

屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(二)

組 別：國小組

作品名稱：排灣族傳統酸肉 valeng 的芋頭粉對發酵情形的影響

關 鍵 詞： valeng 、 發酵 、 還原糖

編號：A7028

摘要

本研究旨在探討排灣族傳統食物「valeng」（酸肉）中「芋頭粉」添加與否對酸肉發酵的影響。實驗分為「添加芋頭粉」的實驗組與「僅添加鹽」的對照組，測量兩組的還原糖含量、二氧化碳產量、ph 值及感官特性分析。

研究結果顯示，實驗組的還原糖在第 3 天測到的含量最高，第 5 天迅速下降；ph 值於第 7 天明顯下降至 6 以下，酸性環境也會讓蛋白質變性使得肉質具彈性；相較之下，對照組 ph 值一直維持在 6，於第 7 天即發生明顯腐敗。綜合看來關鍵變化從第 5 天開始，樣品中微生物是否有芋頭粉水解後的還原糖可利用會影響 valeng 後續發酵的差異。在二氧化碳結果，實驗組與對照組皆出現雙峰曲線，可能在 15 天發酵過程中兩組都有不同的微生物群先後產生所造成。

壹、前言

一、研究動機

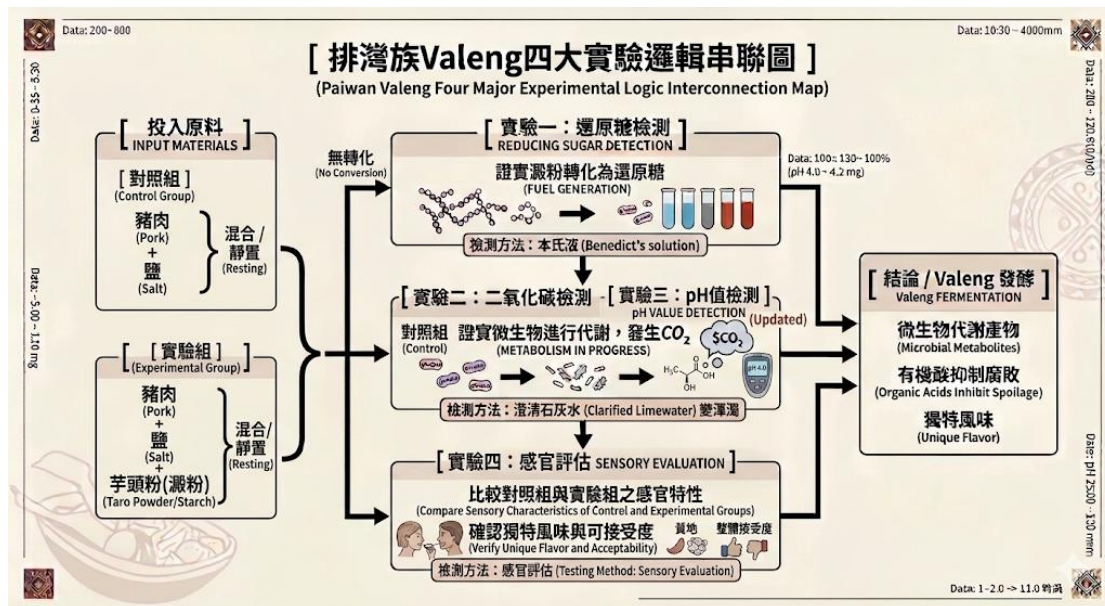
在學校民族教育課程中提到了在排灣族(paiwan)傳統飲食文化中，有種稱為「valeng」(酸肉；以下稱為 valeng)的食物，它以生豬肉抹鹽後再抹上排灣族特有的「芋頭粉」，之後裝入罐子，並在密封狀態下發酵約 14 天後就可取出烹調食用，因早期物資缺乏，肉的取得更是珍貴不易，這樣的醃製方式能延長肉的保存，也展現了排灣族人對食物保存技術的獨特智慧。然而，隨著社會變遷與飲食選擇的多樣化，這道承載著傳統文化記憶的食物已逐漸淡出年輕世代的日常生活，對其熱愛程度亦不如以往。

本研究旨以小學自然科學課程單元所學到的知識與技巧探究在民族教育課程中所認識的 valeng 這項獨特的傳統食物，利用在不同課程間彼此融合與跨領域的方式進行探索。所用的概念包括有六年級-「地球的生態中」章節中「食物鏈」單元延伸出關於「微生物」，也就是人們常說的「細菌」，它們不是全部都會對人類造成危害，反而是幫助地球分解許多廢棄物質，更是食物鏈中「分解者」的角色，讓學生認識到在我們看不到的世界裡原來有很多的小小生物(微生物)在運作也使得排灣族 valeng 能轉變出這樣特殊的風味。延續「食物鏈」中「微生物」的概念後，我們以三年級-「辨認水溶液的的酸鹼」單元，以簡易的酸鹼儀器(pH 計)測量 valeng 在發酵過程中的酸鹼變化與五年級-「空氣與燃燒」單元中「二氧化碳」的存在以澄清石灰水檢驗原理應用於 valeng 在發酵過程中的二氧化碳變化，另外延伸加入「本氏液實驗」產生的顏色變化，綜合以上方式觀察這些微生物無法以肉眼觀察到所產生的生化反應，另外也培養學生的觀察力，以肉眼觀察 valeng 在發酵過程的外在變化進行感官評估。

因此本次研究主要動機希望學生不僅利用自然科學課程中的科學概念與實驗技巧給予這項傳統美食新的科學詮釋，還能在過程中提升對族群文化的身份認同，更能讓這項珍貴的文化資產在科學的見證下得以延續。

二、 研究目的

本研究旨在探究排灣族酸肉 valeng 有無添加芋頭粉對發酵過程的影響，此研究有主要四個實驗，實驗邏輯與架構如下：



圖一：排灣族 valengn 四大實驗邏輯串聯圖（此圖為 ai 協作）

(一) valeng 製作，分成：

1. 對照組-未添加芋頭粉:猪肉 + 鹽。
2. 實驗組-添加芋頭粉:猪肉 + 鹽 + 芋頭粉 (澱粉)。

(二) [實驗一：還原糖實驗] 澱粉(芋頭粉)轉化為葡萄糖/還原糖(燃料產生)

對照組與實驗組在發酵過程中的還原糖(reducing sugar)的變化趨勢。

(三) [實驗二：二氧化碳實驗] 微生物消耗糖分，產生 co2 (代謝進行中)

對照組與實驗組在發酵過程中的二氧化碳(co 2)變化趨勢。

(四) [實驗三：pH 值實驗] 代謝產生酸，使環境酸化(發酵完成，抑制腐敗)

對照組與實驗組在發酵過程中的酸鹼值 (pH) 變化趨勢。

(五) [實驗四：感官特性分析] 芋頭粉對醃肉成品風味與質地的影響

在醃製完成後，針對「未添加芋頭粉」與「添加芋頭粉」兩組樣品，運用感官觀察進行質性描述比較，分析兩組樣品在香氣、風味、質地（如觸感、嫩度、纖維感）、色澤等差異，進行感官評估。

三、 文獻回顧

排灣族傳統食物中，有一種稱為「valeng」的醃製豬肉，它的作法是取新鮮豬肉，仔細抹上鹽巴後加入芋頭粉一起抹勻後裝罐發酵，且依部落提供的經驗，一定要用三層肉才會好吃，因為三層肉帶有油脂，讓豬肉的口感更為順口而不會過於乾硬。過去，valeng 主要出現在排灣族重要的祭典場合，如小米收穫祭(排灣族語:masalut)、五年祭(排灣族語:maleveq)或是有婚喪喜慶的重要活動才會食用；另外 Valeng 是利用豬肉進行發酵的食物，含有豐富的營養，因此在婦女生產後坐月子也會食用 Valeng 以補充營養與奶水。

