

# 新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：生活與應用科學(二)科

組 別：國中甲組

作品名稱：微酵豆渣~利用乳酸菌發酵抑制豆渣腐敗及其應用研究

關 鍵 字：豆渣、乳酸菌發酵、美容應用

編 號：

## 目 錄

摘要 .....	1
壹、前言 .....	2
一、研究動機： .....	2
二、研究目的： .....	2
三、文獻回顧 .....	2
貳、研究設備及器材 .....	4
參、研究過程或方式 .....	5
肆、研究結果 .....	10
一、生豆渣與熟豆渣的初始雜菌數 .....	10
二、生豆渣乳酸菌發酵的 pH 值變化 .....	10
三、生豆渣發酵的雜菌與乳酸菌數 .....	11
四、熟豆渣發酵的 pH 值變化 .....	12
六、乳酸菌發酵熟豆渣應用於美容保養品潛力的研究 .....	15
伍、討論 .....	17
陸、結論 .....	19
柒、參考文獻 .....	20

## 摘要

本研究探討了乳酸菌對生豆渣和熟豆渣發酵的效果及其應用。首先，由於生豆渣未經過高溫烹煮處理，其初始雜菌數超過了食品法規標準，雖然加入乳酸菌發酵，也能有效抑制雜菌數，但相比之下，熟豆渣的初始雜菌數較低，經乳酸菌發酵後 pH 值下降，並能有效抑制雜菌生長。特別是乳酸菌 A 組在 35°C 發酵 24 與 48 小時，均能顯著抑制豆渣的腐敗並延長其保存期限。進一步研究發現，將乳酸菌 A 組發酵後的豆渣溶液敷於皮膚上 10 分鐘後，水分度和彈性度均有顯著改善，雖然與敷水組相比未表現出顯著差異，但整體效果優於敷水組，顯示乳酸菌發酵熟豆渣具備作為美容保養品的潛力。因此，乳酸菌發酵不僅有助於延長豆渣保存期，在美容領域中更能具有應用價值。

# 壹、前言

## 一、研究動機：

在日常生活中，我們常見到各式各樣的豆類食品，其中豆漿更是許多人早餐的首選。當我們品嚐著一杯溫熱的豆漿時，不禁會對其製作過程感到好奇。豆漿的製作涉及將黃豆經過浸泡、磨漿、煮沸等過程，然而在這些步驟中，也產生了一個被許多人忽視的副產品—豆渣。這些豆渣通常被視為廢棄物，因為它們水分含量高所以容易腐敗，若不及時處理，會產生不良的氣味，甚至對環境造成一定的負擔。

然而，豆渣其實擁有相當豐富的營養成分，像是膳食纖維、蛋白質以及多種維生素，這些都使它具有潛在的價值。如果能夠有效延緩豆渣的腐敗過程，並探索其更多的應用領域，無疑將有助於減少食物浪費，並為環境保護貢獻一份力量。因此，我們希望藉由這次的實驗，探討使用乳酸菌進行發酵，以延緩豆渣腐敗的可行性。

## 二、研究目的：

本實驗的主要目的是探索如何將通常被視為廢棄物的豆渣轉化為有價值的產品。我們計畫選擇 2 款適合用於發酵植物類產品（例如：泡菜、酸菜或豆乳優格）的商業化乳酸菌菌種，測試於生豆渣及熟豆渣發酵以抑制豆渣的腐敗，希望透過乳酸菌發酵可抑制豆渣中雜菌的生長，防止其在儲存過程中產生不良氣味，同時延長其保存期限並提高其利用價值。

確認乳酸菌是否能成功發酵豆渣後，我們會進一步探討發酵後豆渣的應用。文獻指出乳酸菌發酵產生的乳酸對人體皮膚有良好的美容、保濕效果，所以我們將豆渣和水混合後，利用巴斯德殺菌後過濾，簡單製成的化妝水，敷於手臂上，再以皮膚檢測儀分析使用前後之膚質比較。我們期望不僅能將豆渣資源化、減少廢棄物的產生，還能開發出新型環保且具有美容效益的產品，實現豆渣的多重價值利用。

## 三、文獻回顧

### (一)豆渣的應用與限制

豆渣作為黃豆加工後的副產品，全球每年產量約達 4,300 萬公噸，而台灣每年則產生高達 42 萬公噸的豆渣。豆渣是從黃豆製作豆漿、豆腐等食品過程中，過濾後剩

下的不溶性部分，雖然它在外觀上看似廢棄物，但實際上卻具有相當高的營養價值，富含膳食纖維、蛋白質以及多種維生素和礦物質。

然而，儘管豆渣的營養價值被認可，其應用範圍仍然有限。目前，我國的豆渣主要被用作飼料（約占 65%）、肥料（約占 25%）以及其他用途（約占 9%），而專門用於食品應用的比例僅佔 1%。這反映出豆渣在食品領域的應用仍處於初步階段，未能充分發揮其潛力。

豆渣的應用雖然具有環保與資源化的潛力，但其在食品領域的開發面臨一些挑戰。首先，豆渣的儲存與處理問題仍需解決，因其水分較高且容易腐敗。其次，豆渣的口感和風味不容易接受，因此在加工成可食用產品時需要特別的技術與創新。為了克服目前的應用限制，未來需要更多的研究與技術創新，將豆渣的利用價值進一步提升，減少浪費並實現資源的循環利用。

## (二)乳酸菌發酵應用於保存食品

乳酸菌在發酵過程中，會將糖類轉化為乳酸，這樣可有效降低環境的 pH 值。低 pH 對許多病原菌和有害微生物來說是不利的環境，因此乳酸菌的存在能有效抑制這些雜菌的生長。

此外，乳酸菌還能產生過氧化氫和抑菌素等抗菌物質。過氧化氫具有強大的氧化性，能破壞細菌細胞的結構，抑制病原菌的繁殖。抑菌素是一種由乳酸菌分泌的天然抗菌物質，能夠直接干擾病原菌的代謝過程，從而減少其生長和繁殖的機會。這些作用共同協作，使乳酸菌在保持食品安全和延長保鮮期發揮著重要作用。

## (三)乳酸菌發酵的應用

乳酸菌是一種有益健康的微生物，能利用碳水化合物發酵產生乳酸，並在腸道中生存。其功能包括腸道保健、調節免疫、降低膽固醇和血壓等，且被廣泛應用於食品和醫藥產業。乳酸菌可根據其生長特性分類，常見的有乳酸桿菌、雙叉桿菌等。近年來，隨著生物技術的發展，乳酸菌的研究逐漸增多，涵蓋其代謝物如乳酸、胜肽等，這些物質具有機能性和藥理活性，並可應用於美容產品，改善皮膚問題，具美白和保濕效果。

