	×
	山泉水	+	—	×	×
	能量水	+	—	—	—

註：「+」表示麵團膨脹升高，「—」表示麵團收縮降低，「×」表示麵團沒有變化。

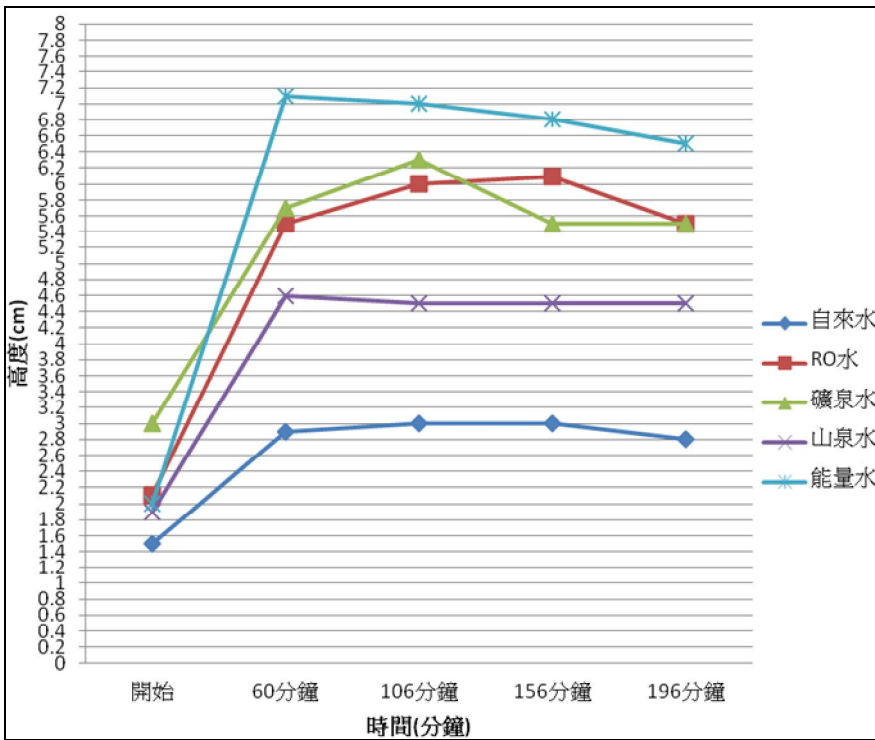


圖 13 酵母在不同水中發酵後，麵團高度的變化

* 我們發現：

1. 起始高度差（極大值與極小值差）由 1.5cm，到最後一次測量的 3.7cm，乾酵母在五種水中的發酵變化有很大的差異；首次觀測平均約成長兩倍，能量水甚至成長 3.5 倍。
2. RO 水在 1 月 3 日第一次實驗時，長幅很小，但此次實驗卻能達到 1.62 的高成長率。山泉水於第三次和第四次所測得高度都沒有變化。能量水第一次觀測就成長了 5.1cm，其所含成分或物質讓人感到好奇。
3. 與首次(1月3日)實驗相比較，五種水對酵母發酵變化之影響，目前還觀察不出規則性。

表 8 酵母在不同水中的發酵情形

記錄時間 麵粉團高度(cm)	經過時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	開始	50 分鐘	105 分鐘	155 分鐘	205 分鐘				
自來水	09:15 3.2	10:05 5.1	11:00 5.0	11:50 5.0	12:40 5.0	1.8	12.72	0.56	③
RO 水	3.2	6.0	5.5	5.5	5.5	2.3	16.25	0.72	②
礦泉水	2.8	3.3(10.5)	3.0	3.0	3.2	0.4	2.83	0.14	
山泉水	3.4	6.2	6.4	6.5	6.0	2.6	18.37	0.76	①
能量水	3.5	5.3	5.7	5.8	5.4	1.9	13.42	0.54	

電鍋保溫：35°C 玻璃瓶底面積：7.065cm²

原滿溢至瓶口，發現中間空心後，將其向下壓平。

表 9 不同水中的酵母之發酵變化

水的種類	經過時間	50 分鐘	105 分鐘	155 分鐘	205 分鐘		
		電鍋保溫：35°C	自來水：+	RO 水：+	礦泉水：+	山泉水：+	能量水：+
			自來水：-	RO 水：-	礦泉水：×	山泉水：×	能量水：×

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「×」表示麵團沒有變化。

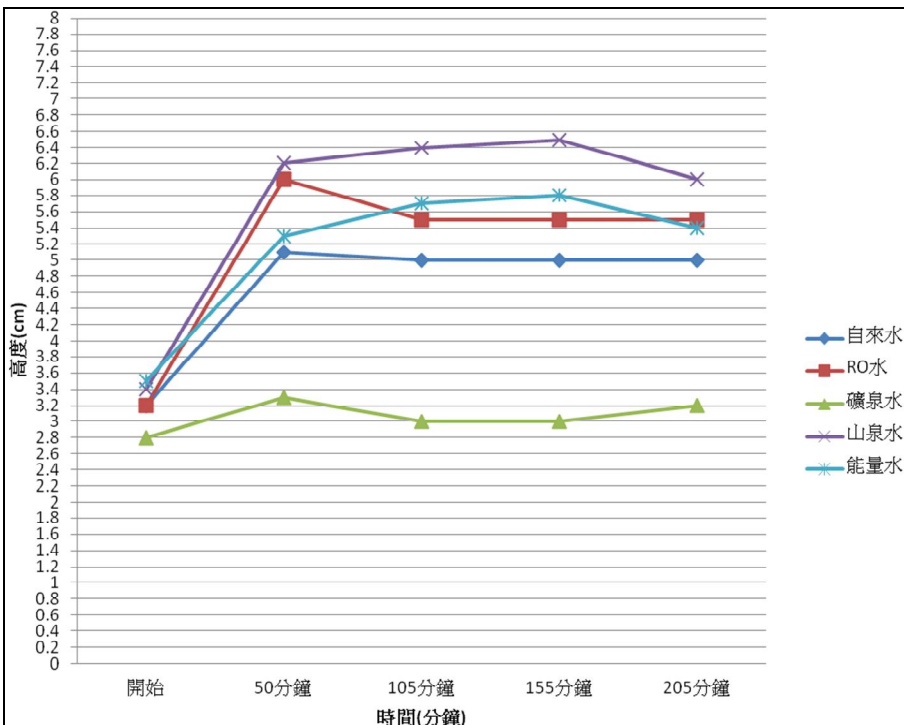


圖 14 酵母在不同水中發酵後，麵團高度的變化

*我們發現：

1. 自來水和 RO 逆滲透水僅成長了一次，就開始收縮降低，甚至停止變化。
2. 五十分鐘後的首次觀測，礦泉水滿溢到瓶口 (達 10.5cm)，進而發現瓶身中間呈現空心狀態，我們討論後將麵團向下壓平，繼續實驗進行；但實驗中才發現瓶底空隙，而採取向下壓整的動作，可能成為礦泉水後來幾乎不成長的最大的因素，而影響此次實驗的準確性。
3. 至目前三次實驗，山泉水成長狀況都名列前三名。

