

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

(鄉土)教材獎

052203

優質牛乳生產因子與鑑定

學校名稱：雲林縣私立揚子高級中學

作者： 高二 許有朋 高二 吳若瑜 高一 許宜珈	指導老師： 陳尚民 黃宏銘
---	-----------------------------

關鍵詞：體細胞數(Somatic Cell Count)、

乳清蛋白(Whey Protein)、酪蛋白(Casein)

摘要

本研究主要討論生乳的口感及體細胞含量多寡的檢測，其得到結果為加熱殺菌過程與乳牛食材變化對口感影響甚鉅，加熱溫度到 130-140 °C 以上，濃醇香的味道較明顯；進口草與牧草比較結果，進口草口感較佳；在試喝牛乳的檢驗報告中，發現乳脂肪含量較多者，口感較佳；體細胞多寡對口感雖然無顯著影響，但體細胞較少的生乳，打出來的奶泡更綿密與持久。在優質生乳部分，體細胞含量可由 CMT、導電度計與便攜式體細胞檢測儀測得，本研究利用惠斯登電橋的導電方式，製作低成本符合大眾檢測的儀器，為民眾分辨優質生乳提供更佳的方式。

壹、研究動機

本研究成員，家中從事酪農業，至小就與乳牛接觸，對牛的生活習慣瞭如指掌，且幾乎天天都能喝到新鮮生乳，因此對生乳的品質與口感風味產生興趣。經過請教獸醫與專家後，得知牛乳分類與體細胞多寡有相當大的關係，而所謂 A 級、B 級牛奶的分類，正是由此而來。本研究針對不同體細胞數、不同食材之生乳作口感分析，期盼能獲得高品質且風味佳的新鮮牛乳。

貳、研究目的

本研究針對牛乳實驗目的分為下列幾點：

- 一、以不同體細胞數的乳牛，透過試喝問卷，比較其差異。
- 二、以不同牧草與食材配比分析生乳口感的差異。
- 三、殺菌方式對生乳口味影響。
- 四、探討減少體細胞提升生乳品質最佳方式。
- 五、製作簡易鑑定生乳品質的儀器。

參、研究設備及器材

表 1、研究設備及其用途

編號	物品	數量	用途
一	筆記本、筆	1 本 2 支	實驗日記，紀錄觀察結果
二	數位相機	2 台	拍攝實驗過程
三	筆記型電腦	1 部	撰寫與製作電子檔
四	顯微鏡	1 台	觀察牛乳
五	超純水製造機	1 台	實驗用水
六	微量天平	1 台	測劑量
七	乳牛	10 隻	實驗生物
八	各式牧草	5 噸	不同食材實驗
九	試喝瓶	10 瓶	試喝實驗
十	體細胞分析儀	1 台	體細胞檢測
十一	擠乳設備	一套	乳牛擠乳
十二	健康感測器	10 組	乳牛健康監控
十三	冷藏庫	1 座	生乳急速冷藏
十四	消毒設備	一套	生乳消毒
十五	實驗手套	5 盒	實驗用具
十六	牛舍	一座	乳牛住所
十七	灑水設備	一套	降溫洗淨
十八	鏟子	2 支	實驗用
十九	手套	數只	實驗用
二十	汙水處理設備	一座	乳牛廢棄物處理
二十一	PH 測量計	2 支	測酸鹼
二十二	鑷子	5 支	實驗用

肆、研究過程與方法

一、研究流程

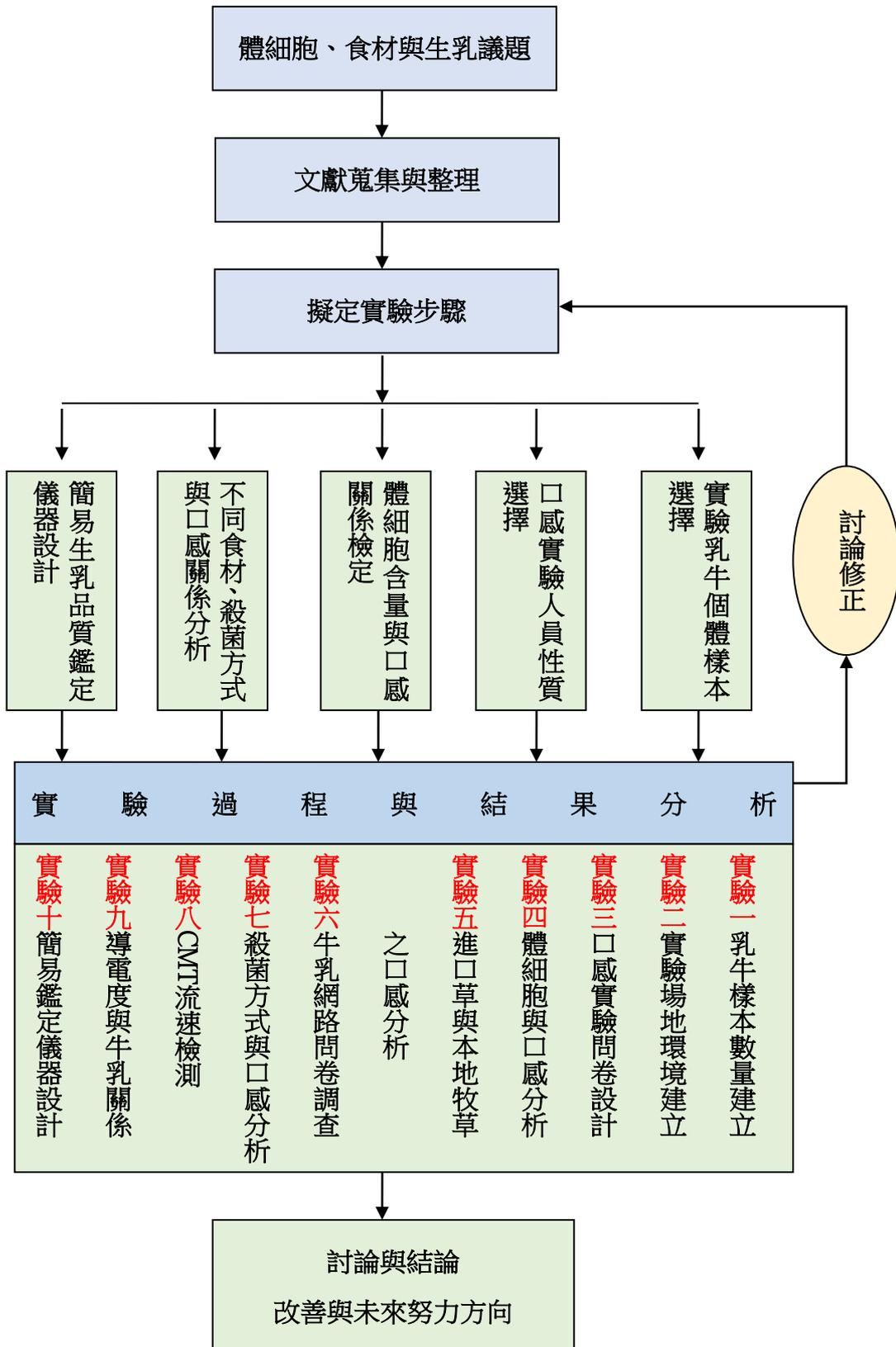


圖1、研究流程圖

二、文獻蒐集

生牛乳總生菌數(total viable count) 、李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)及體細胞數(somatic cell count, SCC)是國際上公認的乳品質重要指標，也是影響生乳價格、乳產量多寡、鮮乳風味品質及保存期限等重要因素，因此生產低總生菌數、李斯特菌及體細胞數之生乳，對酪農、乳品加工廠及消費者極具重要性。

本研究主要目的在開發一個電化學方法可對生牛乳之品質作即時的監控及檢測，主要的檢測指標為總生菌數(total viable count)、李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)及體細胞數(somatic cell count, SCC)。

衛生署訂定乳品類衛生之標準，由表 2 得知李斯特菌為零檢出；表 3 得知依農委會訂定生乳之總生菌數 10 萬 CFU/mL 以下，予以加價，不得大於 100 萬 CFU/mL；體細胞數小於或等於 50 萬 cells/mL，且總生菌數必須在 10 萬 CFU/mL 以下。而國際乳業聯盟(International Dairy Federation, IDF)於 1995 年定義正常生乳之總生菌數標準，應低於 10 萬 CFU/mL，體細胞數以 50 萬 cells/mL 作為感染與否門檻值，依此定義當分房乳體細胞數高於此值時即判定為感染乳房炎(mastitis)(Nielen et al., 1995)。牛乳的體細胞數可作為泌乳牛乳房健康狀況的指標(Kitchen, 1981; Philpot and Nickerson, 1991)，所以許多乳業先進國家也以生乳體細胞數高低代表乳房的健康程度，世界各國都有一套生乳評級辦法，以提升生乳品質(李等，2008)。

生乳品質除依行政院農業委員會計價標準分級外，體細胞與生菌數也是重要的品質指標，共分為 A~D 四級：

表 2、體細胞與生菌數指標

等級	體細胞數(10^4 cells/mL)
A 級	30 萬(含)以下，生菌數每毫升 10 萬以下。
B 級	30 萬以上 50 萬(含)以下，生菌數每毫升 10 萬以下。
C 級	50 萬以上 80 萬(含)以下，生菌數每毫升 10 萬以下。
D 級	80 萬以上 100 萬(含)以下，生菌數每毫升 10 萬以下

根據中華民國國家標準 (Chinese National Standards, CNS)，生乳 (CNS 3055) 是指從健康乳牛或乳羊擠出、冷卻未經過其他處理之生乳汁，而鮮乳 (CNS 3056) 則指以

生乳為原料，經加熱、殺菌、包裝後冷藏供飲用之乳汁，這也就是為什麼市面上販售的鮮乳、保久乳等產品，成分說明上都寫著 100%生乳。

表 3、生乳檢測項目、方法及標準

項目	建議方法	標準
官能檢查	外觀 色澤 氣味	官能檢查 無黏稠或變性、與它物混合者 無黏稠或異常顏色 無腐敗或變性或異常氣味者
溫度	乳溫	乳槽標式溫度 乳溫小於10°C
理化性質	酸度	依 CNS (1972) 總號3441，類號 N6057 乳品檢驗法測定 酸度介於 0.12 % 至0.18 % 之間
	比重	依 CNS (1972) 總號3442，類號 N6058 乳品檢驗法測定 比重大於或等於 1.028
	酒精試驗	70 % 酒精與牛乳等溫、等量混合 陰性
乳成分	乳脂肪	依 CNS (1986) 總號3444，類號 N6060 乳品檢驗法測定 乳脂率大於或等於 2.8 %
微生物	總生菌數	依 CNS (1985) 總號3452，類號 N6068 乳品檢驗法測定 總生菌數每毫升 10 萬以下，予以加價。總生菌數不得大於 100萬
體細胞	體細胞數	乳體細胞測定儀測定 體細胞數每毫升小於或等於 50萬，總生菌數每毫升 10 萬以下，予以加價
藥物殘留	青黴素	不得檢出
	氯黴素	不得檢出
	四環素類	經 四 環 黴 素、氯 四 環 黴 素、四 環 黴 素 總 合 小 於 或 等 於 0.1 ppm
	磺胺劑	依 CNS 總號 14459，類號 N6335 食品中微生物檢驗法測定 磺胺劑總和小於或等於 0.1 ppm

*生乳檢測項目及標準除藥物殘留及污染物標準依行政院衛生署規範外。其餘依行政院農業委員會「乳品加工廠收購酪農原料生乳驗收及計價要點」訂定。 **生乳檢測方法依中華民國國家標準檢驗法訂定。

體細胞的多寡與乳房發炎有關，由圖2可得知微生物入侵造成乳房發炎之過程，當乳腺組織受傷或被感染時，未被察覺的發炎已開始進行，大量的白血球已聚積於乳中，白血球為乳牛最重要的自然防禦角色，它們出現於乳腺的受損部位，目的是與細菌作戰，

吞噬及消滅細菌。生乳中白血球伴隨少量泌乳組織的上皮細胞，稱之為體細胞數 (somatic cell count, SCC)。

乳房發炎乃因乳房的泌乳組織受創傷或感染微生物所引起，其中以微生物侵入乳房所導致的乳房炎(mastitis)占多數。依發炎的程度將感染分為臨床性(clinical)或非臨床性(subclinical)。臨床性乳房炎可由肉眼觀察乳房或乳汁異常來判定，臨床性乳房炎之乳汁有結塊、片狀或水樣化，感染乳區腫脹及疼痛等，非臨床性乳房炎無外觀徵狀，且無法以肉眼判定，然而可以分離病原菌或診測因發炎而分泌的體細胞數等來判定。

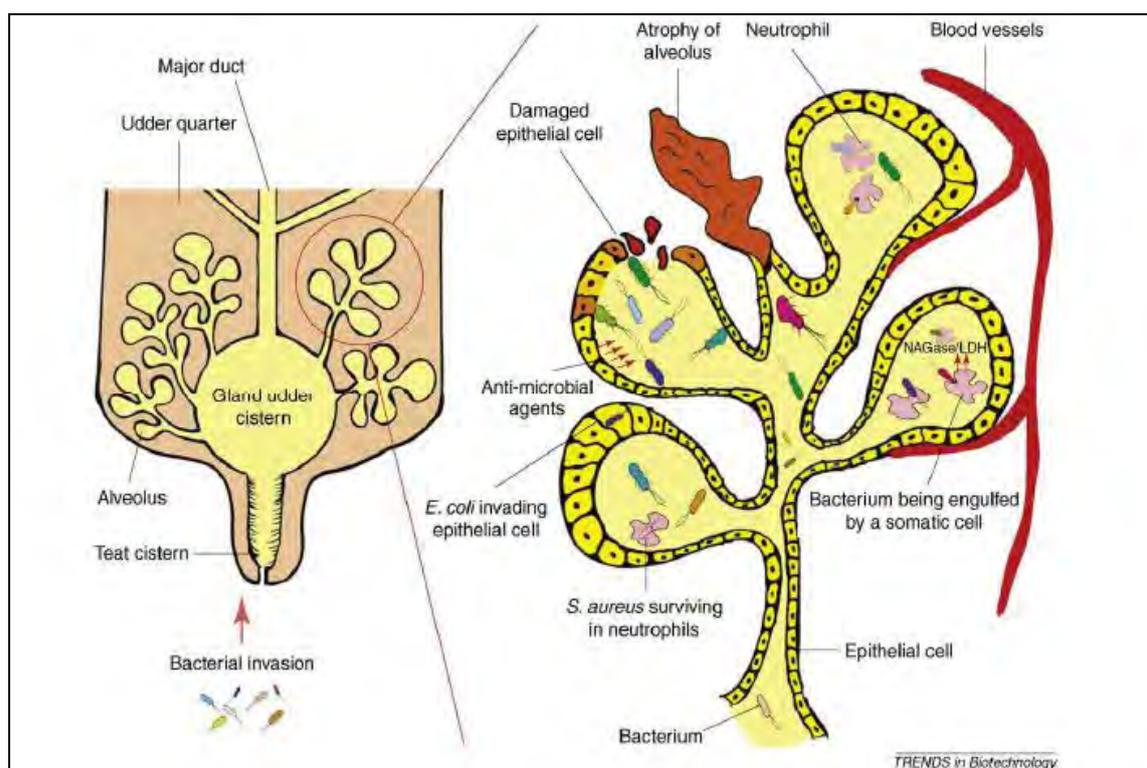


圖2、微生物造成乳房炎示意圖。(圖片來源: trends in biotechnology)