## 貳、研究設備及器材

		
實驗室電子秤	酸鹼度測定計	試管振盪器
		
控溫培養箱	無菌操作台	高溫高壓殺菌釜
		
電磁加熱攪拌器	血清瓶	9cm 塑膠培養皿
		
15mL 離心管	50mL 離心管	95%酒精與 L 型玻棒
		
可調式微量吸管	玻璃漏斗	皮膚檢測儀

## 參、研究過程或方式：

### 一、乳酸菌發酵豆渣實驗過程

#### (一)豆渣材料

生豆渣及熟豆渣分別取自苗栗與新北市的豆漿食品公司。

#### (二)乳酸菌菌種發酵菌種液製備

##### 1.乳酸菌發酵菌種

本實驗使用之乳酸菌菌種 A 為義大利 Sacco 公司的 LPR A 商業菌種，由鼠李糖乳桿菌(*Lactobacillus rhamnosus*)和植物乳桿菌(*Lactiplantibacillus plantarum*)組成。是一種具保護作用的菌種，可抑制有害細菌、酵母菌和黴菌的生長，可被應用於添加乳酪、發酵乳中作為益生菌或用來發酵韓國泡菜或德國酸菜等製品。

本實驗使用之乳酸菌菌種 B 為 DANISCO®公司的 VEGE 033 LYO 由嗜熱鏈球菌 (*Streptococcus thermophilus*) 和 保 加 利 亞 乳 桿 菌 (*Lactobacillus delbrueckii*subsp.*bulgaricus*)組成，是適用於發酵植物或蔬菜產品的乳酸菌菌種。

##### 2.發酵菌菌種液製備

為了使乳酸菌在豆渣中展現菌種優勢，我們先將乳酸菌加入豆漿中培養進行菌種活化並提升其菌數，期望可以利用乳酸菌數量很多，在營養競爭中處於優勢或，藉由乳酸菌的代謝來改變環境的酸鹼值或產生抗生物質，以抑制外來微生物的生長，我們分別將上述乳酸菌發酵菌種 (乳酸菌菌種 A 或乳酸菌菌種 B) 0.1g 加入 200mL 滅過菌之無加糖豆漿中，放入 37°C 培養箱培養 12 小時將乳酸菌菌種活化。分析發酵後的豆漿菌種液中的乳酸菌數都有達到 $>10^8$ cfu/mL。

### (三)豆渣乳酸菌發酵實驗流程

將 300g 生豆渣或熟豆渣裝入 8 號夾鏈袋中，再依實驗組別加入 30g 之乳酸菌菌種液並混合均勻，將夾鏈袋密封放入 25°C 或 35°C 培養箱中進行控溫培養 24 或 48 小時 (實驗流程與步驟如下圖所示)。

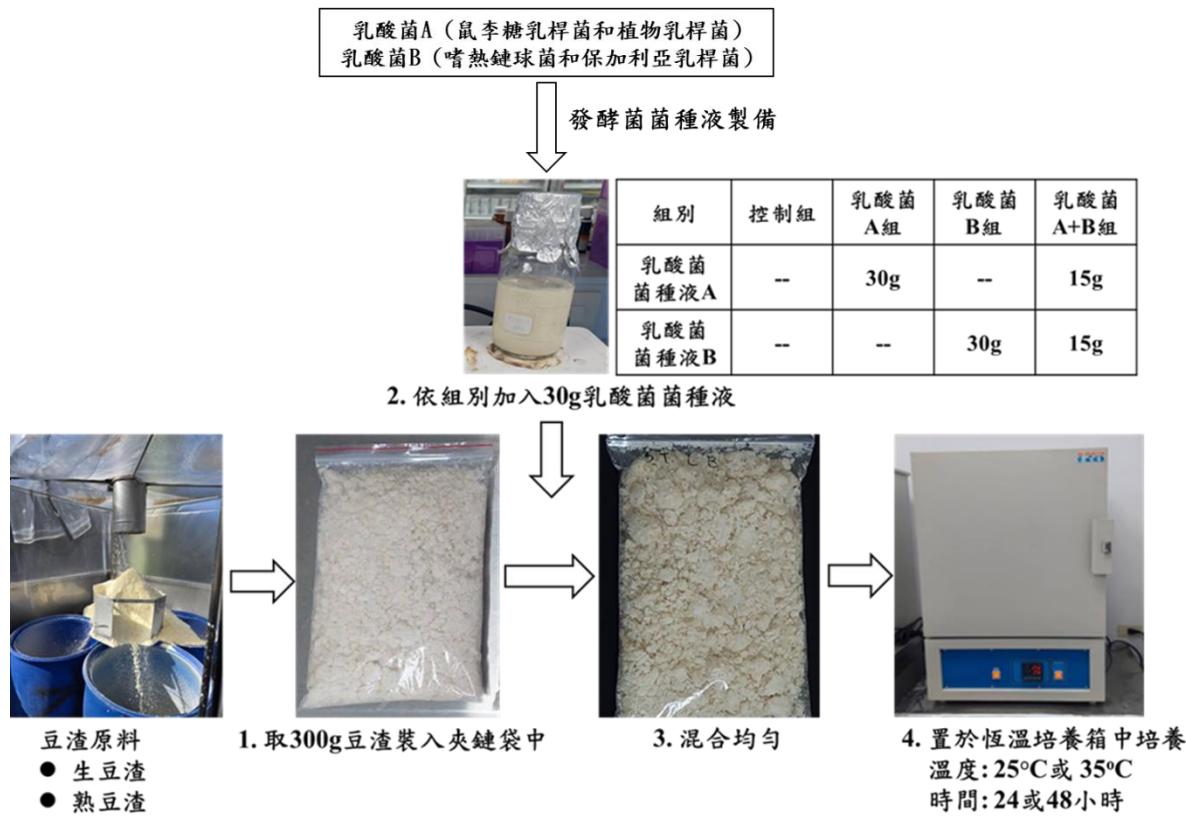


圖 1、豆渣乳酸菌發酵之實驗設計與流程

### (四)微生物檢測

#### 1. LB 瓊膠培養基 (LB Agar)

LB 培養基是最廣泛使用的細菌培養基，它不具有特定篩選性，除了需要特定環境的嚴苛菌種，其他一般細菌都能存活。

##### (1) LB 瓊膠培養基配製

秤取 20g 的 LB 瓊膠培養基粉末置於血清瓶，以水定量至 500mL。攪拌均勻後以 121°C 滅菌 20 分鐘後取出。待其降溫到約 60°C，趁培養基還未凝固，在無菌操作台中將約 15mL 培養基液倒入培養皿內，高度約 1cm，待凝固冷卻後放入