表 10 酵母在不同水中的發酵情形

記錄時間 麵粉團 高度(cm)	經過時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	開始	58 分鐘	101 分鐘	155 分鐘	200 分鐘				
自來水	3.3	6.3	6.7	6.5	6.0	2.7	19.08	0.82	②
RO 水	3.7	6.5	6.5	7.2	6.6	2.9	20.49	0.78	③
礦泉水	2.8	4.7	4.8	4.0	4.4	1.6	11.30	0.57	
山泉水	3.1	5.4	5.5	5.0	5.9	2.8	19.78	0.90	①
能量水	3.0	4.0	3.7	4.5	4.4	1.4	9.89	0.47	

電鍋保溫：35°C 玻璃瓶底面積：7.065cm²

表 11 不同水中的酵母之發酵變化

水 的 種 類		經過時間			
		58 分鐘	101 分鐘	155 分鐘	200 分鐘
電 鍋 保 溫： 35°C	自來水	+	+	-	-
	RO 水	+	×	+	-
	礦泉水	+	+	-	+
	山泉水	+	+	-	+
	能量水	+	-	+	-

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「×」表示麵團沒有變化。

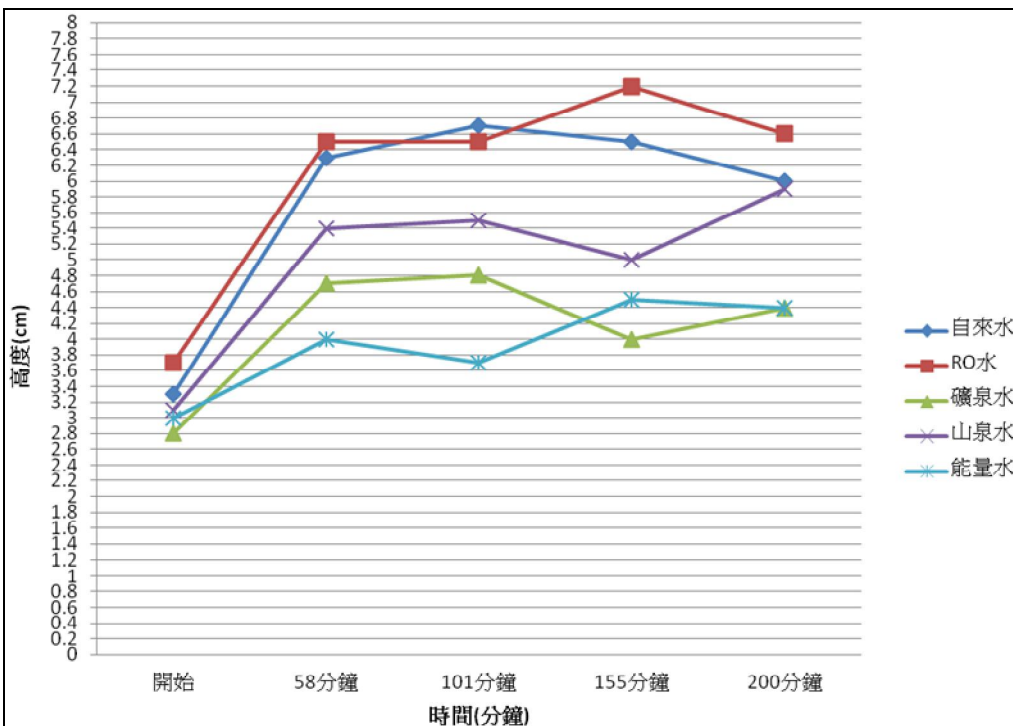


圖 15 酵母在不同水中發酵後，麵團高度的變化

* 我們發現：

1. 這次實驗中，礦泉水、山泉水和能量水都是縮了又長。RO 水有一次完全沒有變化，其他種類的水在每次觀測時，都有膨脹升高或收縮降低的差異改變。而能量水對酵母的發酵作用，麵團呈現「長→縮→長→縮」的變化。
2. 發酵成長變化的前三名差距小，測量時只要有一點點的誤差，實驗結果可能就此改變。

表 12 酵母在不同水中的發酵情形

水的種類	記錄時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	開始	59 分鐘	99 分鐘	154 分鐘	194 分鐘				
自來水	2.4	6.5	4.0	6.4	6.0	3.6	25.43	1.50	①
RO 水	2.7	4.3	3.0	4.0	4.0	1.3	9.18	0.48	
礦泉水	2.6	4.0	3.9	4.5	4.2	1.6	11.30	0.62	③
山泉水	3.3	4.3	4.3	4.9	4.7	1.4	9.89	0.42	
能量水	3.0	4.4	4.7	5.0	5.0	2.0	14.13	0.67	②

電鍋保溫：35°C 玻璃瓶底面積：7.065cm²

表 13 不同水中的酵母之發酵變化

水的種類		經過時間			
		59 分鐘	99 分鐘	154 分鐘	194 分鐘
電鍋保溫： 35°C	自來水	+	-	+	-
	RO 水	+	-	+	×
	礦泉水	+	-	+	-
	山泉水	+	×	+	-
	能量水	+	+	+	×

