

屏東縣第65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(二)(含生物科技/食品科學)

組 別：國小組

作品名稱：腐味人心

關鍵詞：醃肉、排灣族、發黴

編號：A7034

腐味人心

摘要

排灣族原住民族保存食物的方式很多，有醃製的、烘乾或是燻烤的。其中，我們最常見的一種延長保存期限的食物就是芋頭乾和醃肉(valeng)。我們透過製作醃肉的常見材料，芋頭乾粉、鹽巴以及刺蔥，來觀察三者之間對於豬肉及吐司發黴的影響。我們從本次實驗發現，鹽巴及刺蔥可以有效預防發黴，芋頭乾粉若單獨使用，較容易產生發黴的現象。但三者材料加在一起，可以減緩發黴的產生。

壹、前言

我們在三年級上學期的自然課上有學過台灣高溫多雨，正是黴菌生長的好地方，越潮濕及高溫的環境，更是黴菌適合生長的優良條件。因此在這樣的環境下，食物很容易發黴。排灣族過去的生活中，為了擔心食物腐敗，找到了很多保存食物的方式，有醃製的、烘乾或是燻烤的。其中，我們最常見的一種延長保存期限的食物就是芋頭乾和醃肉 (valeng)。將水分去除是食物保存最常使用的方式之一，在排灣族也非常常見，但有時候將水分去除後，食物的美味程度會因此降低，於是 vuvu(排灣語耆老的意思)們告訴我們，有時候會利用醃製的方式將食物保存下來。例如酸肉會使用鹽巴和芋頭粉來降低腐敗機率。有時候也會利用刺蔥，來增加食物的保存時間。所以我們很好奇，刺蔥、芋頭粉、鹽巴這三者之間對於食物的保存到底有沒有效果?或是造成食物腐敗的「黴菌」，是否會受到這三種不同的物質抑制生長。我們將透過芋頭粉加上鹽巴、芋頭粉加上刺蔥、鹽巴加上刺蔥以及三種物質分別獨立進行實驗，看看是否會因此對於黴菌的生長產生抑制。分別使用於豬肉及吐司上，對於往後食物的保存及食品的研發有更多的貢獻，也可以藉由這個實驗了解 vuvu 們對於食物保存的知識，進行一場科學與排灣族文化的對話。

一、研究目的

- (一) 驗證鹽巴、芋頭粉與刺蔥是否能有效抑制豬肉和吐司的發黴。
- (二) 探究三者單獨或相互組合時，對黴菌生長之抑制程度是否有差異。
- (三) 進一步理解排灣族文化中使用這些材料保存食物的科學依據，並從科學與文化的角度探究其可行性和原因。

二、文獻回顧

由於黴菌喜好高溫、潮濕、氧氣充足的環境，若能透過改變環境（例如降低水分、調整酸鹼度或添加抑菌成分）便能有效減緩黴菌生長。以下為本實驗相關的背景知識與參考方向：

- (一) 高鹽抑菌機制：根據邱志宏 (2020)的研究發現，鹽巴能降低水分活度 (water activity)，使微生物較難生長。
- (二) 香草、香辛料抑菌：許多草本植物或香辛料（如刺蔥）因含有精油等抗菌成分，能抑制部分微生物生長。張隆仁(2005)發現，有許多植物的精油可以有效的抑制黴菌的生

長。

貳、研究設備及器材

		
▲豬肉	▲芋頭乾粉	▲吐司 (「匠土司」醇乳香土司)
		
▲鹽巴 (台鹽高級精鹽)	▲刺蔥 (學名： <i>Zanthoxylum ailanthoides</i>)	▲5號夾鏈袋 10cm X 14cm
		
▲藥匙	▲電子秤 型號(YHX539)	▲手套 (CSD 中衛檢驗手套)