依國家文化記憶庫網站-pasikau 部落傳統飲食再現紀實 valeng (醃肉)製作工序-周翠華表示製作 valeng 有三道工序：

(一)第一道工序：搗碎芋頭乾

首先將芋頭乾放入杵臼中舂打成約 1mm 大小的碎粒後，加入約 1/4 芋頭粉重量的鹽巴，混合均勻後作為醃料備用。

(二)第二道工序：將豬肉抹上醃料

將洗淨後的三層肉先用鹽塗抹均勻後再將芋頭粉醃料均勻按壓於豬肉上，取乾淨且乾燥的廣口玻璃瓶（瓶口尺寸以手能放入為宜，過寬的瓶口容易接觸空氣而致使醃肉敗壞），於瓶底放入一層芋頭粉醃料，再將數滿醃料的豬肉塞入，盡量塞滿不要留有縫隙，最後於瓶口再放一層醃料，罩上一層塑膠袋以隔絕空氣並鎖上瓶蓋。

(三)第三道工序：加水醃製

封罐後第三日掀開蓋子與隔絕空氣的塑膠袋，將煮沸過放涼的冷水倒入瓶中淹過豬肉後，再栓上蓋子。存放於陰涼處約一周後即可取出食用。通常醃越久豬肉本身越酸，存放時間長短可依個人食用習慣而定

文章中周翠華表示在以往物資匱乏的年代，芋頭粉並非以整顆完整的芋頭舂搗而成，而是將芋頭烘烤成乾之後，在進行去皮步驟的同時，蒐集掉落在月桃蓆上的那些被磨去的外皮與碎屑。

而依據本部落耆老表示，早期因為在特殊祭典時才會殺豬，早期不容易吃到肉，所拿到比較好的肉會拿回家做 valeng，而其他內臟或零碎的部分則會由族人煮湯與部落的人一起食用；還有部落製作酸肉在加水時間有些許差異，有選擇完全不加水、

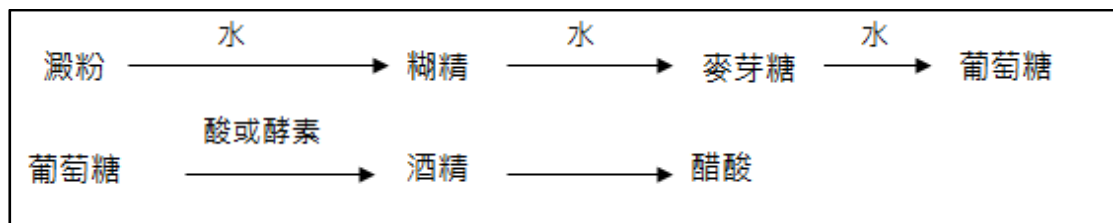
過3天後加水、一周後加水，每種方法按照部落族人經驗皆可行。族人會按照自身經驗依味道、肉的狀態決定加水與否。

另外耆老敘述以前不僅不容易吃到肉，其實連芋頭乾的取得也不容易。依hami書城網站-芋頭 循南島作物的軌跡 董景生提到台灣原住民保有許多芋品種，多數屬於旱芋，特別是排灣族、魯凱族的小山芋，除了直接煮熟食用，為了長期保存以及慶典食物，也有特殊的窯烤芋頭乾等傳統技術，而部落耆老說明芋頭乾的烘烤技術自古就很繁雜且耗人力，因此芋頭乾的價格一直都是居高不下，而醃製 valeng 所使用的是以芋頭乾搗碎的芋頭粉，現在多可以直接購買到，但價格仍不便宜，所以在醃製 valeng 的湯汁排灣族人不會隨意丟棄，反而可以再放入新的豬肉繼續醃製。

依據台灣原住民族事典網站-醃肉文章中張瑋琦表示獸肉是珍貴難得的蛋白質食物，原住民族的肉類來源為漁獵及飼養，過去由於缺乏冷藏設備，故以醃漬延長食物的保存期。台灣原住民各族均有醃肉，主要的醃製法為鹽醃、澱粉與鹽同醃、酒糟、味噌醃。

其中排灣族的 valeng 是以澱粉與鹽同醃法製作，張瑋琦說明澱粉與鹽同醃法是以食鹽醃製雖能防止細菌生長，但卻無法防止嗜鹽性病菌，故有了加入澱粉（多糖）與食鹽共同醃漬的方法。澱粉與肉的微生物、蛋白質、水作用後，自然發酵產生醋酸，促使真菌增殖，食物輕微酸化，可達到更好的防腐效果，同時又能保留好菌，是經驗法則累積的傳統智慧。此法醃漬肉類約4天可食用，醃魚約7-10日可食用，保存於陰涼處耐久放，但由於放置時間越長酸度越高，排灣族人大多放置14天左右。

本氏液實驗:本研究將製作 valeng，並分為實驗組與對照組，實驗組中加入芋頭粉醃製豬肉；依據傅麗玉教授的「泰雅族的醃苦花魚」文章中提到米飯的主要成分是澱粉，澱粉在酸性溶液中，經能水解產生葡萄糖，其過程如下（李敏雄，1995）：



圖二 澱粉水解流程圖

在本研究的實驗組中使用芋頭粉，芋頭是澱粉類，假設芋頭粉跟米飯一樣在醃製過程中會水解逐漸產生多種醣類，這些醣包括葡萄糖、麥芽糖等稱為還原糖（reducing sugar）的醣類，而所產生的這些醣能接著被微生物利用做為生長的能量，

因此我們測定還原糖的含量，觀察還原糖的趨勢變化，推測微生物生長情形。

還原糖(reducing sugar)測量方式有很多種，本研究是以本氏液實驗進行，本氏液實驗操作容易，數據呈現明顯且容易觀察，適合學生操作。

(四)本氏試驗 (benedict' s test) 原理和概念 (楊水平 等人)

1. 本氏試驗用來檢測還原糖的存在與否，

- (1) 還原糖包括單糖：葡萄糖（醛糖）、果糖（酮糖）、半乳糖（醛糖）；雙糖：麥芽糖（醛糖）、乳糖（醛糖）。
- (2) 當還原糖與藍色的本氏試劑（含 Cu^{2+} ）一起加熱時，會產生磚紅色氧化亞銅（ Cu_2O ）的沈澱物。
- (3) 實驗反應：磚紅色（最多）> 橙色（多）> 綠色（些許）> 藍色（無還原糖）

A 陽性反應的顏色取決於還原糖的含量

B 陰性反應呈現藍色（無還原糖）



圖三：藍色視為陰性反應；綠色、橙色、磚紅色視為陽性反應（圖片來源：

<http://goo.gl/cbchte>）

(五)澄清石灰水試驗：

valeng 保存在密封的罐子裡發酵，是一種無氧發酵，在醃製的過程中會有很多的微生物作用，微生物作用會產生氣體。依據翰林五年級自然科學課本二氧化碳單元中提到物質燃燒會消耗氧氣並產生二氧化碳，而二氧化碳和澄清石灰水交互作用後會使澄清石灰水變混濁，因此本實驗係利用澄清石灰水特性，測量 valeng 發酵過程中二氧化碳產生的變化趨勢，推測微生物生長情況。

表一 排灣族烘烤完的芋頭乾與芋頭粉成品

	
圖四:烘烤好的芋頭乾 照片來源: https://tcmb.culture.tw/zh-tw/detail?indexcode=culture_event&id=628103	圖五:部落販賣的芋頭粉 照片來源:照片由餐與學生拍攝

表二:《時間的魔術師: valeng 的熟成三部曲》: 此 valeng 由部落 vuvu 製作

(一) 序: 新鮮生肉, 是部落分享文化的開端, 也是科學實驗最原始的基質	(二) 醞: 鹽與芋頭粉在密封中交織, 進行一場看不見的生物化學儀式。十四天的等待, 是耐性與智慧的考驗。	(三) 成: 從生鮮到熟成, 色澤與香氣交織成部落專屬的印記。這不只是發酵, 更是時間淬鍊出的風味工藝。
		