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「×」表示麵團沒有變化。

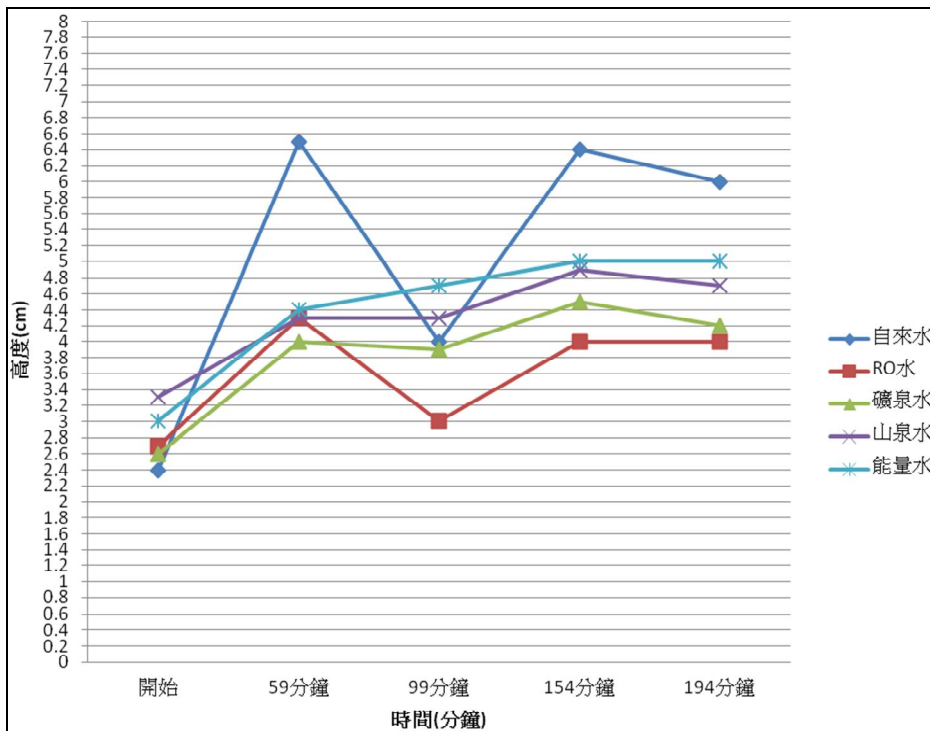


圖 16 酵母在不同水中發酵後，麵團高度的變化

*我們發現：

1. 加入自來水和礦泉水的麵團，呈現長了又縮、縮了又長的趣味變化。加入自來水的麵團，雖然起始高度最矮，但第一次觀測就遙遙領先，實驗結果更高達 1.5 倍的成長率，是位居第二能量水的兩倍多。加入山泉水的麵團沒有前幾次成長得多，而且還敬陪末座。
2. 經 2.5 小時後，能量水仍持續膨脹，第四次測量(194 分鐘)後，才停止成長。

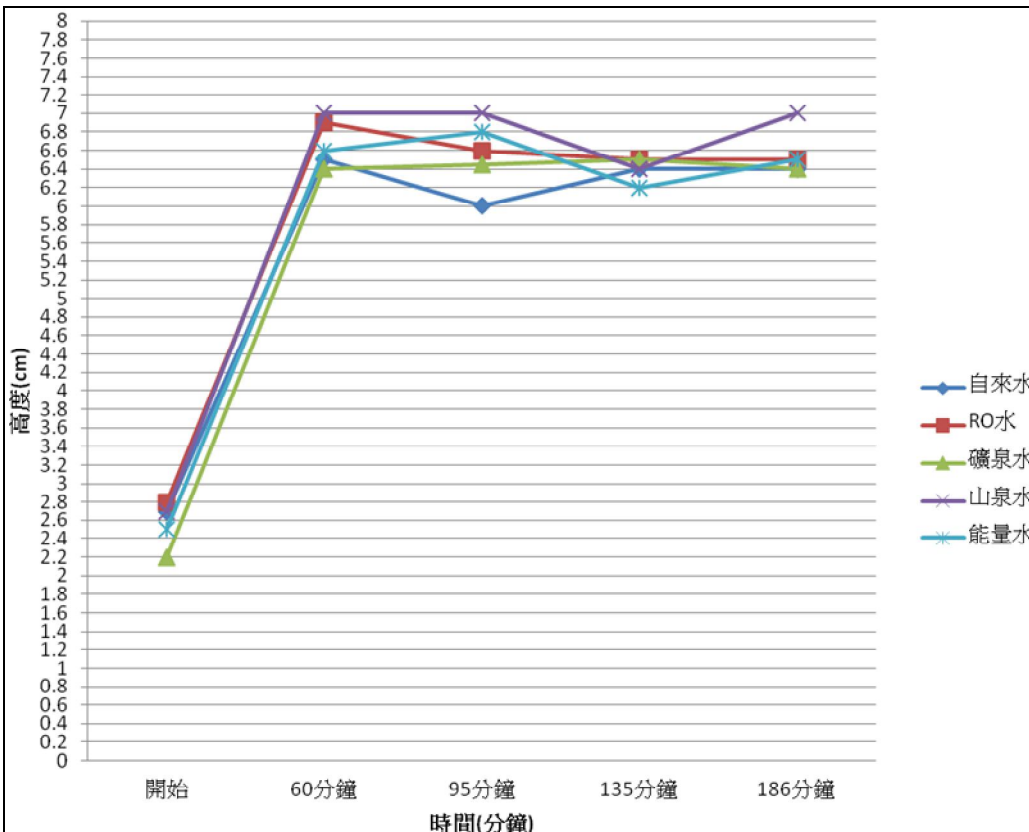
表 14 酵母在不同水中的發酵情形

水的種類	記錄時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	開始 10:55	60 分鐘 11:55	95 分鐘 12:30	135 分鐘 13:10	186 分鐘 14:01				
自來水	2.7	6.5	6.0	6.4	6.4	3.7	26.14	1.37	
RO 水	2.8	6.9	6.6	6.5	6.5	3.7	26.14	1.32	
礦泉水	2.2	6.4	6.45	6.5	6.4	4.2	29.67	1.91	①
山泉水	2.7	7.0	7.0	6.4	7.0	4.3	30.38	1.59	③
能量水	2.5	6.6	6.8	6.2	6.5	4.0	28.26	1.60	②
電鍋保溫：35°C					玻璃瓶底面積：7.065cm ²				

表 15 不同水中的酵母之發酵變化

水的種類	經過時間				
	60 分鐘	95 分鐘	135 分鐘	186 分鐘	
電鍋保溫： 35°C	自來水	+	-	+	×
	RO 水	+	-	-	×
	礦泉水	+	+	+	-
	山泉水	+	×	-	+
	能量水	+	+	-	+

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「×」表示麵團沒有變化。



- *我們發現：
1. 這次實驗中加入五種水的所有麵團，第一次觀測時都以超過2.4倍的成長速率迅速膨脹。
 2. 此次酵母在各種水中的麵團發酵，無論膨脹或收縮變化，都趨於平穩，淨升高差距僅在0.6cm，沒有出現前幾次實驗的大起大落。

