

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學科

最佳(鄉土)教材獎

080817

請來一杯有“酵”咖啡吧！

學校名稱：臺東縣池上鄉福原國民小學

作者：	指導老師：
小六 古佳芮	梁慧琦
小六 吳姿穎	莊佳蓁
小六 洪語謙	
小六 楊珮雯	
小六 簡 睿	
小六 曾寶賢	

關鍵詞：咖啡、發酵、杯測

作品名稱：請來一杯有” 酵” 咖啡吧!

摘要

本實驗以生活中容易取得的食品材料：啤酒、米酒、紅葡萄酒、紅麴、蜂蜜及乳酸菌等，將咖啡豆浸泡其中發酵，觀察記錄一天及二天發酵過程，經過乾燥，再以自製烘焙機烘焙咖啡豆，最後請學校老師品嚐、評分，完成咖啡杯測。

實驗結果發現，發酵一天的咖啡豆杯測平均分數大部分比連續發酵二天的分數高。且發現發酵時間增加時，杯測分數亦比自然發酵為高。另外比較第一、二天不同方式發酵咖啡豆的烘焙度時，發現當烘焙度變深，大部分杯測分數會降低，唯有浸泡蜂蜜的樣本分數升高，因此提出浸泡不同液體發酵的咖啡豆，應搭配適合烘焙度，以提升咖啡品質的想法，供未來有心研究咖啡豆發酵人員新思考方向。

壹、研究動機

近年來台灣咖啡飲用風氣興盛，喝咖啡已經成為大家都能接受的飲品文化，咖啡普及的程度可從便利商店紛紛搶著設置咖啡賣區，可以略窺一二，而新興咖啡休閒產業的發展，也帶動了咖啡的相關研究與創新產品的誕生。

「喝咖啡」已成為十分生活化的日常行爲，我們觀察到咖啡飲料不但更較以往容易取得，而且口味上也有更多選擇，甚至發現被稱為咖啡極品的「麝香貓咖啡」居然是由果子狸的糞便中取得不能被消化的咖啡豆，清洗後烘焙，再沖泡成咖啡，要價不斐，令人匪夷所思。這樣有趣的咖啡製程引起了同學們的興趣，而咖啡產業在台東正值起步階段，正好有同學的家長也從事咖啡種植與產銷，讓研究咖啡的念頭應運而生。但是要研究咖啡的「什麼」呢？有人提出台東咖啡種植環境的評估研究、咖啡公豆與母豆的生成原因研究等，最後以研究咖啡發酵的創意製程呼聲最高，雀屏中選。回顧五年級下學期康軒版的自然與生活科技課程中，第二單元「植物世界面面觀」單元實驗利用有顏色的水，驗證水分主要會從植物的根進入植物體內，再經由莖輸送到其他部位。實驗證實植物根部會吸收水分、莖會輸送水分，但已摘取下來的植物果實甚至種子是否也能吸收水分，引發我們的好奇。

查詢貓(果子狸)屎咖啡的製作方式時，和製作咖啡的專家訪談中發現咖啡品質的好壞與咖啡豆的「發酵」過程有著密切關係，於是突發奇想提出加入不同液體發酵改良咖啡風味的實驗。

貳、研究目的

- 一、透過不同浸泡液的「發酵」過程來探究咖啡風味的變化。
- 二、證明液體能滲透咖啡豆的內果皮，到達種子胚芽。
- 三、以更為衛生與人道的發酵方式替代經由動物體內發酵而得的咖啡製程。
- 四、學習咖啡豆去皮、發酵、烘焙、沖泡的完整過程。

