

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

080206

發酵好~製作健康酸筍因素之探討

學校名稱：嘉義市西區志航國民小學

作者： 小六 謝宇筑 小五 林育萱	指導老師： 林好芳 謝佳蓉
-------------------------	---------------------

關鍵詞：酸筍、鹽濃度、發酵

摘要

竹筍為富含纖維及維生素的食材。在台灣竹筍收穫期集中，採收後容易失水老化，因此竹筍的加工保存就顯得十分重要。本研究針對水質、水溫、鹽濃度、陽光、形狀、糖濃度進行探討成功製作酸筍的條件。實驗結果發現水質以及水溫不是成功製作酸筍的條件；竹筍洗淨剝殼自然晾乾後絕對不能再碰水；鹽巴添加比例以 1 : 100；溫度 37°C 最為適合，且切成絲狀竹筍為發酵製成健康酸筍的最佳條件。總結來說，製作酸筍的過程中添加鹽可以抑制壞菌生成，添加白糖可以幫助乳酸菌在發酵過程中成為強勢菌種，而整個過程必須在特定的環境溫度 30 度到 40 度區間才會發生，我們的實驗很好的複製乳酸菌生長適溫條件，並解釋其發酵條件與酸筍之間的連結。

壹、前言

一、研究動機

我們全家人都很喜歡吃筍子，但是筍子並不容易保存，而且在並非生產季節的冬季，筍子的價格是非常昂貴的，因此我們製作了可以長時間保存的酸筍，並研究製作的最佳方法及環境，以及讓其發酸的原因是否與乳酸菌發酵有關連性，以製作出最美味的酸筍。

【與教材相關性】

- 1.五下翰林版 單元二 水溶液
2. 五下翰林版 單元四 防鏽與食品保存

二、研究目的

我們想知道怎麼樣製作酸筍才會成功，所以我們先訪問家中長輩有製作酸筍經驗的祖父母，雖然有口耳相傳的配方，並沒有實際的做法，於是我們試著上網查了文獻資料後，總結出幾種可能會影響筍子發酵的原因，有鹽、水、溫度還有微生物對竹筍發酵也有變化影響嗎？本實驗會進一步探討這些因素對竹筍變酸的影響。項目如下：

- 一、研究一：調查臺灣常見食用竹筍的品種
- 二、研究二：探究水質對竹筍發酵的影響
- 三、研究三：探究水溫對竹筍發酵的影響
- 四、研究四：探究鹽濃度對竹筍發酵的影響
- 五、研究五：探究陽光對竹筍發酵的影響
- 六、研究六：探究竹筍形狀對竹筍發酵的影響
- 七、研究七：檢測竹筍發酵是否受微生物（乳酸菌）的影響
- 八、研究八：探究糖種類對竹筍發酵的影響

三、文獻回顧

(一)了解竹筍變酸變美味的原因

1. 發酵（英語：fermentation）或發酵作用，食品界也作醱酵，通用的定義是指通過酶的作用，使有機底物發生化學分解變化的代謝過程。但其意涵由使用場域的不同而不同。通常所說的發酵，多是指生物體對於有機物的某種分解過程。
2. 在生物化學界、生理學界，它被狹義地定義為：生物體內在無氧條件下，藉由酶催化一系列氧化還原反應，降解碳水化合物從中釋放少量能量的代謝過程。在食品生產界、生物技術界，它可更廣泛地指利用微生物的酶催化，並控制適宜的工藝條件，使食品或飲料產生人類所需的或滿足口感的變化。
3. **發酵**是人類較早接觸的一種生物化學反應，如今在食品工業、生物和化學工業中均有廣泛應用；其也是生物工程的基本過程，即發酵工程。對於發酵工程的機理以及過程控制的研究，還在繼續。
4. **乳酸發酵** (lactic acid fermentation, fermentation of lactic acid)，指糖經無氧酵解而生成乳酸的發酵過程，乙醇發酵同為生物體內二種主要的發酵形式。
5. 釀造生產中，大都不同程度的存在乳酸發酵過程。乳酸發酵對增進釀造調味品風味有一定幫助，釀酒中適當的乳酸發酵，能促進酒精發酵順利進行，製作時適當乳酸存在，可以防止雜菌的污染。乳酸菌的發酵形式 乳酸菌對糖的發酵可分為同型發酵 (homo fermentation)及異型發酵 (hetero fermentation)。
 - 同型發酵可將葡萄糖經由 EmbdenMeyerhof-Parnas(EMP)代謝路徑產生 100%的 乳酸生成物： $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CH_3CHOHCOOH$
 - **異型發酵**則經由 Hexosemonophosphate (HMP) 代謝路徑以產生乳酸，乙醇及二氧化碳： $C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CHOHCOOH + C_2H_5OH + CO_2$ 。
 - **本研究經 3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片檢測出竹筍發酵型態屬異型乳酸發酵。**
6. **蔬菜加鹽醃脫水的原理**：食鹽的高滲透壓脫水作用，利用食鹽的高滲透壓脫水，其脫水作用亦與蔬菜組織有關，蔬菜組織最小的細胞滲透壓一般是 4~8 單位的標準大氣壓（atm），而濃度 1% 的鹽水滲透壓為 7.6 atm，濃度 2%的鹽水滲透壓為 15 atm，濃度 10%的鹽水滲透壓為 61 atm，故可利用滲透壓脫水。蔬菜的各種組織不同，成熟醃成的時間就會不一樣，加鹽不一定適合每一種蔬菜，再加上溫度高低、食鹽濃度等因素，

皆關係到鹽的滲透是否到達蔬菜全部組織（包含菜心），滲透到各細胞間隙，進而穿透細胞膜，使之內外鹽度均勻一致。

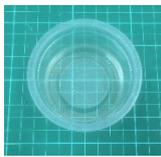
7. 食品原料經微生物發酵產生新物質，具有如下五項優點： 1. 延長食品保藏時間，因而有調節產季之作用。 2. 賦予食品良好風味。 3. 提高消化性或營養性，包括改善食品原料品質、提高消化吸收性與營養價值、賦予原料特殊風味以及使產品特性多樣化等，而更具市場商品性。 4. 提供人體必需營養素以外，諸多有益健康如抗氧化、消除自由基或調節免疫力等所謂機能性非營養成分。 5. 產生新物質，減少資源浪費。

(二)製作美味酸筍的流程

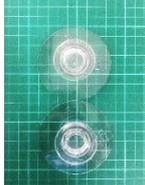
圖片		
步驟	1.選用符合產季且適合加工的食用綠竹筍	2.竹筍表面洗淨、剝殼
圖片		
步驟	3.綠竹筍切塊、刨絲	4.測量竹筍重量
圖片		
步驟	5.將竹筍放入玻璃罐	6.加入鹽巴 1 克
圖片		
步驟	7.竹筍出水擰乾	8.放在太陽下待竹筍發酵約七天，聞起來一股筍香味即成功。

貳、研究設備及器材

一、酸筍製作器材

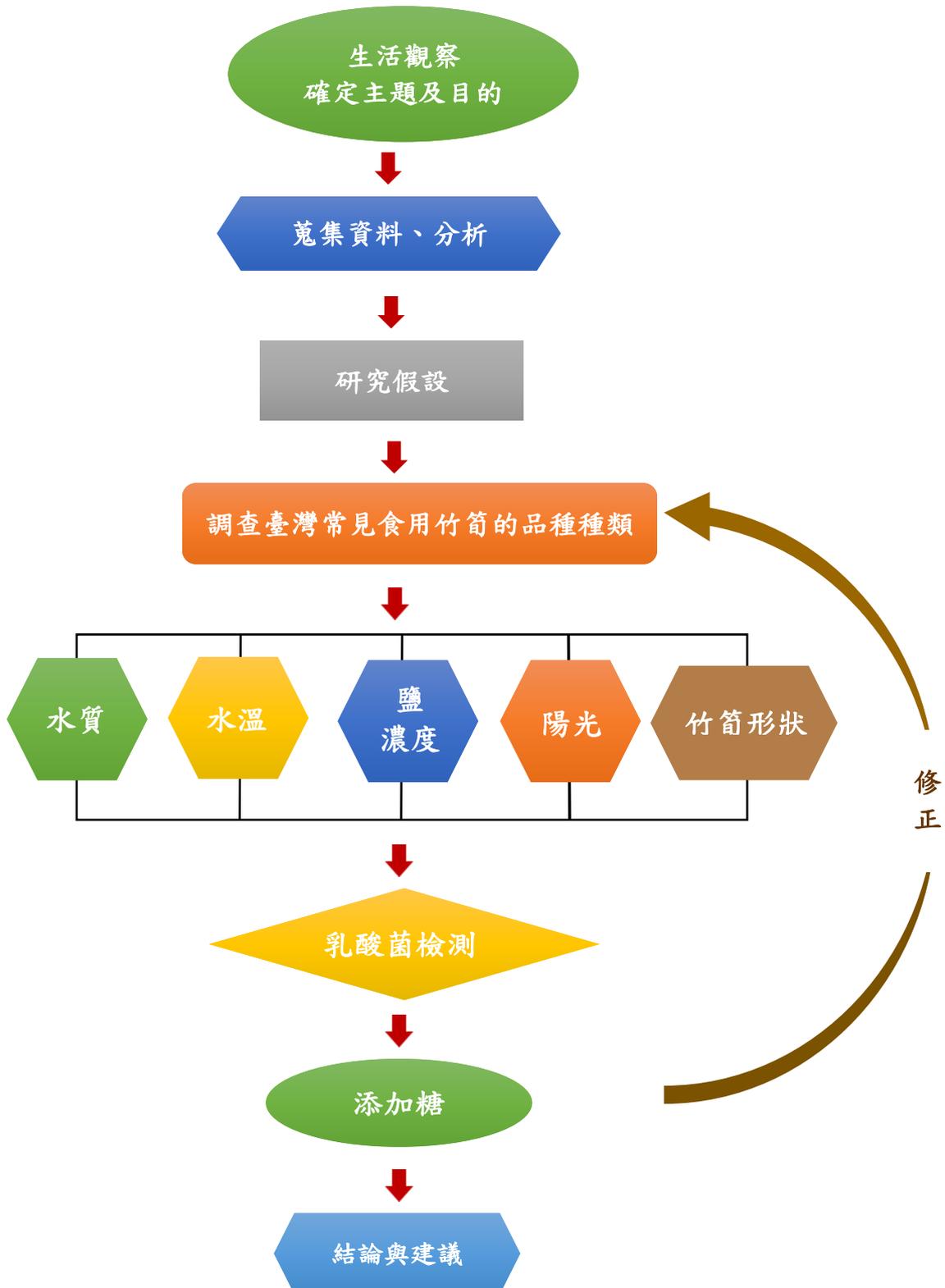
圖片				
名稱	玻璃罐	不鏽鋼杯	pH 筆	塑膠杯
圖片				
名稱	三角燒杯	酒精	量匙	滅菌滴管
圖片				
名稱	過濾袋	菜刀	溫度計	磅秤
圖片				
名稱	計時器	廣用試紙	刨絲(片)器	玻璃罐

二、微生物培養器材

圖片				
名稱	3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片	恆溫箱	滅菌滴管	壓板
圖片				
名稱	乳酸菌培養基	Pipette 移液管	無菌操作台	不鏽鋼塗布棒

參、研究過程或方法

一、研究流程



二、研究過程

研究一：調查臺灣常見食用竹筍的品種種類

一、調查方法

1. 研究團隊討論問題重點：臺灣常見食用竹筍的品種種類有哪些？
2. 訪問專業人士及上網蒐集相關資料。
3. 從中挑選適合本研究相關主題資料。
4. 從臺灣常見食用竹筍的品種形態、特徵、產季、料理方式進行資料選取。
5. 整理所有資料成表格、繪製竹筍外形特徵，得到解決問題的結果。
6. 註明相關資料來源。