冰箱保存。

## 2. MRS 乳酸菌瓊膠培養基(添加碳酸鈣)

MRS 乳酸菌瓊膠培養基主要用來分離、培養乳酸菌。由於成份中含醋酸鈉和高濃度葡萄糖，所以 pH 值較一般培養基低，大約為 6.5。低酸鹼值會抑制一般細菌生長，同時利於乳酸菌生長，因此可以達到分離細菌的效果。MRS 乳酸菌瓊膠培養基中添加 0.5% 碳酸鈣，培養基會呈現白色混濁狀。一旦培養基上有乳酸菌生長，分泌乳酸後，乳酸會和碳酸鈣反應形成乳酸鈣，則該區域會變透明的，藉此來篩選乳酸菌(如下圖 2)。



圖 2、乳酸菌在 MRS(含碳酸鈣)培養基生長之外觀

### (1) MRS 乳酸菌瓊膠培養基(添加碳酸鈣)配製

秤取 33.6g 的 MRS 乳酸菌瓊膠培養基粉末與 2.5g 的碳酸鈣置於血清瓶，以水定量至 500mL。攪拌均勻後以 121°C 滅菌 20 分鐘後取出。待其降溫到約 60°C，趁培養基還未凝固，在無菌操作台中將約 15mL 培養基液倒入培養皿內，高度約 1cm，待凝固冷卻後放入冰箱保存。

## 3.序列稀釋與塗抹法微生物計數

序列稀釋：秤取 5g 豆渣置入無菌離心管中並加入 20mL 無菌水並以試管震盪器混和均勻(稀釋 5 倍)，取 5mL 的豆渣水溶液加入 5ml 的無菌水中製作成第(1)管(稀釋倍數為:  $10^{-1}$ )並使用試管震盪器混和均勻，再將第(1)管用微量吸管取 1mL 加入下一管 9ml 的無菌水在使用試管震盪器混合均勻製作成第(2)管(稀釋倍數為:  $10^{-1}$ )以此類推。

塗抹法與菌數計數：將製作好的培養基擺放好，再將要畫菌的 15mL 離心管放置試管震盪器將其混合均勻後，用微量吸管取 0.1mL 至培養基上，使用消毒好的 L 型玻棒將 0.1ml 的稀釋豆渣水溶液均勻塗抹在培養基上，再把塗抹好的培養皿倒置在培養箱中 24 小時，取出觀察與計算菌落數並記錄與計算對應之菌數。

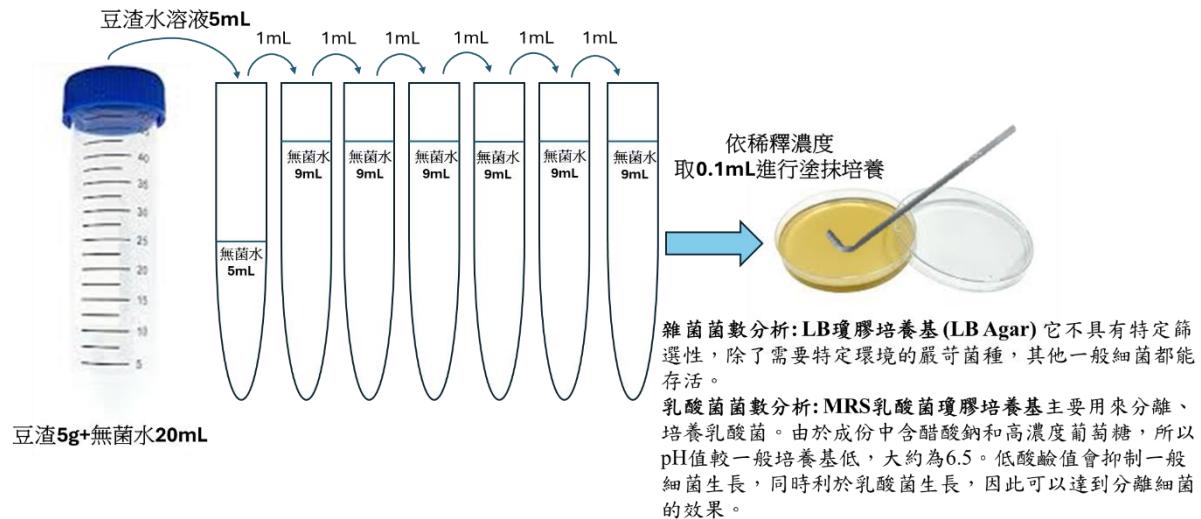


圖 3、以連續稀釋法塗抹培養計數豆渣中的雜菌數與乳酸菌數

## 二、研究乳酸菌發酵豆渣應用於美容保養品潛力之實驗流程

### (一)化妝水製備流程:

取 100 克的豆渣和 400 克的水放入血清瓶中進行混合，將此血清瓶以巴斯德消毒法進行隔水加熱至 90°C 維持 5 分鐘，以冰浴冷卻至 4°C，以濾紙過濾，並分裝放置於冷藏備用。

### (二)膚質測試:

先以膚質檢測儀檢測受試者雙手的初始膚質，分別在左手及右手的手腕後方放下一小塊面膜紙後，各滴上 10 滴的水和發酵豆渣水並敷著等待 10 分鐘後，用紙巾輕拭擦乾表面，再以膚質檢測儀檢測敷後的膚質，並比較敷前與敷後的白皙度、水分度、油脂度與彈性度之數值差異。