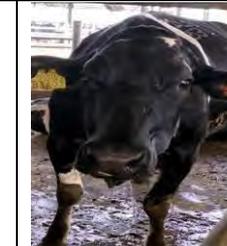
三、實驗過程

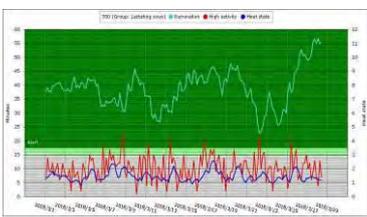
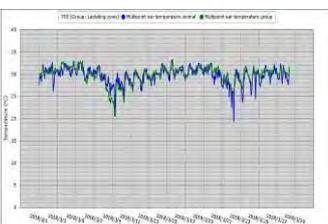
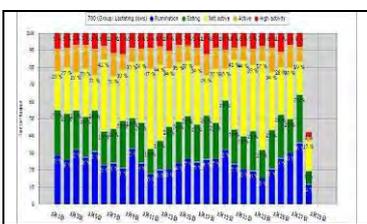
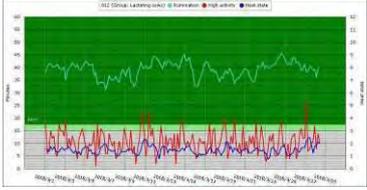
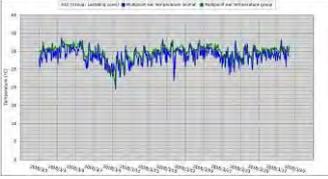
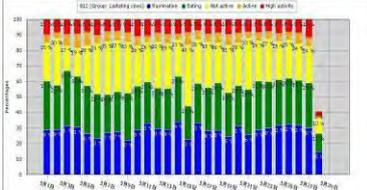
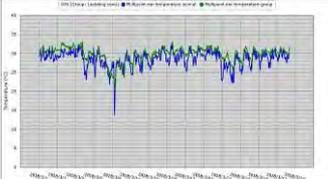
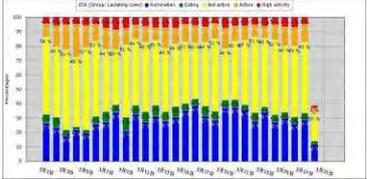
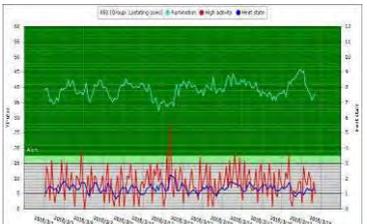
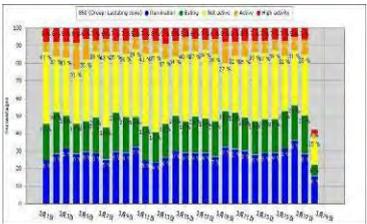
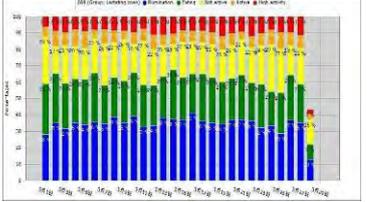
本研究選擇自家農場10隻乳牛，觀察並紀錄牛隻健康狀況2個月，再以生乳體細胞量多寡做區分，牛隻健康方式以耳掛式監測器做檢測，固定牧場環境因子，改變不同食材，並觀察生乳的體細胞、酪蛋白與體脂肪量，對比生乳試喝口感問卷，得出最佳口感的生乳成分，並針對體細胞數檢測做出簡易的儀器。

(一) 乳牛樣本數量建立

本研究以荷蘭牛為實驗品種建立標準，以下為各樣本的描述：

表 4、實驗牛健康狀況分析

				
編號:M-1	編號:M-2	編號:M-3	編號:M-4	編號:M-5

牛隻 編號	紅：奶牛活動圖表 藍：發情 綠：反芻	藍：母牛溫度 綠：牛群溫度	紅：高活動量 綠：採食 橘：活躍 藍：反芻 黃：不活躍
M1 700			
M2 812			
M3 836			
M4 850			
M5 899			

(二) 實驗場地環境建立

本次實驗場地選擇組員家中的乳牛牧場，位於雲林縣崙背鄉豐榮村，已經有了36年的歷史，目前約有300多頭的乳牛，養乳牛經驗豐富，牛乳品質佳且設備齊全，包括兩輛TMR、兩台山貓、汙水處理設備、榨乳室、灑水設備、消毒設備、擠乳設備、牛隻檢測設備(耳標)，並且提供牛隻足夠的活動空間及舒適的環境，以及隨時監控牛舍狀況，一發現問題會馬上處理，不論是剛出生的小牛還是正在擠牛奶的母牛都受到完善且細心的照顧。根據組員的爺爺說，從開始養乳牛至今，每一天都很謹慎，把每隻牛都當成寶貝來養，也盡量把損失減到最小，只為了支撐起這個家，為了能守住這場好不容易建起來的牧場。

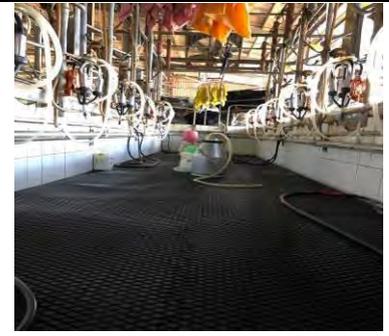
		
牛舍	牛舍	冷凍庫
		
榨乳室	青割玉米	TMR
		
小山貓	固液分離器	進口草

圖3、實驗場地環境示意圖。

(三) 檢測牛乳之儀器

在第一次生乳試喝的實驗中，本研究使用了「便攜式牛奶體細胞檢測儀」，來檢測試喝的五杯生乳，以下將為此種儀器做個簡單介紹：

1. 原理及步驟：

- (1) 先對細胞進行螢光染色。
- (2) 之後在特定波長的高密度光束照射下，會發出螢光。
- (3) 最終會經過一系列鏡片及濾光片。
- (4) 體細胞的圖像會呈現在 iPhone 或多媒體撥放器的攝影像頭裡。
- (5) Dairy SCC 應用軟體會對視野裡的細胞進行計數和分析。
- (6) 獲得染色後的體細胞數。



圖 4、便攜式牛奶體細胞檢測儀

2. 檢測儀使用方式：

- (1) 使用乾淨的樣品管採集牛奶樣品。
- (2) 將樣品條的尖端插入牛奶樣品，按下白色活塞。
- (3) 一定數量的牛奶會進入樣品條，等待一至兩秒使牛奶進入樣品條，注意此時牛奶還沒有全部到達視野池。



圖 5、使用檢測儀

3. 檢測牛奶樣品：

- (1) 在 iPhone 上打開應用軟體 Dairy SCC，點擊”牛奶樣品分析(Take Milk Sample and Analyze)”。
- (2) 在插入樣品條前，使樣品條上的圖點標示與檢測儀界面上的圖點一致，軟體會根據不同的圖點模式，對樣品條上的視野池大小進行校對，以減少誤差。



圖 6、插入樣品條

- (3) 當樣品條完全插入，能看見樣品條插口出現綠色的亮光，並確保有亮光出現。
- (4) 點擊”選擇奶牛(Cheese Cow)”或選擇添加奶牛耳號，如果不願保存檢測結果，則點擊”快速檢測(Quick Test)”。

4. 添加備註：

- (1) 點擊”分析(Analysis)”，倒數讀秒，這允許牛奶與樣品條內的試劑混和，iPhone 會對奶樣進行圖像掃描，對圖像進行分析。然後體細胞數會顯示在螢幕上，如果體細胞數比較高，儀器會顯示可能的病原菌。
- (2) 點擊 Save，保存檢測結果。樣品的檢測結果和一個較低像素的圖像會一起存入奶牛的檢測歷史中，可以隨時在”奶牛文件和檢測歷史”查看某個奶牛的歷史檢測結果。

5. 檢測完畢後，看見的樣品圖像和其他信息：

- (1) 圖像：會看到一個圖形的紅色背景上有一些發光的細胞。一共有兩個圖像:一個是軟件分析過的圖像(黃色細胞被計數)；一個是原始圖像，即檢測儀捕捉到的真實圖。
- (2) 體細胞數：計算每毫升牛奶中的體細胞數。
- (3) 病原菌：如果體細胞數比較高，且有足夠的參數可供參考，分析軟體就會提示可能之病原菌導致牛奶的體細胞數升高。
- (4) 奶牛：奶牛的耳號(如果是快速檢測則顯示為 QT)。
- (5) 乳區：如果檢測的是乳區樣品，就會顯示為哪個乳區。
- (6) R 值：圖像的相對亮度指標(主要用於技術支持)。

6. 需要重新檢測的時候：

- (1) 斑點：視野裡由於化學試劑分布不均，而導致圖像有斑點或呈現雲團狀。
- (2) 氣泡：若牛奶被過度搖晃，圖像裡常會出現氣泡，這些氣泡會將本該出現在視野裡的細胞擠出視野。
- (3) 視野過暗：隨著電池電量的減少，圖像背景與細胞的對比就會減弱，如果對比度不足，軟件會建議更換電池或樣品。

7. 病原預測：

Dairy SCC 會根據多種參考因素，對導致牛奶體細胞數升高的病原菌提出預測。

8. 檢測時倒數計時的作用：

檢測儀的默認設置是45秒的倒數計時，也就是檢測儀實際橫掃圖像和進行分析前有45秒的停滯時間，此為樣品條內的化學試劑進入細胞及對其完成染色的最佳時間。

9. 缺點：

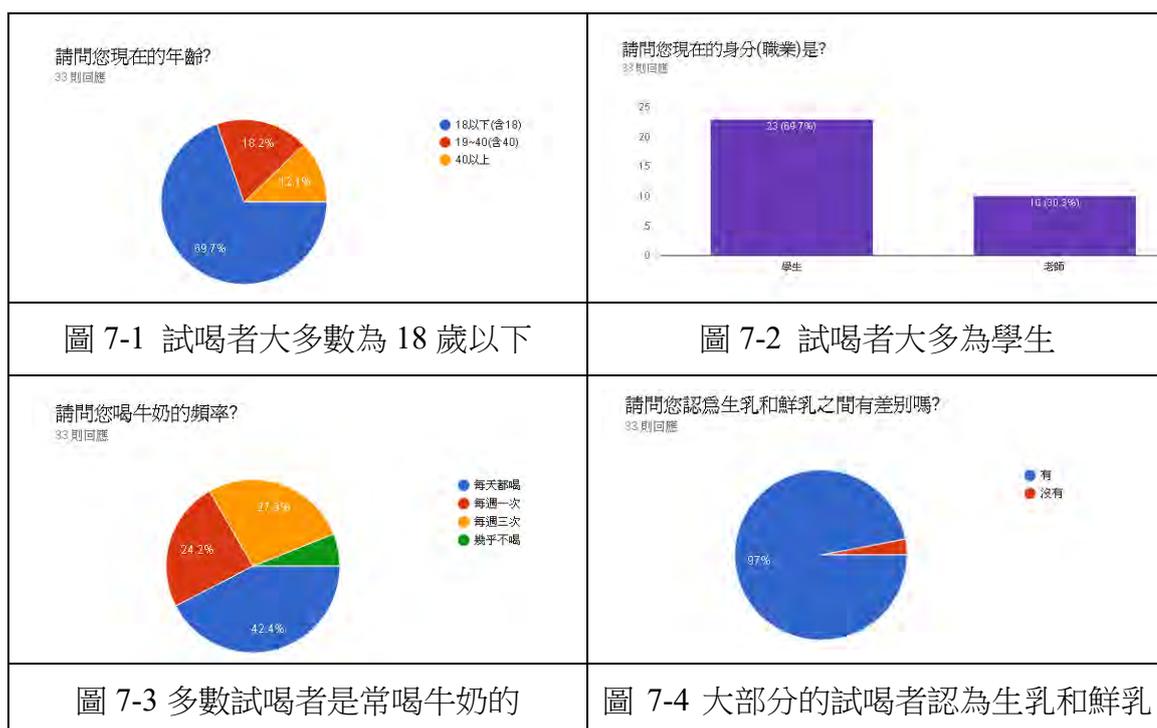
此種便攜式牛奶體細胞檢測儀只能與iPhone相容，而且一台之價格上萬元，不適合提供一般民眾來使用。

(四) 口感實驗問卷調查

台大動物科學技術學系教授陳明汝口述，影響口感最大的因素是加溫殺菌法的不同。因加熱過程中會產生焦糖化作用、蛋白質變性，並使短鏈脂肪酸上浮，造成牛奶變甜、變濃、變香，因此不同的加熱方法便會影響牛奶風味。

本研究則認為口感可能來自於牛隻食材的不同，造成的因素可能是體脂肪與酪蛋白配比不同所致，但也有另一種說法認為體細胞含量的多寡，會影響口感。基於此本研究模擬不同情境的「生乳」，如不同的加溫殺菌溫度、不同食材、不同體細胞量，其口感的差異；並將體細胞差異大的牛乳嘗試打奶泡，看其奶泡的綿密度與持久性。本研究分四次做生乳的口感實驗，實驗過程分別如下所示：