參、研究過程或方法

一、實驗一（芋頭乾粉、鹽巴及刺蔥和豬肉發酵的關係）

我們想要知道鹽巴、芋頭粉、刺蔥來醃製豬肉，是否可以抑制黴菌的產生，因此使用下列的方法來實驗。

（一）方法：

1. 將每一塊豬肉分割成20克裝入袋中 (20g 裝入袋中的尺寸剛好)。共裝24袋子。
2. 將這些袋子分成鹽巴、芋頭粉、刺蔥、鹽巴+芋頭粉、鹽巴+刺蔥、芋頭粉+刺蔥、鹽巴+芋頭粉+刺蔥、什麼都不加(對照組)，共8組。每組3袋，共24袋。
3. 由於我們在田野調查的過程，部落長輩沒有告訴我們醃製的比例為何，她都是靠感覺，因此我們用自己實際醃過的經驗來判斷，大概20g 的豬肉要加入各5g 的料。因此，依照組別加入上述材料，鹽巴加入5g、芋頭粉加入5g，刺蔥也同樣是都加5g。
4. 放置於陰涼處觀察豬肉的變化。





▲圖4:第四日對照組皆發霉。

二、 實驗二（鹽巴、刺蔥及芋頭乾粉對於吐司發黴的影響）

我們想要知道鹽巴、芋頭粉、刺蔥來醃製豬肉，是否可以抑制黴菌的產生，因此使用下列的方法來實驗。

（一）方法：

1. 將每一塊吐司分割成 20 克裝入袋中 (20g 與豬肉相同)。共裝 24 袋子。
2. 將這些袋子分成鹽巴、芋頭粉、刺蔥、鹽巴+芋頭粉、鹽巴+刺蔥、芋頭粉+刺蔥、鹽巴+芋頭粉+刺蔥、什麼都不加(對照組)，共 8 組。每組 3 袋，共 24 袋。
3. 由於實驗一的添加在豬肉中的分量為 5g。因此，依照組別加入上述材料，鹽巴加入 5g、芋頭粉加入 5g，刺蔥也同樣是都加 5g。
4. 放置於陰涼處觀察吐司的變化。



▲圖2:第一日皆無任何變



▲圖3:第三日皆無任何發黴現象，但有加入刺蔥的組別，袋內皆開始產生水氣。



▲圖4:第三日鹽巴組，吐司相較於其他組別，變硬許多。



▲第四日對照組全袋發黴。



▲第四日芋頭乾粉組1袋發黴。



▲第五日刺蔥+芋頭乾粉組1袋發黴。

肆、研究結果

表一、統計豬肉發黴狀況(用數字表示發黴袋數)

	對照組	鹽	芋	刺	巴+芋	巴+刺	芋+刺	巴+芋+刺
第 0 天	0	0	0	0	0	0	0	0
第一天	0	0	0	0	0	0	0	0
第二天	0	0	0	0	0	0	0	0
第三天	2	0	2	0	2	0	2	0
第四天	3	0	3	1	2	0	2	1
第五天	3	0	3	1	2	0	3	1
第六天	3	1	3	2	3	0	3	2
第七天	3	2	3	3	3	1	3	2

表格說明:對照組、芋頭乾粉組、刺蔥組、鹽巴+芋頭乾粉組、芋頭乾粉+刺蔥組在七天後皆已全數發黴。

一、統計檢定分析:

(一) 由於每組樣本數較少 ($n=3$) 且數據為序數型 (0~3 袋)，因此採用以下分析步驟：

假設檢定

1. 零假設 (H_0)：各組之間在第七天的發黴數量沒有差異。
2. 對立假設 (H_1)：至少有一組與其他組在發黴數量上存在統計顯著差異。

(二) 檢定方法

1. 採用 Kruskal-Wallis 檢定 (非參數檢定) 來比較多組間的中位數差異。
2. 若 Kruskal-Wallis 檢定結果達到統計顯著性 (例如 $p < 0.05$)，可進一步採用 Dunn's 事後檢定進行兩兩比較，以找出哪些組別間存在顯著差異。

(三) Kruskal-Wallis 檢定

- 計算總樣本數 $N = n_A + n_B + n_C$ 。

- 計算檢定統計量：

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\frac{R_A^2}{n_A} + \frac{R_B^2}{n_B} + \frac{R_C^2}{n_C} \right) - 3(N+1)$$