五、根據以上研究結果所得之結果，提出關於咖啡豆發酵的延伸研究方向。

參、研究設備及器材

一、實驗設備：溫度計、溼度計、磅秤、電子秤、碼表、磨豆機、自製烘焙機、瓦斯、瓦斯爐、相機、電腦穀物水份計。



(圖1)自製烘焙機



(圖2)電腦穀物水份計

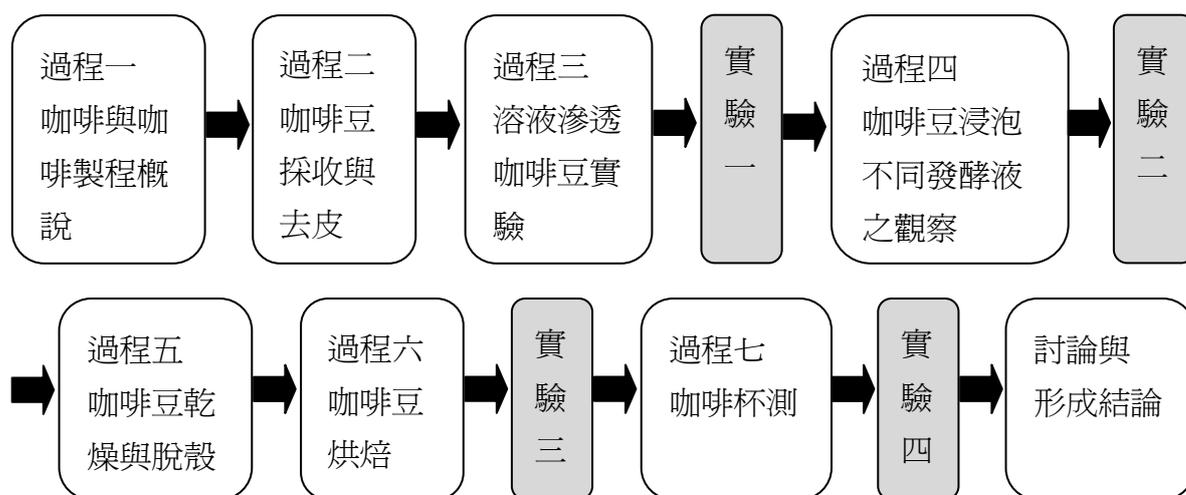
二、實驗器材：橡皮筋、湯匙、塑膠空盒、馬克杯、滴管、燒杯、溫度計、磅秤、漏斗、酸鹼試紙(廣用試紙)、奇異筆、紅墨水(萬能牌)等。

三、食品材料：咖啡豆(臺東縣卑南鄉美農社區阿拉比卡種)、乳酸菌(日本森田製藥木寡糖乳酸菌)、啤酒(菸酒公賣局台灣啤酒)、米酒(天味無鹽料理米酒)、紅葡萄酒(KUMALA)、蜂蜜(情人蜂蜜)、紅麴(臺東中央市場東英行販售)、RO 逆滲透純水。



(圖3) 食品材料

肆、研究過程或方法



(圖 4) 研究步驟

過程一 咖啡與咖啡製程概說

一、咖啡概說：

咖啡原產於非洲，有許多變種。其基本資料分述如下：

(一)學名：Coffee L.

(二)科名：茜草科(Rubiaceae.)

(三)屬名：咖啡屬(coffee)