研究二：探究水質對竹筍發酵的影響

(一) 本實驗各項變因

1. 操縱變因：水質

對照組	實驗組	
煮沸水	自來水	地下水

2. 控制變因：時間、溫度、室內、水量、筍子的重量、容器
3. 應變變因：竹筍發酵的情形及pH值

(二) 本實驗步驟

1. 準備竹筍、自來水、地下水、煮沸水、磅秤、計時器、pH筆、量杯，及相同的容器。
2. 將竹筍洗淨、剝殼、切塊。
3. 測量竹筍的重量（100g）
4. 測量水量（250ml）及液體酸鹼值。
5. 同時將竹筍倒入對照組（煮沸水）及實驗組（地下水、自來水）。
6. 靜置1小時，進行第一次測量。
7. 再靜置48小時，進行第二次測量。

研究三：水溫對竹筍發酵的影響

(一) 本實驗各項變因

1. 操縱變因：溫度

對照組	實驗組	
27-28°C	7-8°C	37°C

2. 控制變因：時間、室內、水質、水量、筍子的重量、容器

3. 應變變因：竹筍發酵的情形及pH值

(二) 實驗步驟

1. 準備竹筍、煮沸水、磅秤、計時器、溫度計、pH筆、量杯，及相同的容器
2. 將竹筍洗淨、剝殼、切塊
3. 測量竹筍的重量（100g）
4. 測量水量（250ml）及液體酸鹼值
5. 同時將竹筍倒入對照組（27-28°C）實驗組（7-8°C以及37°C）
6. 靜置兩天，進行第一次測量

研究四：鹽濃度對竹筍發酵的影響

(一) 本項實驗變因

1. 操縱變因：鹽濃度

對照組	實驗組					
0%	1%	3%	5%	10%	20%	30%

2. 控制變因：筍子重量（100g）、水質（過濾水）、容器、溫度計、溫度、時間、水量

3. 應變變因：竹筍發酵的情形及pH值

(二) 實驗步驟

1. 準備竹筍下、食鹽、煮沸水、磅秤、計時器、pH筆、量杯、切絲用具，及相同的容器
2. 將竹筍洗淨、剝殼、切絲
3. 測量竹筍的重量（100g）
4. 測量鹽的重量（0g、1g、3g、5g、10g、20g、30g）
5. 同時將竹筍倒入對照組（0g）及實驗組（1g、3g、5g、10g、20g、30g）
6. 每隔1天進行pH值測量，總共4次。

研究五：陽光對竹筍發酵的影響

(一)本實驗各項變因

- 1.操縱變因：陽光（有照到陽光、沒照到陽光）
- 2.控制變因：筍子重量（100g）、竹筍不碰水、鹽（1g）、容器、時間
- 3.應變變因：筍子發酵的情形及 pH 值

(二)實驗步驟

- 1.準備竹筍、食鹽、磅秤、計時器、pH 筆、切絲用具，及相同的容器
- 2.將竹筍帶殼洗淨、剝殼（竹筍不碰水）、切絲
- 3.測量竹筍的重量（100g）
- 4.測量鹽的重量（1g）
- 5.同時將竹筍倒入對照組（沒照到陽光）及實驗組（有照到陽光）
- 6.靜置兩天，進行第一次測量
- 7.接著每隔一天測量一次，共測量 8 次

研究六：竹筍形狀對竹筍發酵的影響

(一)本實驗各項變因

- 1.操縱變因：竹筍形狀（絲狀、片狀）

對照組（絲狀）	實驗組（片狀）
	

- 2.控制變因：筍子重量（100g）、竹筍不碰水、鹽（1g）、容器、時間
- 3.應變變因：筍子發酵的情形及 pH 值

(二)實驗步驟

- 1.準備竹筍、食鹽、磅秤、計時器、pH 筆、切絲用具，及相同的容器
- 2.將竹筍帶殼洗淨、剝殼、切絲狀或片狀
- 3.測量竹筍的重量（100g）
- 4.測量鹽的重量（1g）
- 5.同時將竹筍倒入對照組（絲狀）及實驗組（片狀）
- 6.靜置兩天，進行第一次測量
- 7.接著每隔一天測量一次，共測量八次

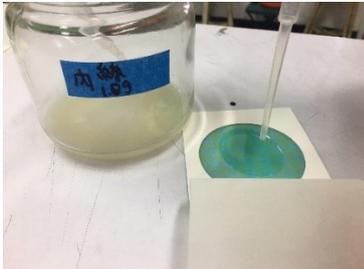
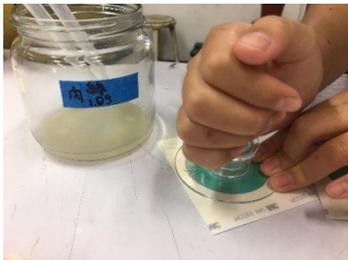
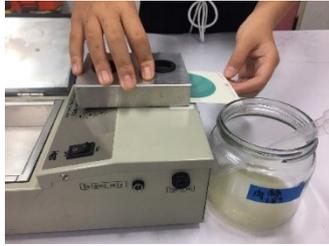
研究七：檢測竹筍發酵是否受微生物（乳酸菌）的影響

(一)本實驗各項變因

- 1.操縱變因：竹筍發酵液
- 2.控制變因：3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片、滅菌滴管
- 3.應變變因：3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片生成菌落情形

(二)實驗步驟

1. 準備竹筍發酵液及蒸餾水。
2. 加入蒸餾水稀釋 500 倍。
3. 將桌面噴灑酒精進行消毒及手部清潔乾淨。
4. 3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片置於桌面平坦處，掀起上層膜，使用滅菌滴管吸取 1 毫升竹筍醱酵液垂直滴於底膜的中央處。
5. 輕輕地將上層膜向下捲動覆對底膜，避免在過程中產生氣泡。
6. 將壓板置於中央，輕輕按壓，使液體均勻分布在圓形培養基區域。
7. 移除壓板，等待 1 分鐘使培養基凝固。
8. 放入恆溫箱 35°C±1，培養 48 小時。
9. 判讀培養基是否為乳酸菌進行記錄。

圖片		
步驟說明	1.準備竹筍發酵液	2.吸取 1 毫升發酵液垂直滴於底膜中央處
圖片		
步驟說明	3.將壓板置於中央，輕輕按壓	4.放入恆溫箱 35°C±1，培養 48 小時

研究八：糖對微生物（乳酸菌）生成的影響

(一)本實驗各項變因

1.操縱變因：糖種類

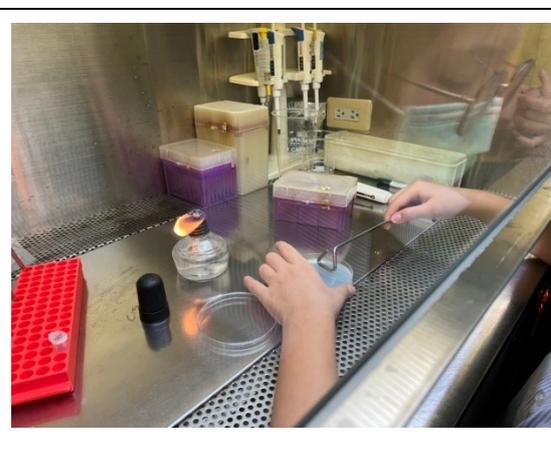
對照組	實驗組	
白糖	葡萄糖	寡糖

2.控制變因：筍子重量（100g）、竹筍不碰水、鹽（1%）、培養皿、時間、培養基、筍液 50ml、恆溫箱溫度 37°C、糖濃度 3%。

3.應變變因：乳酸菌發酵生成的數量

(二)實驗步驟

1. 準備竹筍發酵液，分別按照比例加入 3%白糖、3%寡糖、3%葡萄糖。
2. 將桌面噴灑酒精進行消毒及手部清潔乾淨。
3. 在無菌操作台中進行乳酸菌培養。
4. 取發酵液樣本各 3 組，使用三角形涂布棒將實驗的筍液樣品均勻塗抹在培養基上，同時轉動培養基，直到無法輕鬆塗抹。
5. 將培養基放置於 37°C 恆溫箱中培養 48 小時。
6. 待 48 小時進行菌落計數。



肆、研究設備及器材

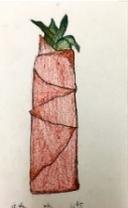
研究一：調查臺灣常見食用竹筍的品種種類

(一) 經調查結果如下

- 竹筍屬於木質草本Poaceae科植物，全世界有超過75屬，超過1250種以上，並非所有的竹筍都是可食用的品種，常見的台灣食用的竹筍品種如下：



品種名稱	圖片	產季	特徵	料理方式
1. 烏殼綠竹筍		3-10月	筍殼呈土色或偏黑色，基部的殼上有黑色的絨毛，纖維較多，口感較似麻竹筍。	適合做成沙拉、熱炒或煮湯。
2. 桂竹筍		3-5月	台灣原生種，外觀瘦長直挺，筍殼光滑有黑複色斑點。竹子的節與節之間較寬，筍子中空。纖維較多、較硬。	新鮮桂竹保鮮難、容易變酸，市面上以熟筍方式工常筍乾食用進行、竹筒飯販賣。

品種名稱	圖片	產季	外型特徵	料理方式
3.麻竹筍		4-10月	圓錐狀黃褐色，生長速度快，香氣濃，是一般竹筍中體型較大的。	1.加工筍：較細長(約60公分)，纖維多，做日曬筍乾、醬筍等。 2.菜筍：圓短狀(約30公分)，纖維較細緻，做涼拌菜、沙拉等鮮食。
4.甜龍筍		5-10月 (7-8月盛產)	筍殼呈紅褐色且有絨毛	殼蒸熟或用水煮熟再冷藏，可保持竹筍鮮甜口感
5.孟宗筍		11月底到隔年2月(冬筍) 2月到4月(春筍)	筍殼有金黃色絨毛	口感嚐起來比春筍鮮甜、清脆爽口，適合煮湯時，搭配排骨、香菇燉煮，或搭配其他食材料理筍絲鹹粥。
6.箭筍		3月中到5月底	台灣原生種，外觀纖細迷你又直又短小產量少，多層綠色筍殼。	肉質鮮美、口感脆嫩，適合快炒，也可整支拿去烘烤、食用。
7.綠竹筍		5月-10月	形狀矮胖，外觀會彎曲成牛角形、纖維較少、容易咀嚼，在筍類中以鮮嫩聞名。	爽脆清甜的口感、涼拌、熱炒或煮湯，也會加工成筍乾。
8.驕篙筍		4-6月	台灣原生種，外觀高瘦微寬，筍殼有紫色斑紋。	新鮮驕篙筍可以燉、煮、炒、魯，或燙熟後再調味，當主菜或配料都很不錯的料理。