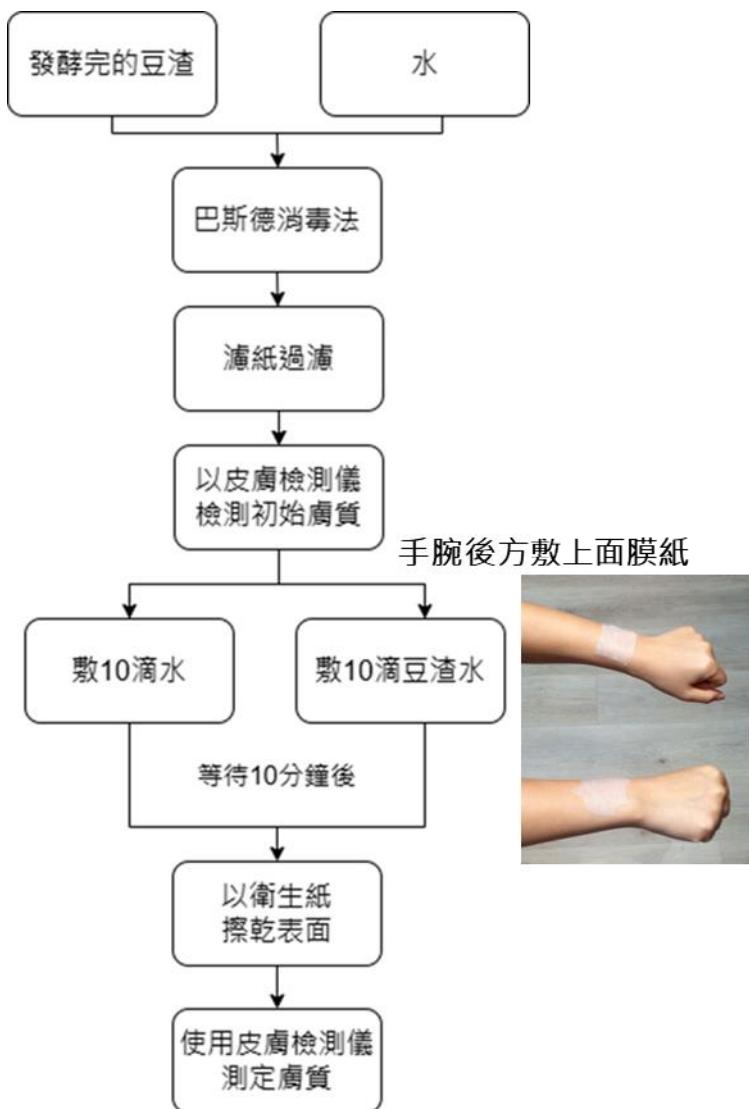


圖 4、乳酸菌發酵豆渣應用於美容保養品潛力之實驗流程

## 肆、研究結果

### 一、生豆渣與熟豆渣的初始雜菌數

表一、生豆渣與熟豆渣之雜菌數

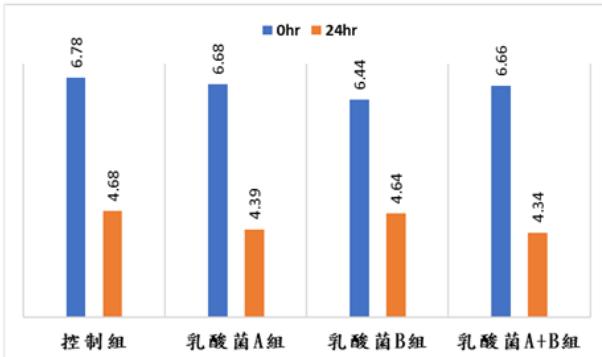
組別 菌數	生豆渣	熟豆渣
初始雜菌數 (CFU/g)	$2.9 \times 10^6$	$<10^2$

由表一可看出生豆渣的初始雜菌數已明顯超過食品衛生標準，熟豆渣的初始雜菌數因為經過高溫烹煮殺菌所以初始菌數 $<10^2$ CFU/g。

備註：檢驗生菌數是否超標，食品衛生標準為 $<10^5$  (CFU/g)

### 二、生豆渣乳酸菌發酵的 pH 值變化

A. 生豆渣在25°C發酵24小時的pH值變化



B. 生豆渣在35°C發酵24小時的pH值變化

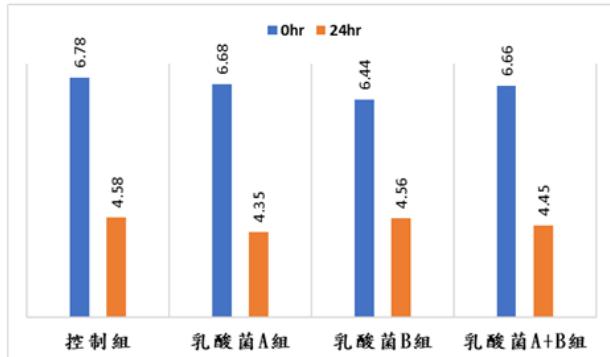


圖 5、生豆渣在 25°C 與 35°C 下發酵 24 小時各組的 pH 值變化

由圖 5 可以發現，添加乳酸菌發酵菌種液的組別在 0 小時的 pH 值皆低於控制組，其中 B 組的 pH 值是最低的。經過發酵 24 小時後，生豆渣不管是在 25°C 還是 35°C 的環境下，pH 值都有明顯的下降。而其中，又以 A 組和 A+B 組的 pH 值降到相對低，跟未發酵前的 pH 差距也相對較大(pH 差值>2.2)。除了乳酸菌 A+B 組之外，其餘各組在 35°C 發酵後的 pH 值都比在 25°C 下更低。

### 三、生豆渣發酵的雜菌與乳酸菌數

表二、不同組別之生豆渣於25°C發酵24小時之雜菌與乳酸菌數

菌數 組別	雜菌數 (CFU/g)	乳酸菌數 (CFU/g)
控制組	$2.75 \times 10^9$	--
乳酸菌A組	$1.78 \times 10^9$	$6.15 \times 10^9$
乳酸菌B組	$1.39 \times 10^9$	$6.25 \times 10^9$
乳酸菌A+B組	$1.62 \times 10^9$	$2.15 \times 10^9$

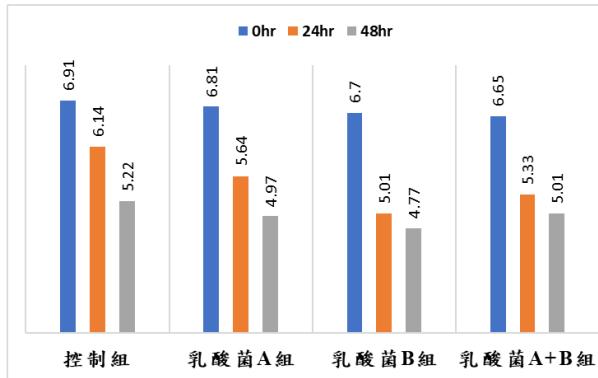
表三、不同組別之生豆渣35°C發酵24小時之雜菌與乳酸菌數

菌數 組別	雜菌數 (CFU/g)	乳酸菌數 (CFU/g)
控制組	$2.35 \times 10^9$	--
乳酸菌A組	$5.30 \times 10^8$	$1.39 \times 10^9$
乳酸菌B組	$1.09 \times 10^9$	$1.60 \times 10^9$
乳酸菌A+B組	$6.45 \times 10^8$	$9.05 \times 10^8$

從表二和表三中可以發現，生豆渣不論在 25°C 或 35°C 下發酵 24 小時後的雜菌數和表一生豆渣初始雜菌數  $2.9 \times 10^6$  CFU/g 相比成長了接近 1000 倍，而加入乳酸菌的實驗組的雜菌數皆低於控制組，各實驗組中的乳酸菌菌數也都有長到接近  $10^9$  CFU/g。乳酸菌 B 組在 25°C 的環境下，雜菌數是所有之中最少的，相對於控制組減少了接近 50%。而乳酸菌 A 組和 A+B 組的雜菌數在 35°C 的環境下比 25°C 的更少，35°C 的環境下乳酸菌 A 組和 A+B 組中的雜菌和控制組相比減少了約 70%。由表二和表三中雖然可以體現乳酸菌有抑制雜菌生長的效果，但即使添加乳酸菌發酵的生豆渣中雜菌數仍無法達到符合食品衛生標準的  $<10^5$  CFU/g。