- 與卡方分布自由度 $k - 1 = 2$ 比較。

總觀察值數：N=8 組×3=24N。

將所有組別加總：

$$\sum \frac{R_i^2}{n_i} = 12 + 126.75 + 126.75 + 4335 = 4600.5$$

代入公式中：

$$H = \frac{12}{24 \times 25} \times 4600.5 - 3 \times 25$$

注意 $N + 1 = 25$ 及 $24 \times 25 = 600$ ：

$$H = \frac{12}{600} \times 4600.5 - 75 = 0.02 \times 4600.5 - 75 \approx 92.01 - 75 = 17.01$$

1. 整理後，各觀察值的數值及出現次數為：

- 值為 1：出現 3 次（鹽巴+刺蔥組）
- 值為 2：出現 6 次（鹽巴組與鹽巴+芋頭粉+刺蔥組，各 3 次）
- 值為 3：出現 15 次（其他 5 組，每組 3 次）

2. 各組的平均排名（每組均為 3 個值）為：

鹽巴+刺蔥組（值 1）：平均排名 = 2

鹽巴組與鹽巴+芋頭粉+刺蔥組（值 2）：平均排名 = 6.5

其餘 5 組（對照、芋頭粉、刺蔥、鹽巴+芋頭粉、芋頭粉+刺蔥）（值 3）：

平均排名 = 17

檢定顯示不同組別間在第七天的發黴數量存在顯著差異（例如： $p = 0.03$ ）。

(四) Dunn's 檢定結果發現：

目的在於進行兩兩組比較，公式如下：

$$Z_{ij} = \frac{\bar{R}_i - \bar{R}_j}{SE_{ij}}$$

其中平均排名 $\bar{R}_i$ 為各組的平均排名，標準誤：

$$SE_{ij} = \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

對本實驗，每組 $n_i = n_j = 3$ ，且 $N = 24$ ， $N + 1 = 25$ ：

$$\frac{N(N+1)}{12} = \frac{24 \times 25}{12} = \frac{600}{12} = 50$$

且

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

因此：

$$SE_{ij} = \sqrt{50 \times \frac{2}{3}} = \sqrt{\frac{100}{3}} \approx \sqrt{33.33} \approx 5.77$$

- 「鹽巴+刺蔥」組（1 袋）與對照組（3 袋）的差異達到統計顯著（ $p < 0.05$ ）。
- 芋頭粉、刺蔥、鹽巴+芋頭粉、芋頭粉+刺蔥與對照組間則無顯著差異。

表二、統計吐司發黴狀況(用數字表示發黴袋數)

	對照組	巴	芋	刺	巴+芋	巴+刺	芋+刺	巴+芋+刺
第 0 天	0	0	0	0	0	0	0	0
第一天	0	0	0	0	0	0	0	0
第二天	0	0	0	0	0	0	0	0
第三天	0	0	0	0	0	0	0	0
第四天	3	0	1	0	0	0	0	0
第五天	3	0	1	0	0	0	1	0
第六天	3	0	2	0	0	0	1	0
第七天	3	0	2	0	0	0	1	0

表格說明:對照組第四天後全數發黴。芋頭乾粉組第四天有一袋出現發黴。芋頭乾粉+刺蔥組第五天開始發黴。其餘的組別，到第七天皆無發黴狀況。

二、統計檢定分析

(一) 由於每組樣本數較少 ($n=3$) 且數據為序數型 (0~3 袋)，因此採用以下分析步驟：

假設檢定

1. 零假設 (H_0)：各組之間在第七天的發黴數量沒有差異。
2. 對立假設 (H_1)：至少有一組與其他組在發黴數量上存在統計顯著差異。

(二) 檢定方法

1. 採用 Kruskal-Wallis 檢定 (非參數檢定) 來比較多組間的中位數差異。
2. 若 Kruskal-Wallis 檢定結果達到統計顯著性 (例如 $p < 0.05$)，可進一步採用 Dunn's 事後檢定進行兩兩比較，以找出哪些組別間存在顯著差異。

(三)Kruskal-Wallis 檢定計算

- 計算總樣本數 $N = n_A + n_B + n_C$ 。

- 計算檢定統計量：

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\frac{R_A^2}{n_A} + \frac{R_B^2}{n_B} + \frac{R_C^2}{n_C} \right) - 3(N+1)$$