(1) 2017/11 月第一次生乳試喝



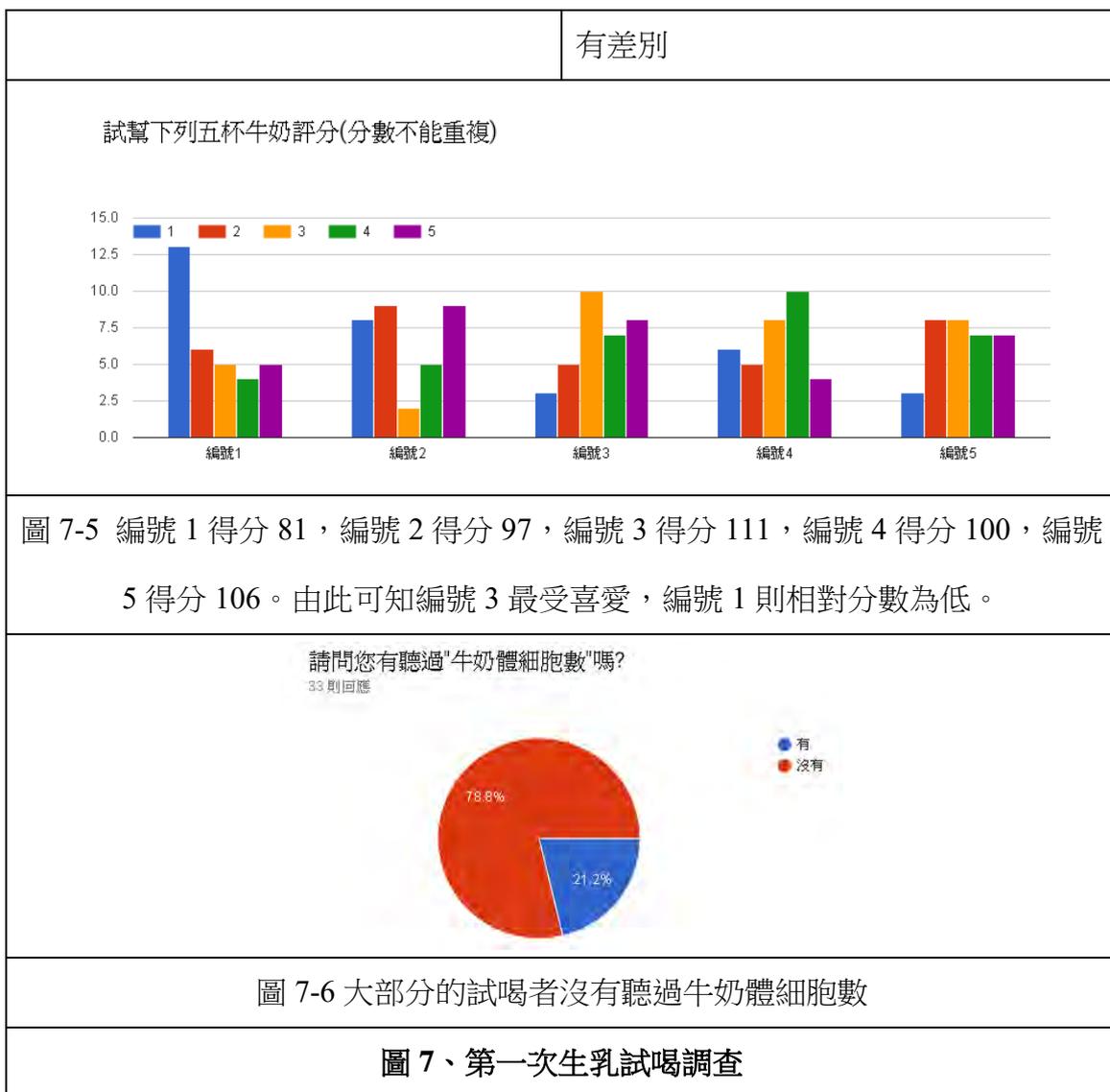


圖 7-5 得分計算方式：總人數為 33 人，請試喝者將編號 1 到 5 依喜好程度排列大小順序，最喜歡者得分為 5，次要喜歡得分為 4，依此類推。

生乳編號	1	2	3	4	5
SCC 檢測結果					
<p>圖 8、試喝生乳 SCC 檢驗結果</p>					

圖 8 說明：本團隊使用便攜式牛奶體細胞檢測儀檢測此次試喝之生乳，由圖可知，編號 1 為 SCC 最低者，編號 5 為 SCC 最高者。



(2) 2017/12 月第二次生乳試喝

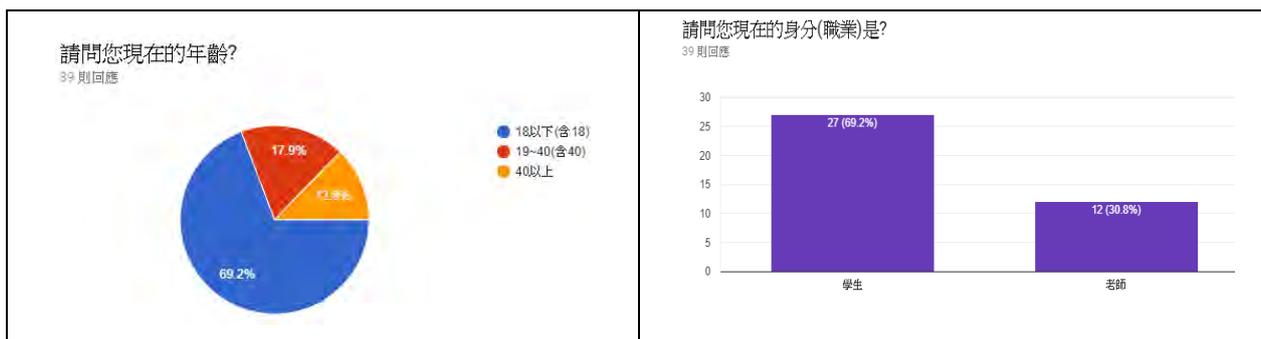


圖 10-1 此次試喝者多為 18 歲以下

圖 10-2 此次試喝者多為學生

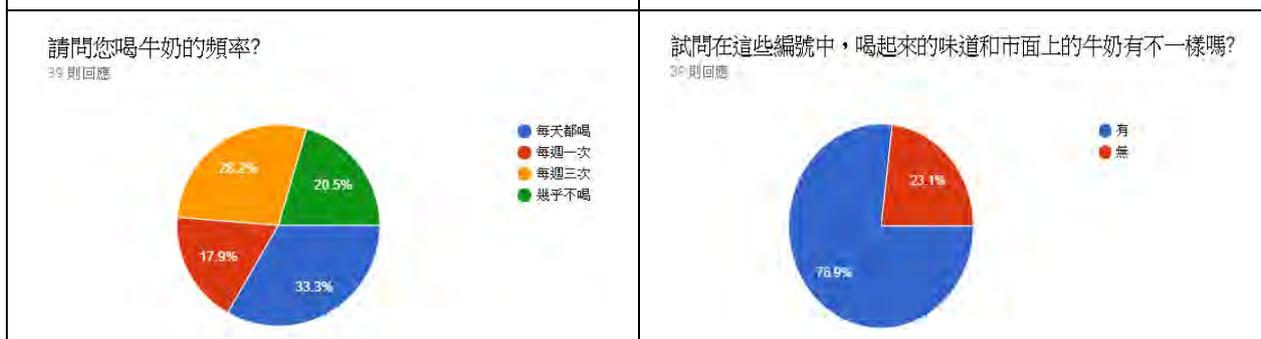


圖 10-3 此次試喝者喝牛奶的頻率很平均

圖 10-4 大部分的試喝者認為試喝的牛乳和市面上的牛奶喝起來是不一樣的。

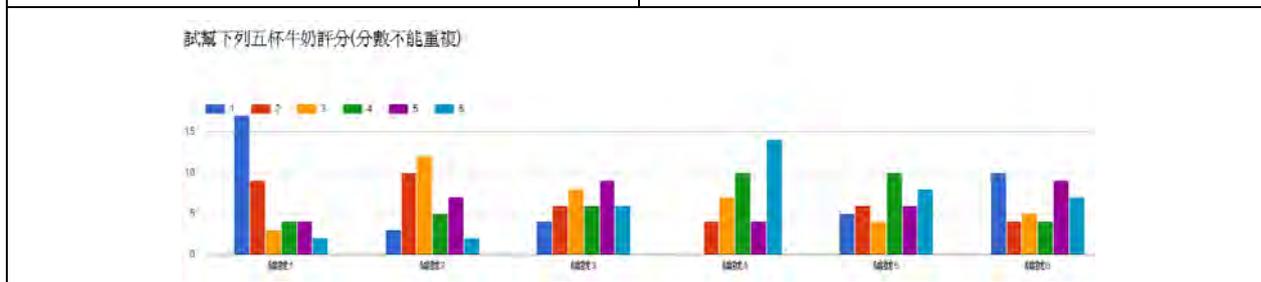


圖 10-5 編號 1 得分 92，編號 2 得分 126，編號 3 得分 145，編號 4 得分 173，編號 5 得分 147，編號 6 得分 136

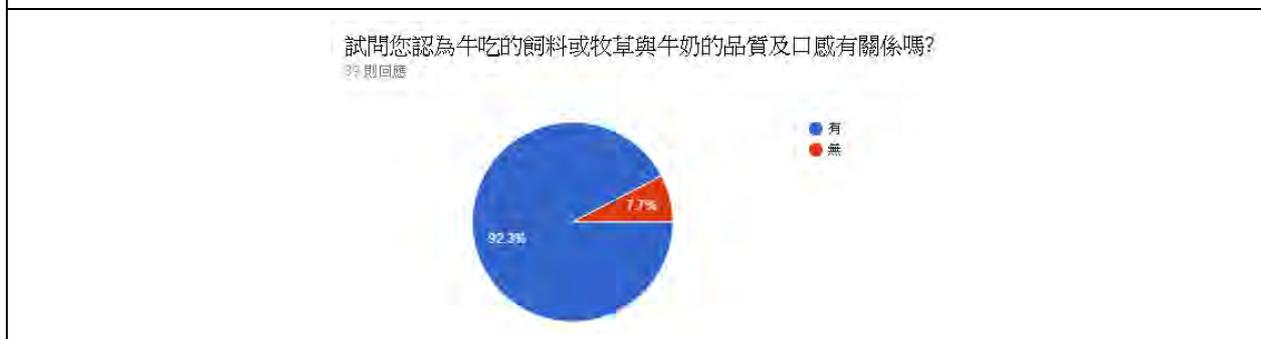


圖 10-6 絕大部分的試喝者認為牛隻所吃的飼料及牧草會影響與牛奶品質及口感。

圖 10、第二次牛乳試喝調查

圖 10-5 得分計算方式：總人數為 39 人，請試喝者將編號 1 到 5 依喜好程度排列大小順序，最喜歡者得分為 5，次要喜歡得分為 4，依此類推。



圖 11、第二次牛乳試喝過程

行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所牛乳檢驗室

行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所
牛乳檢驗室

地址 苗栗縣西湖鄉五港村埤頭圍207-5號 電話(037)911693轉236傳真(037)911700




牛乳品質檢驗報告

報告編號	106122908	頁次	第1頁共1頁
客戶代號	943-1	收件日期	1061229
檢驗方法	乳成分與體細胞數檢驗方法(WJ-MK01-A)	檢驗日期	1061229
		列印日期	1061229

客戶地址(24350)新北市泰山區明志路三段83號2樓
客戶名稱 慕瀾股份有限公司
客戶電話 02-85215081 傳真 02-85211471

樣品編號	脂肪率 (%)	蛋白質率 (%)	乳糖率 (%)	無脂固形物 (%)	總固形物 (%)	體細胞數 萬/mL	注意事項
1	1.09	3.11	4.80	8.61	9.70	1.1	
2	3.33	3.18	4.90	8.78	12.11	0.9	
3	3.36	3.88	4.84	9.42	12.78	2.2	
4	5.45	4.30	4.47	9.47	14.92	21.2	
5	3.54	3.46	4.72	8.88	12.43	177.1	
6	3.65	3.04	4.51	8.25	11.90	29.7	

圖 12、第二次試喝牛乳之檢驗報告

由圖 12 得知：此次試喝之生乳中，編號 5 為 SCC 最多者，編號 2 為 SCC 最少者。

(3) 2018/01 月拿鐵試喝調查

1. 說明：此次試喝為實驗性，試喝者 10 人，且皆為高中生。在拿鐵部分，各編號統一使用學校咖啡機所供應的咖啡，進行奶泡與咖啡的混合；牛乳方面，我們使用了一瓶生乳，及四瓶不同殺菌過的牛乳來做實驗。
2. 目的：欲知道牛奶之不同成分組成是否會影響奶泡綿密度、持久度，及打出來的奶泡多寡差異，還有五種牛奶加入同一種咖啡的口感差異。

表 5、拿鐵試喝之牛乳資訊

	乳脂肪	非脂肪乳固形物	蛋白質	體細胞數
編號 1 生乳	4.34%	8.81%	3.31g/100mL	25.0 萬/mL
編號 2	3.0%	8.25%↑	3.2g/100mL	-----
編號 3	3.8%	4.0%↑	1.5g/100mL	-----`
編號 4	3.0%	8.25%↑	3.3g/100mL	-----
編號 5	3.8%	8.25%↑	3.2g/100mL	-----

行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所牛乳檢驗室

行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所
牛乳檢驗室

地址：苗栗縣西湖鄉五湖村埤頭圍207-5號電話：(037)811693轉236傳真：(037)811700

牛乳品質檢驗報告

報告編號：107013007 頁次：第1頁共1頁
 客戶代號：943-1 收件日期：1070130
 檢驗方法：乳成分與體細胞數檢驗方法(WI-MK01-A) 檢驗日期：1070130
 列印日期：1070130

客戶地址：(24350)新北市泰山區明志路三段83號2樓
 客戶名稱：慕渴股份有限公司
 客戶電話：02-85215081 傳真：02-85211471

樣品編號	脂肪率 (%)	蛋白質率 (%)	乳糖率 (%)	無脂固形物 (%)	總固形物 (%)	體細胞數 (萬/mL)	注意事項
1	4.34	3.31	4.80	8.81	13.14	25.0	

【總乳】生乳檢驗記錄表

107年01月30日

項目	溫度	採樣時間	溫度 (°C)	乳脂率 (%)	非脂肪乳固形物 (%)	總體細胞數		菌落總數		菌落總數 (CFU/g)	菌落總數 (CFU/ml)	菌落總數 (%)	菌落總數 (CFU/g)	菌落總數 (CFU/ml)	菌落總數 (%)	菌落總數 (CFU/g)	菌落總數 (CFU/ml)	菌落總數 (%)
						1	2	1	2									
生乳	10.50	11:00	7	4.2	8.80					0.8	23.4	0.148	可	3.31	比數1.0313 潔1			
合計																		

品質檢驗員 品質管理員 品質管理員

TO-3-02-11

圖 13、編號 1 生乳檢驗報告

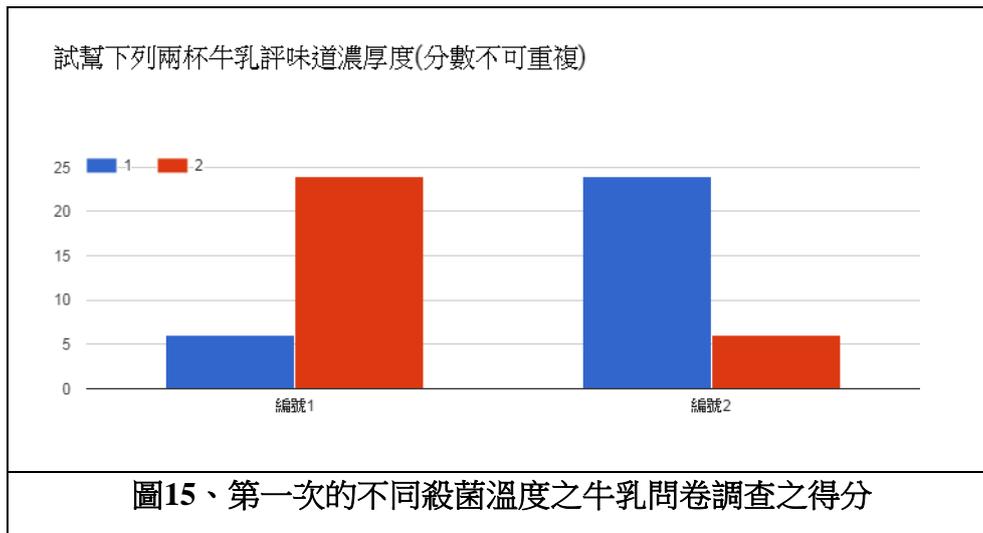
表 6、五杯牛乳之奶泡比較

					
編號	1	2	3	4	5
試喝者口感 敘述多為	淡、苦、綿密	甜味、滑順、 奶味不多	奶味明顯、牛 奶糖味	澀、自來水的 味道、怪味、 苦	舒適、微甜、奶 香、中規中矩、 濃(像超商的)
奶泡綿密度	---	---	最差	---	最綿密
咖啡奶泡量	最少	最多	---	次多	---