圖六:新鮮生豬肉

圖七:裝罐醃製的 valeng

圖八:熟成的 valeng

照片由參與學生拍攝

表三:排灣族語(中排灣)與中文對照表

vuvu	長輩、孫子	vutjulj	豬肉	排灣族	Paiwan
vasa	芋頭	qatiya	鹽	小米收穫祭	masalut
Palju/laglag	芋頭粉	valeng	排灣族醃肉	五年祭	maljeveq

貳、研究設備及器材

表四：研究材料表格

研究名稱	研究材料
排灣族 valeng 製作	豬肉、鹽巴、芋頭粉(部落購買)、水、玻璃罐、
感官分析	實驗組與對照組 valeng、紀錄表格、相機
還原糖 實驗	實驗組與對照組 valeng、葡萄糖(藥局購買)、本氏液，試管、活性 碳、離心機，電磁爐、滴管、研鉢、漏斗、濾紙
二氧化碳實驗	實驗組與對照組 valeng、針筒、澄清石灰水、燒杯
酸鹼實驗	實驗組與對照組 valeng、pH 計、燒杯、夾子、洗滌瓶、紙巾、鐵 盤。

參、研究過程與方法

一、 valeng 製作：

(一) 部落傳統製法：

1. 準備好 valeng 製作材料-帶皮三層肉、鹽巴、芋頭粉，乾淨且乾燥的玻璃罐。
2. 將三層肉表層抹上鹽巴並充分按摩，讓鹽巴能均勻分布在肉的表面。
3. 塗抹好鹽巴的肉放置鐵盤上，待用。再倒入芋頭粉於盤中。
4. 另取一鐵盤盛裝芋頭粉，在芋頭粉中加入少許鹽巴，將芋頭粉與鹽巴混勻。
5. 將混合鹽巴的芋頭粉倒在豬肉上。
6. 將芋頭粉抹勻於豬肉表面，如同抹鹽時充分按摩與塗抹，讓芋頭粉能均勻分布在肉的表面。
7. 裝罐:取出乾淨玻璃罐，玻璃罐內底部鋪一層芋頭粉將塗抹好的豬肉放進入玻璃罐中。
8. 獎剩餘的含鹽芋頭粉一起倒入玻璃罐中。
9. 另準備一煮過的冷水並加入鹽巴溶解成為鹽水後備用。
10. 豬肉裝罐完成後倒入鹽水、水的高度加至蓋過豬肉即可。
11. 蓋上蓋子密封。（蓋上蓋子時口中會念希望成功的祈禱文）
12. 待 14 天後可取出烹調食用。



圖九 排灣族 Valeng 製作流程圖 (此流程圖由 ai 協作)

(二) 本研究作法：

傳統的 valeng 所選用的豬肉為整條完整的三層肉，為實驗的可執行性，而選用市面已裁切好的三層肉絲進行實驗方法：

1. valeng 比例:豬肉:鹽巴:芋頭粉= 100g: 6.7g:35.2g。此比例是依據部落耆老製作時所使用的鹽與肉的重量比例算出。
2. 每個玻璃罐為 15g 的豬肉絲
3. 將肉放置於鐵盤上並抹上鹽巴(vuvu 提醒：此步驟務必確實，以防腐壞。)
4. 在大鐵盤中倒入芋頭粉及鹽巴。
5. 將抹好鹽的豬肉均勻沾裹上芋頭粉。
6. 將裹好芋頭粉的豬肉塊小心置入玻璃罐中。
7. 將剩餘的芋頭粉料倒入罐中，稍微調整並鋪平，使粉料覆蓋豬肉。
8. 加入 3% 鹽水 20ml
9. 密封：將玻璃罐蓋子確實蓋緊、密封，靜置於室溫陰涼處。時間到 後進行數據的測量。
10. 實驗數據測試天數:第 0 天、第 1 天、第 3 天、第 5 天、第 7 天、第 9 天、第 11 天、第 13 天、第 15 天。每組樣品有 2 個，皆為二重複。

二、還原糖實驗步驟

- (一) 從控制組與實驗組中取出該天樣品，
- (二) 每個樣品先混勻後取出 5 克放入離心管做為還原糖實驗樣品。
- (三) 離心 4000rpm，10 分鐘。
- (四) 取出離心後樣品的中段部分液體至杯子。
- (五) 另秤取 1 克活性碳，將活性炭倒入含樣品的杯子中，進行澄清 10 分鐘
- (六) 另準備一個漏斗上面放一張濾紙。
- (七) 樣品以活性碳澄清後倒入濾紙將活性碳過濾取得澄清液體樣本。
- (八) 澄清樣本取出 2ml 到玻璃試管中進行本氏液實驗。
- (九) 2ml 澄清樣本+2ml 本氏液
- (十) 與熱水中反應 5 分鐘
- (十一) 觀察顏色變化。
- (十二) 空白組:2ml r.o 水+2ml 本氏液
- (十三) 葡萄糖溶液:配置 1%、3%、5%、7%，取葡萄糖粉加 r.o 水
- (十四) 芋頭粉溶液:取未使用的芋頭粉並依還原糖步驟處理。

三、 二氧化碳實驗:二氧化碳實驗樣品是改以保鮮袋進行包裝以方便取得氣體

- (一) 從控制組與實驗組中取出該天樣品，
- (二) 每個樣品準備好 20ml 澄清石灰水備用
- (三) 使用 5ml 的針筒，將針頭插入保鮮袋內抽出 5ml 的氣體，每個樣品抽 3 次，共抽出 15ml 氣體。
- (四) 每次氣體取出後快速打入澄清石灰水
- (五) 觀察石灰水變化並記錄產生時間與產生情形

四、 酸鹼實驗與感官評估

(一) 方法:

測量 pH 值與感官品評：此實驗以製作好的 valeng 進行測量與觀察。

壹、測量 pH 值:以 pH 計對當天樣品測量 pH 值，每個樣品測量 3 次並取其平均值

貳、感官品評： 測量完 pH 值後，觀察 valeng 的狀態（顏色、質地）並聞其氣味後進行紀錄。

叁、研究結果

一、 還原糖實驗：

(一)說明：

1. 以本氏液 (benedict's solution) 檢測，對比僅加鹽的「對照組」與添加芋頭粉的「實驗組」在醃製過程中還原糖含量的變化。
2. 本驗觀察天數為:0 天、1 天、3 天、5 天、7 天、9 天、11 天、13 天 15 天，共 9 份樣本。
3. 將顏色反應量化為分值 (0-4 分)：

評分標準：藍色 (0 分，無糖) → 綠色 (1~1.9 分，微量) → 黃色 (2~2.9 分，低量) → 橙色 (3~3.9 分，中量) → 磚紅色 (4 分，高量)。

表五：還原糖實驗評分標準表：

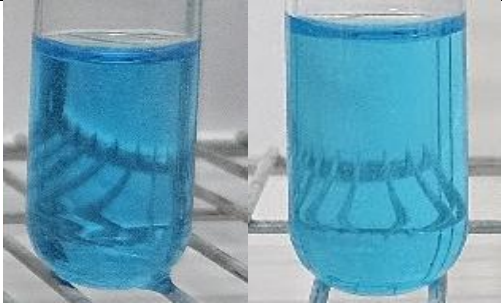
顏色描述	糖含量估計值	賦予分值
藍色 (保持原色)	無糖 (0%)	0
綠色	微量	1~1.9
黃色	低量	2~2.9
橙色	中量	3~3.9
磚紅色	高量	4



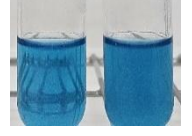
(本圖片截錄於楊水平等人)

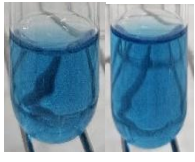
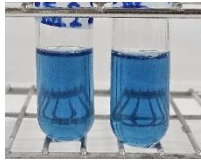
(二)結果：