#### 四、熟豆渣發酵的 pH 值變化

A. 熟豆渣在25°C發酵不同時間的pH值變化



B. 熟豆渣在35°C發酵不同時間的pH值變化

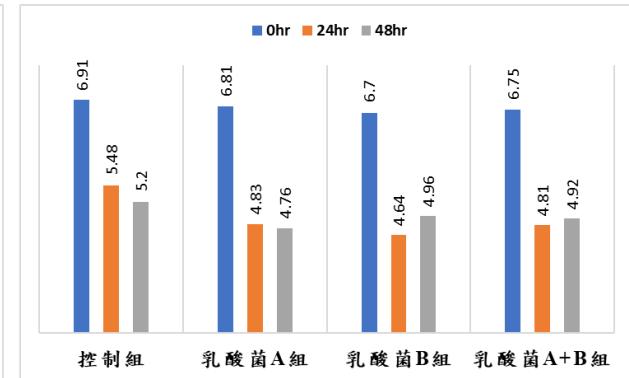


圖 6、熟豆渣在 25°C 與 35°C 下發酵 24 小時與 48 小時各組的 pH 值變化

從圖 6 可以發現熟豆渣不管是在 25°C 或是 35°C 的環境下發酵後 pH 值都有明顯降低。且對比控制組在 25°C 與 35°C 環境下 48 小時 pH 約為 5.2，乳酸菌組的 pH 值在 25°C 發酵 48 小時和 35°C 的發酵 24 小時皆 <5.0。乳酸菌組在 35°C 的發酵 pH 值相較 25°C，其 pH 值下降幅度更大。在 25°C 的環境下，隨著發酵時間增加，pH 值下降，而其中又以乳酸菌 B 組降低的幅度最明顯；但在 35°C 的環境中 pH 值並沒有隨發酵時間增加而降低，反而在 B 組和 A+B 組的 24 到 48 小時後升高了，我們推測這可能是因為熟豆渣中提供乳酸菌轉換的糖類被耗盡，且可能有其他會讓 pH 值升高的菌種生長，所以才讓它的數值升高。

#### 五、熟豆渣發酵的雜菌數與乳酸菌數

表四、熟豆渣於25°C發酵24小時與48小時之乳酸菌菌數 (CFU/g)

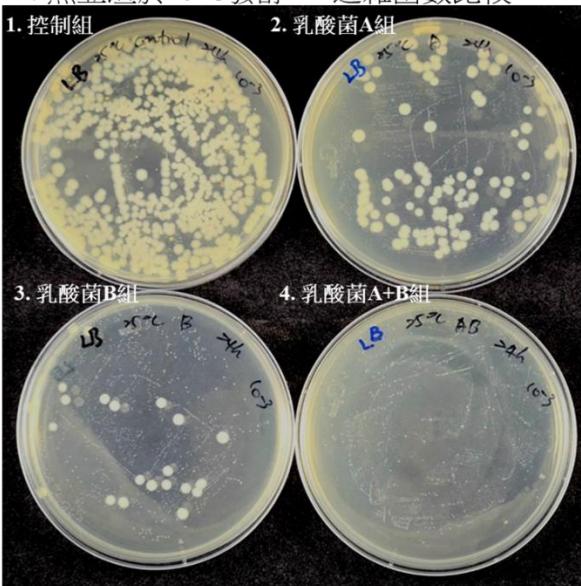
組別 時間	乳酸菌A組	乳酸菌B組	乳酸菌A+B組
0小時	$5.77 \times 10^7$	$4.14 \times 10^7$	$4.96 \times 10^7$
24小時	$1.75 \times 10^9$	$1.15 \times 10^8$	$8.00 \times 10^8$
48小時	$2.55 \times 10^9$	$3.40 \times 10^8$	$8.60 \times 10^8$

表五、熟豆渣於35°C發酵24小時與48小時之乳酸菌菌數 (CFU/g)

組別 時間	乳酸菌A組	乳酸菌B組	乳酸菌A+B組
0小時	$5.77 \times 10^7$	$4.14 \times 10^7$	$4.96 \times 10^7$
24小時	$2.10 \times 10^9$	$3.00 \times 10^8$	$1.30 \times 10^9$
48小時	$2.18 \times 10^9$	$6.30 \times 10^8$	$1.00 \times 10^9$

由表四得知乳酸菌在熟豆渣中菌數均有增加，其中乳酸菌 A 組在 25°C 發酵至 48 小時生長的菌數比乳酸菌 B 和乳酸菌 A+B 生長的數目多，菌數可達到  $2.55 \times 10^9$  CFU/g。由表五可知乳酸菌 A 組在 35°C 發酵至 24 與 48 小時生長的菌數亦皆比乳酸菌 B 組和乳酸菌 A+B 組生長的數目多，菌數皆  $>2 \times 10^9$  CFU/g。由此可知在熟豆渣中乳酸菌 A 組比乳酸菌 B 組和乳酸菌 A+B 組有更佳適應不同溫度的生長能力。

A. 熟豆渣於25°C發酵24h之雜菌數比較



B. 熟豆渣於25°C發酵48h之雜菌數比較

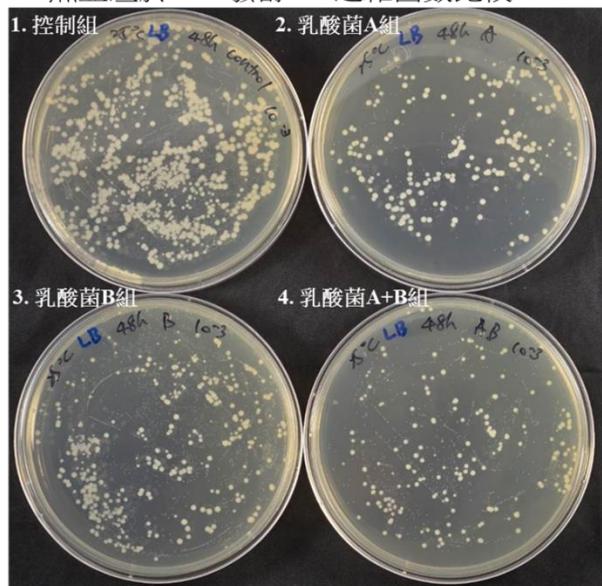
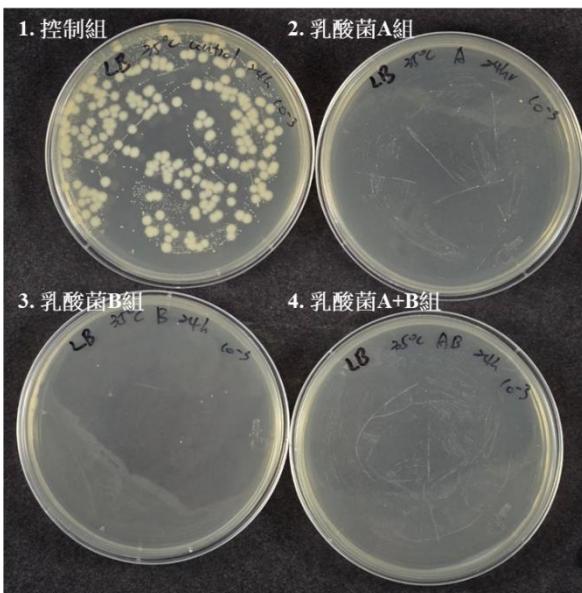