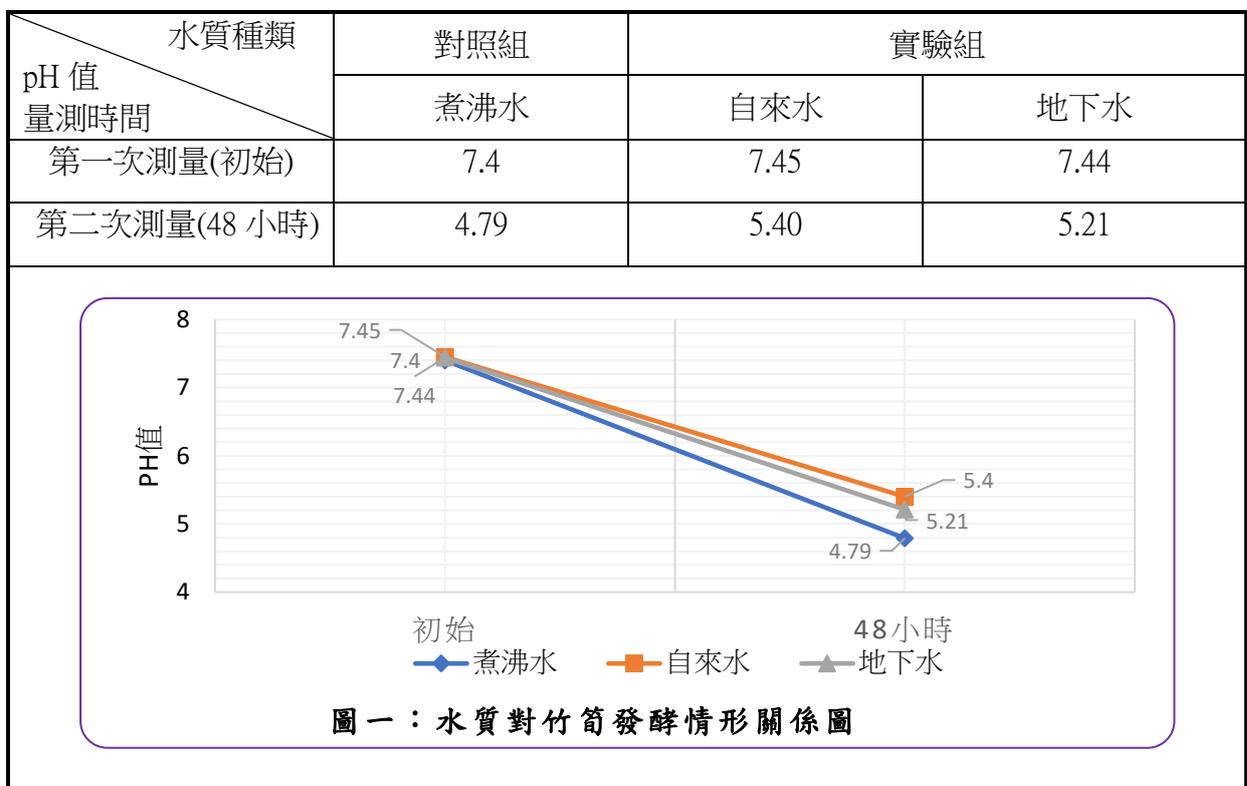
(二)、本研究所製作的酸筍挑選會以符合產季且適合加工的食用竹筍為主。

研究二：探究水質對竹筍發酵的影響

(一) 實驗結果

1. 從下表一實驗記錄表來看，無論是對照組的煮沸水或是實驗組的自來水及地下水對綠竹筍發酵2天後，測量其液體pH值從7以上接近下降為pH值5左右為酸性的性質。
2. 在氣味上，對照組(煮沸水)並沒有明顯發臭，帶有一股淡淡的酸味；而實驗組(自來水、地下水)在氣味上明顯發臭腐敗的味道，故非為可食用酸筍，判斷其原因我們認為自來水及地下水中，可能含有過多的雜質，導致竹筍腐敗。
3. 本研究團隊初步判斷，製作成功的酸筍條件可能和水質並無相關聯性。

表一：水質對竹筍發酵結果記錄表：(n=3)



(二) 發現與討論

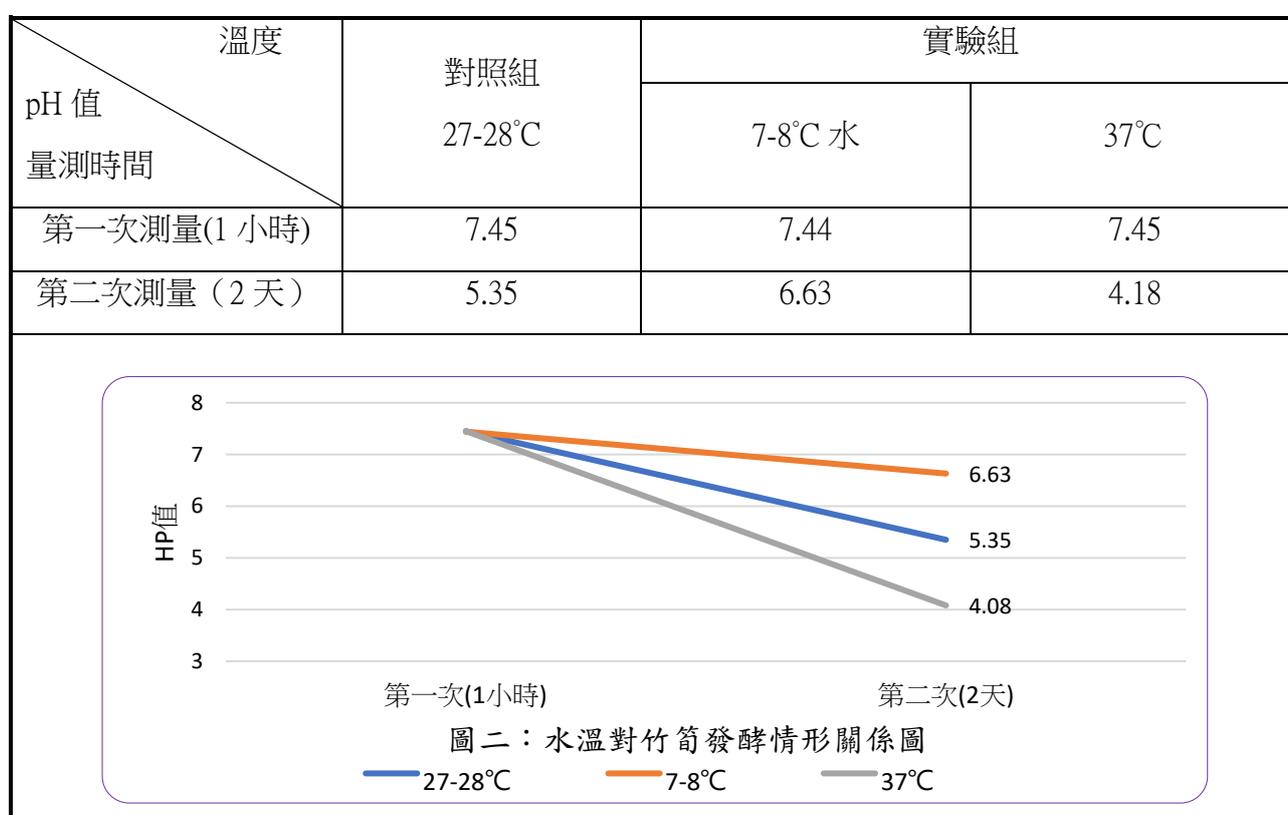
1. 我們在網路搜尋資料過程中，發現酸筍的產品中確實有看到液體，而研究二中的對照組(煮沸水)氣味上並未發臭，因此我們進一步設想如果改變水的溫度是不是會有差異呢？

研究三：水溫對竹筍發酵的影響

(一) 實驗結果

1. 從下表二實驗記錄表來看，對照組（27-28°C）、實驗組（7-8°C水）對綠竹筍發酵2天後，測量其液體pH值從7接近中性的性質下降為pH值5為酸性的性質；而實驗組（7-8°C水）從pH值7降為6，但還是有些許發酸、發臭的味道，故非為可食用酸筍。
2. 實驗組 37°C對竹筍發酵 2 天後，測量其液體 pH 值從 7 接近中性的性質下降為 pH 值 4 為酸性的性質，有酸味，但沒有筍香味，並不能表示這就是酸筍。
3. 本研究團隊初步判斷，製作成功的酸筍條件可能和水溫並無相關聯性。

表二：探究水溫對竹筍發酵結果記錄表：(n=3)



(二)發現與討論

1. 經過2次關於水質及水溫對竹筍發酵結果記錄表的研究結果，本研究團隊合理的懷疑竹筍要成功發酵的條件和水質及水溫都沒有直接的關連性，因此我們試著考慮再添加一個因素，就是鹽。
2. 我們透過網路的資料及家中長輩製作酸筍的經驗提供參考，僅得到「添加些許即可」，但卻未能正確告知「鹽的添加比例為多少」，這樣子的表示方式太不明確，所以本研究團隊要找出正確加鹽的比例。

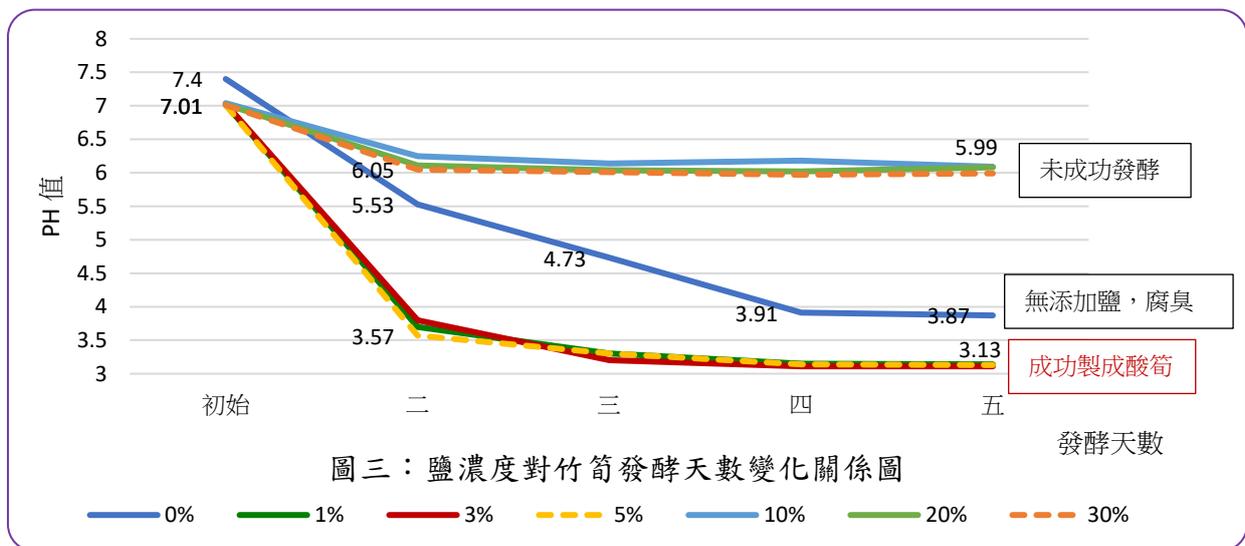
研究四：鹽濃度對竹筍發酵的影響

(一) 實驗結果

1. 從下表三鹽濃度對竹筍發酵的實驗記錄結果，對照組0%每隔1天進行測量測量其液體pH值從7接近中性的性質下降為pH值3，竹筍有發酸或發臭的情況。
2. 實驗組1%、3%、5%測量其液體pH值從7接近中性的性質下降為pH值3酸性的性質，有一股筍香的味道，但沒有發酸發臭。
3. 實驗組10%、20%、30%鹽濃度對竹筍發酵後，每隔1天進行測量，測量其液體pH值從7接近中性的性質下降為pH值6為酸性的性質，而實驗組1和2從PH值7降為6，竹筍並未有發酸或發臭的情況，但是經過4天的量測，也保持在pH6的數值，並未有下降。
4. 本研究團隊認為，未加鹽不能讓竹筍順利發酵，鹽濃度實驗組1%、3%、5%可以順利製成酸筍，10%、20%、30%鹽濃度過高不利於竹筍發酵。

表三：探究鹽濃度對竹筍發酵天數變化影響記錄表：(n=3)

量測次數	鹽濃度	實驗組						
	對照組	0%	1%	3%	5%	10%	20%	30%
初始	7.40	7.02	7.03	7.01	7.04	7.02	7.01	
第一次測量	5.53	3.7	3.8	3.57	6.25	6.11	6.05	
第二次測量	4.73	3.3	3.2	3.3	6.14	6.04	6.01	
第三次測量	3.91	3.15	3.11	3.14	6.18	6.02	5.97	
第四次測量	3.87	3.14	3.11	3.13	6.09	6.08	5.99	



(二)發現與討論

1. 研究過程中發現，我們一開始所設定鹽的濃度實在是太高，要再降低鹽的濃度。經過前面的研究結果，本研究團隊推測，製作酸筍的條件中不能加水但是要有鹽，1%、3%、5%鹽濃度可以成功製成酸筍，判斷其原因，鹽本身可防腐，減少氧的溶解度，使好氧細菌發育受到阻止。在發酵的過程中有可能可以減少壞菌的產生。
2. 1%、3%、5%鹽濃度都可以成功製成酸筍，以現代人注重低鈉食品健康，本團隊建議使用鹽濃度1%來製作健康酸筍。
3. 經過本研究團隊仔細訪查具有10多年製作酸筍經驗的祖父母中得知，竹筍洗淨後要晾乾，而且製作過程中一定不能再碰到水，做好的竹筍一定要放在太陽底下才會成功。我們很好奇老祖宗的智慧，讓我們成功製造健康酸筍呢？