圖 17 酵母在不同水中發酵後，麵團高度的變化

表 16 酵母在各種水中的成長率

水的種類 \ 次數	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均值	排名
自來水	0.87	0.56	0.82	1.5	1.37	1.02	②
RO 水	1.62	0.72	0.78	0.48	1.32	0.98	
礦泉水	0.83	0.14	0.57	0.62	1.91	0.81	
山泉水	1.37	0.76	0.9	0.42	1.59	1.01	③
能量水	2.25	0.54	0.47	0.67	1.6	1.11	①

★附註：由於第一次“麵團「直徑差」變化”實驗中，測量方法仍有失嚴謹，因此上表捨棄直徑差變化結果，僅選取實驗設計變更後，第二次至第六次的“麵團「淨升高」變化”，進行結果討論。

酵母對加入各種水中的麵團之發酵作用

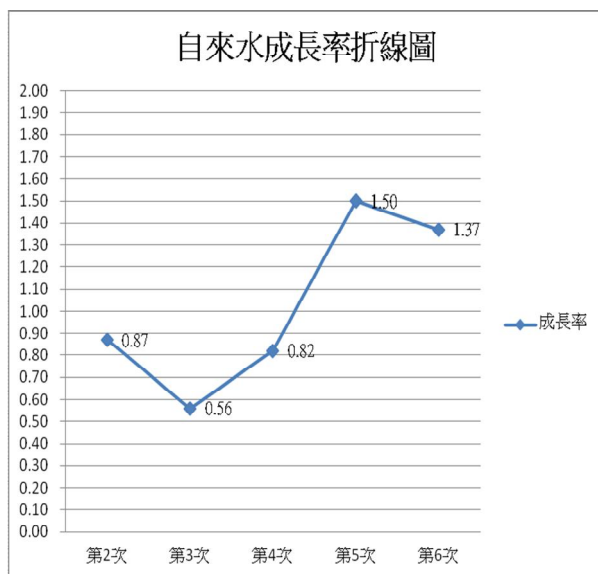


圖 18 酵母在自來水中的麵團成長率

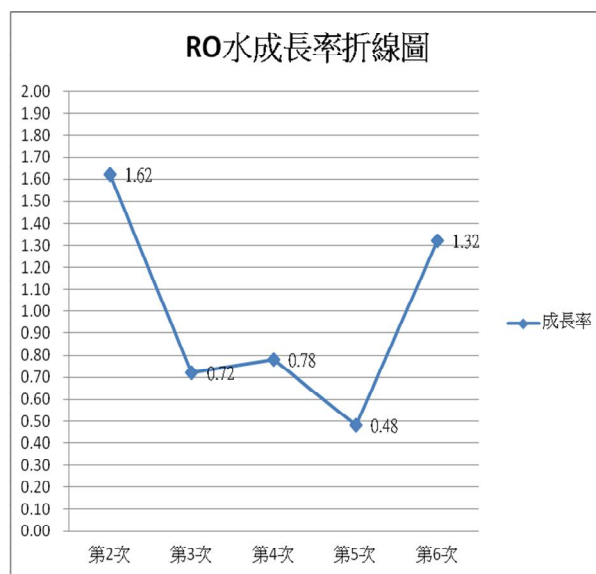


圖 19 酵母在 RO 水中的麵團成長率



圖 20 酵母在礦泉水中的麵團成長率

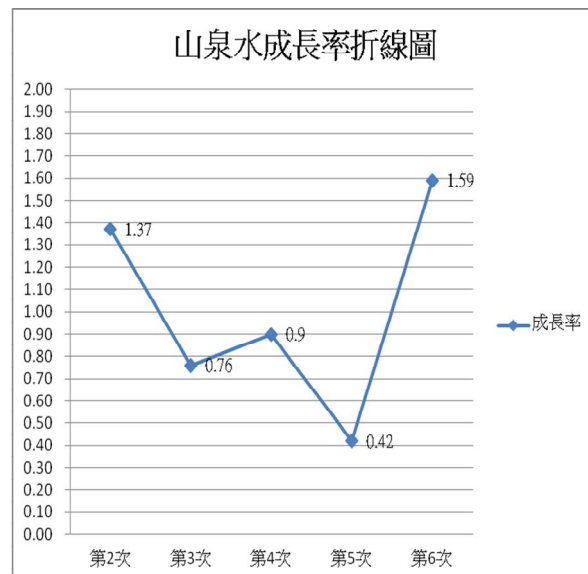
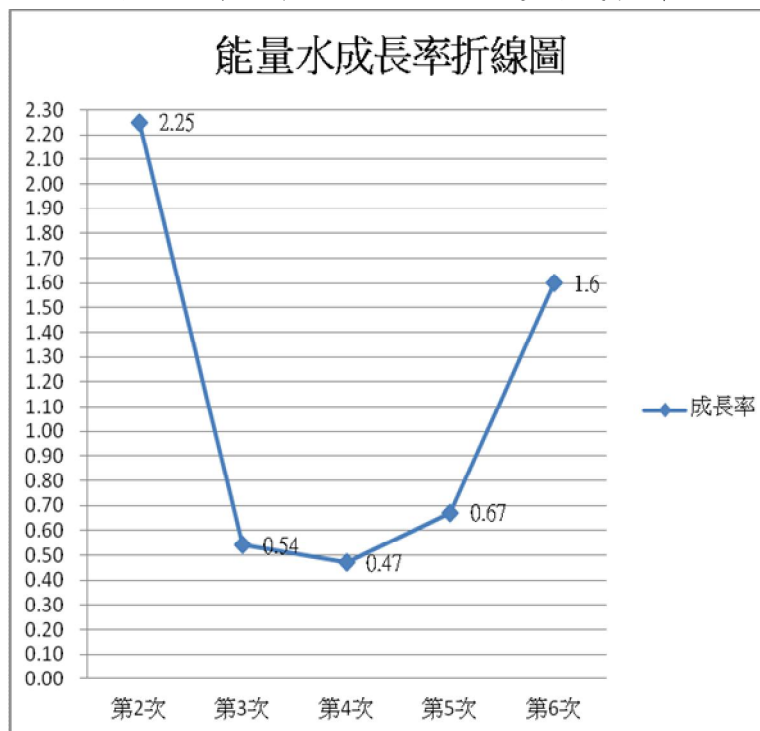