1. 表六:不同濃度葡萄糖溶液、空白組與純芋頭溶液本氏液實驗結果

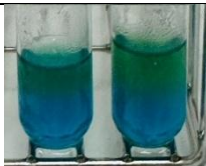
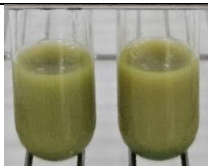
不同濃度葡萄糖溶液、由左至右濃度為:7%、5%、3%、1%	
	
空白組:仍呈現藍色，無還原糖	純芋頭粉溶液:輕微綠色，幾乎無還原糖
	

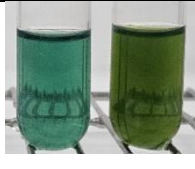
2. 表七: 對照組本氏液實驗結果紀錄表

對照組: 鹽-1+鹽-2				
day0	day1	day3	day5	day7
顏色: 藍色	顏色: 藍色	顏色: 藍色	顏色: 藍色	顏色: 藍色
反應等級: 1. 鹽-1: <u>0分</u> 2. 鹽-2: <u>0分</u>	反應等級: 1. 鹽-1: <u>0分</u> 2. 鹽-2: <u>0分</u>	反應等級: 1. 鹽-1: <u>0分</u> 2. 鹽-2: <u>0分</u>	反應等級: 1. 鹽-1: <u>0分</u> 2. 鹽-2: <u>0分</u>	反應等級: 1. 鹽-1: <u>0分</u> 2. 鹽-2: <u>0分</u>
現象描述: 2組樣品初始狀態皆為藍色。溶液澄清, 呈現本氏液原始特徵色。	現象描述: 呈色表現恆定, 未觀測到任何顏色改變。	現象描述: 呈色表現恆定, 未觀測到任何顏色改變。	現象描述: 呈色表現恆定, 未觀測到任何顏色改變。	現象描述: 呈色表現恆定, 未觀測到任何顏色改變。
				
day9	day11	day13	day15	
顏色: 藍色	顏色: 藍色	顏色: 藍色	顏色: 藍色	
反應等級:	反應等級:	反應等級:	反應等級:	

1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>0 分</u>	1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>0 分</u>	1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>0 分</u>	1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>0 分</u>	
現象描述: 維持穩定不變， 仍無還原糖生成 反應。	現象描述: 維持穩定不變， 仍無還原糖生成 反應。	現象描述: 維持穩定不變， 仍無還原糖生成 反應。	現象描述: 維持穩定不變， 仍無還原糖生成 反應。	
				

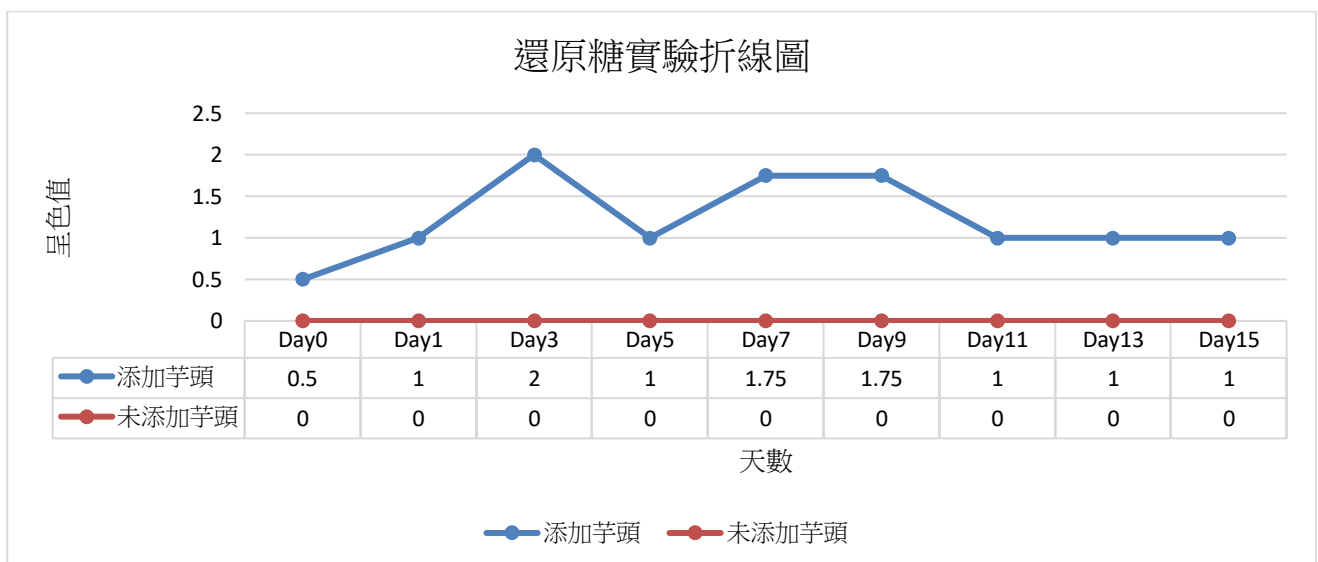
3. 表八：實驗組本氏液實驗結果紀錄表

實驗組：芋-1+芋-2				
day0	day1	day3	day5	day7
顏色： 藍綠色	顏色： 橄欖綠	顏色： 土黃色	顏色： 孔雀綠	顏色： 芥末黃， 黃綠色
反應等級： 1. 芋-1: <u>0.5 分</u> 2. 芋-2: <u>0.5 分</u> 3. 平均分數： <u>0.5 分</u>	反應等級： 1. 芋-1: <u>1.0 分</u> 2. 芋-2: <u>1.0 分</u> 3. 平均分數： <u>1.0 分</u>	反應等級： 1. 芋-1: <u>2.0 分</u> 2. 芋-2: <u>2.0 分</u> 3. 平均分數： <u>2.0 分</u>	反應等級： 1. 芋-1: <u>1.0 分</u> 2. 芋-2: <u>1.0 分</u> 3. 平均分數： <u>1.0 分</u>	反應等級： 1. 芋-1: <u>2.0 分</u> 2. 芋-2: <u>1.5 分</u> 3. 平均分數： <u>1.75 分</u>
現象描述： 2 組樣品初始狀態皆形成一半藍色一半綠色。	現象描述： 2 組樣品都形成很混濁的橄欖綠。	現象描述： 2 組樣品都形成很混濁的土黃色。	現象描述： 2 組雖由混濁稍轉為清澈，但顏色仍較暗、呈現厚重的深草綠。	現象描述： 2 組樣品都為混濁。芋-1 樣品仍持續為混濁，但黃色的呈現更為強烈形成芥末黃；芋-2 則轉為黃綠色。
				
day9	day11	day13	day15	
顏色： 亮黃色、青草綠	顏色： 湖水綠、	顏色： 湖水綠、	顏色： 湖水綠	
反應等級： 1. 芋-1: <u>2.0 分</u> 2. 芋-2: <u>1.5 分</u> 3. 平均分數： <u>1.75 分</u>	反應等級： 1. 芋-1: <u>1.0 分</u> 2. 芋-2: <u>1.0 分</u> 3. 平均分數： <u>1.0 分</u>	反應等級： 1. 芋-1: <u>1.0 分</u> 2. 芋-2: <u>1.0 分</u> 3. 平均分數： <u>1.0 分</u>	反應等級： 1. 芋-1: <u>1.0 分</u> 2. 芋-2: <u>1.0 分</u> 3. 平均分數： <u>1.0 分</u>	
現象描述：	現象描述：	現象描述：	現象描述：	

2 組樣品由混濁稍轉為清澈。芋-1 樣品呈現較清澈的亮黃色，並有橘色沉澱物；芋-2 呈現較清澈且較亮的青草綠，並有橘色沉澱物	2 組樣品轉為更淺色橄欖綠，但仍稍有混濁。	2 組樣品形成清澈的液體透光率高；芋-1 呈現清澈湖水綠與青草綠。	2 組樣品形成清澈的液體，透光率高；芋-1、芋-2 呈現清澈且深淺不同青草綠。
			