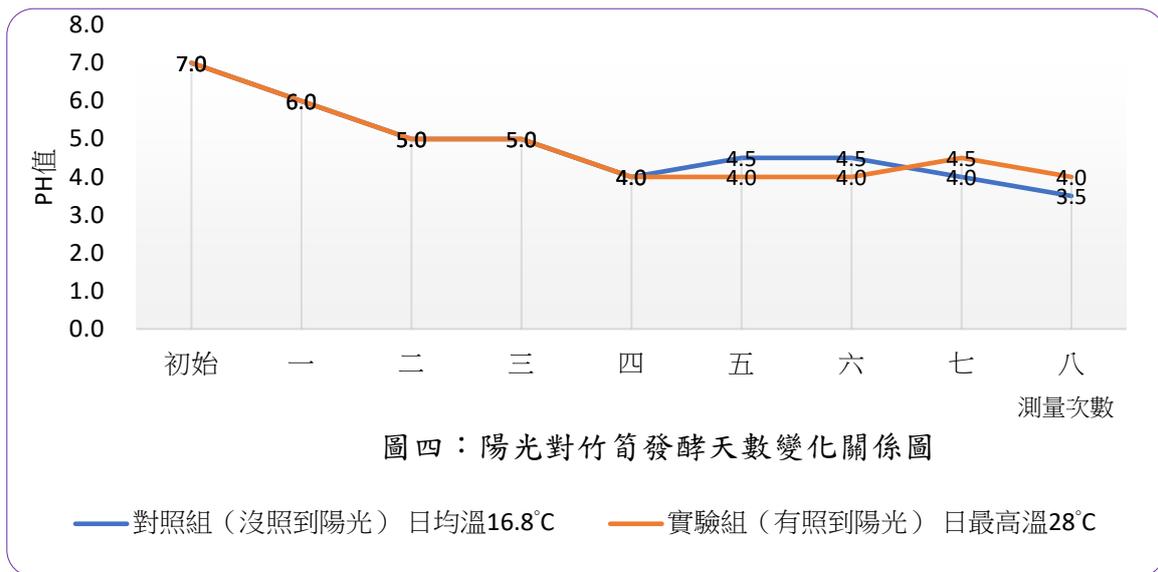
研究五：陽光對竹筍發酵的影響

(一)實驗結果

- 1.從下表四及折線圖中，陽光對竹筍發酵的實驗記錄結果，對照組(未照陽光)及實驗組(有照陽光)對綠竹筍發酵後，每隔1天進行測量，經過8天測量其液體pH值從7接近中性的性質下降為pH值3.5為酸性的性質；實驗組(有照陽光)從pH值7降為4，竹筍有發酵但沒有發臭的情況，且有一股淡淡的筍香味。

表四：探究陽光對竹筍發酵天數變化影響記錄表

有無陽光 量測天數	對照組(沒照到陽光) 日均溫 16.8°C	實驗組(有照到陽光) 日最高溫 28°C
初始	7	7
第一次測量	6	6
第二次測量	5	5
第三次測量	5	5
第四次測量	4	4
第五次測量	4.5	4
第六次測量	4.5	4
第七次測量	4	4.5
第八次測量	3.5	4



(二)發現與討論

- 1.本研究發現陽光對竹筍發酵的實驗記錄結果，對照組（未照陽光）及實驗組（有照陽光）對綠竹筍發酵後都有成功製作成酸筍。
- 2.經過本研究團隊10多年製作酸筍經驗的祖父母中從氣味中判斷酸筍製作成功。綜合前述研究結果得知，要獲得成功酸筍其條件如下：竹筍洗淨後晾乾絕不可再碰到水、鹽濃度為1:100、環境溫度要在25°C以上地方成功機率高。
- 3.為確認此方法可以成功製作酸筍，本研究團隊有再重覆進行1次實驗，一樣可以獲得成功的酸筍。

研究六：竹筍形狀對竹筍發酵的影響

(一)實驗結果

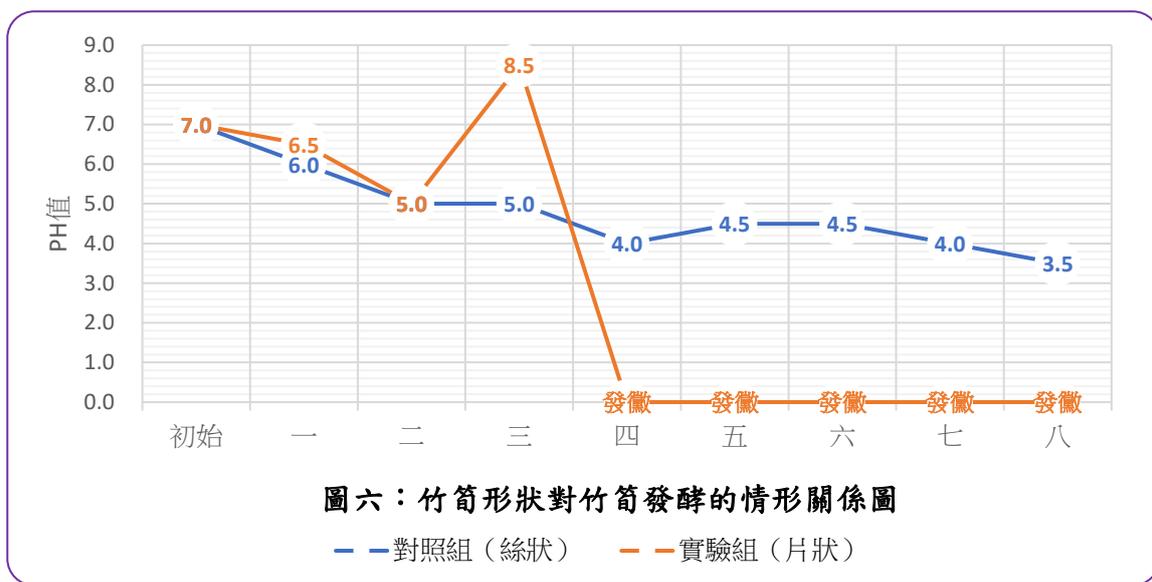
1. 下表五中竹筍形狀對竹筍發酵的實驗記錄結果，對照組（絲狀）及實驗組（片狀）對綠竹筍發酵後，每隔1天進行測量，經過8天測量其液體pH值從7接近中性的性質下降為pH值3-4為酸性的性質，竹筍有發酵但沒有發臭的情況，且有一股淡淡的筍香味。實驗組（片狀）從pH值7升為8-9，第4天從外觀得知筍片已經發黑，可能為發霉。

表五、竹筍形狀對竹筍發酵記錄表

pH 值 \ 竹筍形狀	對照組 (絲狀)	實驗組 (片狀)
初始	7	7
第一次測量	6	6.5

第二次測量	5	5
第三次測量	5	8.5
第四次測量	4	×
第五次測量	4.5	×
第六次測量	4.5	×
第七次測量	4	×
第八次測量	3.5	×

符號「×」表：實驗組已經發霉長黴菌



圖六：竹筍形狀對竹筍發酵的情形關係圖

— 對照組 (絲狀) — 實驗組 (片狀)

(二)發現與討論

- 研究六實驗的過程中，我們發現把竹筍切成絲狀及片狀後，加入鹽巴以後竹筍會出水，竹筍體內的含有不少的水，加鹽以後，體外鹽的濃度很高，體內的水就會向體外滲透而“出水”。**食鹽的高滲透壓脫水作用使絲狀筍絲出水很快**，但是片狀筍片出水的很少。一開始如果出水的少，有可能會因此讓竹筍留住太多水份，不利於發酵，所以片狀筍片在第4天而呈現發黑近似發黴的情形產生。
- 除此之外，另外一個原因**竹筍形狀和表面積也有相關**，片狀筍片表面積小，不利鹽均勻分布；而**絲狀筍絲表面積大，有利於鹽巴均勻分布**，防止雜菌在鹽還沒有滲透到竹筍時，而造成預先進入造成腐敗。同時乳酸菌會先開始發酵，加上蔬菜本身自有的酵素作用，均有益於醃漬的過程。

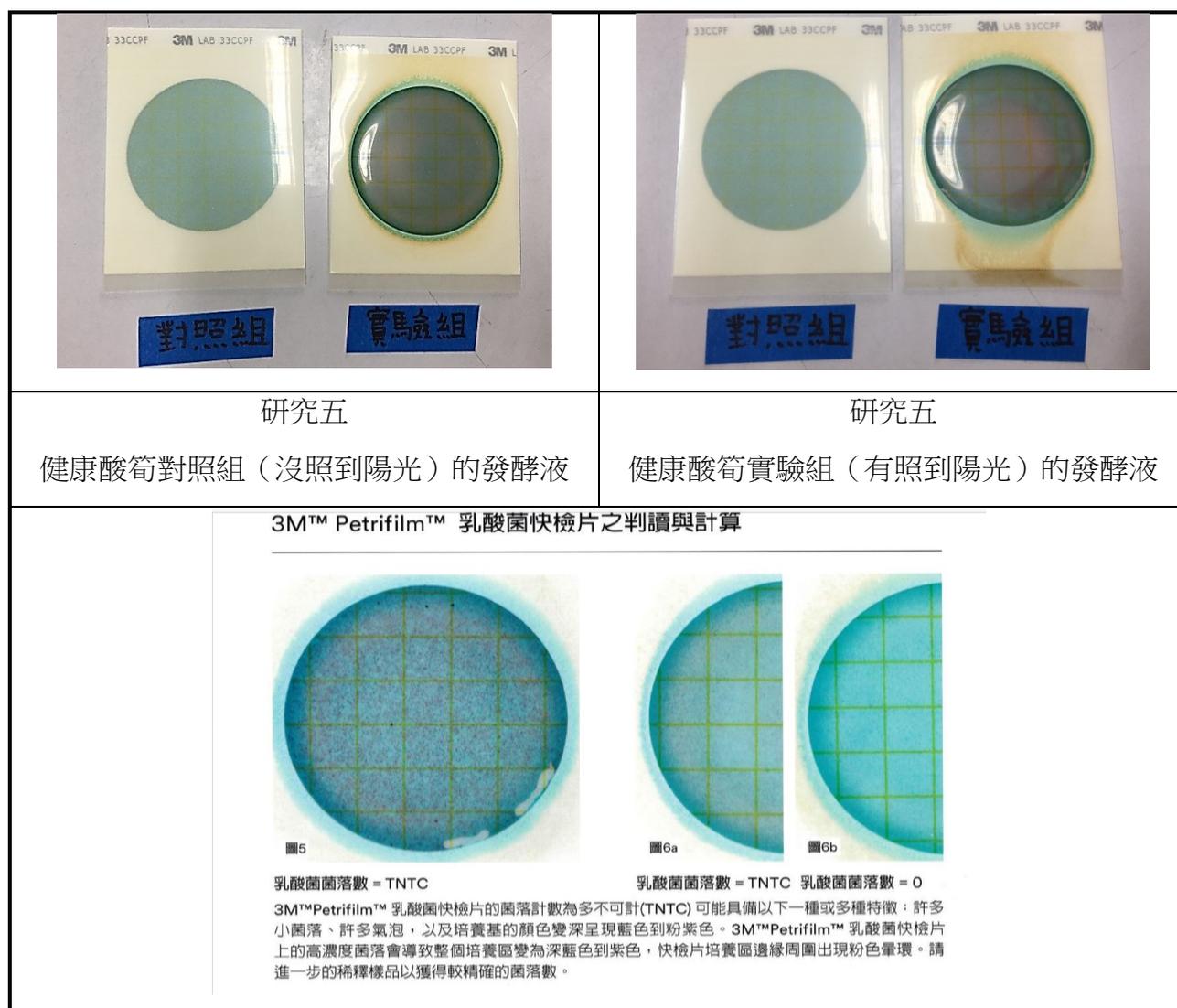


實驗組 (片狀)
第4天已經發黑、發黴圖

研究七：檢測竹筍發酵為微生物（乳酸菌）的影響

(一)實驗結果

1. 使用研究五成功製成的酸筍採集健康酸筍的發酵液經3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片檢測，放入恆溫箱35°C±1，培養48小時取出後快檢片出現粉紫紅色的菌落即為乳酸菌。如果不是快檢片不會出現菌落。
2. 根據乳酸菌快檢片操作手冊進行圖片對照培養基些微氣泡則表示酸筍發酵型態屬於微生物乳酸菌發酵中的異型乳酸發酵。