圖 7、熟豆渣在 25°C 發酵 24 小時與 48 小時的雜菌數比較 (實驗分別取各組稀釋 10<sup>3</sup> 倍數的菌液 0.1mL 塗抹於 LB 瓊膠培養基後，放置 37°C 培養箱培養 24 小時，照相觀察其雜菌生長之狀況，實驗結果判讀：若在圖中的 LB 瓊膠培養基中有超過 10 個菌落生長，則代表其中的雜菌數  $>10^5$  CFU/g)。

由圖 7-A 可看出熟豆渣在 25°C 發酵 24 小時後，控制組的雜菌數(TNTC)明顯多於有

添加乳酸菌進行發酵的組別。其中乳酸菌 A 組及乳酸菌 B 組都有長出雜菌，也都有超過 10 個以上的菌落數，代表超出食品衛生標準  $10^5$  CFU/g，無法應用在食品相關的產品；而乳酸菌 A+B 組在發酵 24 小時有顯著抑制雜菌生長的效果。但在  $25^\circ\text{C}$  環境下放置 48 小時後，由圖 B 可看出，控制組的雜菌數還是最多，乳酸菌組雖有抑制雜菌數的效果，但在各組中生長的雜菌數都還是大於 10 個以上的菌落，超出了食品衛生標準  $10^5$  CFU/g。由此可推論熟豆渣在  $25^\circ\text{C}$  環境下，有添加乳酸菌的組別可降低豆渣中雜菌的菌數，但仍無法完全抑制其生長。

A. 熟豆渣於 $35^\circ\text{C}$ 發酵24h之雜菌數比較



B. 熟豆渣於 $35^\circ\text{C}$ 發酵48h之雜菌數比較

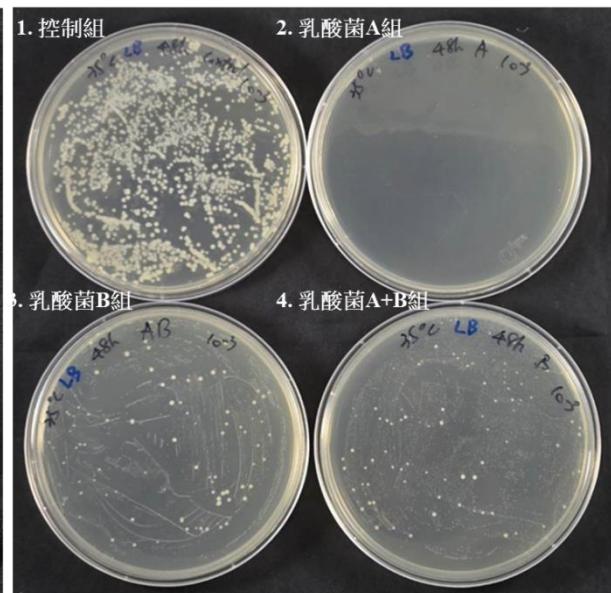


圖 8、熟豆渣在  $35^\circ\text{C}$  發酵 24 小時與 48 小時的雜菌數比較 (實驗分別取各組連續稀釋  $10^3$  倍數的菌液 0.1mL 塗抹於 LB 瓊膠培養基後，放置  $37^\circ\text{C}$  培養箱培養 24 小時，照相觀察其雜菌生長之狀況，實驗結果判讀：若在上圖的 LB 瓊膠培養基中有超過 10 個菌落生長，則代表其中的雜菌數  $> 10^5$  CFU/g)。

由圖 8-A-1 可看出熟豆渣控制組在  $35^\circ\text{C}$  環境下 24 小時時長了遠超出  $10^5$  CFU/g 的雜菌數，而另外三組有添加乳酸菌發酵的組別在 LB 瓊膠培養基中沒有雜菌生長，代表有添加乳酸菌發酵的這三組中的雜菌數  $< 10^4$  CFU/g，符合食品衛生標準  $10^5$  CFU/g。由圖 8-B-1 可看出發酵 48 小時控制組的雜菌數仍長得密密麻麻，圖 8-B-3 乳酸菌 B 組與圖 8-B-4 乳

酸菌 A+B 組雖也有長出雜菌，但其雜菌數遠少於控制組，由圖 8-A-2 與圖 8-B-2 可看出乳酸菌 A 組在 35°C 下發酵 24 小時與 48 小時的 LB 瓊膠培養基中都沒有雜菌生長 (在此稀釋倍數下沒有雜菌生長，代表其中的雜菌數 $<10^4$  CFU/g)，實驗結果顯示乳酸菌 A 組能有效抑制熟豆渣中的雜菌生長 (可符合食品衛生標準 10<sup>5</sup> CFU/g)。

## 六、乳酸菌發酵熟豆渣應用於美容保養品潛力的研究

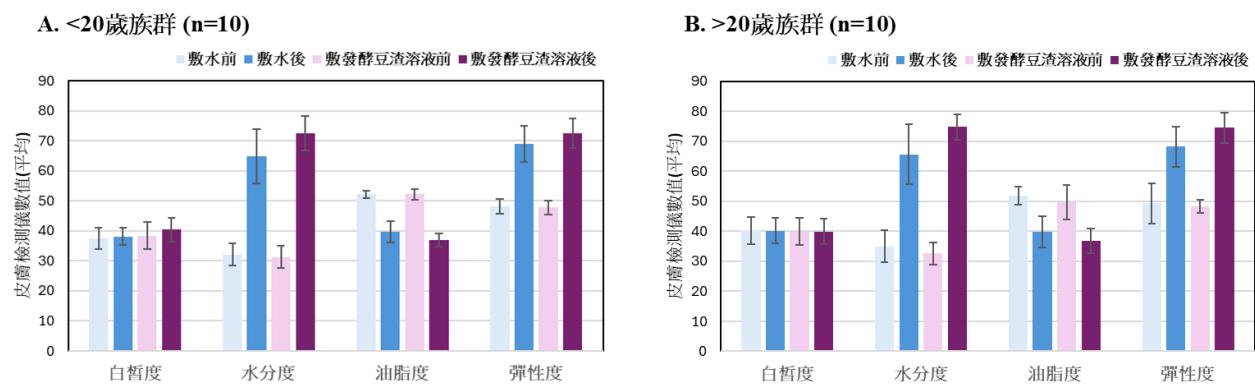


圖 9、比較水與發酵熟豆渣溶液(乳酸菌 A 組)作為保養品敷於手臂之皮膚檢測結果。A.受試族群為<20 歲，受試人數為 10 人; B.受試族群為>20 歲，受試人數為 10 人。