表九：還原糖實驗結果紀錄表

樣本組別	day 0	day 1	day 3	day 5	day 7	day 9	day 11	day 13	day 15
對照組 (鹽)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
實驗組 (芋)	0.5	1	2	1	1.75	1.75	1	1	1



圖十：還原糖實驗折線圖

(三)結果分析：

1. 對照組：

(1) 對照組在 15 天內全程呈現**藍色**，反應等級皆為 **0 分**。

(2) 單純的鹽與肉組合無法產生還原糖。這也解釋了為何感官評估中對照組會走向「腐敗」而非「發酵」，因為缺乏可供益生菌利用的糖源。

2. 實驗組：

(1) **初期 (day 0-3)**：還原糖分數從 0.5 快速攀升至 **2.0 (土黃色)**。
這顯示可能芋頭粉中的澱粉開始被分解為還原糖。

(2) **中期 (day 5-)**：分數出現波動 (2.0 降至 1.0 再回升)。這反映了微生物 (如乳酸菌) 可能開始消耗產生的還原糖進行發酵，導致濃度暫時下降。

(3) **高峰期 (day 7-9)**：呈現平穩的狀態，分解效率達到高點，累積還原糖，而微生物消耗速率可能也緩和下來。

(4) **後期 (day 11-15)**：連續 3 次分數降至 1 並維持。推測是發酵持續進行，糖分消耗量大於產出量。

二、二氧化碳實驗：

(一)說明：

1. 以澄清石灰水檢測樣品發酵過程產生的二氧化碳含量，對比僅加鹽的「對照組」與添加芋頭粉的「實驗組」在醃製過程中二氧化碳含量的變化。
2. 本驗觀察天數為:0 天、1 天、3 天、5 天、7 天、9 天、11 天、13 天 15 天，共 9 份樣本。
3. 將反應量化為分值 (0-3 分)，如下方表格：

表十:澄清石灰水變化評分標準

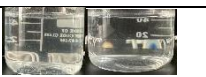
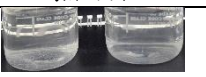
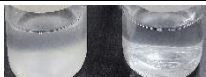
觀察現象描述	混濁等級 (0-3)
石灰水完全透明，無變化	0
石灰水出現微量雲霧狀	1
石灰水明顯變白、變混濁	2
出現明顯白色沉澱物	3

(二)結果

表十一：對照組澄清石灰水實驗結果紀錄表

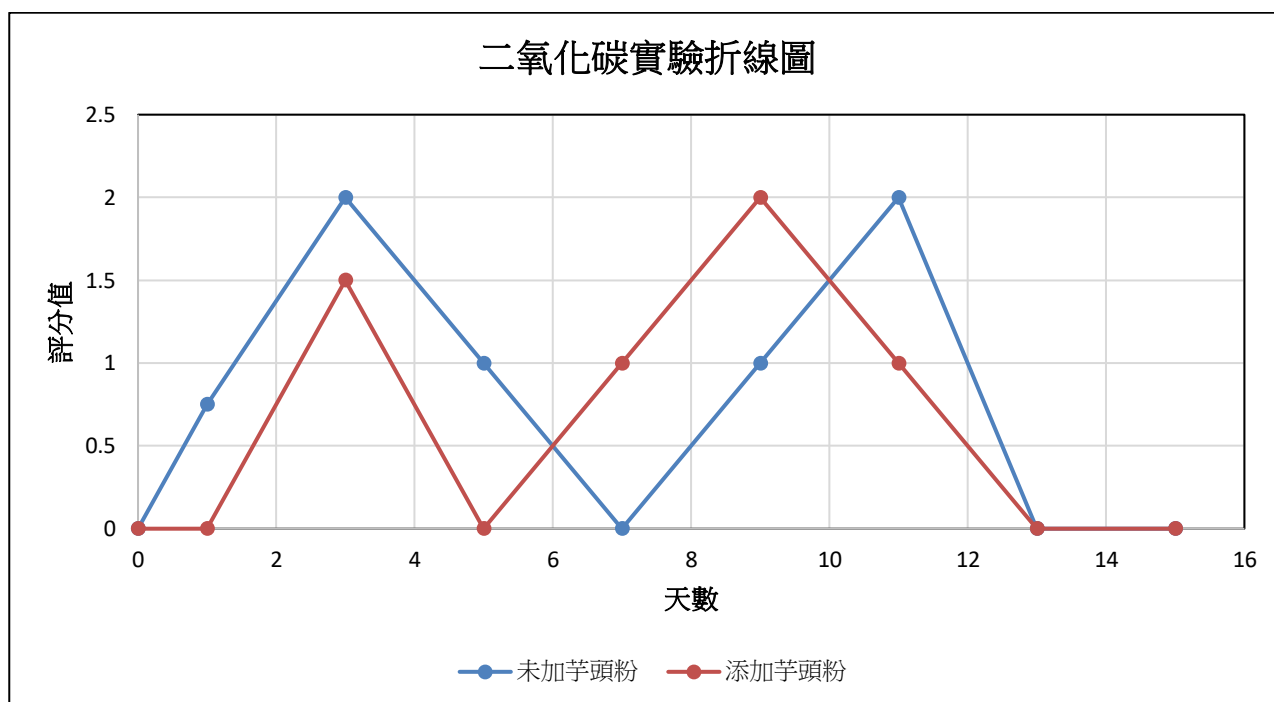
對照組：鹽-1+鹽-2				
day0	day1	day3	day5	day7
反應等級： 1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>0 分</u>	反應等級： 1. 鹽-1: <u>0.5 分</u> 2. 鹽-2: <u>1 分</u>	反應等級： 1. 鹽-1: <u>3 分</u> 2. 鹽-2: <u>1 分</u>	反應等級： 1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>2 分</u>	反應等級： 1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>0 分</u>
平均分數:0 分	平均分數:0.75	平均分數:2 分	平均分數:1 分	平均分數:0 分
現象描述： 2 個樣品皆澄清，沒有白色顆粒沉澱。	現象描述： 鹽-1: 1. 澄清 2. 微量顆粒沉澱 鹽-2: 1. 澄清 2. 少量顆粒沉澱	現象描述： 鹽-1: 1. 明顯混濁 2. 微量顆粒沉澱 鹽-2: 1. 混濁 2. 無顆粒沉澱	現象描述： 鹽-1: 1. 澄清 2. 無顆粒沉澱 鹽-2: 1. 混濁 2. 少量顆粒沉澱	現象描述： 2 個樣品皆澄清，沒有白色顆粒沉澱。
				
day9	day11	day13	day15	
反應等級： 1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>2 分</u>	反應等級： 1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>3 分</u>	反應等級： 1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>0 分</u>	反應等級： 1. 鹽-1: <u>0 分</u> 2. 鹽-2: <u>0 分</u>	
平均分數:1 分	平均分數:2 分	平均分數:0 分	平均分數:0 分	
現象描述： 鹽-1: 1. 澄清 2. 無顆粒沉澱: 鹽-2: 1. 混濁 2. 少量顆粒沉澱	現象描述： 鹽-1: 1. 澄清 2. 無顆粒沉澱 鹽-2: 1. 明顯混濁 2. 無顆粒沉澱	現象描述： 2 個樣品皆澄清，沒有白色顆粒沉澱。	現象描述： 鹽-1: 1. 澄清 2. 無顆粒沉澱 鹽-2: 1. 混濁 2. 無顆粒沉澱	
				