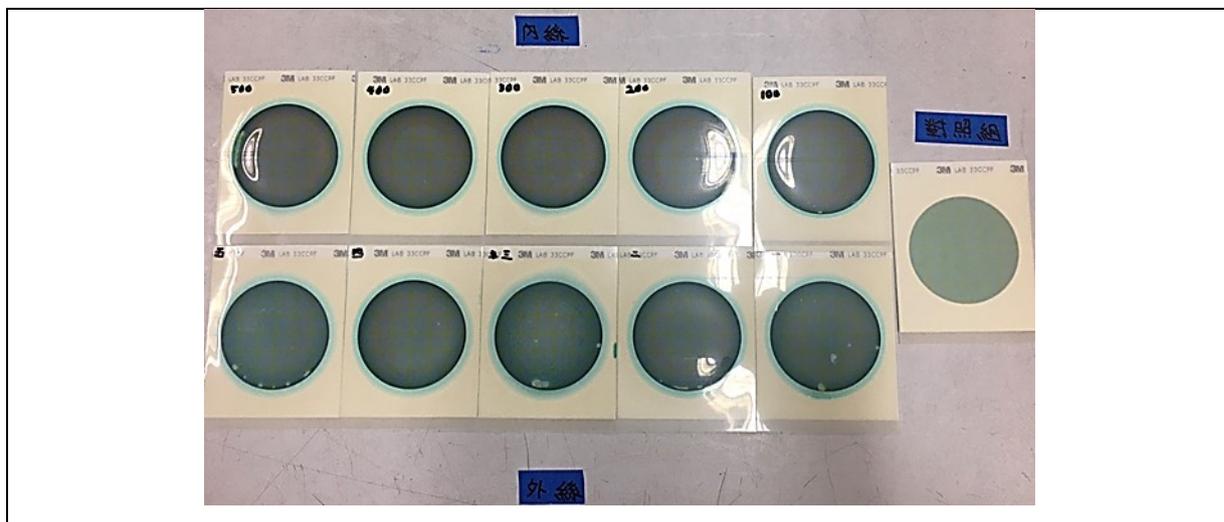
(二)發現與討論

1. 根據乳酸菌快檢片操作手冊進行圖片對照本實驗的乳酸菌數多不可數，需要進行稀釋竹筍發酵液。我們使用蒸餾水加以稀釋成500、400、300、200、100倍（如下圖），還是呈現乳酸菌數多不可數的現象。
2. 經詢問食品科學專業人士表示，我們需使用微生物實驗室較專業研究實驗器材，比較有

利於我們培養出單一菌落，才比較好進行計算，此方法留待我們進一步研究之探討。

3. 研究七中證實酸筍發酵菌種為乳酸菌，在乳酸發酵過程是指糖經無氧酵解而生成乳酸的發酵過程，但是，在製造酸筍的過程中並未加入糖參與作用，是否有可能是竹筍本身就有糖亦或者是我們在過程中加入糖可以使酸筍的製造過程，更容易生成乳酸菌？

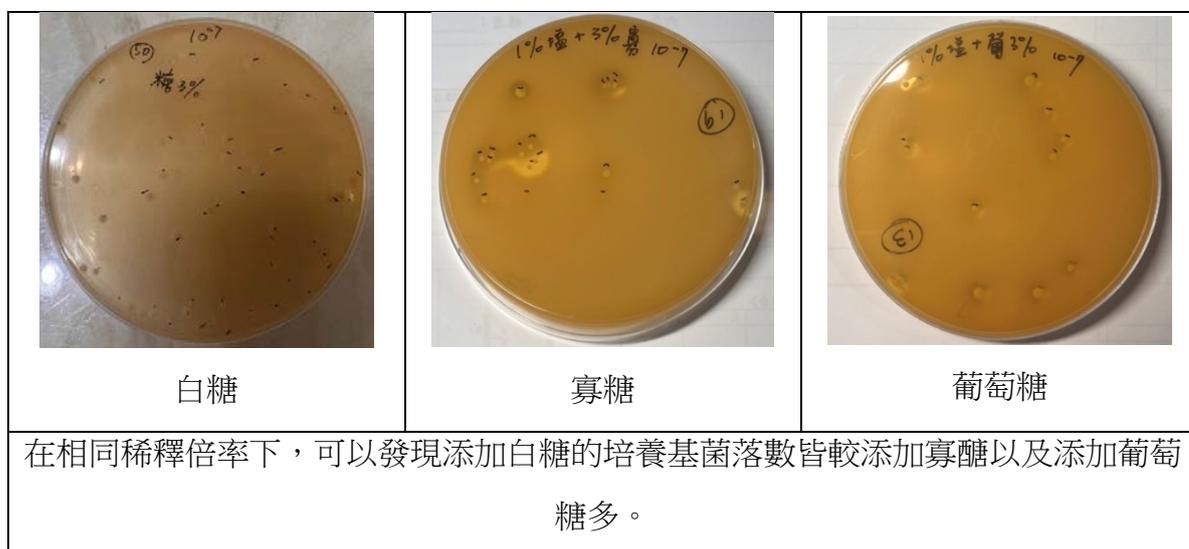
4.



研究八：糖對微生物（乳酸菌）生成的影響

(一) 實驗結果

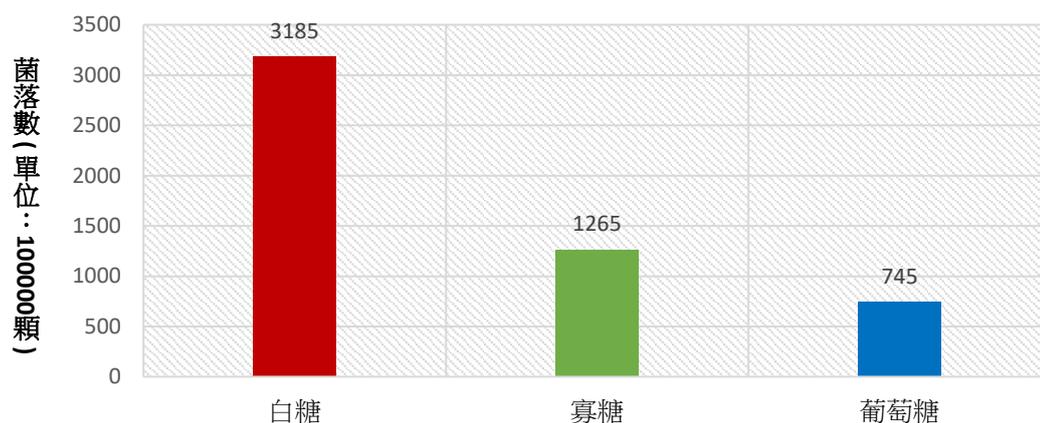
1. 根據下表七的實驗紀錄可以看出，從健康酸筍去取出筍液，添加不同的糖種類塗抹於培養基去觀察，添加不同的糖種類在相同時間及環境下，乳酸菌生成的數量是否會有差異性。根據實驗結果，培養基的菌落數，濃度 3% 白糖在 48 小時內平均菌落數約為 3185×10^5 ，濃度 3% 寡糖在 48 小時內平均菌落數約 1265×10^5 ，濃度 3% 葡萄糖在 48 小時內平均菌落數約為 745×10^5 。



2. 在相同時間及環境下所培養出的乳酸菌，在不同種類的糖中，用菌落數量來分析，添加白糖的菌落數約為寡糖的 2.51 倍，約為葡萄糖的 4.28 倍。

表七：糖種類對乳酸菌生成的影響表

平均菌落數 n=3	糖種類	實驗組	
	對照組	白糖	寡糖
48 小時		3185×10^5	1265×10^5



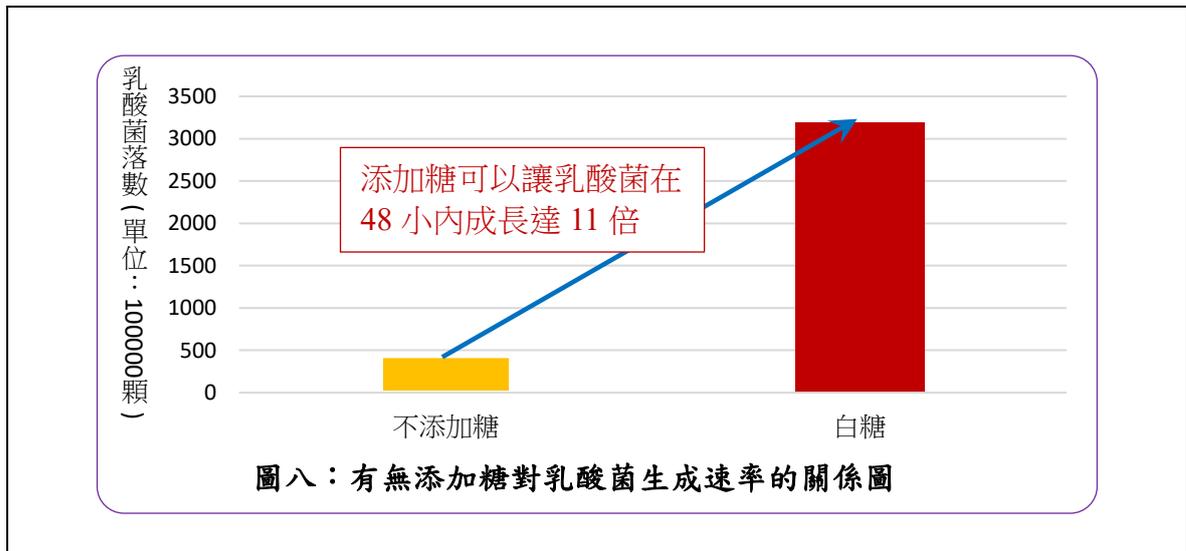
圖七：糖種類對乳酸菌生成的影響差異圖

(二) 發現與討論

1. 以風味來說，添加濃度 3%寡糖以及 3%的葡萄糖，在 48 小時培養後，聞起來有淡淡的筍香味。
2. 濃度 3%的白糖則具有濃郁的香甜酸筍味，風味上為最佳，打開培養基時濃郁的筍酸味撲鼻而來久久不散。
3. 由圖七我們發現糖的種類對於乳酸菌生成的影響是有差異的，於是我們開始好奇，如果製作健康酸筍時如果不添加糖，乳酸菌在相同時間下的生成速率又是如何呢？以下是我們針對不添加糖以及添加糖所進行的比較。

表八：是否添加糖對於乳酸菌生成速率之比較

平均菌落數 n=3	糖種類	實驗組
	對照組	白糖
48 小時	不添加糖	288×10^5



4. 由以上實驗結果可以發現，在製作健康酸筍的過程中只要添加些許糖，就可以讓乳酸菌在 48 小時內成長速率增加約 11 倍。
5. 這個結果，證明糖為乳酸菌的營養物質，恰好與乳酸發酵的科學原理相符。

伍、討論

- 一、研究一中，製作酸筍的時間最好是夏天，適逢當季盛產竹筍，價格實惠，且溫度適合乳酸菌發酵使酸筍的成功機率增加。本團隊實驗時間為開學後10月，時節不對，再加上冬筍價格高一斤約200元，且環境溫度逐漸下降，皆不利於酸筍之製作。
- 二、研究二的實驗過程中仔細的研究推測出製作酸筍的成功條件中，容易被一般人所忽略的細節中，在食物保存的條件中，水分如果過多，確實會增加腐壞的機率。經過本研究團隊仔細訪查具有10多年製作酸筍經驗的祖父母中得知，竹筍洗淨後要晾乾，而且製作過程中一定不能再碰到水，健康酸筍一定要放在太陽底下曬才會成功。
- 三、研究過程中發現我們一開始設定鹽的濃度實在是太高，要再降低鹽的濃度。經過前面的研究結果，本研究團隊推測，製作酸筍的條件中不能加水但是要有鹽，1%、3%、5%鹽濃度可以成功製成酸筍，再加上鹽本身可防腐，減少氧的溶解度，使好氧細菌發育受到阻止。在發酵的過程中有可能可以減少壞菌的產生。**1%、3%、5%鹽濃度都可以成功製成酸筍，以現代人注重低鈉食品健康，本團隊建議使用鹽濃度1%來製作健康酸筍。**
- 四、本研究五中發現陽光對竹筍發酵的實驗記錄結果，對照組（未照陽光）及實驗組（有照陽光）對綠竹筍發酵後都有成功製作成酸筍，我們認為適合乳酸菌生長的溫度才是主要的原