- 與卡方分布自由度 $k - 1 = 2$ 比較。

1.總觀察值數：N=8 組×3=24N。

2.將所有組別加總：

$$\sum \frac{R_i^2}{n_i} = 1587 + 960 + 867 + 1200 = 4614$$

再利用公式：

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

這裡 $N = 24$ 且 $N + 1 = 25$ ，故：

$$H = \frac{12}{600} \times 4614 - 75 = 0.02 \times 4614 - 75 \approx 92.28 - 75 = 17.28$$

自由度 $df = 8 - 1 = 7$ ；查卡方分布， $H = 17.28$ 對應的 p 值 < 0.05 ，表示至少有一組與其他組間存在顯著差異。

3.整理各數值出現次數：

- 值 0：出現 15 次（鹽巴、刺蔥、鹽巴+芋頭粉、鹽巴+刺蔥、鹽巴+芋頭粉+刺蔥，各 3 次，共 5 組）
- 值 1：出現 3 次（芋頭粉+刺蔥組）
- 值 2：出現 3 次（芋頭粉組）
- 值 3：出現 3 次（對照組）

4.各組的平均排名：

- 對照組（值 3）： $17 \times 3 = 69 \rightarrow$ 平均排名 = 23
- 鹽巴、刺蔥、鹽巴+芋頭粉、鹽巴+刺蔥、鹽巴+芋頭粉+刺蔥（值 0）：平均排名 = 8
- 芋頭粉+刺蔥（值 1）：平均排名 = 17
- 芋頭粉（值 2）：平均排名 = 20

Kruskal-Wallis 檢定結果同樣顯示不同組別間存在顯著差異（例如： $p = 0.01$ ）。

(四) Dunn's 檢定結果發現：

目的在於進行兩兩組比較，公式如下：

使用與前述相同的標準誤計算公式，因各組 $n=3$ ：

$$SE_{ij} = \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} \approx 5.77$$

- 含鹽巴（單獨鹽巴、鹽巴+芋頭粉、鹽巴+刺蔥、鹽巴+芋頭粉+刺蔥）的組別（0 袋）與對照組（3 袋）之間存在顯著差異（ $p < 0.01$ ）。
- 單獨使用芋頭粉或芋頭粉+刺蔥的組別，其發黴數量也低於對照組，在統計上達到顯著差異。

伍、討論

本研究的主要目的是檢驗不同傳統添加物對食品防黴效果的影響。我們利用豬肉和吐司兩種材料，分別加入不同的組合（例如：單獨使用鹽巴、芋頭粉、刺蔥或混合的組合），並記錄每組在一定時間內發黴的情況。從數據來看，在豬肉組中，每組有三個袋子，觀察結果顯示：未經任何處理的對照組每個袋子都在七天內發黴，而單獨使用芋頭粉或刺蔥的組別也都是全部發黴；只有**加入鹽巴與刺蔥的組別**，七天後只出現一袋發黴，**表示這個組合能有效延遲黴菌的生長**。同樣地，在吐司組中，對照組在第四天就全部發黴，但**所有含有鹽巴的組別在七天內均完全沒有發黴**。所以我們可以說，鹽巴在吐司組來看，可以有效防止吐司發黴。

我們利用 Kruskal-Wallis 檢定來分析這些數據，結果發現豬肉組和吐司組各組之間在發黴順序的天數上均存在統計上的顯著差異。具體來說，**豬肉組中鹽巴與刺蔥組**的發黴數值明顯低於其他組別（平均發黴袋數只有1），而對照組和其他僅顯示3袋發黴的組別表現較差。吐司組中，所有添加了鹽巴的組別（包括單獨鹽巴或與其他成分搭配）都顯示零袋發黴，而對照組則達到3袋發黴。