我們將熟豆渣乳酸菌 A 組發酵 48 小時的發酵豆渣粉，經過巴式德殺菌及過濾後製備成發酵豆渣溶液，並分別找了 20 歲以下和 20 歲以上兩個不同的受試族群敷在皮膚上並與水和初始膚質做成圖 9。在實驗過程中，所有受試者皮膚上均沒有泛紅、搔癢等過敏現象。比較圖 A 受試族群<20 歲和圖 B 受試族群>20 歲可以發現，兩組受試族群的數值趨勢相近。在白皙度上，敷前與敷後的數值差距並不大。而在水分度與彈性度上，水與發酵豆渣溶液在敷前與敷後的數值均有顯著上升，由整體趨勢來看發酵豆渣溶液上升的幅度都比水組來的高。水和發酵豆渣溶液敷後的油脂度均有明顯下降。

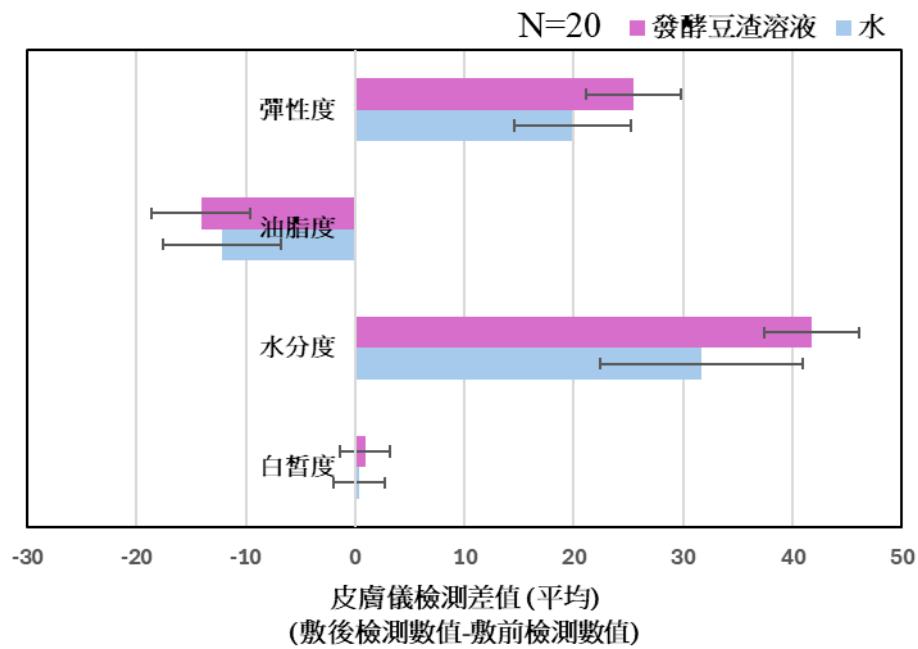


圖 10、比較水與發酵熟豆渣水溶液(乳酸菌 A 組)作為保養品敷於手臂之皮膚檢測差值。將各受試者敷後之皮膚檢測數值減去敷前檢測數值後取平均值，總受試人數為 20 人。

為了排除受試個體雙手膚質初始數值的差異，我們將敷後數值減敷前數值做成圖 10 以更精確的比較兩者差異。白皙度在使用前後仍然沒有差異；水分度和彈性度在統計學上雖無顯著差異，但若由整體趨勢來看，發酵豆渣溶液平均呈現出來的效果還是優於敷水的組別，且發酵豆渣溶液的誤差值較敷水的組別小，說明他對於不同受試者更穩定；油脂度上都有明顯降低，但兩者差異不大。

## 伍、討論

我們的參考文獻<sup>3</sup>中顯示，豆渣在常溫下存放 3~5 天後會腐敗，但在實際實驗中，不論是生豆渣或熟豆渣在常溫下存放了 24 小時後便出現了腐敗臭味，菌數也超過了食品衛生標準，不建議食用。

乳酸菌 A 組進行熟豆渣發酵可有效的抑制雜菌生長，實驗中所使用知乳酸菌 A 組為義大利 Sacco 公司開發的 LPR A 商業菌種，由鼠李糖乳桿菌 (*Lactobacillus rhamnosus*) 和植物乳桿菌 (*Lactiplantibacillus plantarum*) 組成。此乳酸菌不僅具有發酵能力，還能有效抑制有害細菌、酵母菌及黴菌的生長，因此被廣泛應用於乳酪、發酵乳、韓國泡菜與德國酸菜等食品中，以提升食品安全及品質。參考文獻<sup>9</sup>指出長期以來人們應用乳酸菌來抑制乳品、蔬菜及肉製品的腐敗現象，這是由於乳酸菌在生長代謝過程中除產生乳酸、醋酸、雙乙醯和過氧化氫外，還能產生具有抑菌或殺菌活性的細菌素，其在抑制各種病原菌和食物腐敗中具有重要的作用。有機酸能改變環境酸鹼值，使病原菌無法存活；而細菌素(bacteriocins) 等生物活性物質則可直接干擾病原菌的生長機制。Mao et al. (2020) 的研究顯示，植物乳桿菌的培養上清液具有明顯的抗菌作用，並且與菌體的生長呈正相關。其主要抗菌物質包括乳酸、乙酸、丙酸、辛酸及癸酸，這些有機酸能降低環境 pH 值，抑制雜菌繁殖。我們的實驗結果顯示豆渣經乳酸菌發酵後 pH 均會降低，但其中是那些有機酸還有待驗證。

利用乳酸菌發酵豆渣的優點在於它不僅可以抑制雜菌生長，保留豆渣中的營養元素，還能降低豆渣中的抗營養因子(如:胰蛋白酶抑制劑和植酸等)，經過乳酸菌發酵作用將豆渣中的蛋白質分解成小分子勝肽和游離胺基酸等物質，提高豆渣中蛋白質的生物利用率，若應用在食品或作為畜產養殖的飼料上，因為乳酸菌本身就是能改善消化系統的益生菌，參考文獻<sup>4</sup>中顯示它能增進腸內菌叢的品質，具有生產有機酸、降低腸道內 pH 值、和有害菌競爭養分、減少有害菌增值場所並產生抗菌物質等功能。與豆漿廠商訪談，無論是生豆渣或熟豆渣都會直接餵給豬吃，但由於豬隻食用過多會導致腹瀉，故只會在豬隻飼料中添加 10%的豆渣，我們推論可能是豆渣中的雜菌或抗營養因子所致，若豆渣經過發酵可有效抑制雜菌生長，又能降低抗營養因子，將乳酸菌發酵豆渣製成動物的飼料不僅可提供更多的營養，還能減少動物所