因。

- 五、研究六實驗的過程中，我們發現把竹筍切成絲狀及片狀後，加入鹽巴以後竹筍會出水，竹筍體內的含有不少的水，加鹽以後，體外鹽濃度高，體內的水就會向體外滲透而“出水”。食鹽的高滲透壓脫水作用使絲狀筍絲出水很快，但是片狀筍片出水的很少。一開始如果出水的少，有可能會因此讓竹筍留住太多水份，不利於發酵，所以片狀筍片在第4天而呈現發黑近似發黴的情形產生。除此之外，另外一個原因**竹筍形狀和表面積也有相關**，片狀筍片表面積小，不利鹽均勻分布；而絲狀筍絲表面積大，有利於鹽巴均勻分布，還可以防止雜菌在鹽還沒有滲透到竹筍時，而預先進入造成腐敗。同時乳酸菌會先開始發酵，加上蔬菜本身自有的酵素作用，均有益於醃漬的過程。
- 六、根據研究七的實驗結果中，以乳酸菌快檢片操作手冊進行圖片對照本實驗竹筍發酵液的乳酸菌數**多不可數**，需要進行稀釋竹筍發酵液。我們用蒸餾水加以稀釋成500、400、300、200、100倍，還是呈現乳酸菌數多不可數的現象。經詢問食品科學專業人士表示，我們需使用微生物實驗室較專業研究實驗器材，比較有利於我們培養出單一菌落，才比較好進行計算，此方法留待我們下一步研究之探討。
- 七、研究八的實驗結果以風味來說，添加濃度 3%寡糖以及 3%的葡萄糖，在 48 小時培養後，聞起來有淡淡的筍香味。濃度 3%的白糖則具有濃郁的香甜酸筍味，風味上為最佳，打開培養基時濃郁的筍酸味撲鼻而來久久不散。

陸、結論

- 一、研究一調查台灣食用竹筍適合做成健康酸筍的種類有**烏殼綠竹筍、麻竹筍**等。製作健康酸筍的季節建議是在竹筍盛產的季節**春、夏**間為宜。
- 二、研究二、三結果發現**水質(自來水、地下水)以及水溫**對照組（27-28°C）、實驗組（7-8°C水）、（37°C水）**都不是成功**製作酸筍的條件。
- 三、研究四、五及六製作健康酸筍的主要因素是洗淨筍殼後剝殼後自然晾乾後**絕對不能再碰水**、竹筍加入鹽巴比例為**鹽筍比為1：100**、**室溫25°C以上適合**且**切成絲狀**竹筍發酵成健康酸筍為本研究結果的最佳條件。
- 四、本研究七製作健康酸筍的發酵液經3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片檢測出此酸筍發酵型態屬於**微生物乳酸菌發酵中的異型乳酸發酵**。
- 五、製作健康酸筍的過程中添加**鹽**可以抑制壞菌生成避免發黴。
- 六、在相同時間及環境下所培養出的乳酸菌，在不同種類的糖中，用菌落數量來分析，添加

白糖的菌落數約為寡糖的2.51倍，約為葡萄糖的4.28倍。可以發現添加白糖的乳酸菌培養基菌落數皆較添加寡糖以及添加葡萄糖多。

- 七、在製作健康酸筍的過程中只要添加些許糖，就可以讓乳酸菌在48小時內成長速率增加約11倍。證明糖為乳酸菌的營養物質，恰好與乳酸發酵的科學原理相符。
- 八、民國111年5月4日公布的食農教育法中提到地產地消，食用在地當令食材。而竹筍產季集中，且採收後容易老化，我們以科學研究的方法，進行一連串探究，將耆老們的智慧、口耳相傳的記憶科學化。一年四季都有竹筍可以食用。
- 九、總結來說，在製作健康酸筍的過程中，添加1%鹽即可抑制壞菌，避免酸筍發霉；添加適當白糖可以幫助乳酸菌在發酵過程中快速生成，成為強勢菌種，而整個過程必須在特定的環境溫度30度到40度區間才會發生，我們的實驗很好的複製乳酸菌生長適溫條件，並解釋其發酵條件與酸筍之間的連結。

未來研究方向

1. 研究其他發酵食品是否也與乳酸菌發酵有關聯。
2. 是否只有乳酸菌才可以使食品發酵。

柒、參考文獻資料

- 一、<https://www.agriharvest.tw/archives/73496> 《鄉間小路》2021年6月號 青竹旬味。
- 二、<https://food.ltn.com.tw/article/1298> 熱天吃涼筍！台灣竹筍原來有這麼多品種示範。廖文彬、賴兆欣、李盈靜 2020/05/03 21:00
- 三、<https://www.foodnext.net/issue/paper/3357918696> 鹽什麼時候加有關係？醃漬蔬菜加工方法
- 四、種籽設計。2019。台灣漬·24 節氣的保存食。PCuSER 電腦人文化
- 五、<https://www.itsfun.com.tw/%E4%B9%B3%E9%85%B8%E7%99%BC%E9%85%B5/wiki-3125396-1611276> 乳酸發酵 華人百科
- 六、陳秉東（2017）。健康發酵酸筍之製作。環球科技大學生物技術研究所碩士論文。雲林縣。取自 <https://hdl.handle.net/11296/2bw9dw>
- 七、沈靚芳（2020）。鹽濃度對竹筍天然發酵過程品質特性與微生物之影響。國立嘉義大學食品科學系研究所碩士論文，嘉義市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/b4b4p5>
- 八、發酵理論與應用 發酵槽介紹與操作 陳錦樹 中興大學食品暨應用生物科技學系 96年10月25日
- 九、3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片檢測乳酸菌快檢片操作手冊 .pdf p23-p28

【評語】 080206

使用了教科學的方法，仔細設計醃製酸筍的條件，成功地將單純靠經驗製作的傳統食物，以可以複製的標準程序製作出來，是一個由生活經驗所發展出來的科學實驗，完成度相當高。在實驗中設計了許多探討變因，但是選擇變因的化學理由沒有很清楚的說明，如：加鹽所扮演的角色為何？_抑制細菌生長祇是推論，實驗並未找出主要機制。還有討論中提出「晾乾後絕對不能碰到水」，但是食鹽水裡面仍然有水，所以碰到水腐敗的原因是什麼？在判斷酸筍是否醃製成功上也缺乏定量的分析。因為類似的醃製發酵作品相對多，應該要在細節上更仔細，才能凸顯特色。

作品簡報

『發酵好』

~製作健康酸筍因素之探討~



減鈉



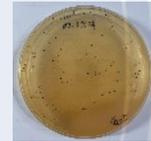
加鹽
1%



標準化



益菌多

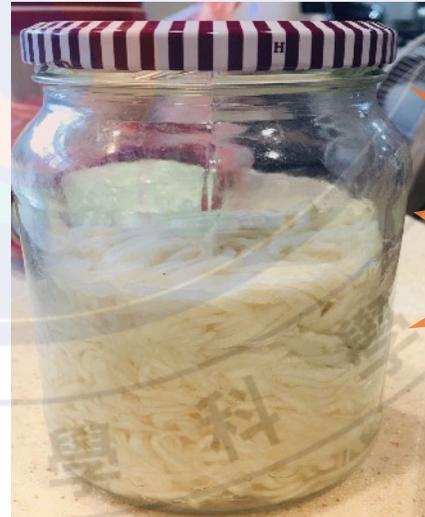


科別：化學科

組別：國小組

編號：080206

關鍵詞：酸筍、鹽濃度、發酵



天然發酵
健康酸筍

摘要&研究動機



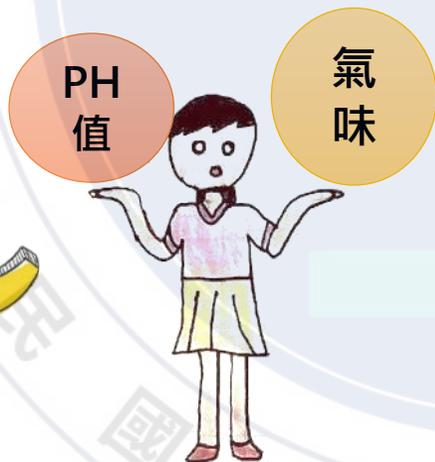
而且在並非生產季節的冬季，筍子的價格是非常昂貴的



如果筍子可以長時間保存，一年四季就都有筍子可以吃。



健康美味酸筍

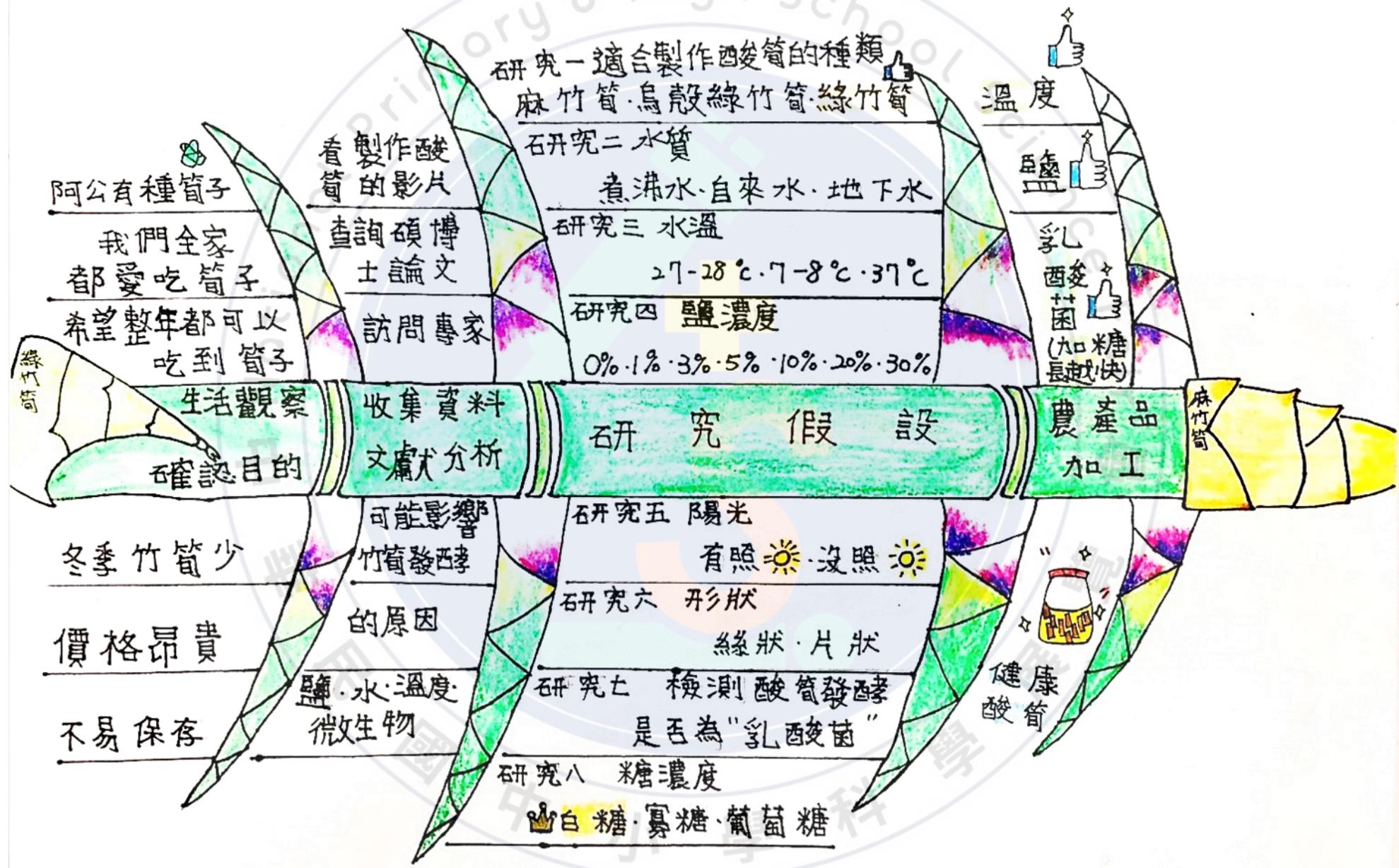


10多年製作酸筍經驗的祖父母中從氣味中判斷酸筍製作成功。



到底影響酸筍成功的因素是什麼呢？是什麼讓筍子成功發酵呢？

研究流程及實驗目的



研究結果

研究一 調查臺灣常見食用竹筍的品種

- 在訪問耆老、專業人士及上網蒐集相關資料後，我們從臺灣常見食用竹筍的品種形態、特徵、產季、料理方式進行資料分析。下圖是我們手繪的竹筍外形特徵圖，併從中挑選適合本研究相關主題資料。