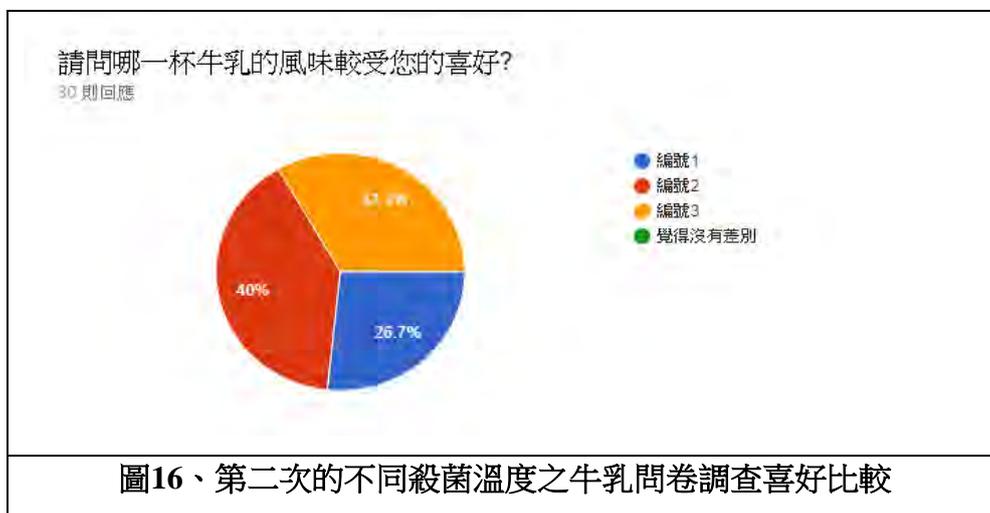


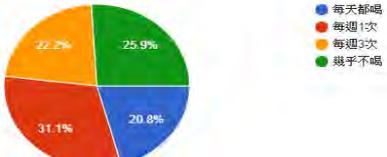
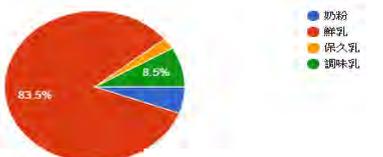
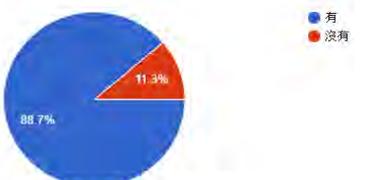
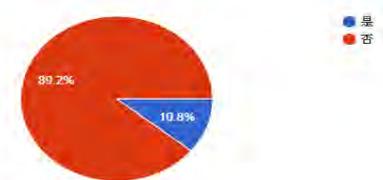
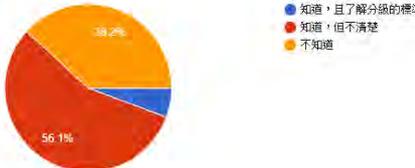
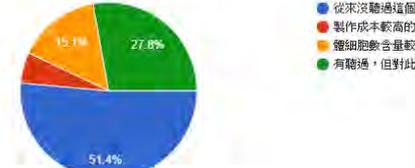
(4) 不同殺菌溫度之口感

1. 說明：為探討不同殺菌溫度影響生乳之差異，本研究請大約30位試喝人員，進行了兩次殺菌不同之試喝調查。
 - ①. 第一次選擇了兩種不同殺菌法來進行口感試喝之比較，其中生乳編號1為使用UHT超高溫短時間殺菌法(125°C到135°C之間)，編號2為使用HTST標準高溫短時間殺菌法(72°C到75°C之間)，調查結果如圖15所示：編號1得分為54分，編號2得分為36分。由此可得知生乳殺菌溫度的確會影響牛乳風味，而普遍來說，殺菌溫度較高者，較受試喝者喜愛。



- ②. 本團隊在第二次的試喝中，加上了一杯尚未殺菌過的生乳，來和其他兩杯不同殺菌法市面上的牛乳來做比較。調查結果如圖16所示：編號1為生乳，編號2為使用UHT超高溫短時間殺菌法(125°C到135°C之間)，編號3為使用HTST標準高溫短時間殺菌法(72°C到75°C之間)，而其中編號1的喜好程度明顯少於殺菌過的牛乳，編號2較受試喝者喜愛。



<p>圖 19-1 多以 18 歲以下的民眾為主，其次則是 31~40 歲</p>	<p>圖 19-2 多以學生為主，其次為醫療相關人員及工商業者</p>
<p>請問你喝牛奶的頻率是? 212 則回應</p>  <p>● 每天都喝 ● 每週1次 ● 每週3次 ● 幾乎不喝</p>	<p>請問您平常選擇牛奶時，最常喝或最喜歡喝的是? 212 則回應</p>  <p>● 奶粉 ● 鮮乳 ● 保久乳 ● 調味乳</p>
<p>圖 19-3 喝牛奶的頻率的差距較為小，而其中以每週一次最多</p>	<p>圖 19-4 所選擇的牛奶以鮮乳為主，最少者為保久乳</p>
<p>請問您認為生乳和鮮乳之間有差別嗎? 212 則回應</p>  <p>● 有 ● 沒有</p>	<p>請問您是否曾聽過"牛奶體細胞數"? 212 則回應</p>  <p>● 是 ● 否</p>
<p>圖 19-5 大多數民眾認為生乳和牛奶之間有差別</p>	<p>圖 19-6 大多數民眾不曾聽過牛奶體細胞數(SCC)</p>
<p>請問您知道牛奶有分級嗎? 212 則回應</p>  <p>● 知道，且了解分級的標準 ● 知道，但不清楚 ● 不知道</p>	<p>請問您所認知的A級牛奶是什麼? 212 則回應</p>  <p>● 從來沒聽過這個名稱 ● 製成成本數高的牛奶 ● 體細胞數含量較少的牛奶 ● 有聽過，但對此名稱沒有概念</p>
<p>圖 19-7 極少數民眾知道且了解牛奶分級標準，超過一半的民眾是知道但不清楚的</p>	<p>圖 19-8 多數民眾沒有聽過 A 級牛奶，其次則為有聽過，但沒有概念</p>
<p style="text-align: center;">圖19、民眾對牛奶之了解調查結果</p>	

(六) 導電度實驗

1. 目的：欲得知導電度與體細胞數多寡之間的關係。
2. 說明：以燒杯各取100cc的牛奶，再將導電度計放入，即可開始測量。
3. 控制變因：溫度、時間。

表 7、不同牛乳之導電度比較實驗數據

牛隻編號	測第一次 導電度 (uS/cm)	測第二次 導電度 (uS/cm)	平均導電 度(uS/cm)	體細胞數 (萬/mL)
812	4600	4650	4625	9.1
979	5980	6040	6000	475.0
806	5720	5730	5725	386.1
971	4620	4600	4610	3.3
630	5190	5130	5160	108.8
604	4350	4570	4460	2.2
629	4830	5000	4915	10.9
776	7550	7540	7545	670.6
616	5330	5310	5320	120.5
624	4830	4900	4865	10.9

行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所
牛乳檢驗室

地址：苗栗縣西湖鄉五湖村埤頭面207-5號電話：(037)911693轉236傳真：(037)911700



牛乳品質檢驗報告

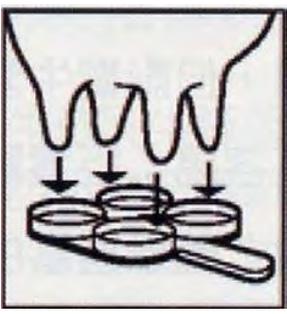
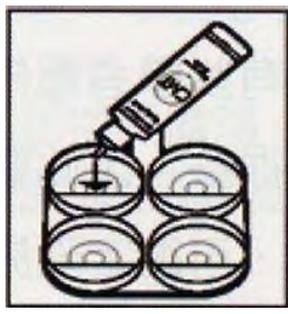
報告編號：107060512 頁次：第1頁共1頁
 客戶代號：943-1 收件日期：1070605
 檢驗方法：乳成分與體細胞數檢驗方法(WI-MK01-A) 檢驗日期：1070605
 列印日期：1070605

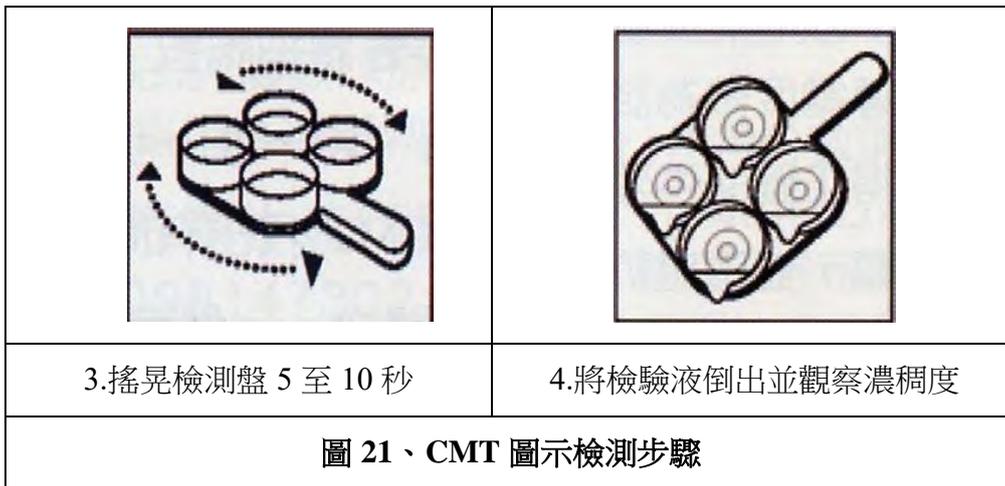
客戶地址：(24350)新北市泰山區明志路三段83號2樓
 客戶名稱：慈湖股份有限公司
 客戶電話：02-85215081 傳真：02-85211471

樣品編號	脂肪率 (%)	蛋白質率 (%)	乳糖率 (%)	無脂固形物 (%)	總固形物 (%)	體細胞數 (萬/mL)	注意事項
1	4.10	3.34	4.95	8.99	13.09	21.8	
2	3.79	3.00	4.67	8.37	12.15	26.0	
604	1.75	2.96	5.11	8.77	10.52	2.2	
624	2.52	3.90	4.66	9.26	11.78	10.9	
616	7.03	2.62	4.23	7.55	14.58	120.5	
629	6.26	3.73	4.92	9.35	15.62	10.9	
830	1.45	3.75	4.74	9.19	10.64	108.8	
776	1.75	3.73	4.85	9.27	11.02	670.6	
806	0.75	2.96	3.69	7.35	8.10	386.1	
812	3.10	3.80	5.01	9.52	12.62	9.1	
971	2.05	3.52	5.18	9.39	11.44	3.3	
979	1.80	3.46	4.79	8.95	10.75	475.0	

圖 20、生乳檢驗報告

(七) **CMT 流速實驗**

	
1. 擠奶至檢測盤	2. 加入 CMT 檢驗液約 2c.c



1. 目的與說明：本實驗為擠乳時，選取乳房炎以及牛隻身體狀況差及健康的牛隻來比較，使用不同生乳進行本次之實驗，CMT 與生乳的混合液愈濃稠，CMT 流速愈慢，表示生乳體細胞數愈高；反之，則表示生乳體細胞數愈低。
2. 控制變因：生乳各取 5c.c.、CMT 檢驗液 5c.c.、實驗角度 30 度。
3. 準備工具：測驗的盤子、量角器、CMT 試液、量筒、牛奶、CMT 檢驗盤。
4. 實驗步驟：

		
1.測量角度，使角度一致	2.準備待測驗之牛乳	3.將牛奶倒 3cc
		

4.將 CMT 倒出 3cc	5.將牛奶和 CMT 混合 (比例：1:1)	6.將混合物緩慢倒出， 即可測出不同體細胞之 秒數，體細胞愈高， CMT 愈濃稠，流速愈 慢。
圖 22、CMT 流速實驗步驟說明及示意圖		

5.實驗數據結果：

表 8、CMT 流速實驗

牛隻編號	CMT 秒數	體細胞數(萬/mL)
812	2.61	9.1
979	23.31	475.0
806	16.97	386.1
971	1.47	3.3
630	15.12	108.8
604	2.26	2.2
629	1.55	10.9
776	26.26	670.6
616	15.41	120.5
624	6.9	10.9

(八) 自製導電度計

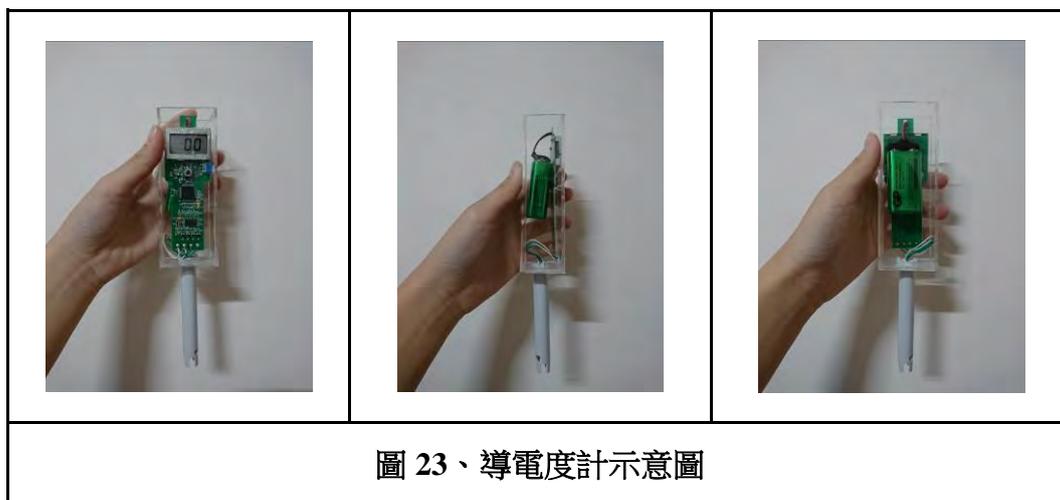
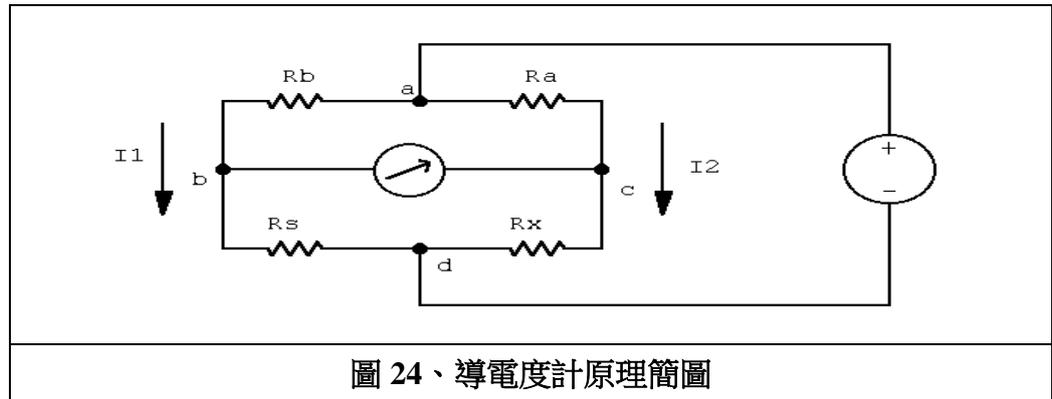


圖 23、導電度計示意圖

1. 製作電導度計的材料：導電電極板(二極式電極)、溫度測定及補償裝置
2. 導電度計的原理：

利用三個固定電阻 R_a 、 R_b 、 R_x 及一個可變電阻 R_s ，在 bc 兩點中連接出兩條導線分別當作檢測電極，調整可變電阻 R_s 的電阻值使得 bc 兩點間的電流為零。



3. 導電度計的校正：

- (1) 導電度電極必需以已知導電度之標準溶液校正(一般為 0.1 M、0.01 M、0.001 M 氯化鉀溶液)
- (2) 不同形狀電極所適用之測定範圍不同，高導電樣品採用電極常數較大之電極，反之亦然。
- (3) 電極經使用一段時間後，應經適當之維護及再校正。