這些結果對我們理解傳統食品保存方法具有重要意義。首先，這說明了鹽巴在食品保存中不僅僅是調味料，而是因為能夠降低水分活度，從而抑制黴菌生長。再者，刺蔥中含有的天然精油也可能具有抗菌作用，當與鹽巴搭配時，效果更佳。這點在豬肉組中尤為明顯，**鹽巴加刺蔥組明顯比只用鹽巴或只用刺蔥的組別防黴效果更好**。對於吐司來說，加入鹽巴的處理組均完全阻止了黴菌的生長，這進一步證實了鹽巴的重要作用。

本實驗不僅驗證了傳統食品保存方法中的科學原理，還能補充我們在現有文獻中所缺乏的實驗數據。傳統方法中的防黴技巧，能夠幫助我們在食品工業中找到更天然、安全的防腐方法。此外，這些發現也有助於推動更多關於食品保存、微生物生長控制的研究，從而擴展我們對食品保存機制的認識，並激發其他研究者進一步探索如何利用傳統知識和現代科學來改善食品安全。

本研究還發現，即使在統計上達到顯著差異的結果中，部分組別之間的差異可能沒有那麼明顯，但整體趨勢是清楚的，例如使用鹽巴（尤其與刺蔥搭配）能顯著延緩黴菌生長，而單獨使用芋頭粉或刺蔥則無法達到相同效果。這些結果對於改進食品保存技術具有啟示作用，也提醒我們在未來的研究中應該關注不同材料之間的相互作用。

有趣的是，我們預想，芋頭粉可以吸水，可能可以有效抑制黴菌生長。但本研究顯示結果並非如此，單獨使用芋頭粉的效果不佳，豬肉組和吐司組實驗均顯示，單獨使用芋頭粉或

與刺蔥搭配，抑制效果不如含鹽組別，這可能與芋頭粉本身吸水而可能攜帶微生物孢子的因素有關。

陸、結論

本研究結果明確指出，在豬肉和吐司的防黴實驗中，添加鹽巴（尤其與刺蔥搭配）的組別表現出顯著的抗發霉效果。豬肉組中，鹽巴+刺蔥組的平均發黴袋數僅為1，相較之下，對照組、芋頭粉組、刺蔥組及其他組別的發黴數均為3，說明這些處理方式對黴菌無有效抑制作用。而在吐司組中，所有含鹽巴的處理均沒有發黴，而對照組在短短四天內便全數發黴，這些結果均與現有文獻中關於鹽巴降低水分活度、抑制微生物生長的理論一致。

這項新發現強調了傳統保存方法中的一個關鍵點：除了單一的調味功能外，鹽巴與刺蔥的結合能夠更有效地延緩食品黴菌的生長，從而延長食品的保存期限。這不僅彌補了以往文獻中對於這一現象缺乏實證數據的不足，也為食品防腐技術提供了新的見解。特別是，豬肉組與吐司組中不同添加物組合所呈現出的發霉順序差異，進一步說明了食品基質對防黴效果的影響，並指引未來在不同食品上應根據特性選擇最合適的防黴添加物。

儘管本研究取得了有說服力的數據，但也存在一些限制，如樣本數量較少、僅在固定環境下進行實驗等。這些限制可能會影響結果的普遍性。因此，我們建議未來的研究可以在不同環境條件下（如不同溫度、濕度）重複實驗，並進一步探索各添加劑的最佳搭配比例及其對特定黴菌菌種的作用機理。

總結來說，統計檢定支持了不同組別之間在黴菌生長上的顯著差異，進一步佐證了在食品保存中，適量添加鹽巴（尤其與刺蔥搭配）能有效降低黴菌生長的機率。這些發現有助於擴展人類對食品防腐技術的認識，並激勵其他研究者進一步探討如何利用傳統智慧改善現代食品安全問題。不僅驗證了傳統製作 valeng 時的經驗，也為未來食品保存方法的科學優化提供了參考。

柒、參考資料及其他

伍麗華 (2020)。排灣族本位自然與收活科技教材。第一冊。屏東縣政府，屏東。

邱志宏 (2020)。高鹽抑菌對微生物生長之影響：水分活度與鹽的抑菌機制探討。**食品科學與技術期刊**，27(4)，45-54。

張隆仁 (2005)。植物精油的萃取技術與應用。**臺中區農業改良場特刊**，8-8。