圖 21 酵母在山泉水中的麵團成長率

圖 22 酵母在能量水中的麵團成長率



附件二 酵母加入不同新鮮水果汁後的麵團發酵變化實驗紀錄圖表

表 17 酵母在不同果汁中的發酵情形

水果種類	記錄時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	麵粉團高度 (cm)	開始 13:05	55 分鐘 14:00	101 分鐘 14:46	151 分鐘 15:36				
棗子	2.4	3.5	3.7	4.3	6.0	3.6	25.43	1.50	①
番茄	2.6	4.0	4.5	4.0	4.4	1.8	12.72	0.69	
柳丁	2.5	5.2	5.3	4.7	5.6	3.1	21.90	1.24	②
楊桃	3.0	6.3	6.5	6.4	6.5	3.5	24.73	1.17	③
蘋果	2.8	5.5	4.7	4.5	4.6	1.8	12.72	0.64	
電鍋保溫：35°C					玻璃瓶底面積：7.065cm ²				

表 18 不同果汁中的酵母之發酵變化

水果種類	經過時間				
	55 分鐘	101 分鐘	151 分鐘	200 分鐘	
電鍋保溫： 35°C	棗子	+	+	+	+
	番茄	+	+	-	+
	柳丁	+	+	-	+
	楊桃	+	+	-	+
	蘋果	+	-	-	+

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「x」表示麵團沒有變化。

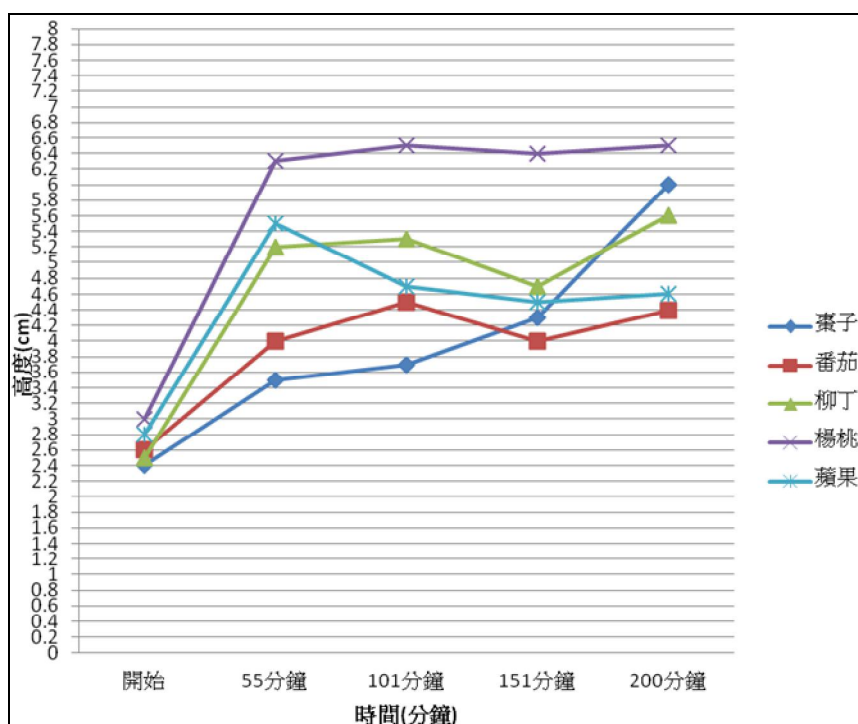


圖 23 酵母在不同果汁中發酵後，麵團高度的變化

*我們發現：

1. 加入棗子汁的麵團，四次觀測都一直成長沒有縮，或許繼續記錄下去，可能還會再成長哦！
2. 酵母在棗子汁中的發酵情形，是在番茄汁和蘋果汁中的2倍以上，達1.5倍的高成長率。
3. 加入棗子汁的麵團是唯一持續升高，沒有停止的現象；而加入番茄汁、柳丁汁、楊桃汁的麵團，其生長則同時呈現「長→長→縮→長」的現象。
4. 加入棗子汁、柳丁汁和楊桃汁的麵團，可能因所含糖分較多，成長率也名列前茅。

表 19 酵母在不同果汁中的發酵情形

水果種類	記錄時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	開始 08:45	35 分鐘 09:20	75 分鐘 10:00	135 分鐘 11:00	185 分鐘 11:50				
棗子	2.6	3.9	4.0	4.0	4.1	1.5	10.60	0.58	②
番茄	2.6	4.1	4.3	4.0	3.8	1.2	8.48	0.46	
柳丁	2.4	4.5	4.3	4.2	4.2	1.8	12.72	0.75	①
楊桃	3.2	5.0	4.7	5.0	5.0	1.8	12.72	0.56	③
蘋果	2.9	3.8	3.6	3.0	3.6	0.7	4.95	0.24	

電鍋保溫：35°C 玻璃瓶底面積：7.065cm²

表 20 不同果汁中的酵母之發酵變化

水果種類	經過時間				
	35 分鐘	75 分鐘	135 分鐘	185 分鐘	
電鍋保溫： 35°C	棗子	+	+	×	+
	番茄	+	+	-	-
	柳丁	+	-	-	×
	楊桃	+	-	+	×
	蘋果	+	-	-	+