4. 校正步驟：

- (1) 將氯化鉀溶液保持在 $25 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，依儀器操作步驟調整電極數至該溶液之標準值
- (2) 因標準液容易變質，最好先行潤洗，以確保校正之準確性
- (3) 因溫度係數隨溶液成分、濃度及溫度而異，應避免校正時使用溫度補償功

5. 結論：

度計的成品利用水中電解質含量的多寡來決定導電度，水的溫度愈高，水中之離子運動度愈快，導電度隨之增加；而水溶液混濁或不清，及雜質愈多，導電度愈高。

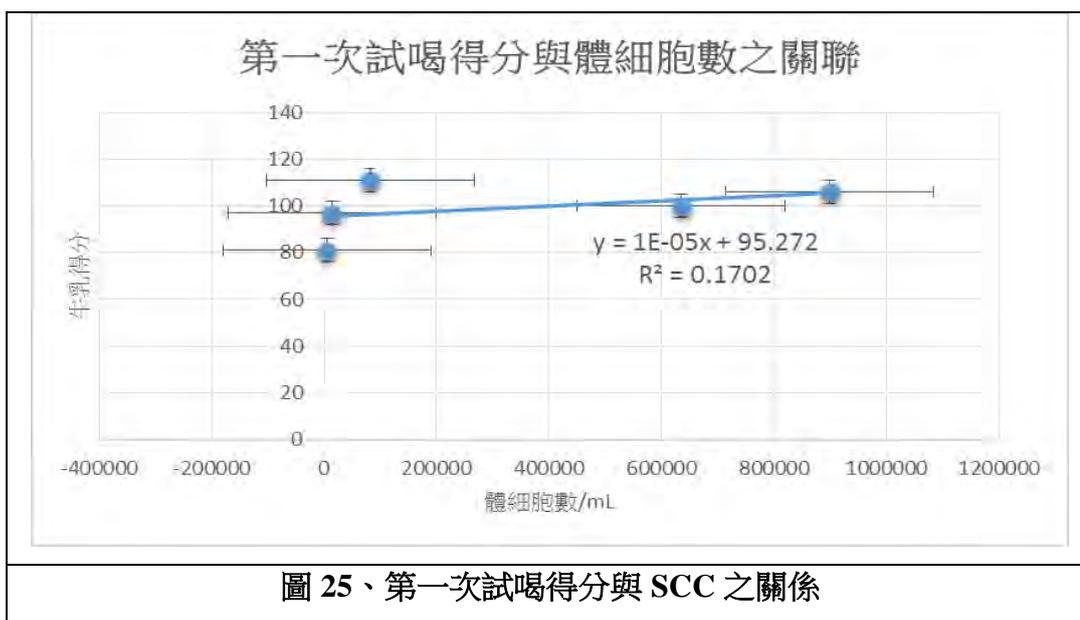
伍、研究結果

(一) 體細胞與口感分析

(1) 第一次生乳試喝

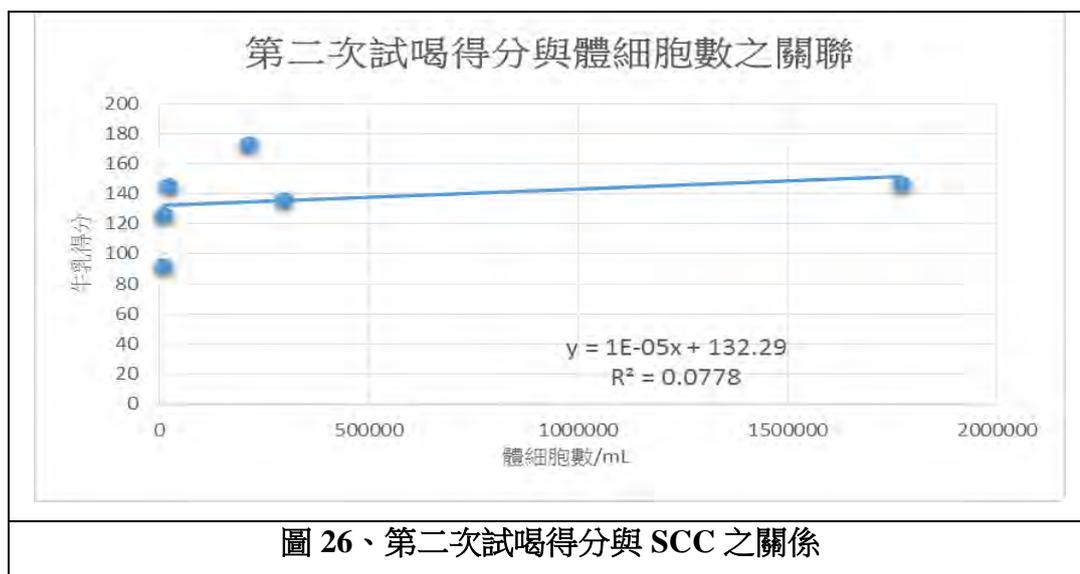
在本研究中，發現體細胞數愈高，愈受試喝者喜愛，體細胞數最低者分數最低，但實際上，體細胞數愈高，牛乳品質較不好，對人體也較不好。另外，大部分的試喝者認為編號 1(SCC 最低)味道最淡，在試喝期間也發現少數人會因個人

偏好關係，而給編號 1 最高分。我們認為 SCC 低的牛奶如果上市，不一定會被民眾所接受。



(2) 第二次生乳試喝

在本研究中，發現得分與牛奶 SCC 多寡雖然無一定正比關係，但仍有一定影響。在生乳風味方面，大約有 3/4 的人覺得喝起來味道和市面上的牛奶不一樣。另外，編號 6 為牛隻所吃的牧草不同者，而我們認為牧草的影響在此次試喝中並不明顯。



(3) 拿鐵試喝

在本研究中，得知生乳打出來的奶泡量為最少。另外，試喝中的編號三的非脂肪乳固形物與蛋白質為最低，其所打出的奶泡綿密度為最差，可以推測非脂肪

乳固形物及蛋白質的多寡，會影響奶泡的綿密度。

(二) 進口草與本地牧草之口感分析

我們發現吃進口草的牛的牛奶較受試喝者喜愛，因為國外的草品質較好較香，乳牛比較喜歡吃，因此生產出來的牛乳也會更濃醇香，更受消費者的喜愛。

(三) 牛乳網路問卷調查

雖然大部分民眾以購買鮮乳為主，但卻只有少數人知道什麼是 A 級牛奶，而其中更只有極少數知道分級的標準。我們也可以從問卷上得知，在台灣，大部分民眾不太了解什麼是體細胞數，更不知道牛奶的品質與體細胞數之間的關係。

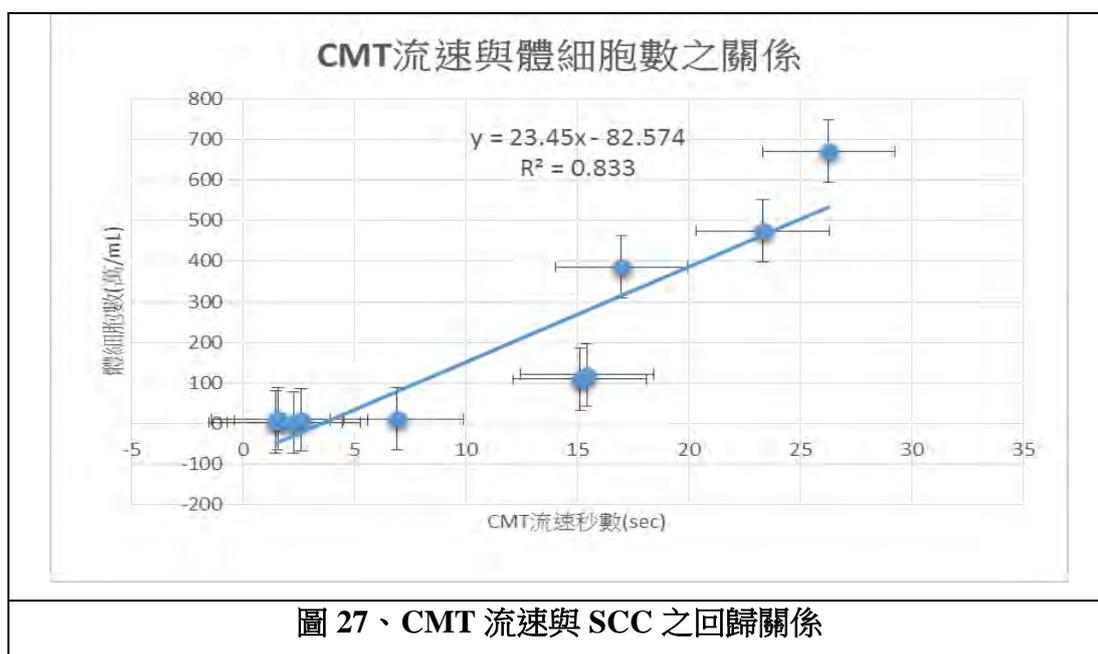
(四) 殺菌方式與口感分析

發現問卷調查結果與本團隊所查詢到的資料顯示一樣：經過較高溫殺菌的牛乳，會較受試喝者喜愛，這是因為牛奶味道較濃厚。

多數人喜歡高溫牛乳殺菌之因，是因為梅納反應。簡單來說就是胺基酸和糖的結合，食物中的碳水化合物與胺基酸、蛋白質在烹調加熱時，發生的一連串複雜反應，生成了棕黑褐色的大分子物質，反應過程中會產生不同氣味的分子，包括還原酮、醛和雜環化合物，這些物質提供了誘人的色澤與風味。

(五) CMT 流速檢測

由表 8 實驗數據，得到了 CMT 流速與體細胞數之關係，如下圖 25：



由圖 25 結果得知，R 平方值為 0.833，CMT 流速的快慢與體細胞數的多寡是有一定關係的。而且 CMT 檢測不僅方便快捷，亦容易辨認乳房炎及身體不佳的牛隻。

(六) 導電度與牛乳體細胞數多寡關係

由表 7 實驗出來的數據，得到了導電度與體細胞數之間的關聯，如下圖 26：

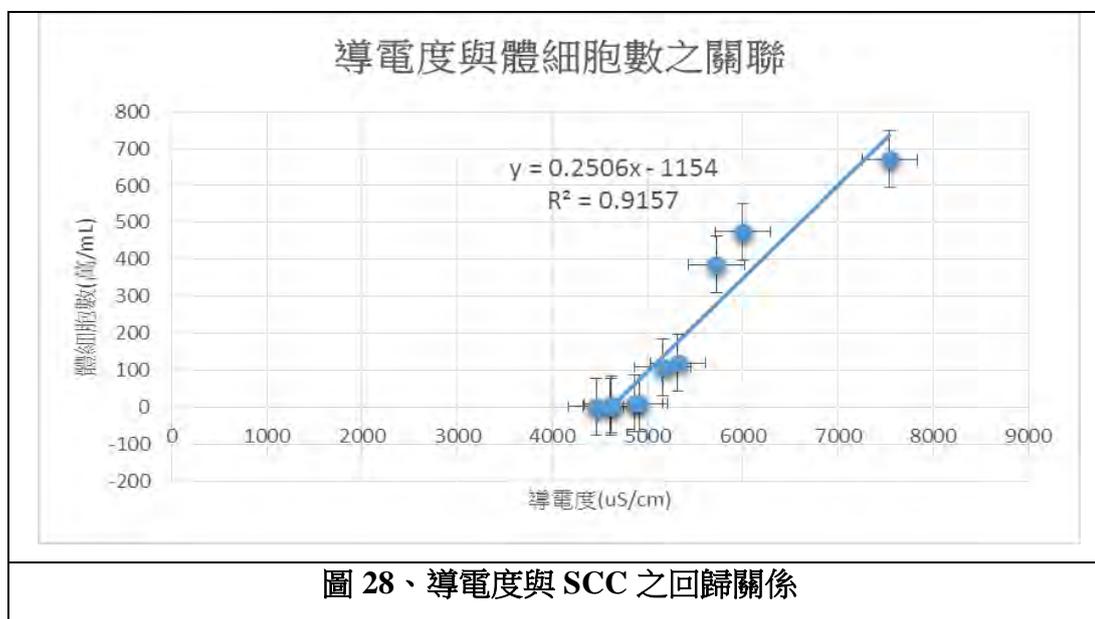


圖 28、導電度與 SCC 之回歸關係

由圖26得知：R平方值極接近1.0，可以得知導電度與體細胞數多寡是有一定關係的。

同溫度、同時間下，體細胞數愈高，導電度也會愈高

陸、討論

本研究分成下列幾個部分討論：

一、實驗部分

(一) 牛隻樣本

本研究的牛隻由牧場內專業人員配合牛隻檢測器(耳標)篩選而出，其中五隻為實驗用，另外五隻為備用，且這些牛隻的健康狀況不一樣，以及使用 CMT 檢測出來的牛乳濃稠程度也不盡相同，所以我們可以確定這些牛隻的體細胞數有一定的差異，以利實驗之進行。

(二) 乳房炎與牛乳體細胞數有關聯性

乳房炎與牛乳體細胞數有關聯性，所以預防乳房炎成了各牧場重視的課題。要有合適的牛群管理，首先要提供牛隻乾燥、乾淨、舒適的環境，還要特別注意牛床墊料的使用，且必須使這些墊料盡可能保持乾燥及乾淨。另外，擠乳過程須保持良好衛生

條件，例如擠乳前要保持乳頭的乾燥和乾淨、擠乳時需將乳杯正確裝上，還要防止乳杯的滑動、擠乳後要進行乳頭藥浴之程序，亦需使擠乳完畢的牛隻至少站立一小時，讓乳頭括約肌恢復到正常緊閉的狀態。其他預防乳房炎的方法尚有牧場定期消毒，以及擠乳的視覺觀察和觸覺感受。

(三) 影響牛奶口感之可能因素

從實驗及文獻中我們得知，牛奶的口感與牛隻食用的牧草、牛乳殺菌時的溫度，以及牛奶乳脂肪的含量多寡有關。

(四) 影響奶泡持久度及綿密度之因素

本團隊在文獻資料中得知，奶泡的持久度及綿密度，與乳脂肪及乳蛋白有很大的關係，通常乳脂肪及乳蛋白含量較高的牛乳，所打出來的奶泡會較綿密與持久。雖然在本實驗中發現編號 3 的非脂肪乳固形物與蛋白質的含量較低，其所打出來的奶泡綿密度亦較差，可以推測這兩個為可能影響奶泡狀態之因素，但是在其他相似成分量的牛乳中，就無法得到這樣的相關性，彼此的成分相近，奶泡狀態卻不一，因此本團隊推測奶泡的狀態，與牛乳的品質、體細胞數可能有一些關係，而這有待本團隊在未來進行探討與研究。

二、輔助部分

(一) 專業人員協助

在研究進行當中，當遇到疑問時，我們會找相關人員進行詢問，例如遇到牛隻健康問題時我們會尋找獸醫師，當對牛隻飼料有疑問時會尋找營養師，而碰到牛隻管理與養殖的問題時會尋找牧場人員。

(二) 機器

在實驗中，我們向屏東科技大學借了便攜式體細胞檢測儀以便於了解它的操作方式及原理。此外，我們也買了電導度計來測量在同溫度下，不同體細胞數牛乳的導電度差異，以幫助了解導電度與體細胞數多寡的關聯性。