品種名稱	圖片	產季	特徵	料理方式
烏殼綠竹筍		3-10月	筍殼呈土色或偏黑色，基部的殼上有黑色的絨毛，纖維較多，口感較似麻竹筍。	適合做成沙拉、熱炒或煮湯。
麻竹筍		4-10月	圓錐狀黃褐色，生長速度快，香氣濃，是一般竹筍中體型較大的。	1. 加工筍：纖維多，做日曬筍乾、醬筍等。 2. 菜筍：纖維較細緻，做涼拌菜、沙拉等鮮食。
綠竹筍		5月-10月	形狀矮胖，外觀會彎曲成牛角形、纖維較少、容易咀嚼，在筍類中以鮮嫩聞名。	爽脆清甜的口感、涼拌、熱炒或煮湯，也會加工成筍乾。

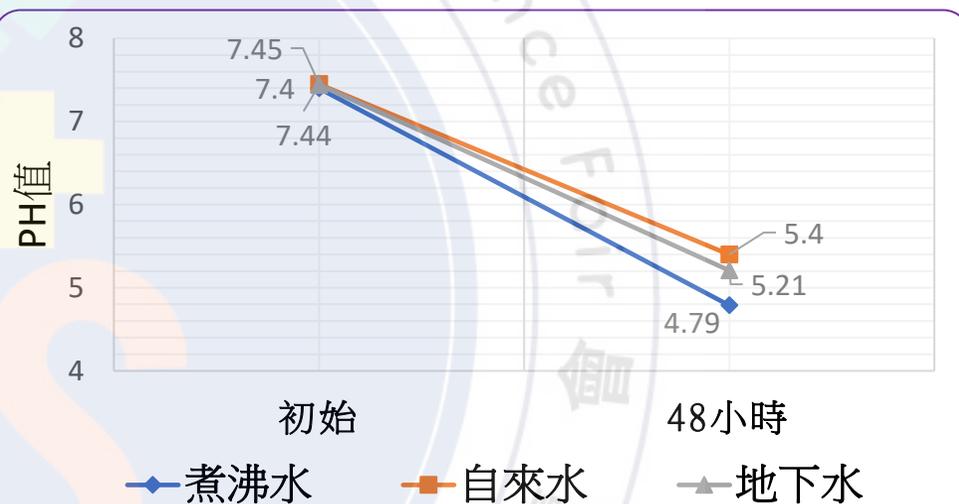
結論：本研究所製作的酸筍挑選會以符合產季且適合加工的食用竹筍為主。

研究二 探究水質對竹筍發酵的影響

- 在觀察耆老製作酸筍過程以及網路搜尋資料中，我們發現酸筍產品中皆有液體，因此我們想知道水質對於竹筍發酵情形的影響。
- 【操作變因】：水質



水質種類	對照組		實驗組	
pH值	煮沸水	自來水	自來水	地下水
量測時間				
第一次測量 (初始)	7.4	7.45	7.44	
第二次測量 (48小時)	4.79	5.40	5.21	



圖一：水質對竹筍發酵情形關係圖

結論：

- PH值上，對照組及實驗組在發酵2天後，皆從7以上降為5左右，為酸性。
- 在氣味上，對照組並沒有發臭，帶有一股淡淡的酸味；而實驗組在氣味上明顯發臭腐敗的味道，為非可食用酸筍，判斷其原因我們認為自來水及地下水中，可能含有過多的雜質，導致竹筍腐敗。

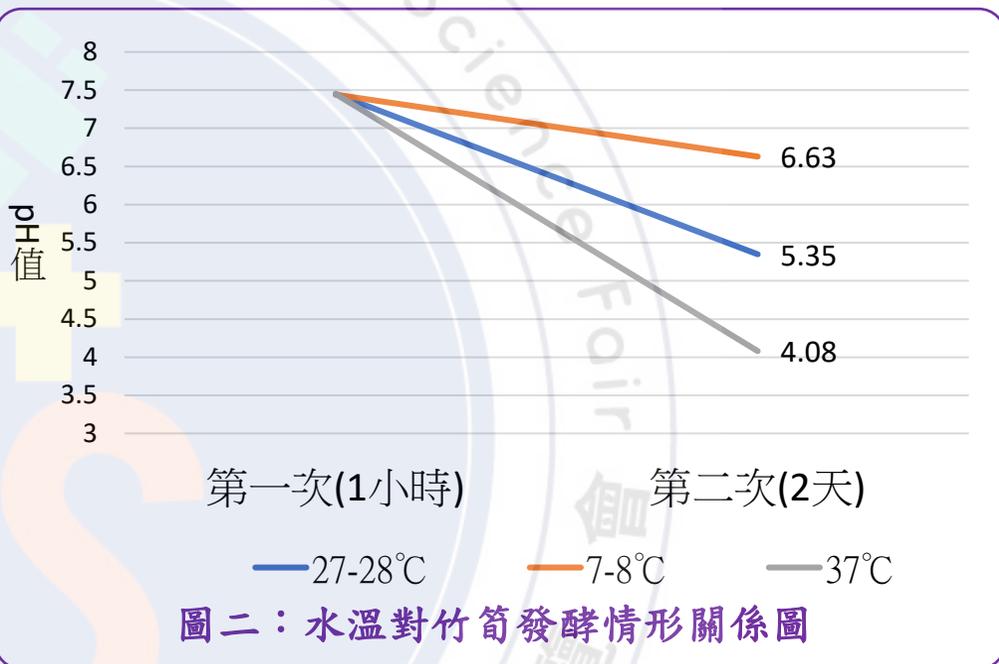
研究三 探究水溫對竹筍發酵的影響

- 在研究二中的實驗中，我們發現利用煮沸水製作酸筍時，在氣味上並未發臭，因次進一步設想如果改變水的溫度是不是會有差異呢？
- 【操作變因】：水溫

pH 值 量測時間	溫度	實驗組	
	對照組	7-8°C	37°C
第一次測量 (1小時)	27-28°C	7.45	7.45
第二次測量 (2天)	27-28°C	5.35	4.18

酸臭

酸臭

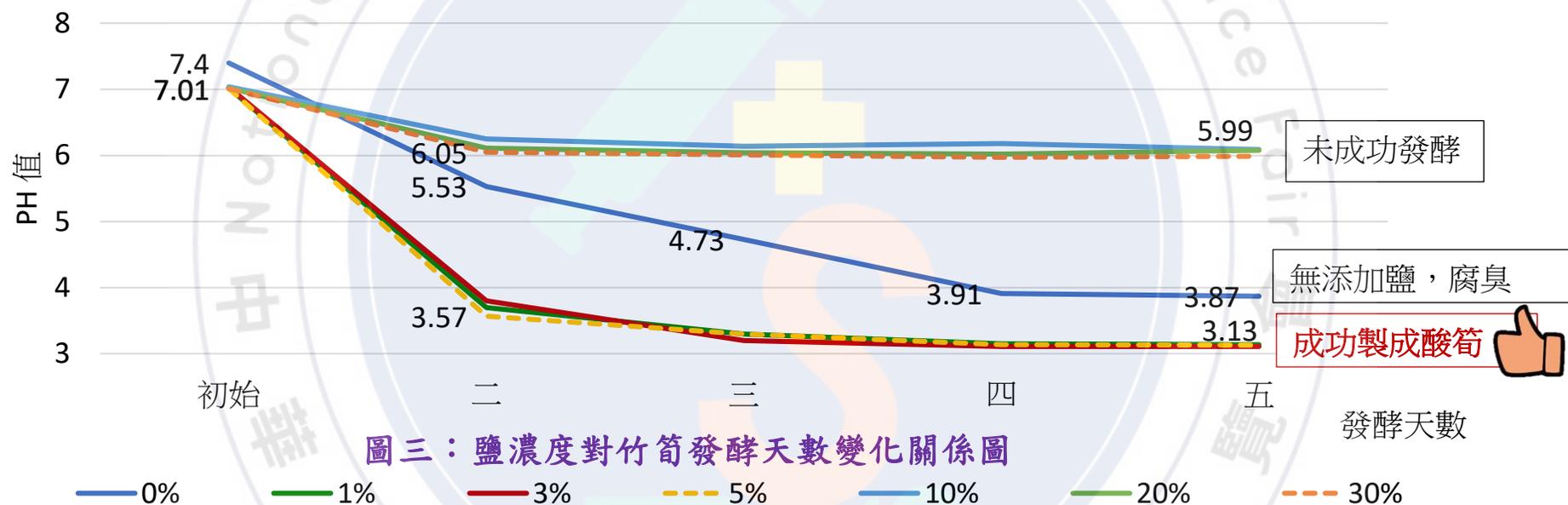


結論：

- 發酵2天後，對照組及實驗組 (7-8°C) pH值皆下降；且隨著水溫越高pH值越低。
- 氣味上，對照組(27-28°C)、實驗組 (7-8°C) 有些許發酸、發臭的味道，為不可食用酸筍。實驗組37°C有酸味，但沒有筍香味，並不能表示這就是酸筍。

研究四 探究鹽濃度對竹筍發酵的影響

- 我們透過網路資料及家中長輩製作酸筍的經驗，僅得到「添加些許鹽即可」，但卻未能正確告知「鹽的添加比例為多少」，這樣子的表示方式太不明確，所以我們希望找出鹽正確的添加比例。
- 【操作變因】：鹽濃度(Wt%，採用重量百分比)

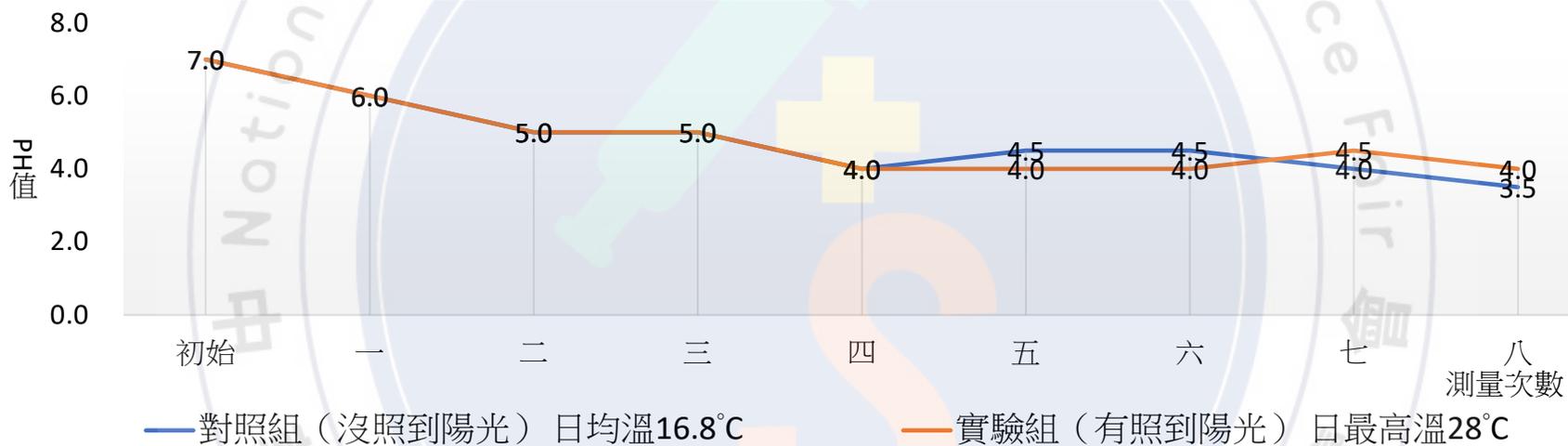


結論：

- 添加鹽可以成功製作酸筍，判斷其原因，鹽本身可防腐，減少壞菌的產生及氧的溶解度，使好氧細菌發育受到阻止。
- 現代人注重低鈉食品健康，本團隊建議使用鹽濃度1%來製作健康酸筍