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「×」表示麵團沒有變化。

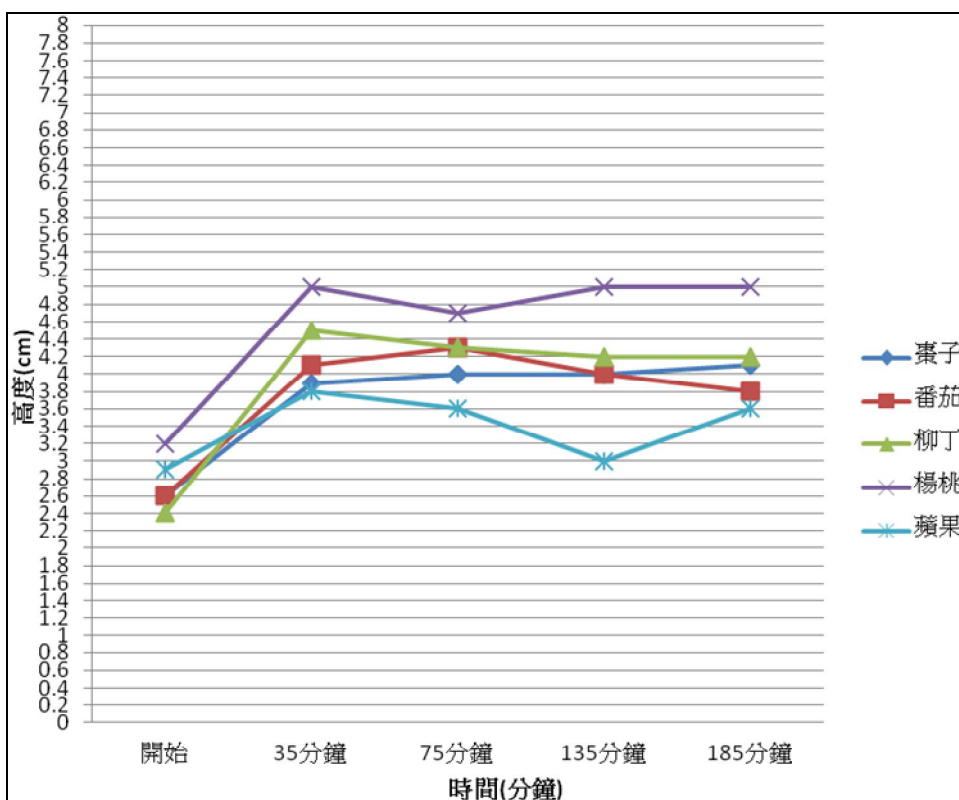


圖 24 酵母在不同果汁中發酵後，麵團高度的變化

*我們發現：

1. 第一次觀測(35 分鐘後)，酵母在五種果汁裡的發酵變化，都呈現正成長；而第二次觀測時，酵母在柳丁汁、楊桃汁與蘋果汁中，麵團開始收縮降低。
2. 酵母在加了棗子汁、楊桃汁和蘋果汁的麵團中，都出現有成長、降低或停止變化，最後又成長的奇特現象。

表 21 酵母在不同果汁中的發酵情形

水果種類	記錄時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	開始 11:15	35 分鐘 11:50	75 分鐘 12:30	115 分鐘 13:10	170 分鐘 14:05				
棗子	2.0	2.9	2.8	3.0	2.9	0.9	6.36	0.45	②
番茄	3.0	4.0	3.9	3.7	3.5	0.5	3.53	0.17	
柳丁	1.7	2.7	3.0	2.3	2.3	0.6	4.24	0.35	③
楊桃	2.0	3.3	2.9	2.4	2.5	0.5	3.53	0.25	
蘋果	2.1	4.8	4.5	4.5	4.5	2.4	16.96	1.14	①

電鍋保溫：35°C 玻璃瓶底面積：7.065cm²

表 22 不同果汁中的酵母之發酵變化

水果種類	經過時間				
	35 分鐘	75 分鐘	115 分鐘	170 分鐘	
電鍋保溫： 35°C	棗子	+	-	+	-
	番茄	+	-	-	-
	柳丁	+	+	-	×
	楊桃	+	-	-	+
	蘋果	+	-	×	×

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「×」表示麵團沒有變化。

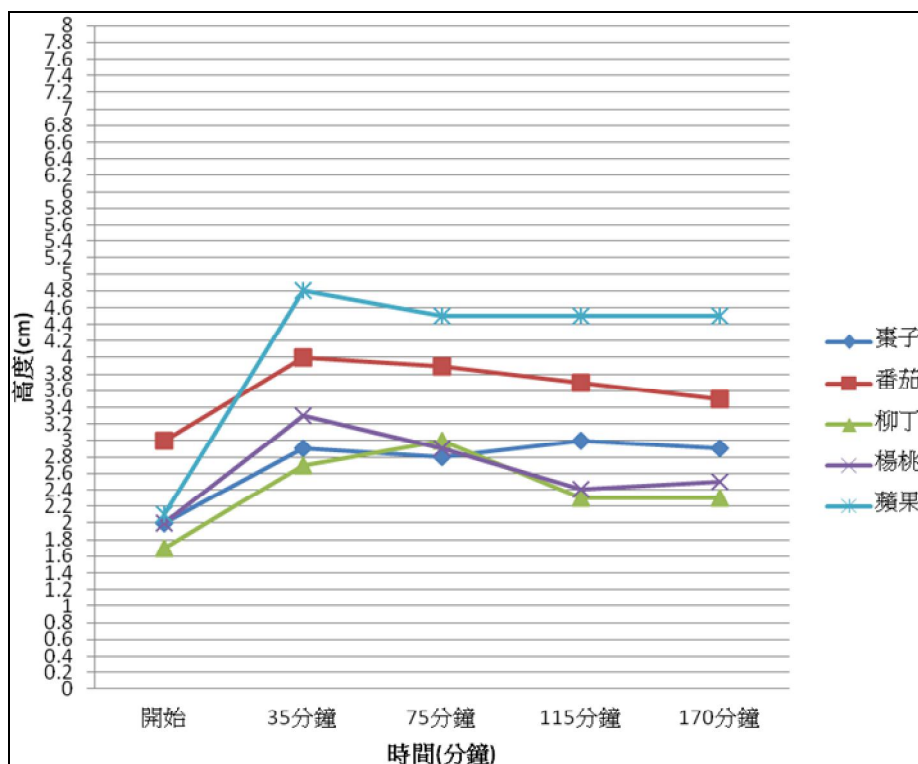


圖 25 酵母在不同果汁中發酵後，麵團高度的變化

*我們發現：

1. 目前為止，雖然每次實驗的成長率排名都不盡相同，但酵母在加了棗子汁、柳丁汁的麵團中一直都在前三名內；而酵母加了蘋果汁的麵團，這次竟然以 1.14 的高成長率奪冠。
2. 酵母在加了番茄汁、蘋果汁的麵團中，都僅在 35 分鐘內的第一次觀測呈正成長，之後則開始收縮降低或停止變化。

表 23 酵母在不同果汁中的發酵情形

水果種類	記錄時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	開始 08:46	34 分鐘 09:20	74 分鐘 10:00	134 分鐘 11:00	185 分鐘 11:51				
棗子	3.0	3.8	3.5	3.7	4.2	1.2	8.48	0.40	
番茄	2.2	4.3	4.0	3.8	4.1	1.9	13.42	0.86	②
柳丁	3.1	5.0	4.8	4.5	4.8	1.7	12.01	0.55	③
楊桃	2.5	4.0	3.9	3.4	3.3	0.8	5.65	0.32	
蘋果	2.0	3.8	3.8	3.5	3.9	1.9	13.42	0.95	①