(一) 問卷調查

在第一次試喝過程，我們沒有控制好流程進行的時間，導致試喝者必須在現場等待我們測量各試喝牛乳的體細胞數後，才能進行試喝，另外，提供給試喝者各杯牛乳

量沒有掌控好，導致有些試喝者無法一口喝完一小杯的量。在第三次的拿鐵試喝中，因試喝杯太小，所以奶泡無法倒入，導致問卷第五題的奶泡綿密度依序排列無法作答，以及第七題的奶泡量多寡也不適合問。

柒、結論

一. 體細胞與口感分析

兩次試喝結果相關係數分別為 $R^2=0.1702$ 與 $R^2=0.0778$ ，表示體細胞與口感並無相關，因此優質牛乳未必好喝。

二. 進口草與本地牧草之口感分析

由問卷結果顯示，受試者普遍認定進口草與本地牧草口感有差異，且進口草口感較佳。

三. 牛乳認知網路問卷調查

問卷調查結果顯示，一般民眾對優質牛乳與體細胞定義不熟悉，也無從得知如何檢測。

四. 殺菌方式與口感分析

使用UHT超高溫短時間殺菌法(125°C到135°C之間)，較易產生梅納反應，受試者普遍認為口感最佳。

五. CMT 流速檢測

CMT 流速與體細胞相關係數 $R^2=0.833$ ，屬於高度相關，其結果顯示 CMT 流速越慢，體細胞數越高。

六. 導電度與牛乳體細胞數多寡關係

導電度與體細胞數相關係數 $R^2=0.9157$ ，相關係數極高，結果顯示導電度愈高體細胞數亦愈高。

捌、參考文獻

1. 巨偉龍(2015)。泌乳後期荷蘭乳牛對乳房內益生性腸球菌 SF68 之耐受度。國立中興大學動物科學系碩士論文。
2. 許宏仔(2012)。開發電化學方法檢測牛乳中總生菌數、李斯特菌及體細胞數。東海大學食品科學研究所碩士論文。
3. 連振昌，萬一怒(1999)。牛乳導電度檢測門檻值決定之研究。農業機械學刊，第 8 卷，第 1 期。
4. CNS (Chinese National Standards) 國家標準。取自 <https://www.cool3c.com/article/69959>
5. 牛奶標準。取自 <http://pansci.asia/archives/102582>

玖、附錄

附錄一、實驗器材與設備

				
1-1 耳標	1-2 榨乳器	1-3 消毒設備	1-4 汗水處理	1-5 灑水設備
				
1-6 消毒噴霧系統	1-7 飼料桶	1-8TMR	1-9 小山貓	1-10 冷藏庫
				
1-11 牛舍	1-12 試喝瓶	1-13 體細胞分析儀	1-14CMT	1-15 固液分離機

【評語】 052203

1. 本研究討論體細胞數、不同牧草，以及殺菌方式對生乳口味影響，並製作簡易鑑定生乳品質的儀器。
2. 相關知識背景、資料蒐集與數據分析宜加強。
3. 應以統計分析方式處理數據。
4. 海報資料圖表呈現完整性須注意。
5. 本研究主題及實驗材料所用之生乳具有鄉土性。

優質牛乳生產因子與鑑定

摘要

本研究主要討論生乳的口感及體細胞含量多寡的檢測，其得到結果為加熱殺菌過程與乳牛食料變化對口感影響甚鉅，加熱溫度到130-140°C以上，濃醇香的味道較明顯；進口草與牧草比較結果，進口草口感較佳；在試喝牛乳的檢驗報告中，發現乳脂肪含量較多者，口感較佳；體細胞多寡對口感雖然無顯著影響，但體細胞較少的生乳，打出來的奶泡更綿密與持久。在優質生乳部分，體細胞含量可由CMT、導電度計與便攜式體細胞檢測儀測得，本研究利用惠斯登電橋的導電方式，製作低成本符合大眾檢測的儀器，為民眾分辨優質生乳提供更佳的方式。

壹、研究動機

本研究成員，家中從事酪農業，至小就與乳牛接觸，對牛的生活習慣瞭如指掌，且幾乎天天都能喝到新鮮生乳，因此對生乳的品質與風味產生興趣。經過請教獸醫與專家後，得知牛乳分類與體細胞多寡有相當大的關係，而所謂A級、B級牛奶的分類，正是由此而來。本研究針對不同體細胞數、不同食料之生乳作口感分析，期盼能獲得高品質且風味佳的新鮮牛乳。

貳、實驗目的

- 本研究針對牛乳實驗目的分為下列幾點：
- 一、以不同體細胞數的乳牛，透過試喝問卷，比較其差異。
 - 二、以不同牧草與食料配比分生乳口感的差異。
 - 三、殺菌方式對生乳口味影響。
 - 四、探討減少體細胞提升生乳品質最佳方式。
 - 五、製作簡易鑑定生乳品質的儀器。

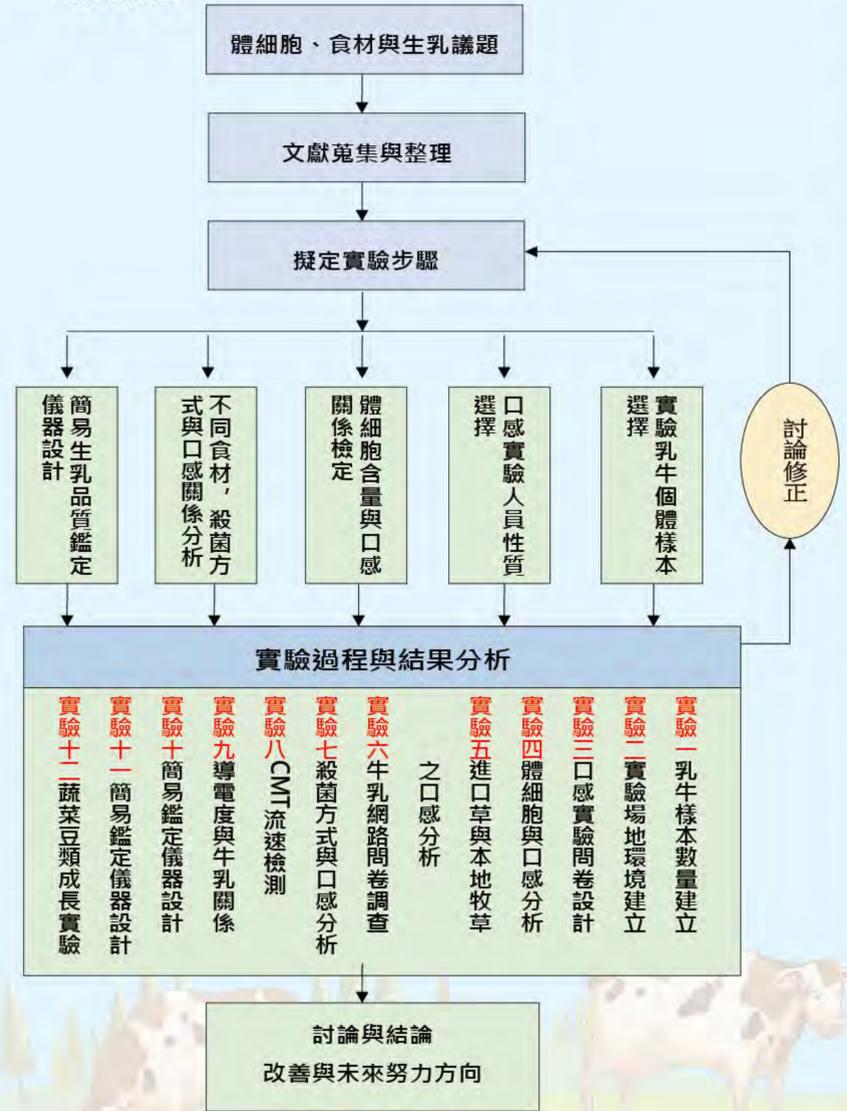
參、研究設備與器材

表1、研究設備及其用途

編號	物品	數量	用途
一	筆記本、筆	1本 2支	實驗日記，紀錄觀察結果
二	數位相機	2台	拍攝實驗過程
三	筆記型電腦	1部	撰寫與製作電子檔
四	顯微鏡	1台	觀察牛乳
五	超純水製造機	1台	實驗用水
六	微量天平	1台	測劑量
七	乳牛	10隻	實驗生物
八	各式牧草	5噸	不同食料實驗
九	試喝瓶	10瓶	試喝實驗
十	體細胞分析儀	1台	體細胞檢測
十一	擠乳設備	一套	乳牛擠乳
十二	健康感測器	10組	乳牛健康監控
十三	冷藏庫	1座	生乳急速冷藏
十四	消毒設備	一套	生乳消毒
十五	實驗手套	5盒	實驗用具
十六	牛舍	一座	乳牛住所
十七	灑水設備	一套	降溫洗淨
十八	鏟子	2支	實驗用
十九	手套	數只	實驗用
二十	汙水處理設備	一座	乳牛廢棄物處理
二十一	PH測量計	2支	測酸鹼
二十二	鏟子	5支	實驗用

肆、研究過程與方法

一、研究流程



二、文獻資料

生牛乳總生菌數(total viable count)、李斯特菌(Listeria monocytogenes)及體細胞數(somatic cell count, SCC)是國際上公認的乳品質重要指標，也是影響生乳價格、乳產量多寡、鮮乳風味品質及保存期限等重要因素，因此生產低總生菌數、李斯特菌及體細胞數之生乳，對酪農、乳品加工廠及消費者極具重要性。

本研究主要目的在開發一個電化學方法可對生牛乳之品質作即時的監控及檢測，主要的檢測指標為總生菌數(total viable count)、李斯特菌(Listeria monocytogenes)及體細胞數(somatic cell count, SCC)。

衛生署訂定乳品類衛生之標準，由表2得知李斯特菌為零檢出；表3得知依農委會訂定生乳之總生菌數10萬CFU/mL以下，予以加價，不得大於100萬CFU/mL；體細胞數小於或等於50萬cells/mL，且總生菌數必須在10萬CFU/mL以下。而國際乳業聯盟(International Dairy Federation, IDF)於1995年定義正常生乳之總生菌數標準，應低於10萬CFU/mL，體細胞數以50萬cells/mL作為感染與否門檻值，依此定義當分房乳體細胞數高於此值時即判定為感染乳房炎(mastitis)(Nielen et al., 1995)。牛乳的體細胞數可作為泌乳牛乳房健康狀況的指標(Kitchen, 1981; Philpot and Nickerson, 1991)，所以許多乳業先進國家也以生乳體細胞數高低代表乳房的的健康程度，世界各國都有一套生乳評級辦法，以提升生乳品質(李等, 2008)。

生乳品質除依行政院農業委員會計價標準分級外，體細胞與生菌數也是重要的品質指標，共分為A~D四級：

表2、體細胞與生菌數指標

等級	體細胞數(10 ⁴ cells/mL)
A級	30萬(含)以下，生菌數每毫升10萬以下。
B級	30萬以上50萬(含)以下，生菌數每毫升10萬以下。
C級	50萬以上80萬(含)以下，生菌數每毫升10萬以下。
D級	80萬以上100萬(含)以下，生菌數每毫升10萬以下。

根據中華民國國家標準(Chinese National Standards, CNS)，生乳(CNS 3055)是指從健康乳牛或乳羊擠出、冷卻未經其他處理之生乳汁，而鮮乳(CNS 3056)則指以生乳為原料，經加熱、殺菌、包裝後冷藏供飲用之乳汁，這也就是為什麼市面上販售的鮮乳、保久乳等產品，成分說明上都寫著100%生乳。

表3、生乳檢測項目、方法及標準

項目	建議方法	標準	
官能檢查	外觀色澤氣味	官能檢查	無黏稠或變性、與它物混合者 無點凝或異常顏色 無腐敗或變性或異常氣味者
溫度	乳溫	乳槽標式溫度	乳溫小於10°C
理化性質	酸度	依CNS(1972)總號3441,類號N6057乳品檢驗法測定	酸度介於0.12%至0.18%之間
	比重	依CNS(1972)總號3442,類號N6058乳品檢驗法測定	比重大於或等於1.028
	酒精試驗	70%酒精與牛乳等溫、等量混合	陰性
乳成分	乳脂肪	依CNS(1986)總號3444,類號N6060乳品檢驗法測定	乳脂率大於或等於2.8%
微生物	總生菌數	依CNS(1985)總號3452,類號N6068乳品檢驗法測定	總生菌數每毫升10萬以下,予以加價。 總生菌數不得大於100萬
體細胞	體細胞數	乳體細胞測定儀測定	體細胞數每毫升小於或等於50萬,總生菌數每毫升10萬以下,予以加價。
藥物殘留	青黴素		不得檢出
	氯黴素		不得檢出
	四環素類		經四環素、氯四環素、四環素總合小於或等於0.1ppm
	磺胺劑	依CNS總號14459,類號N6335食品中微生物檢驗法測定	磺胺劑總和小於或等於0.1ppm

*生乳檢測項目及標準除藥物殘留及污染物標準依行政院衛生署規範外，其餘依行政院農業委員會「乳品加工廠收購酪農原料生乳驗收及計價要點」訂定。 **生乳檢測方法依中華民國國家標準檢驗法訂定。

體細胞的多寡與乳房發炎有關，由圖2可得知微生物入侵造成乳房發炎之過程，當乳腺組織受傷或被感染時，未被察覺的發炎已開始進行，大量的白血球已聚積於乳中，白血球為乳牛最重要的自然防禦角色，它們出現於乳腺的受損部位，目的是與細菌作戰，吞噬及消滅細菌。生乳中白血球伴隨少量泌乳組織的上皮細胞，稱之為體細胞數(somatic cell count, SCC)。

乳房發炎乃因乳房的泌乳組織受創傷或感染微生物所引起，其中以微生物侵入乳房所導致的乳房炎(mastitis)占多數。依發炎的嚴重程度將感染分為臨床性(clinical)或非臨床性(subclinical)。臨床性乳房炎可由肉眼觀察乳房或乳汁異常來判定，臨床性乳房炎之乳汁有結塊、片狀或水樣化，感染乳區腫脹及疼痛等，非臨床性乳房炎無外觀徵狀，且無法以肉眼判定，然而可以分離病原菌或診斷因發炎而分泌的體細胞數等來判定。

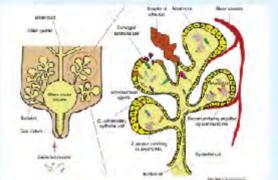


圖2、微生物造成乳房炎示意圖。(圖片來源: trends in biotechnology)