表十二：實驗組澄清石灰水實驗結果紀錄表

實驗組：芋-1+芋-2				
day0	day1	day3	day5	day7
反應等級： 1. 芋 -1: <u>0 分</u> 2. 芋-2: <u>0 分</u>	反應等級： 1. 芋 -1: <u>0 分</u> 2. 芋-2: <u>0 分</u>	反應等級： 1. 芋 -1: <u>2 分</u> 2. 芋-2: <u>1 分</u>	反應等級： 1. 芋 -1: <u>0 分</u> 2. 芋-2: <u>0 分</u>	反應等級： 1. 芋 -1: <u>1 分</u> 2. 芋-2: <u>1 分</u>
平均分數:0 分	平均分數:0 分	平均分數:1.5	平均分數:0 分	平均分數:1 分
現象描述： <u>2 個樣品皆澄清，沒有白色顆粒沉澱。</u>	現象描述： <u>2 個樣品皆澄清，沒有白色顆粒沉澱。</u>	現象描述： <u>芋-1:</u> 1. 混濁 2. 微量顆粒沉澱 <u>芋-2:</u> 1. 混濁 2. 無顆粒沉澱	現象描述： <u>2 個樣品皆澄清，沒有白色顆粒沉澱。</u>	現象描述： <u>芋-1:</u> 1. 澄清 2. 少量顆粒沉澱 <u>芋-2:</u> 1. 混濁 2. 無顆粒沉澱
				
day9	day11	day13	day15	
反應等級： 1. 芋 -1: <u>3 分</u> 2. 芋-2: <u>1 分</u>	反應等級： 1. 芋 -1: <u>2 分</u> 2. 芋-2: <u>0 分</u>	反應等級： 1. 芋 -1: <u>0 分</u> 2. 芋-2: <u>0 分</u>	反應等級： 1. 芋 -1: <u>0 分</u> 2. 芋-2: <u>0 分</u>	
平均分數:2 分	平均分數:1 分	平均分數:0 分	平均分數:0 分	
現象描述： <u>芋-1:</u> 1. 非常混濁， 2. 多量顆粒沉澱 <u>芋-2:</u> 1. 混濁 2. 無顆粒沉澱	現象描述： <u>芋-1:</u> 1. 明顯混濁 2. 無顆粒沉澱 <u>芋-2:</u> 1. 澄清 2. 無顆粒沉澱	現象描述： <u>2 個樣品皆澄清，沒有白色顆粒沉澱。</u>	現象描述： <u>2 個樣品皆澄清，沒有白色顆粒沉澱。</u>	
				

表十三：二氧化碳實驗結果紀錄表：

	day0	day1	day3	day5	day7	day9	day11	day13	day15
對照組 (鹽)	0	0.75	2	1	0	1	2	0	0
實驗組 (芋)	0	0	1.5	0	1	2	1	0	0



圖十一：二氧化碳實驗結果折線圖

(三)結果分析：

實驗結果顯示，對照組與實驗組都產生 2 個雙峰，雖然 2 組的產生高峰的天數有所差異，添加芋頭粉的組別在第一天啟動較慢，但第二次產氣高峰（day 9）比對照組（day 11）提早了 2 天。顯示芋頭粉可能提供了更豐富的養分，加速了後期微生物的代謝活動。

兩個波峰的產生有可能為發酵過程中菌種轉換的結果。第一波可能是隨著玻璃罐環境氣體含量或養分改變等因素而有不同的微生物發酵及產氣。

三、pH 值變化實驗

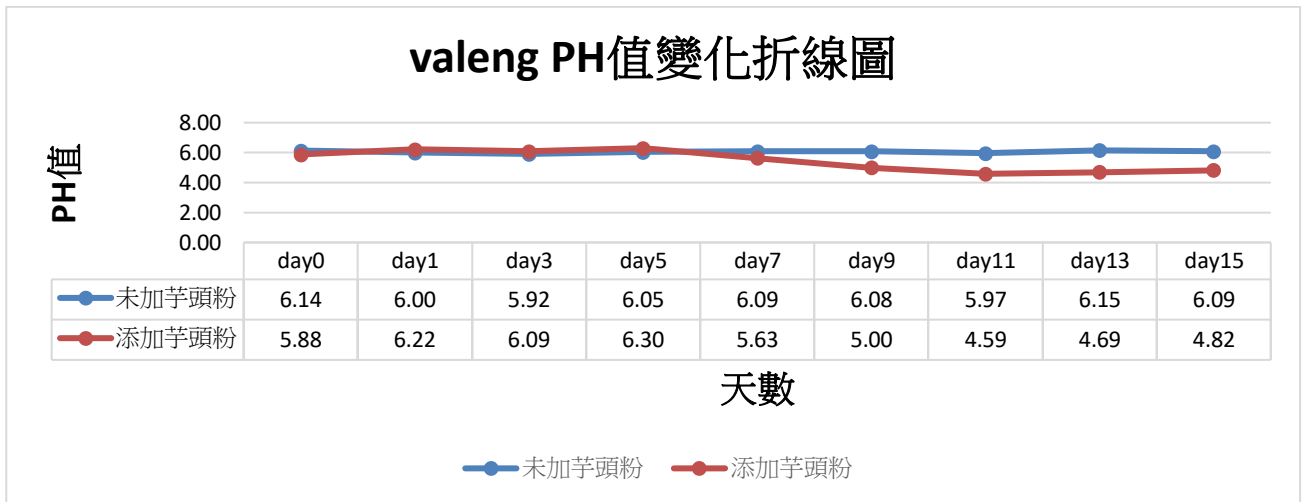
(一)說明：

1. 以 pH 計檢測樣品發酵過程酸鹼值(pH 值)的變化，對比僅加鹽的「對照組」與添加芋頭粉的「實驗組」在醃製過程中 pH 值的變化。
2. 本驗觀察天數為:0 天、1 天、3 天、5 天、7 天、9 天、11 天、13 天 15 天，共 9 份樣本。
3. 每個樣品都會測量 3 次並取平均值，得到結果如下方表格：

(二)結果：

表十四：pH 值實驗變化表格

	day0	day1	day3	day5	day7	day9	day11	day13	day15
控制組 (鹽)	6.14	6.00	5.92	6.05	6.09	6.08	5.97	6.15	6.09
實驗組 (芋)	5.88	6.22	6.09	6.30	5.63	5.00	4.59	4.69	4.82



圖十二:pH 值實驗變化折線圖

(三)結果分析：

根據實驗結果分析，添加芋頭粉的樣品在醃漬過程中顯示出明顯的 pH 值下降趨勢，pH 值最終穩定在 4.6-4.8 之間，而未添加芋頭粉的樣品 pH 值則維持在 6，並伴隨強烈異味與腐敗跡象。這些結果表明：

1. 芋頭粉可能促進乳酸發酵：pH 值的下降表示發酵作用的發生，可能是由於芋頭粉的分解，使乳酸菌增殖並產生酸性物質，抑制腐敗菌的生長。
2. 抑制腐敗與提升保存效果：未添加芋頭粉的樣品在短時間內出現異味並趨向腐敗，而添加芋頭粉的樣品則在 7 天內維持較好的肉質與風味，顯示芋頭粉在延長保存期限方面可能具有正面效果。
3. 可能影響肉質與風味：實驗觀察到添加芋頭粉的肉品在發酵過程中展現更佳的彈性與成熟化的色澤，這可能與酸性環境影響蛋白質結構有關，使肉質更具嚼勁並減少腐敗味。

四、valeng 外觀與感官品評：

(一)說明:觀察 valeng 的狀態 包括顏色、質地 、氣味後進行紀錄。

1. 控制組:鹽巴+豬肉
2. 實驗組:鹽巴+豬肉+芋頭粉

(二)結果:

表十五:Valeng 感官品評紀錄表

	控制組-1	控制組-2	實驗組-1	實驗組-2
0 小時 (第 0 天)				
	1. 味道:血水味 2. 質地:肉質有彈性 3. 外觀:剛用鹽巴塗抹製作完的豬肉，仍有部分血色，白色肥肉也有彈性。		1. 味道:芋頭粉的氣味 2. 質地:肉質有彈性 3. 外觀:抹上芋頭粉的豬肉呈咖啡色。	
24 小時 (第 1 天)				
	1. 味道: 血水味 2. 質地: 肉質仍有彈性 3. 外觀:有一點淡淡豆漿味，沒有明顯臭味，沒有發黴。		1. 味道:芋頭粉的氣味 2. 質地:肉質有彈性 3. 有芋頭粉香味，但不濃，肉摸起來 qq 的，也變得比較黃比較濕。	
72 小時 (第 3 天)				
	1. 味道:有一點臭味出現 2. 質地: 肉質仍有彈性 3. 外觀:開始有臭味，肉質有點軟，但有些部分仍有彈性，肥肉的地方很白。		1. 味道:芋頭粉的氣味 2. 質地:肉質有彈性 3. 外觀:有焦香味，摸起來 qq 的；瘦肉的地方開始變硬，看起來像培根。	