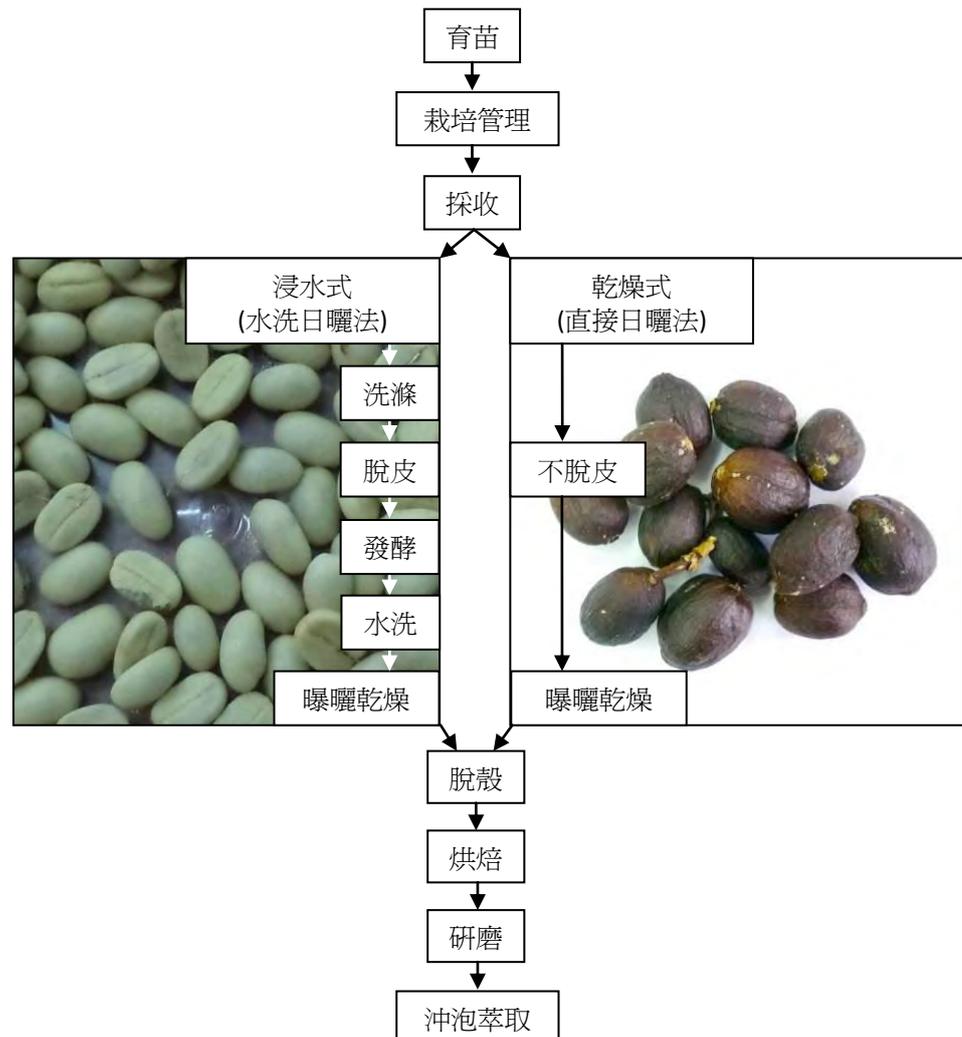
(四)原產地：熱帶、亞熱帶地區(非洲)

(五)植物形態特徵：常綠喬木、樹高最高可達 10 公尺、樹型成圓錐形。

(六)品種：目前已知全世界的咖啡屬的植物共將近 66 種，其中用來飲用的咖啡主要有 5 種，分別是阿拉比卡種、利比亞種、羅布斯塔種、埃賽爾薩種、阿爾巴斯塔雜交種。本實驗所採用的咖啡豆摘取自臺東縣卑南鄉美農社區的山區咖啡園中，屬於阿拉比卡種，咖啡豆大約在每年的 10~1 月成熟可供採收。

二、咖啡製程概說：

以下簡圖概略說明咖啡的製造過程：

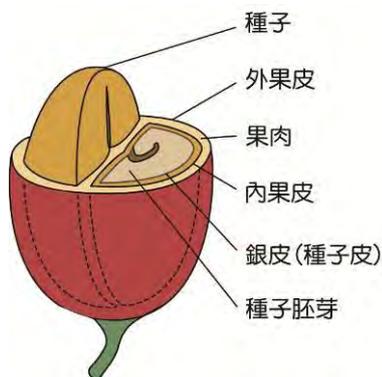


(圖 5) 咖啡的製造流程圖

過程二 咖啡豆採收與去皮

一、咖啡果實的結構組成

結構名稱	特徵說明
外果皮	鮮紅的外層果皮。
漿質果肉	果皮下的甜甜的黏黏、軟軟的淡黃色物質。
內果皮	具防護作用的堅硬乳黃色豆形殼，內有種子與其銀皮，種子與果肉中間。
銀皮	種子表面的薄膜組織。
種子	即咖啡豆，一般果實內有一雙成對種子；偶有果實單具一個種子，稱為果豆、圓豆、單豆。



(圖 6)種子解剖圖

二、咖啡豆的採收

由臺東縣內美濃地區咖啡專業栽種及生產的老師親自帶領團隊學生並解說如何採收，成熟的咖啡豆顏色有如深紅的櫻桃色，而剝開之後的薄的一層黃土色果肉包覆著種子，即是「咖啡原豆」。咖啡豆摘採後不可久放，脫皮後必須立即帶回學校進行實驗。