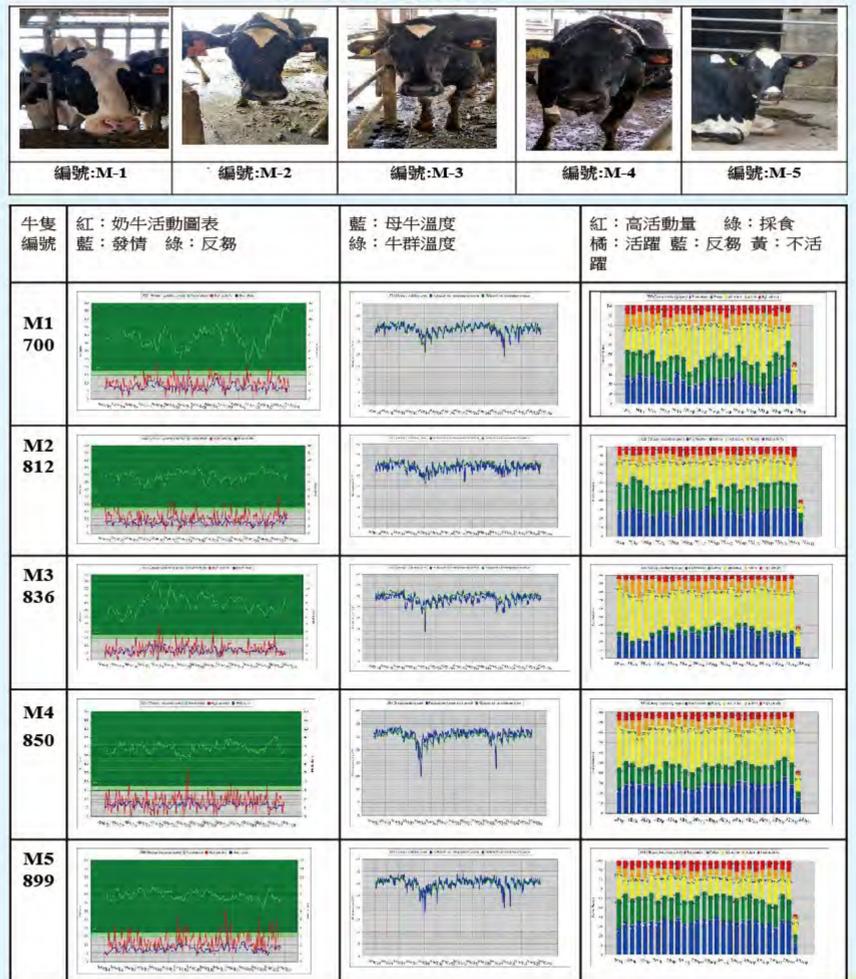
三、實驗過程

本研究選擇自家農場10隻乳牛，觀察並紀錄牛隻健康狀況2個月，再以生乳體細胞量多寡做區分，牛隻健康方式以耳掛式監測器做檢測，固定牧場環境因子，改變不同食料，並觀察生乳的體細胞、酪蛋白與脂肪量，對比生乳試喝口感問卷，得出最佳口感的生乳成分，並針對體細胞數檢測做出簡易的儀器。

(一)乳牛樣本數量建立

本研究以荷蘭牛為實驗品種建立標準，以下為各樣本的描述：

表4、實驗牛健康狀況分析



(二)實驗場地環境建立

本次實驗場地選擇組員家中的乳牛牧場，位於雲林縣崙背鄉豐榮村，已經有了36年的歷史，目前約有300多頭的乳牛，養乳牛經驗豐富，牛乳品質佳且設備齊全，包括兩輛TMR、兩台山貓、汙水處理設備、榨乳室、灑水設備、消毒設備、擠乳設備、牛隻檢測設備(耳標)，並且提供牛隻足夠的活動空間及舒適的環境，以及隨時監控牛舍狀況，一發現問題會馬上處理，不論是剛出生的小牛還是正在擠牛奶的母牛都受到完善且細心的照顧。根據組員的爺爺說，從開始養乳牛至今，每一天都很謹慎，把每隻牛都當成寶貝來養，也盡量把損失減到最小，只為了支撐起這個家，為了能守住這場好不容易建起來的牧場。



圖3、實驗場地環境示意圖。

(三)檢測牛乳之儀器

在第一次生乳試喝的實驗中，本研究使用了「便攜式牛奶體細胞檢測儀」，來檢測試喝的五杯生乳，以下將為此種儀器做個簡單介紹：

1.原理及步驟：

圖4、便攜式牛奶體細胞檢測儀

- 先對細胞進行螢光染色。
- 之後在特定波長的高密度光束照射下，會發出螢光。
- 最終會經過一系列鏡片及濾光片。
- 體細胞的圖像會呈現在iPhone或多媒體播放器的攝影鏡頭裡。
- Dairy SCC應用軟體會對視野裡的細胞進行計數和分析。
- 獲得染色後的體細胞數。



圖4、便攜式牛奶體細胞檢測儀



圖5、使用檢測儀



圖6、插入樣品條

2.檢測儀使用方式：

圖5、使用檢測儀

- 使用乾淨的樣品管採集牛奶樣品。
- 將樣品條的尖端插入牛奶樣品，按下白色活塞。
- 一定數量的牛奶會進入樣品條，等待一至兩秒使牛奶進入樣品條，注意此時牛奶還沒有全部到達視野池。

3.檢測牛奶樣品：

圖6、插入樣品條

- 在iPhone上打開應用軟體Dairy SCC，點擊「牛奶樣品分析(Take Milk Sample and Analyze)」。
- 在插入樣品條前，使樣品條上的圖點標示與檢測儀界面上的圖點一致，軟體會根據不同的圖點模式，對樣品條上的視野池大小進行校對，以減少誤差。
- 當樣品條完全插入，能看見樣品條插口出現綠色的亮光，並確保有亮光出現。
- 點擊「選擇奶牛(Cheese Cow)」或選擇添加奶牛耳號，如果不願保存檢測結果，則點擊「快速檢測(Quick Test)」。

4.添加備註：

- 點擊「分析(Analysis)」，倒數計秒，這允許牛奶與樣品條內的試劑混和，iPhone會對奶樣進行圖像掃描，對圖像進行分析。然後體細胞數會顯示在螢幕上，如果體細胞數比較高，儀器會顯示可能的病原菌。
- 點擊Save，保存檢測結果。樣品的檢測結果和一個較低像素的圖像會一起存入奶牛的檢測歷史中，可以隨時在「奶牛文件和檢測歷史」查看某個奶牛的歷史檢測結果。

5.檢測完畢後，看見的樣品圖像和其他信息：

- 圖像：會看到一個圖形的紅色背景上有一些發光的細胞。一共有兩個圖像：一個是軟件分析過的圖像(黃色細胞被計數)；一個是原始圖像，即檢測儀捕捉到的真實圖。
- 體細胞數：計算每毫升牛奶中的體細胞數。
- 病原菌：如果體細胞數比較高，且有足夠的參數可供參考，分析軟體就會提示可能之病原菌導致牛奶的體細胞數升高。
- 奶牛：奶牛的耳號(如果是快速檢測則顯示為QT)。
- 乳區：如果檢測的是乳區樣品，就會顯示為哪個乳區。
- R值：圖像的相對亮度指標(主要用於技術支持)。

6.需要重新檢測的時候：

- 斑點：視野裡由於化學試劑分布不均，而導致圖像有斑點或呈現雲團狀。
- 氣泡：若牛奶被過度搖晃，圖像裡常會出現氣泡，這些氣泡會將本該出現在視野裡的細胞擠出視野。
- 視野過暗：隨著電池電量的減少，圖像背景與細胞的對比就會減弱，如果對比度不足，軟件會建議更換電池或樣品。

7.病原預測：

Dairy SCC會根據多種參考因素，對導致牛奶體細胞數升高的病原菌提出預測。

8.檢測時倒數計時的作用：

檢測儀的默認設置是45秒的倒數計時，也就是檢測儀實際掃描圖像和進行分析前有45秒的停滯時間，此為樣品條內的化學試劑進入細胞及對其完成染色的最佳時間。

9.缺點：

此種便攜式牛奶體細胞檢測儀只能與iPhone相容，而且一台之價格上萬元，不適合提供一般民眾來使用。

(四)口感實驗問卷調查

台大動物科學技術學系教授陳明汝口述，影響口感最大的因素是加溫殺菌法的不同。因加熱過程中會產生焦糖化作用、蛋白質變性，並使短鏈脂肪酸上浮，造成牛奶變甜、變濃、變香，因此不同的加熱方法會影響牛奶風味。

本研究則認為口感可能來自於牛隻食料的不同，造成的因素可能是體脂肪與酪蛋白配比不同所致，但也有另一種說法認為體細胞含量的多寡，會影響口感。基於本研究模擬不同情境的「生乳」，如不同的加溫殺菌溫度、不同食料、不同體細胞量，其口感的差異；並將體細胞差異大的牛乳嘗試打奶泡，看其奶泡的綿密度與持久性。本研究分四次做生乳的口感實驗，實驗過程分別如下所示：

(1) 2017/11月第一次生乳試喝

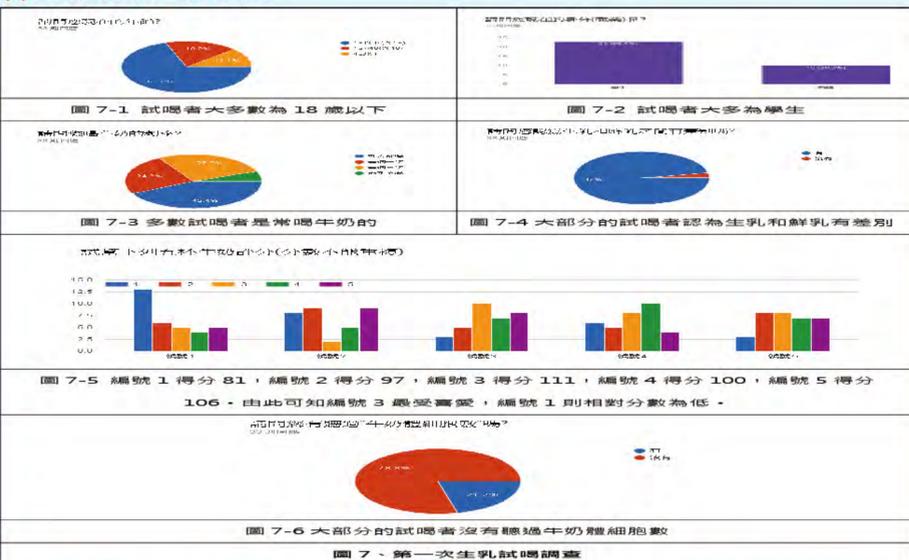


圖7-5得分計算方式：總人數為33人，請試喝者將編號1到5依喜好程度排列大小順序，最喜歡者得分為5，次要喜歡者得分為4，依此類推。

生乳編號	1	2	3	4	5
SCC 檢測結果					

圖8說明：本團隊使用便攜式牛奶體細胞檢測儀檢測此次試喝之生乳，由圖可知，編號1為SCC最低者，編號5為SCC最高者。



圖9、第一次試喝過程

(2) 2017/12月第二次生乳試喝

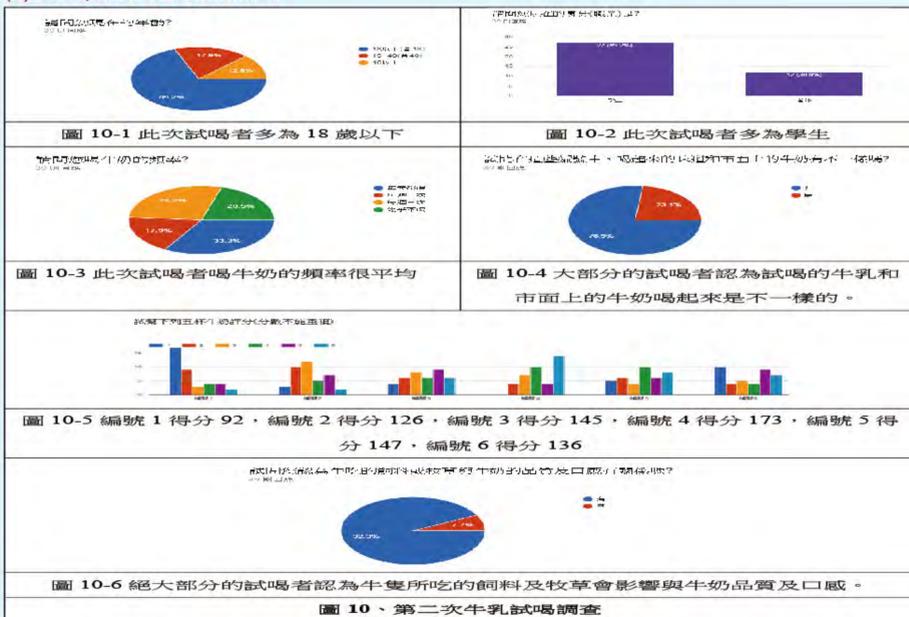


圖10-5得分計算方式：總人數為39人，請試喝者將編號1到5依喜好程度排列大小順序，最喜歡者得分為5，次要喜歡者得分為4，依此類推。



圖11、第二次牛乳試喝過程

項目	編號	得分
1	92	
2	126	
3	145	
4	173	
5	147	

圖12、第二次試喝牛乳之檢驗報告

由圖12得知：此次試喝之生乳中，編號5為SCC最多者，編號2為SCC最少者。

(3) 2018/01月拿鐵試喝調查

- 說明：此次試喝為實驗性，試喝者10人，且皆為高中生。在拿鐵部分，各編號統一使用學校咖啡機所供應的咖啡，進行奶泡與咖啡的混合；牛乳方面，我們使用了一瓶生乳，及四瓶不同殺菌過的牛乳來做實驗。
- 目的：欲知道牛奶之不同成分組成是否會影響奶泡綿密度、持久度，及打出來的奶泡多寡差異，還有五種牛奶加入同一種咖啡的口感差異。

表5、拿鐵試喝之牛乳資料

編號	乳脂肪	非脂肪固形物	蛋白質	體細胞數
編號1 生乳	4.34%	8.81%	3.31g/100mL	250萬/mL
編號2	3.0%	8.25%†	3.2g/100mL	---
編號3	3.8%	4.0%†	1.5g/100mL	---
編號4	3.0%	8.25%†	3.3g/100mL	---
編號5	3.8%	8.25%†	3.2g/100mL	---

編號	1	2	3	4	5
奶泡綿密度	---	---	最差	---	最綿密
咖啡奶泡量	最少	最多	---	次多	---

表6、五杯牛乳之奶泡比較

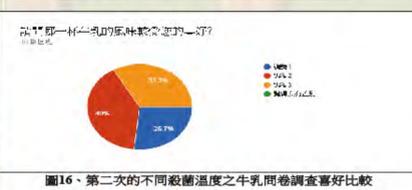
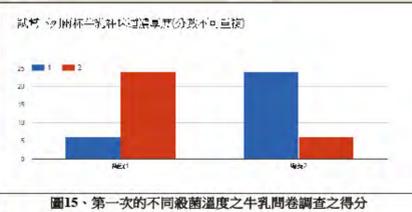
編號	1	2	3	4	5
試喝者口感 敘述多為	淡、苦、綿密	甜味、滑順、奶味不多	奶味明顯、牛奶糖味	澀、自來水的味道、怪味、苦	舒適、微甜、奶香、中規中矩、濃(像超商的)
奶泡綿密度	---	---	最差	---	最綿密
咖啡奶泡量	最少	最多	---	次多	---



圖14、五杯奶泡量比較與試喝過程

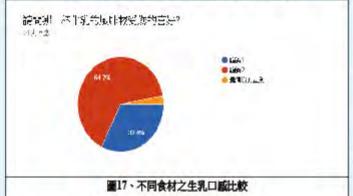
(4) 不同殺菌溫度之口感

- 說明：為探討不同殺菌溫度影響生乳之差異，本研究請大約30位試喝人員，進行了兩次殺菌不同之試喝調查。
 - 第一次選擇了兩種不同殺菌法來進行口感試喝之比較，其中生乳編號1為使用UHT超高溫短時間殺菌法(125°C到135°C之間)，編號2為使用HTST標準高溫短時間殺菌法(72°C到75°C之間)，調查結果如圖15所示：編號1得分為54分，編號2得分為36分。由此可得知生乳殺菌溫度的確會影響牛乳風味，而普遍來說，殺菌溫度較高者，較受試喝者喜愛。
 - 本團隊在第二次的試喝中，加上了一杯尚未殺菌過的生乳，來和其他兩杯不同殺菌法市面上的牛乳來做比較。調查結果如圖16所示：編號1為生乳，編號2為使用UHT超高溫短時間殺菌法(125°C到135°C之間)，編號3為使用HTST標準高溫短時間殺菌法(72°C到75°C之間)，而其中編號1的喜好程度明顯少於殺菌過的牛乳，編號2較受試喝者喜愛。