電鍋保溫：35°C 玻璃瓶底面積：7.065cm²

表 24 不同果汁中的酵母之發酵變化

水果種類	經過時間				
	34 分鐘	74 分鐘	134 分鐘	185 分鐘	
電鍋保溫： 35°C	棗子	+	-	+	+
	番茄	+	-	-	+
	柳丁	+	-	-	+
	楊桃	+	-	-	-
	蘋果	+	x	-	+

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「x」表示麵團沒有變化。

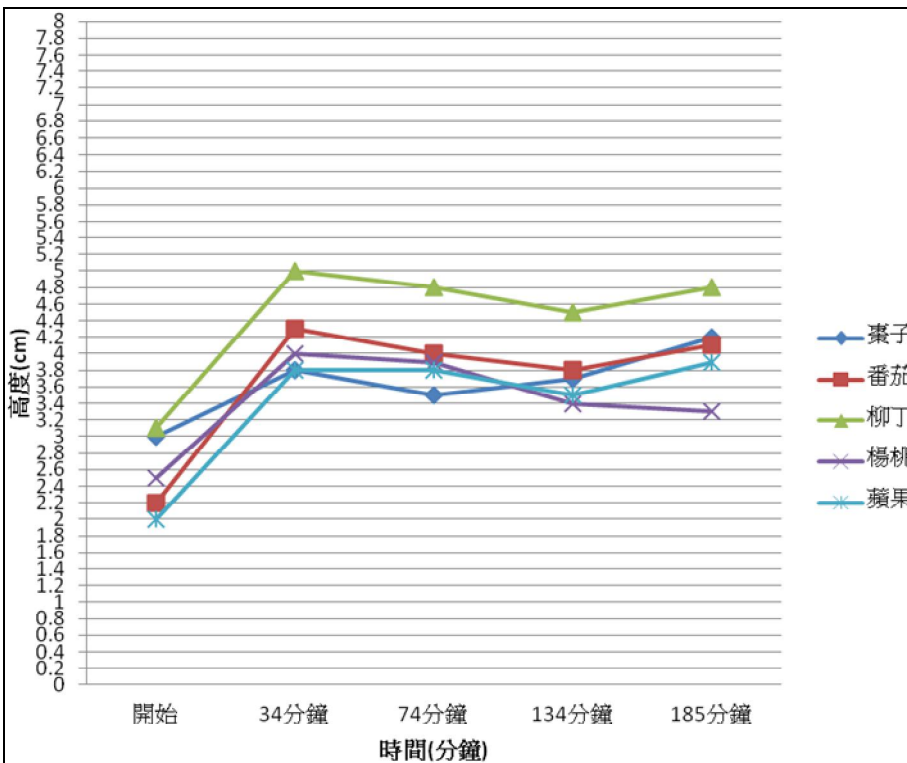


圖 26 酵母在不同果汁中發酵後，麵團高度的變化

*我們發現：

1. 加入棗子汁的麵團，只有於 34~74 分鐘間呈負成長，往後兩次的觀測又緩步成長，真厲害！
2. 加入楊桃汁的麵團，第一次觀測時也成長了 1.5cm，但後來卻一路走下坡，居然收縮到與起始高度不到 1cm 的差距。
3. 加入番茄汁、柳丁汁的麵團，成長變化都為「長→縮→縮→長」。
4. 加入蘋果汁的麵團，有沒有可能再氧化？而氧化現象是否也會影響酵母對麵團的生長狀況？
5. 這次成長狀況的前二名果汁，領先其他種類許多。

表 25 酵母在不同果汁中的發酵情形

水果種類	記錄時間					淨升高	膨脹體積 (cm ³)	成長率	排名
	麵粉團高度 (cm)	開始 13:10	51 分鐘 14:01	99 分鐘 14:49	150 分鐘 15:40				
棗子	2.2	4.0	4.3	4.6	4.4	2.2	15.54	1.00	②
番茄	2.8	4.7	4.0	4.9	4.5	1.7	12.01	0.61	③
柳丁	2.5	3.8	3.5	3.9	3.8	1.3	9.18	0.52	
楊桃	2.4	6.0	5.5	5.7	5.1	2.7	19.08	1.13	①
蘋果	2.5	3.4	3.3	3.8	3.5	1.0	7.07	0.40	

電鍋保溫：35°C 玻璃瓶底面積：7.065cm²

表 26 不同果汁中的酵母之發酵變化

水果種類	經過時間			
	51 分鐘	99 分鐘	150 分鐘	190 分鐘
電鍋保溫：35°C				
棗子	+	+	+	-
番茄	+	-	+	-
柳丁	+	-	+	-
楊桃	+	-	+	-
蘋果	+	-	+	-