(圖 7)成熟的咖啡豆 (圖 8) 去皮後的咖啡原豆

三、咖啡豆的去皮流程

咖啡豆去皮至脫殼的過程中有浸水式(水洗後加上日曬處理)及乾燥式(直接日曬乾燥處理)兩種方法，本次實驗因需要添加不同浸泡液，因此採用「浸水式」製程。以下實驗說明皆以「浸水式」為主。

去皮前以人工方式清洗篩選，利用比重原理將泡水後的浮豆(生長不良的豆子)剔除。目的在確保咖啡原豆品質，避免品質較差而影響咖啡口感的豆子混雜其中。之後利用機械、人手或其他(例如通過動物消化)方式將果皮與大多數的果肉去除，完成去皮流程。



(圖 9) 咖啡豆的清洗與撈去不良浮豆。



(圖 10) 利用自動去皮機將豆與皮分離



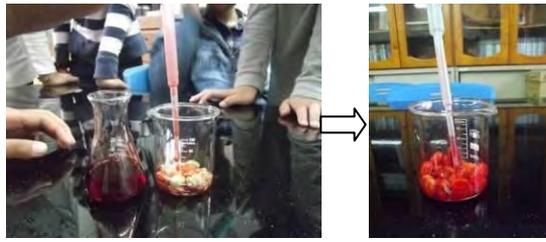
(圖 11) 去皮後的咖啡原豆與果皮

過程三 溶液滲透咖啡豆實驗

實驗一、溶液能不能滲透咖啡豆的內果皮、銀皮，進入到種子胚芽呢？

在康軒版五上自然與生活科技課本第二單元植物世界面面觀「植物吸收有色水實驗」中，已學會切開植物觀察紅色墨水在植物各部份的輸送情形。閱讀維基百科(參考資料)了解水分子會經由擴散方式通過細胞膜的現象，稱為滲透。水分子由高水分子區域滲入低水分子區域，直到細胞內外濃度平衡為止。

- 一、以透明燒杯承裝淨重 50g 的咖啡原豆。
- 二、以水稀釋紅墨水後取 20ml 澆灌咖啡原豆，並均勻攪拌使其全部沾染墨水顏色。
- 三、靜置室溫下一日 24 小時後，切開咖啡原豆剖面觀察紅色墨水是否滲透其中。
- 四、觀察記錄。



(圖 12)紅墨水滲透咖啡原豆實驗

過程四 咖啡豆浸泡不同浸泡液之觀察

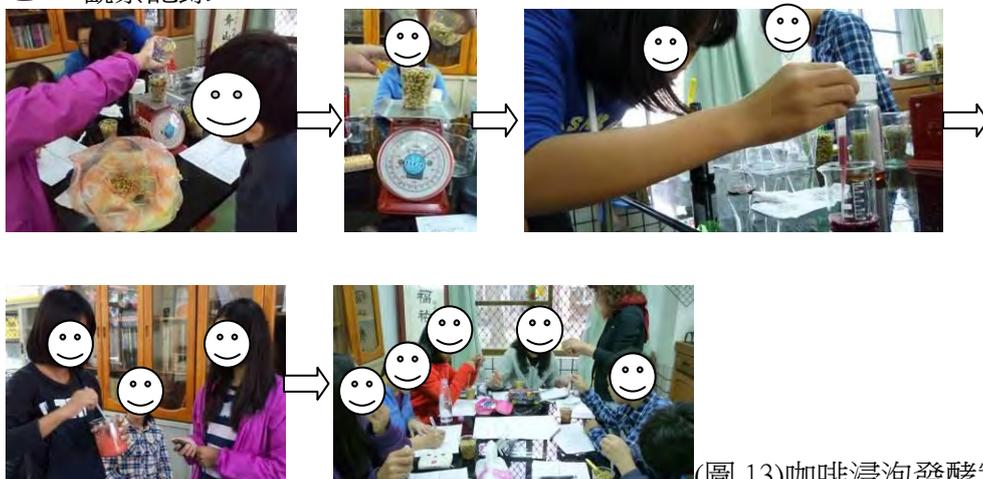
閱讀胡文青先生所寫的臺灣的咖啡一書提到浸水式咖啡製程中去皮後的咖啡原豆，藉由發酵去除果核外的黏液跟薄膜，一般咖啡製程大多採用不添加浸泡液的自然發酵法，發酵的時間約為一天左右，由於發酵的時間長短會影響咖啡的風味，因此每家廠商都有各自的發酵時間。