吃到的雜菌，並可能進一步減少體內累積的毒素，乳酸菌還可增進動物的腸胃道健康，讓牠們更健康。

在我們將乳酸菌發酵豆渣的應用於美容液實驗中，我們所製備的乳酸菌 A 組熟豆渣發酵 48 小時水溶液的 pH 值 4.76，符合台灣衛福部果酸類的保養品不得低於 3.5 的規定，避免對皮膚造成刺激。而文獻<sup>6</sup>中，使用豬皮模擬人的皮膚進行實驗，但因為豬皮和人體仍存在差異，所以我們直接尋找身邊的老師、同學進行實驗，在實驗過程中，所有受試者皮膚上均沒有泛紅、搔癢等過敏現象，顯示我們所製備的美容液對皮膚是安全的。文獻<sup>7</sup>中顯示，乳酸是一種果酸，對人體的皮膚有更新老化的角質、減少皺紋和色斑並改善乾燥等美容作用。而胜肽是胺基酸組成的，可以促進膠原蛋白增加且減緩皮膚皺紋的生長，特定的胜肽還能抑制黑色素轉移成角質細胞。這可以讓製成的美容保養品有更多功用。

我們的實驗結果中白皙度沒有太大改變的原因我們推論是因為我們的實驗只有檢測一次，且時長僅 10 分鐘可能沒辦法在短時間內顯示出其美白的功能，而在我們親身體驗過後，發現敷了發酵豆渣溶液的皮膚摸起來的觸感較細緻光滑，且時間維持較久。水分度及彈性度之間的關係我們參考了文獻<sup>10</sup>的資料，其中提及「肌膚的保水度是指皮膚能夠保留水分的能力，這對於維持肌膚的健康和年輕外觀至關重要。當肌膚的保水度高時，它能有效地保持彈性和光澤」代表皮膚中的含水量確實會影響彈性度，與彈性度成正比。後續研究可藉由增加使用的次數，進一步驗證其保濕保水及減緩皮膚老化美白等功能的效果。

## 陸、結論

- 一、因為生豆渣沒有經過高溫烹煮殺菌，導致其初始的雜菌數超出  $10^5$ CFU/g，即使添加乳酸菌進行發酵，亦無法有效地將雜菌數抑制至符合食品法規標準。
- 二、因熟豆渣初始雜菌數較低，添加乳酸菌發酵後的 pH 降低，且雜菌數亦均低於控制組，其中乳酸菌 A 組在 35°C 的環境下發酵 24 到 48 小時，可以有效抑制雜菌的生長，抑制豆渣腐敗，延長豆渣的保存期限。
- 三、將乳酸菌 A 組發酵豆渣所製作成的美溶液敷在皮膚上 10 分鐘，水分度與彈性度均較使用前顯著提升，雖與敷水組相比沒有顯著差異，但整體趨勢均優於敷水組，顯示乳酸菌發酵熟豆渣應具有應用於美容保養品的潛力。

## 柒、參考文獻

1.蔡書憲、蘇豐棋、張景輝、陳昶源、李士畦、簡全基 (2023 年 10 月 05 日)。豆渣循環經濟之市場技術應用與專利分析。材料世界網。取自：

<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=53433>

2.林永昇 (2014 年 12 月 24 日)。乳酸菌之美容保養應用。科技大觀園。取自:

<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=31206058-c60e-4cba-8d33-c866ff5fd18d>

3.Allen Chou 。豆渣的逆襲？從廢棄物到循環經濟的創新商機。酷傳媒。取自:

<https://coolmedia.tw/archives/12314>

4.乳酸菌小百科。台灣乳酸菌協會。取自: <http://www.talab.org.tw/knowledge.htm>

5.王果行、許嘉玲、黃乙芬(編譯) (2007) 營養學(第一版)，藝軒圖書出版社

6. 蔡庭宇、楊仲瑜、李品毅(2015)。黃豆的「膜」法-探討豆漿膜的特性及其應用，中華民國第五十五屆中小學科學展覽會,國中組生活與應用科學科。台灣網路科教館。取自；

<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=12468&sid=12573>

7.Bryan Barron 。乳酸保養品對肌膚的七大好處。寶拉珍選。取自:

<https://www.paulaschoice.com.tw/skincare-advice/basic-concept/lactic-acid-for-skin?srsltid=AfmBOoohXlhmsHP0r54w070ICg22tk6ZN8ktsS4ut8DLiDeXDhFHxUqN>

8. (2017 年 10 月 19 日)。豆渣有哪些營養價值？發酵豆渣有什麼優勢？如何能做好發酵豆渣？取自：<https://kknews.cc/agriculture/65yzyv3.html>

9 常振鎧 (2016)。兼具免疫調節機能與抑制食因性病原菌之雙重功能的本土植物來源乳酸菌株之篩選。取自: <https://ir.cnu.edu.tw/bitstream/310902800/30196/1/CN10505.pdf>

10.(2024 年 5 月 17 日)。專家實證！皮膚保水度愈高，肌齡愈是年輕。取自:

<https://www.unc.com.tw/blog/posts/unc%E4%BF%9D%E9%A4%8A%E5%B0%88%E6%AC%84%E5%>

B0%88%E5%AE%B6%E5%AF%A6%E8%AD%89%EF%BC%81%E7%9A%AE%E8%86%9A%E4%BF%9D%E6%B0%B4%E5%BA%A6%E6%84%88%E9%AB%98%EF%BC%8C%E8%82%8C%E9%BD%A1%E6%84%88%E6%98%AF%E5%B9%B4%E8%BC%95?srsltid=AfmBOoozXQZmLUj9nWclorXDJ6MjxPLIbktOVwCtorseZaBNjg6k768U

11. Echegaray, N., Yilmaz, B., Sharma, H., Kumar, M., Pateiro, M., Ozogul, F., & Lorenzo, J. M. (2023). A Novel Approach to Lactiplantibacillus Plantarum: From Probiotic Properties to the Omics Insights. *Microbiol Res.*, 268(127289). <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127289>
12. Mao, Y., Zhang, X., & Xu, Z. (2020). Identification of Antibacterial Substances of Lactobacillus Plantarum DY-6 for Bacteriostatic Action. *Food Sci Nutr.*, 8(6), 2854 – 2863. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1585>