研究五 探究陽光對竹筍發酵的影響

- 訪查具有10多年製作酸筍經驗的祖父母中得知，竹筍洗淨後要晾乾，而且製作過程中一定不能再碰到水，做好的竹筍一定要放在太陽底下才會成功。我們很好奇老祖宗的智慧，讓我們成功製造健康酸筍呢？
- 【操作變因】：陽光



圖四：陽光對竹筍發酵天數變化關係圖

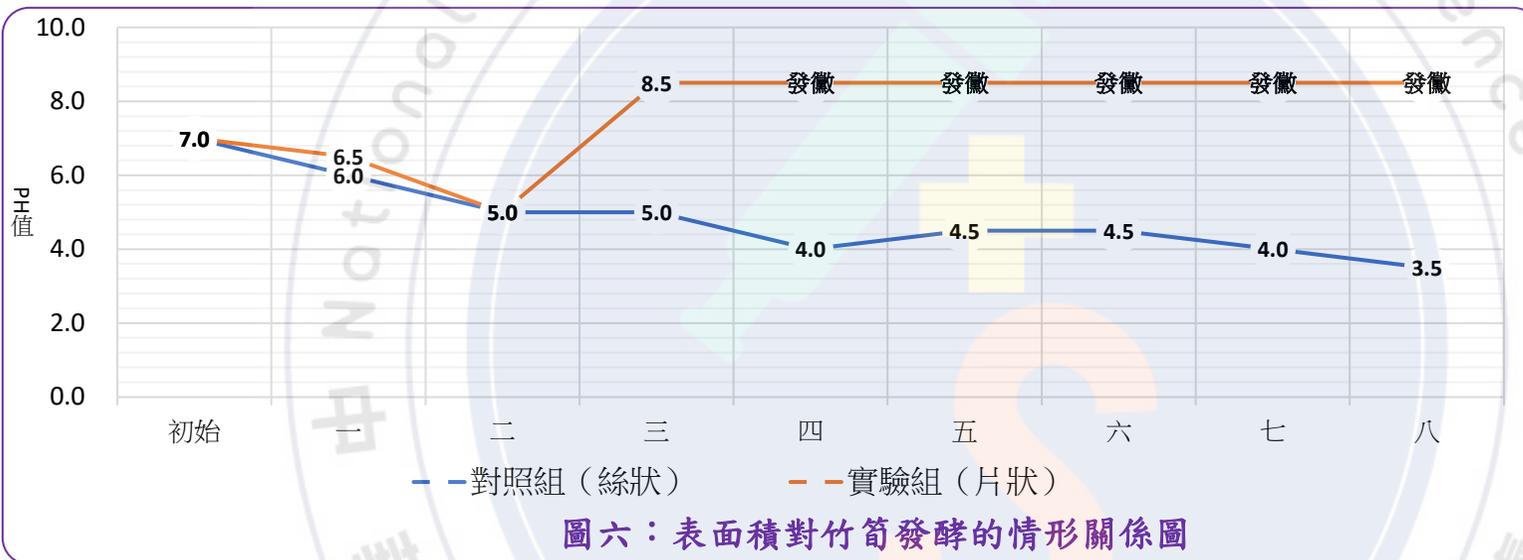
結論：

1. 對照組及實驗組發酵後都有成功製作成酸筍。
2. 要獲得成功酸筍其條件如下：竹筍洗淨後晾乾絕不可再碰到水、鹽濃度為1:100、環境溫度要在25°C以上地方成功機率高。
3. 為確認此方法可以成功製作酸筍，我們再重覆進行1次實驗，一樣可以獲得成功的酸筍。

研究六

探究表面積對竹筍發酵的影響

- 在查詢資料過程中，我們發現酸筍有人製作成片狀，與家中長輩教導的不相同，於是我們好奇不同形狀的酸筍其差異如何？
- 【操作變因】：表面積

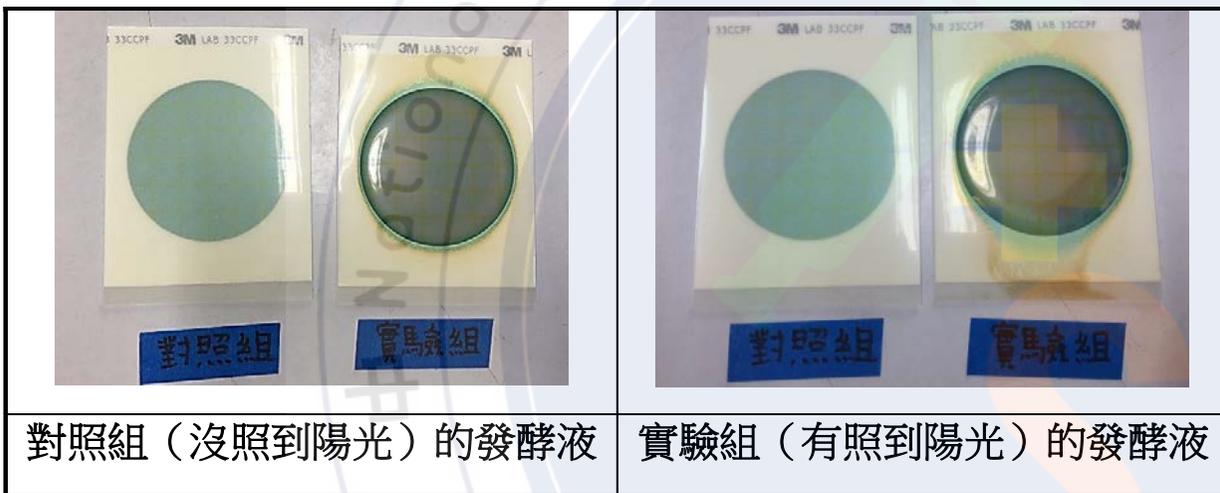


結論：

1. 食鹽的高滲透壓脫水作用使絲狀筍絲出水很快，但片狀筍片出水很少，竹筍留住太多水份，不利於發酵，所以片狀筍片在第4天而呈現發黑近似發黴的情形產生。
2. 此外，竹筍形狀和表面積也有相關，絲狀筍絲表面積大，有利於鹽巴均勻分布，防止雜菌在鹽還沒有滲透到竹筍時，而造成預先進入造成腐敗。同時乳酸菌會先開始發酵，加上蔬菜本身自有的酵素作用，均有益於醃漬的過程。

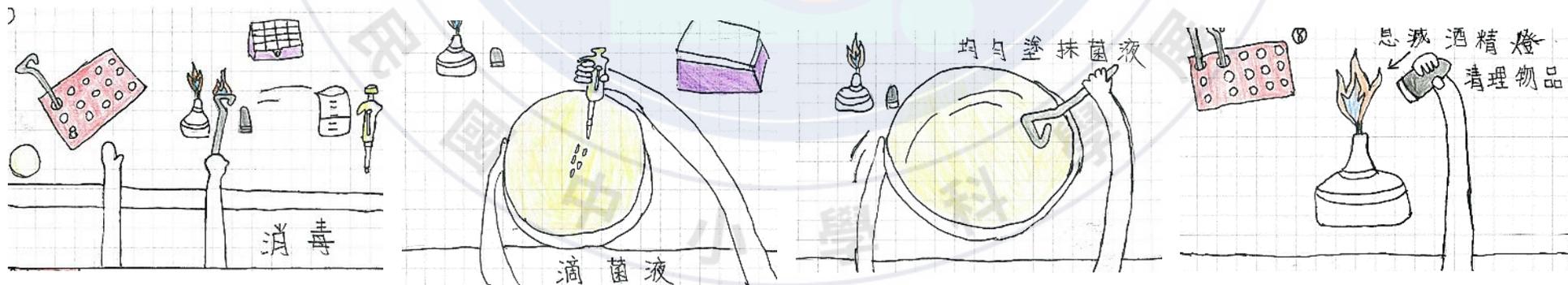
研究七 檢測竹筍發酵是否受微生物（乳酸菌）的影響

- 經詢問食品科學專業人士表示，可以採集健康酸筍的發酵液經3M™ Petrifilm™ 乳酸菌快檢片檢測，放入恆溫箱35°C±1，培養48小時取出後快檢片出現粉紫紅色的菌落即為乳酸菌。如果不是快檢片不會出現菌落。



結論：
根據乳酸菌快檢片操作手冊進行圖片對照培養基些微氣泡則表示酸筍發酵型態屬於微生物乳酸菌發酵中的異型乳酸發酵。

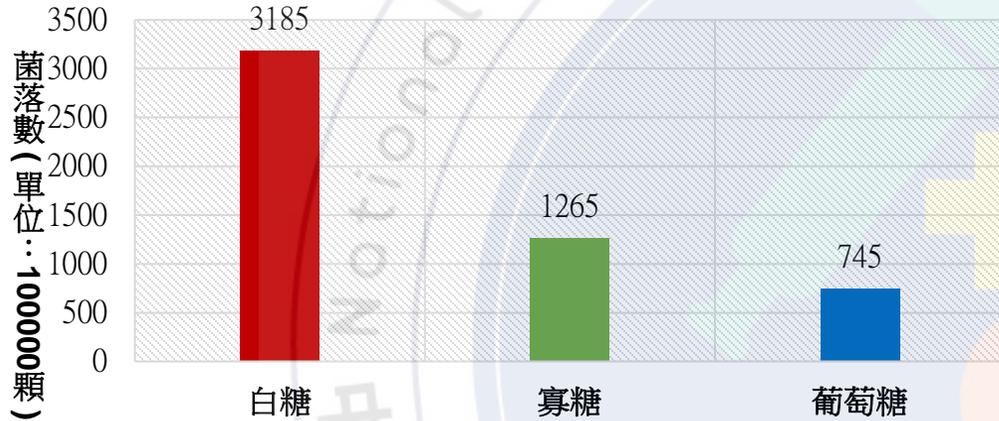
乳酸菌接種步驟圖（塗抹法）



研究八 探究糖種類對竹筍發酵的影響



研究七中證實酸筍發酵菌種為乳酸菌，在乳酸發酵過程是指糖經無氧酵解而生成乳酸的發酵過程，但是，在製造酸筍的過程中並未加入糖參與作用，是否有可能是竹筍本身就有糖亦或者是我們在過程中加入糖可以使酸筍的製造過程，更容易生成乳酸菌？



圖七：糖種類對乳酸菌生成的影響差異圖



圖八：有無添加糖對乳酸菌生成速率的關係圖

結論：

1. 以風味來說，添加濃度3%寡糖以及3%的葡萄糖，在48小時培養後，聞起來有淡淡的筍香味。
2. 濃度3%的白糖則具有濃郁的香甜酸筍味，風味上為最佳，打開培養基時濃郁的筍酸味撲鼻而來久久不散。
3. 由實驗結果可以發現，在製作健康酸筍的過程中只要添加些許糖，就可以讓乳酸菌在48小時內成長速率增加約11倍。
4. 這個結果，證明糖為乳酸菌的營養物質，恰好與乳酸發酵的科學原理相符。

結論

- 1. 本研究利用pH值以及氣味來判斷酸筍是否成功，當pH值降到4.6以下，即可成功製作酸筍。
- 2. 鹽巴在酸筍發酵的過程中利用滲透壓達到防腐作用。傳統製作酸筍添加10%、20%以上的鹽，實為過量。本研究發現鹽濃度只要1%即可成功製作健康酸筍。
- 3. 竹筍洗淨後要晾乾，不能再碰到水，並放在太陽底下曬(環境溫度30度到40度)才會成功。
- 4. 絲狀筍絲表面積大，利於鹽巴均勻分布。為增加成功機率建議以絲狀為主。
- 5. 添加適當白糖可以幫助乳酸菌在發酵過程中快速生成，成為強勢菌種。
- 6. 我們以科學研究的方法，將耆老們的智慧、口耳相傳的記憶科學化。一年四季都有竹筍可以食用。

參考資料

<https://www.foodnext.net/issue/paper/3357918696> 鹽什麼時候加有關係？醃漬蔬菜加工方法