120 小時 (第 5 天)				
	1. 味道: <u>似雞蛋味</u> 2. 質地: 肉開始變軟	1. 味道: <u>似雞蛋味</u> 2. 質地: 肉開始變軟	1. 味道: <u>有酒精味出現</u> 2. 質地: 肉質稍變硬	1. 味道: <u>有酒精味出現</u> 2. 質地: 肉質稍變硬
	有像雞蛋的味道，肉質變得比較軟，肉的部分吸水膨脹。		有芋頭粉焦香味外，還出現了 <u>酒精</u> 的味道，芋頭粉與罐子裡的液體也變得稠稠的，肉看起來更熟，瘦肉部分也變紅。	
168 小時 (第 7 天)				
	1. 味道: 雞蛋腐臭味 2. 質地: 軟	1. 味道: 雞蛋腐臭味 2. 質地: 軟	1. 味道: <u>酒精味濃、芋頭粉焦香味</u> 2. 質地: 肉質變硬	1. 味道: <u>酒精味濃、芋頭粉焦香味</u> 2. 質地: 肉質變硬
	有臭雞蛋的味道和生雞肉的臭味，肉變得很軟。		有濃郁的酒精味，甚至會有點刺鼻，伴隨很濃的芋頭粉和焦香味，有發酵的混合氣味；肉很紅，肉質變得比較 q 比較硬，在瘦肉靠近邊緣的部分是最硬的。	
216 小時 (第 9 天)				

	1. 味道:雞蛋腐臭味增加 2. 質地:軟	1. 味道:雞蛋腐臭味增加 2. 質地:軟	1. 味道: <u>酒精味</u> <u>濃、芋頭粉焦香味</u> 2. 質地: 肉質變硬	1. 味道: <u>酒精味</u> <u>濃、芋頭粉焦香味</u> 2. 質地: 肉質變硬
	臭雞蛋的味道及腐臭味濃度越來越高，幾乎所有人都會有想吐的程度，肉質越來越軟。		仍有明顯酒精味混合芋頭粉焦香味及發酵的混合氣味；肉很紅，瘦肉也變硬，肥肉也變得很有彈性並有出水現象。	
				
264 小時 (第 11 天)	1. 味道:濃郁雞蛋腐臭味 2. 質地:軟且無彈性	1. 味道:濃郁雞蛋腐臭味 2. 質地:軟且無彈性	1. 味道: <u>酒精味</u> <u>濃、芋頭粉焦香味</u> 2. 質地: 肉質硬	1. 味道: <u>酒精味</u> <u>淡、芋頭粉焦香味</u> 2. 質地: 肉質硬
	臭雞蛋的味道及腐臭味濃度越來越高，幾乎所有人都會有想吐的程度，肉質越來越軟且沒有彈性。		與前述程度狀況類似。 仍有明顯酒精味與芋頭粉焦香味，肉很紅，變得比較硬且有出水現象。	
				
312 小時 (第 13 天)	皆與前述程度狀況類似。	皆與前述程度狀況類似。	1. 味道: <u>酒精味、芋頭粉焦香味</u> 2. 質地: 肉質硬	1. 味道: <u>似肉燥飯的味道、芋頭粉焦香味</u> 2. 質地: 肉質硬
	與前述程度狀況類似。		有酒精味、芋頭粉焦香味，且 <u>有一種聞起來似肉燥飯的香味</u> ，外觀肉質都像熟肉的狀態。	

360 小時 (第 15 天)				
	皆與前述程度狀況類似。	皆與前述程度狀況類似。	1. 味道: 酸味、酒精味芋頭粉焦香味 2. 質地: 肉質硬	1. 味道: 酒精味淡、芋頭粉焦香味 2. 質地: 肉質硬
	與前述程度狀況類似。		聞起來有多一層酸味，另有酒精味、芋頭粉焦香味，外觀肉質持續熟肉狀態。	

(三) 感官品評總結表：將上述觀察結果繪製成以下總表，區分成三個階段與改變

表十六：感官品評總結表

時間	控制組（鹽）	實驗組（芋頭）
初期 0~3 天 (0~48hr)	血水味、具彈性	芋頭香、具彈性
中期 0~7 天 (72~168hr)	雞蛋味、肉質變軟吸水	濃郁酒精/焦香味、肉質變硬、瘦肉變紅-肉質開始轉變
後期 7~15 天 (168h~360hr)	腐臭味、肉的質地極軟	酒精味/焦香味、肉質 q 彈、肉質熟成

(四) 結果分析：

1. 控制組變化趨勢：腐敗趨勢

控制組顯示隨時間推移進入了腐敗的過程：

- (1) 氣味演變：從初期的血水味至第 5 天轉為似雞蛋味，最後在第 7 天呈現明顯的雞蛋腐臭味與生雞肉臭味。
- (2) 質地與外觀：肉質在第 5 天開始吸水膨脹並變軟，到第 7 天時已變得非常軟爛。這顯示僅靠鹽巴不足以抑制特定腐敗菌的生長，還會導致豬肉的蛋白質結構瓦解。

2. 實驗組變化趨勢：發酵趨勢

實驗組顯示加入芋頭粉後，展現出完全不同的發酵特性：

- (1) 氣味演變：初期帶有芋頭粉香氣。第 5 天開始出現酒精味，第 7 天則演

變為濃郁的酒精味、芋頭粉焦香味與發酵混合氣味。

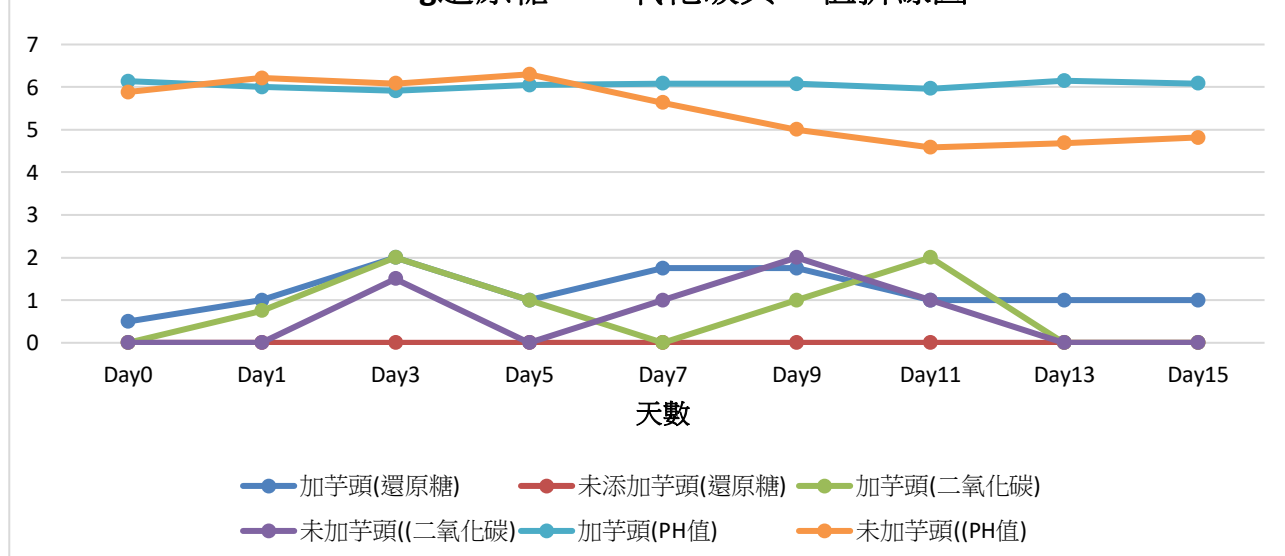
(2) 質地與外觀：與控制組變軟的趨勢相反，實驗組的肉質隨時間變得稍硬且具備彈性與q感。外觀上，瘦肉部分明顯變紅且看起來較「熟」，芋頭粉由顆粒感變得濃稠。