(5) 進口草與本地牧草之口感影響

- 目的：欲得知牛隻食用牧草與進口草之不同，是否明顯影響生乳的風味。
- 說明：編號1為進口草，編號2為本地產地的牧草。由圖17可知，編號2較符合大多數人的偏好口感，試喝者認為編號2，也就是吃進口草的牛隻生產之生乳，奶味較好、較濃，所以較為大多數人的愛好。



(五) 民眾對牛奶之了解網路問卷調查

- 目的與說明：欲得知民眾對牛奶之了解有多少，本團隊製作了一份網路問卷，放至網路上一個月，開放給民眾填寫，此次填寫之民眾有212人。圖19為本次網路問卷之調查結果。

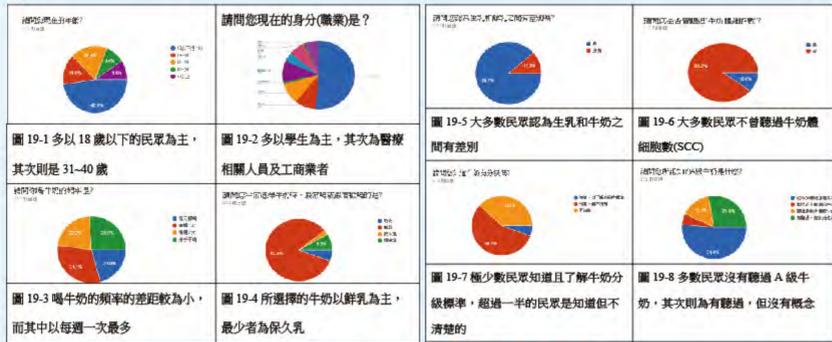


圖 19 - 民眾對牛奶之了解調查結果

(六) 導電度實驗

- 目的：欲得知導電度與體細胞數多寡之間的關係。
- 說明：以燒杯各取100cc的牛奶，再將導電度計放入，即可開始測量。
- 控制變因：溫度、時間。

表 7 - 不同牛乳之導電度比較實驗數據

牛隻編號	測第一次導電度 (uS/cm)	測第二次導電度 (uS/cm)	平均導電度 (uS/cm)	體細胞數 (萬/mL)
812	4600	4650	4625	9.1
979	5980	6040	6000	475.0
806	5720	5730	5725	386.1
971	4620	4600	4610	3.3
630	5190	5130	5160	108.8
604	4350	4570	4460	2.2
629	4830	5000	4915	10.9
776	7550	7540	7545	670.6
616	5330	5310	5320	120.5
624	4830	4900	4865	10.9



圖 20 - 生乳檢驗報告

(七) CMT流速實驗

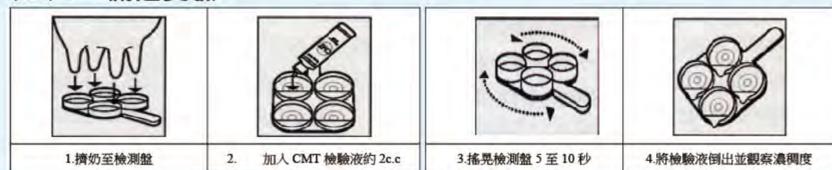


圖 21 - CMT圖示檢測步驟

- 目的與說明：本實驗為擠乳時，選取乳房炎以及牛隻身體狀況差及健康的牛隻來比較，使用不同生乳進行本次之實驗，CMT與生乳的混合液愈濃稠，CMT流速愈慢，表示生乳體細胞數愈高；反之，則表示生乳體細胞數愈低。
- 控制變因：生乳各取5c.c、CMT檢驗液5c.c、實驗角度30度。
- 準備工具：測驗的盤子、量角器、CMT試液、量筒、牛奶、CMT檢驗盤。
- 實驗步驟：



圖 22 - CMT流速實驗步驟說明及示意圖

實驗數據結果：

表 8 - CMT流速實驗

牛隻編號	CMT 秒數	體細胞數(萬/mL)
812	2.61	9.1
979	23.31	475.0
806	16.97	386.1
971	1.47	3.3
630	15.12	108.8
604	2.26	2.2
629	1.55	10.9
776	26.26	670.6
616	15.41	120.5
624	6.9	10.9

(八) 自製導電度計



圖 23 - 導電度計示意圖

- 製作電導度計的材料：導電電極板(二極式電極)、溫度測定及補償裝置
- 導電度計的原理：利用三個固定電阻Ra、Rb、Rx及一個可變電阻Rs，在bc兩點中連接出兩條導線分別當作檢測電極，調整可變電阻Rs的電阻值使得bc兩點間的電流為零。
- 導電度計的校正：
 - 導電度電極必需以已知導電度之標準溶液校正(一般為0.1 M、0.01M、0.001M氯化鉀溶液)
 - 不同形狀電極所適用之測定範圍不同，高導電樣品採用電極常數較大之電極，反之亦然。
 - 電極經使用一段時間後，應經適當之維護及再校正。
- 校正步驟：
 - 將氯化鉀溶液保持在 25 ± 0.5 °C，依儀器操作步驟調整電極數至該溶液之標準值
 - 因標準液容易變質，最好先行潤洗，以確保校正之準確性
 - 因溫度係數隨溶液成分、濃度及溫度而異，應避免校正時使用溫度補償功
- 結論：度計的成品利用水中電解質含量的多寡來決定導電度，水的溫度愈高，水中之離子運動度愈快，導電度隨之增加；而水溶液混濁或不潔，及雜質愈多，導電度愈高。

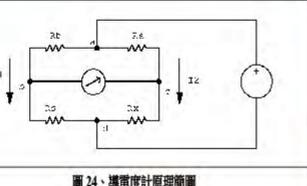


圖 24 - 導電度計原理圖

伍、研究結果

(一) 體細胞與口感分析

(1) 第一次生乳試喝

在本研究中，發現體細胞數愈高，愈受試喝者喜愛，體細胞數最低者分數最低，但實際上，體細胞數愈高，牛乳品質較不好，對人體也較不好。另外，大部分的試喝者認為編號1(SCC最低)味道最淡，在試喝期間也發現少數人會因個人偏好關係，而給編號1最高分。我們認為SCC低的牛奶如果上市，不一定會被民眾所接受。

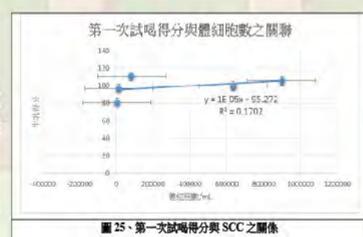


圖 25 - 第一次試喝得分與體細胞數之關係

(2) 第二次生乳試喝

在本研究中，發現得分與牛奶SCC多寡雖然無一定正比關係，但仍有一定影響。在生乳風味方面，大約有3/4的人覺得喝起來味道和市面上的牛奶不一樣。另外，編號6為牛隻所吃的牧草不同者，而我們認為牧草的影響在此次試喝中並不明顯。

(3) 拿鐵試喝

在本研究中，得知生乳打出來的奶泡量為最少。另外，試喝中的編號三的非脂肪固形物與蛋白質為最低，其所打出的奶泡綿密度為最差，可以推測非脂肪固形物及蛋白質的多寡，會影響奶泡的綿密度。

(二) 進口草與本地牧草之口感分析

我們發現吃進口草的牛奶較受試喝者喜愛，因為國外的草品質較好較香，牛乳比較喜歡吃，因此生產出來的牛乳也會更濃醇香，更受消費者的喜愛。

(三) 牛乳網路問卷調查

雖然大部分民眾以購買鮮乳為主，但卻只有少數人知道什麼是A級牛奶，而其中更只有極少數知道分級的標準。我們也可以從問卷上得知，在台灣，大部分民眾不太了解什麼是體細胞數，更不知道牛奶的品質與體細胞數之間的關係。

(四) 殺菌方式與口感分析

發現問卷調查結果與本團隊所查詢到的資料顯示一樣：經過較高溫殺菌的牛乳，會較受試喝者喜愛，這是因為牛奶味道較濃厚。

多數人喜歡高溫牛奶殺菌之因，是因為梅納反應。簡單來說就是胺基酸和糖的結合，食物中的碳水化合物與胺基酸、蛋白質在烹調加熱時，發生的一連串複雜反應，生成了棕褐色的大分子物質，反應過程中會產生不同氣味的分子，包括還原酮、醛和雜環化合物，這些物質提供了誘人的色澤與風味。

(五) CMT流速檢測

由表8實驗數據，得到了CMT流速與體細胞數之關係，如下圖25：由圖25結果得知，R平方值為0.833，CMT流速的快慢與體細胞數的多寡是有一定關係的。而且CMT檢測不僅方便快捷，亦容易辨認乳房炎及身體不佳的牛隻。

(六) 導電度與牛乳體細胞數多寡關係

由表7實驗出來的數據，得到了導電度與體細胞數之間的關聯，如下圖26：

由圖26得知：R平方值極接近1.0，可以得知導電度與體細胞數多寡是有一定關係的。同溫度、同時間下，體細胞數愈高，導電度也會愈高

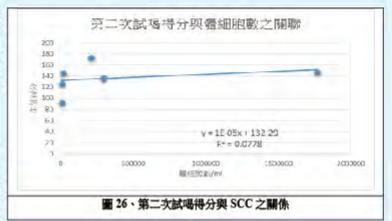


圖 26 - 第二次試喝得分與 SCC 之關係

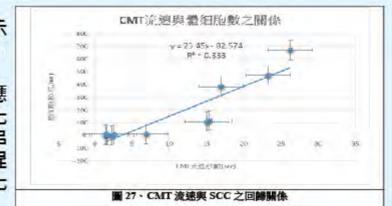


圖 27 - CMT 流速與 SCC 之回歸關係

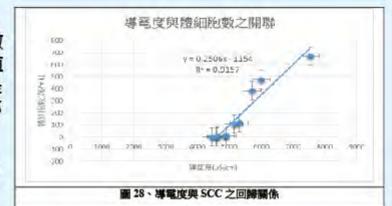


圖 28 - 導電度與 SCC 之回歸關係

陸、討論

本研究分成下列幾個部分討論：

一、實驗部分

(一) 牛隻樣本

本研究的牛隻由牧場內專業人員配合牛隻檢測器(耳標)篩選而出，其中五隻為實驗用，另外五隻為備用，且這些牛隻的健康狀況不一樣，以及使用CMT檢測出來的牛乳濃稠程度也不盡相同，所以我們可以確定這些牛隻的體細胞數有一定的差異，以利實驗之進行。

(二) 乳房炎與牛乳體細胞數有關聯性

乳房炎與牛乳體細胞數有關聯性，所以預防乳房炎成了各牧場重視的課題。要有合適的牛群管理，首先要提供牛隻乾燥、乾淨、舒適的環境，還要特別注意牛床墊料的使用，且必須使這些墊料盡可能保持乾燥及乾淨。另外，擠乳過程須保持良好衛生條件，例如擠乳前要保持乳頭的乾燥和乾淨、擠乳時需將乳杯正確裝上，還要防止乳杯的滑動、擠乳後要進行乳頭藥浴之程序，亦需使擠乳完畢的牛隻至少站立一小時，讓乳頭括約肌恢復到正常緊閉的狀態。其他預防乳房炎的方法尚有牧場定期消毒，以及擠乳的視覺觀察和觸覺感受。

(三) 影響牛奶口感之可能因素

從實驗及文獻中我們得知，牛奶的口感與牛隻食用的牧草、牛乳殺菌時的溫度，以及牛奶乳脂肪的含量多寡有關。

(四) 影響奶泡持久度及綿密度之因素

本團隊在文獻資料中得知，奶泡的持久度及綿密度，與乳脂肪及乳蛋白有很大的關係，通常乳脂肪及乳蛋白含量較高的牛乳，所打出來的奶泡會較綿密與持久。雖然在本實驗中發現編號3的非脂肪固形物與蛋白質的含量較低，其所打出來的奶泡綿密度亦較差，可以推測這兩個為可能影響奶泡狀態之因素，但是在其他相似成分的牛乳中，就無法得到這樣的相關性，彼此的成分相近，奶泡狀態卻不一，因此本團隊推測奶泡的狀態，與牛乳的品質、體細胞數可能有一些關係，而這有待本團隊在未來進行探討與研究。

二、輔助部分

(一) 專業人員協助

在研究進行當中，當遇到疑問時，我們會找相關人員進行詢問，例如遇到牛隻健康問題時我們會尋找獸醫師，當對牛隻飼料有疑問時會尋找營養師，而碰到牛隻管理與養殖的問題時會尋找牧場人員。

(二) 儀器

在實驗中，我們向屏東科技大學借了便攜式體細胞檢測儀以便於了解它的操作方式及原理。此外，我們也買了電導度計來測量在同溫度下，不同體細胞數牛乳的導電度差異，以幫助了解導電度與體細胞數多寡的關聯性。

(一) 問卷調查

在第一次試喝過程，我們沒有控制好流程進行的時間，導致試喝者必須在現場等待我們測量各試喝牛奶的體細胞數後，才能進行試喝，另外，提供給試喝者各杯牛乳量沒有掌控好，導致有些試喝者無法一口喝完一小杯的量。在第三次的拿鐵試喝中，因試喝杯太小，所以奶泡無法倒出，導致問卷第五題的奶泡綿密度依序排列無法作答，以及第七題的奶泡量多寡也不適合問。

柒、結論

一、體細胞與口感分析

兩次試喝結果相關係數分別為R2=0.1702與R2=0.0778，表示體細胞與口感並無相關，因此優質牛乳未必好喝。

二、進口草與本地牧草之口感分析

由問卷結果顯示，受試者普遍認定進口草與本地牧草口感有差異，且進口草口感較佳。

三、牛乳認知網路問卷調查

問卷調查結果顯示，一般民眾對優質牛乳與體細胞定義不熟悉，也無從得知如何檢測。

四、殺菌方式與口感分析

使用UHT超高溫短時間殺菌法(125°C到135°C之間)，較易產生梅納反應，受試者普遍認為口感最佳。

五、CMT流速檢測

CMT流速與體細胞相關係數R2=0.833，屬於高度相關，其結果顯示CMT流速越慢，體細胞數越高。

六、導電度與牛乳體細胞數多寡關係

導電度與體細胞數相關係數R2=0.9157，相關係數極高，結果顯示導電度愈高體細胞數亦愈高。

捌、參考資料

- 巨偉龍(2015)。泌乳後期荷蘭牛對乳房內共生性腸球菌SF68之耐受度。國立中興大學動物科學系碩士論文。
- 許宏仔(2012)。開發電化學方法檢測牛乳中總生菌數、李斯特菌及體細胞數。東海大學食品科學研究所碩士論文。
- 連振昌，萬一怒(1999)。牛乳導電度檢測門限值決定之研究。農業機械學刊，第8卷，第1期。
- CNS (Chinese National Standards) 國家標準。取自<https://www.cool3c.com/article/69959>
- 牛奶標準。取自<http://pansci.asia/archives/102582>

玖、附錄

附錄一、實驗器材與設備