註：「+」表示麵團膨脹升高，「-」表示麵團收縮降低，「x」表示麵團沒有變化。

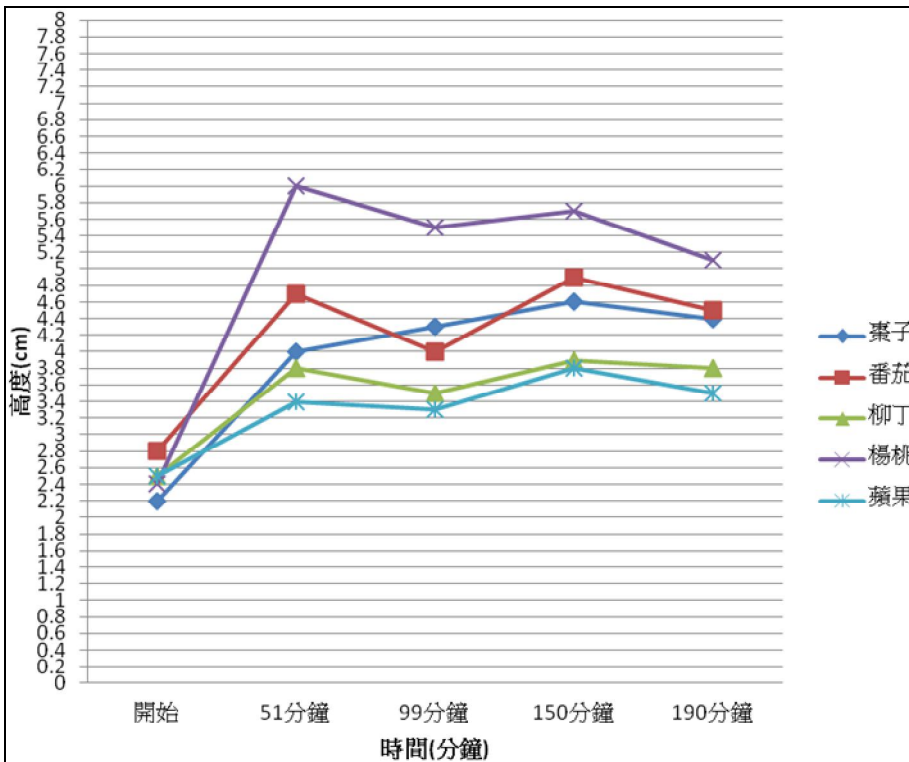


圖 27 酵母在不同果汁中發酵後，麵團高度的變化

*我們發現：

1. 加入棗子汁的麵團，只在最後一次(150~190分鐘)才向下縮減，好厲害！
2. 此次實驗，除加入棗子汁的麵團，以「長→長→縮」模式成長外；加入其他四種果汁的麵團，則都呈現「長→縮→長→縮」的規律變化。
3. 加入楊桃汁的麵團，在第一次測量就成長 2.5 了倍，有沒有可能中間又是空心的，只是大家沒有發現。

表 27 酵母在各種新鮮水果汁中的成長率

水果種類 \ 次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	排名
棗子	1.5	0.58	0.45	0.4	1	0.79	①
番茄	0.69	0.46	0.17	0.86	0.61	0.56	
柳丁	1.24	0.75	0.35	0.55	0.52	0.68	③
楊桃	1.17	0.56	0.25	0.32	1.13	0.69	②
蘋果	0.64	0.24	1.14	0.95	0.4	0.67	

圖 28 酵母在棗子汁中的麵團成長率

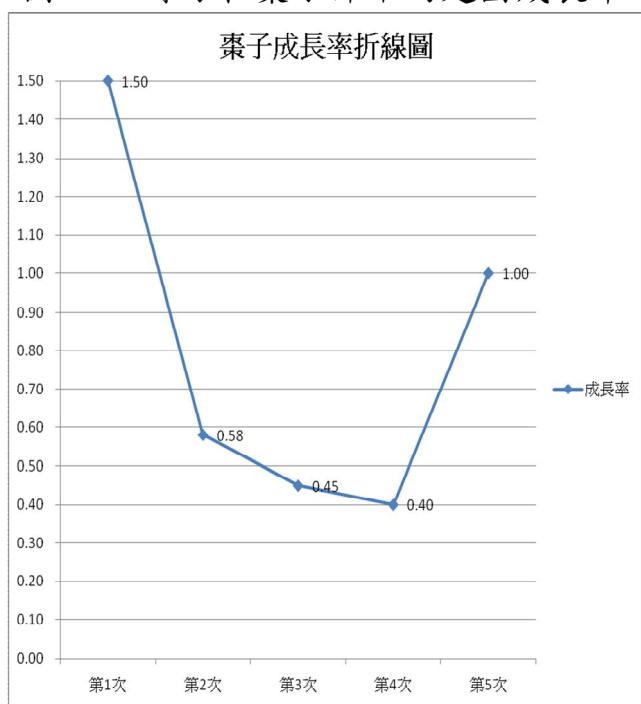


圖 29 酵母在番茄汁中的麵團成長率

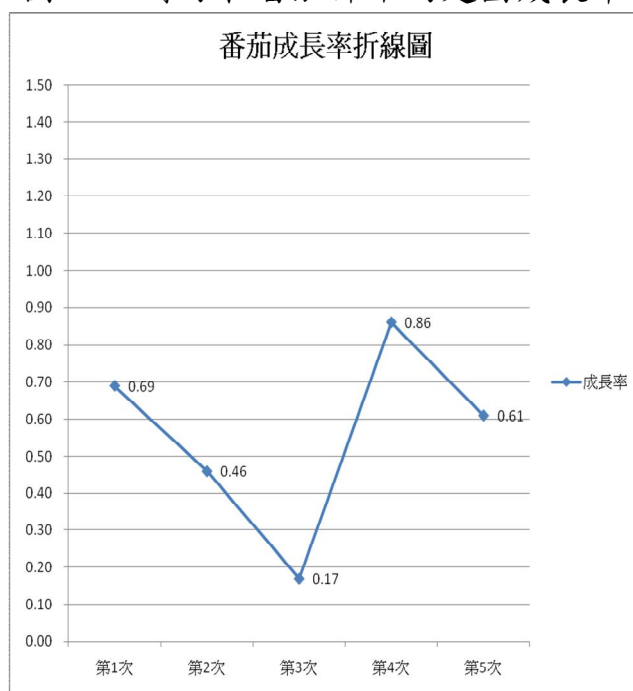


圖 30 酵母在柳丁汁中的麵團成長率



圖 31 酵母在楊桃汁中的麵團成長率

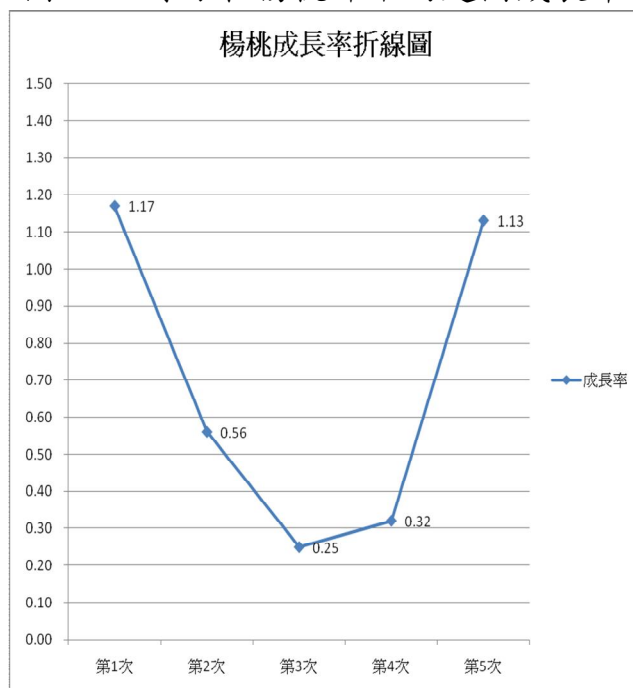
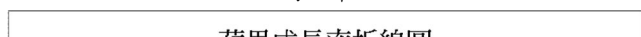


圖 21 酵母在蘋果汁中發酵後的麵團成長率



酵母對加入各種新鮮水果汁中的麵團之發酵作用

圖 32 酵母在蘋果汁中發酵後的麵團成長率