(五)綜合結果:將以上所進行的三項實驗:還原糖實驗+二氧化碳實驗+pH值實驗的是數據進行彙整後製作成折線圖，對應三者的關係。

表十:還原糖實驗+二氧化碳實驗+pH值實驗數值表格

	day0	day1	day3	day5	day7	day9	day11	day13	day15
控制組 (還原糖)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
實驗組 (還原糖)	0.5	1	2	1	1.75	1.75	1	1	1
控制組 (二氧化碳)	0	0	1.5	0	1	2	1	0	0
實驗組 (二氧化碳)	0	0.75	2	1	0	1	2	0	0
控制組 (pH值)	6.14	6.00	5.92	6.05	6.09	6.08	5.97	6.15	6.09
實驗組 (pH值)	5.88	6.22	6.09	6.30	5.63	5.00	4.59	4.69	4.82

Valeng還原糖、二氧化碳與PH值折線圖



圖十三:還原糖實驗+二氧化碳實驗+pH值實驗數據折線圖

(六) 結果分析：

1. 從感官結果發現到了第 5 天時，控制組出現其他味道，而實驗組則開始聞到酒精的味道，對應 pH 值結果發現第 5 天時也是 pH 值要準備進入轉換的時期，地 7 天時實驗組 pH 值就下降至 6 以下。所以在第 5 天時可能是微生物生長已達到會產生影響的狀態與數量，而使 pH 值開始變化，控制組開始產生臭味，實驗組則產生酒精與香氣並開始變酸。
2. 還原糖在第 3、7、9 天數值較高，而在關鍵第 5 天迅速掉下，若與上述結果對應，第 5 天時是要準備進入轉換的時期，微生物開始大量生長或進入最佳狀態而大量分解還原糖，而使第 5 天的還原糖數值降低。
3. 二氧化碳則是在兩樣品間都產生 2 個高峰，但天數不同，可能是不同培養環境下所含的微生物種類不同，生長代謝的速度也不同而有所差異。而有 2 個高峰產生可能是因為發酵期間前後期有不同的菌相產生轉換所造成。

伍、討論

一、 討論一；

關鍵臨界點：第 5 天是醃肉成敗的關鍵轉折點。此時控制組開始腐敗有臭味，而實驗組則成功轉入發酵軌道並有酒精味產生。

二、 討論二：還原糖產生的「供需動態平衡」

透過「還原糖圖示結果」的數據，我們可以看到一個典型的微生物發酵曲線：

1. **水解階段 (day 0-3)：**芋頭粉中的澱粉被豬肉本身的酵素或環境中的微量澱粉酶分解，還原糖分數從 0.5 升至 2.0。這可能是發酵的「準備期」，為後續微生物提供了充足的能量。
2. **競爭階段 (day 5-7)：**還原糖出現下降 (2.0-1.0) 再回升。這是一個極為重要的觀察點，代表此時微生物開始大量繁殖並消耗糖分。糖分的暫時減少說明微生物正在旺盛代謝，這與感官實驗中第 5 天開始出現「酒精味」的時間點完全吻合。
3. **穩定累積期 (day 11-15)：**分數上升。可能環境已酸化到一定程度，部分微生物代謝趨緩，使得糖分的產生速率大於消耗速率，這對醃肉的長期保存與風味熟成會有所影響。

三、 討論三：感官變化背後的蛋白質科學

對比兩組的肉質質地，可以發現截然不同的科學現象：

1. **控制組的「蛋白質水解 (proteolysis)」：**缺乏醣類來源，分解蛋白質產生氨、硫化氫（臭雞蛋味）。蛋白質結構被破壞導致纖維瓦解，這就是為什麼控制組第 7 天後開始會變得「極其軟爛」。
2. **實驗組的「酸致變性 (acid denaturation)」：**芋頭粉發酵產生的乳酸使環境 pH 值下降。酸性環境促使肉類蛋白質發生微弱變性與脫水，使纖維變得緊實。
3. **結果分析：**實驗組肉質變「Q 彈、稍硬」，可能是因為酸性環境模讓蛋白質產生變性，讓肉看起來較熟且色澤紅潤。

四、 討論四：芋頭粉的多重功能性分析

在排灣族傳統智慧中，選用芋頭粉而非單純的糖，具有其科學優勢：

1. **緩釋效應**：澱粉是長鏈分子，需要時間分解成還原糖。這比起直接加砂糖能提供更持久、穩定的能量來源。
2. **物理防護與稠度**：感官報告提到「芋頭粉變得濃稠、罐子液體稠稠的」。這種濃稠度或許能形成物理性屏障，隔絕空氣中雜菌進入肉組織內部。
3. **增味作用**：芋頭粉的「焦香味」可能是或芋頭本身烘烤後的梅納反應所產生的氣味或是澱粉降解後的特殊氣味，增加了風味的廣度。

陸、結論

本實驗結果證實，在豬肉醃製過程中添加芋頭粉能有效引發發酵反應，產生酒精與特殊香氣，並讓豬肉熟成且維持肉質的彈性與色澤。相較之下，未添加芋頭粉的控制組則會在第 5 至 7 天內發生明顯的腐敗現象，產生腐臭味。這說明芋頭粉是酸肉製作中促成良好發酵品質的關鍵因子。

這次實驗也證明了排灣族醃肉使用芋頭粉並非只有增加份量，而是利用澱粉\還原糖\發酵代謝物的代謝路徑，有效地將肉品從「腐敗」引導向「發酵」，在感官上不僅保住了肉質的 q 彈與色澤更重要的是延長保存期限，產生了防腐的效果。

陸、參考資料及其他

- 一、<https://aborgpedia.alcd.center/detail?id=10055&search=&cat=0&race=0&write>
r= 台灣原住民族事典網站
- 二、探「米」趣—解密泰雅族傳統作物「trakis」之研究；李采珊等人；112 學年度原住民族文化與科學展覽會
- 三、傅麗玉，〈泰雅族的醃苦花魚〉，《台灣化學教育》2 期 1 卷（2015 年 1 月），頁 130-133。
- 四、張瑋琦，〈原住民族裔的飲食特色〉，收於楊昭景等著，《醇釀的滋味：臺灣菜的百年變遷與風貌》（台北：墨刻出版，2017），頁 119-155。
- 五、林瑞珠，〈部落美味的肉〉，《原 young——青少年雜誌期刊》111 期（2024 年 8 月），頁 20-35。
- 六、https://chemed.chemistry.org.tw/wp_楊水平等_常見食物營養成分的微量檢驗_學生實驗手冊 v1.pdf
- 七、https://tcmb.culture.tw/zh-tw/detail?indexcode=culture_event&id=628121 國家文化記憶庫 pasikau 部落傳統飲食再現紀實_Valeng(醃肉)_製作工序
- 八、https://tcmb.culture.tw/zh-tw/detail?indexcode=culture_event&id=628103
pasikau 部落傳統飲食再現紀實_Valeng(醃肉)_製作工序(一)：搗碎芋頭乾 / 數位物件授權：cc by-nc 3.0 tw + / 建檔單位：財團法人東台灣研究會文化藝術基金會 @ 國家文化記憶庫
- 九、<https://blog.hamibook.com.tw> hami 書城 芋頭 循南島作物的軌跡 董景生
- 十、<https://aborgpedia.alcd.center/detail?id=10055&search=&cat=0&race=0&write>
r= 台灣原住民族事典 醃肉 張瑋琦
- 十一、 翰林五年級自然科學課本 空氣與燃燒單元 p52~55
- 十二、 康軒六年級自然科學課本 地球的生態單元 p76~83
- 十三、 康軒三年級自然科學課本 廚房的科學單元 p110~116