再閱讀到網路新聞「咖啡老頑童張景科土法煉鋼」文章中說到張老先生研究特殊發酵咖啡，不採用水洗發酵法，而是益菌發酵，發酵時間越久的咖啡豆口味越重。文章引發我們的好奇，一是如果在咖啡發酵時加入不同液體，是不是也能做出好喝的咖啡。二是如果把浸水式咖啡發酵時間拉長是否咖啡豆口味也能越重。

實驗二、把發酵時間拉長，觀察日數增加對咖啡豆有沒有影響呢？

本實驗以一般常見、容易取得、消費大眾能接受的食用材料中挑選出六種浸泡液，分別為：乳酸菌、啤酒、米酒、葡萄酒、蜂蜜、紅麴等，再加上原本的自然發酵法，共七種不同的浸泡液發酵後相互比較。

- 一、 1/21 上午 10 點將去皮後的咖啡豆盛裝於透明塑膠杯中，每杯重量 150g。
- 二、 分別倒入 20ml 六種不同的浸泡液，攪拌 1 分鐘後靜置，開始發酵過程。
- 三、 準備一組自然發酵的咖啡豆當作對照組。
- 四、 將所有實驗樣本放置於紙箱中，避免蚊蟲沾食。
- 五、 每日 10 時再做一批新的樣本。
- 六、 每日 11、13、15 時準時做觀察記錄。
- 七、 觀察記錄。



(圖 13)咖啡浸泡發酵實驗圖

過程五 咖啡豆乾燥與脫殼

一、 咖啡豆的乾燥

本實驗乾燥方式包含日曬法及風(陰)乾法，並搭配電腦穀物水份計測試咖啡豆含水量，數值低於 13%較佳。因過高含水量不但易造成咖啡生豆發霉長蟲，也易使咖啡酸度偏高。

本實驗還利用烘乾機的水份蒸發作用來更為降低咖啡豆含水量(為避免烘乾時咖啡豆散落四處，本實驗利用棉布將咖啡豆依不同浸泡天數及浸泡液分類包裹好後，置於烘乾機內烘乾)來爭取時效。



(圖 14) 風乾法



(圖 15) 日曬法



(圖 16) 烘乾法

二、 咖啡豆脫殼

將乾燥咖啡豆之脆化內果皮以人工方式剝除。此時咖啡豆只剩種子胚芽及銀皮，稱為「咖啡生豆」。



(圖 17) 家長示範電腦穀物水份計使用方法



(圖 18) 手工剝殼



(圖 19) 去殼後的咖啡生豆

過程六 咖啡豆烘焙

一、 烘焙

咖啡生豆透過烘焙，可以釋放出咖啡特殊的香味、酸味、甘甜、苦味，烘焙的方式從自家炒鍋加熱方式改良到專業滾筒烘豆機，過程中生豆會體積膨脹爆裂，水分蒸發後失重。

二、烘焙度

依照烘焙時間的長短不同、火候不同，烘焙程度也有區分，一般稱之為「烘焙度」，統合起來由淺至深排列便形成了烘焙度的區分指標。一般依美國咖啡協會(SCAA)標準採用紅外線焦糖化測定器技術(Agron)測量咖啡豆的色澤來斷定咖啡的烘焙程度，並且將顏色由淺至深區分成八等份製成八塊標準色塊,以供咖啡界作為烘焙的認定。其標準分為以下幾種：

(表 1) 美國咖啡協會烘焙程度表

Very Light (極淺)95	Light (淺)85	Moderately Light (中淺)75	Light Medium (淺中)65
Medium (中)55	Moderately Dark (中深)45	Dark (深)35	Very Dark (極深)25

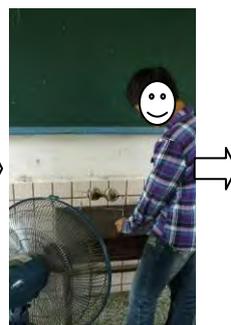
實驗三、應用自製烘焙機，能控制咖啡豆的烘焙度嗎？

為觀察咖啡豆烘焙時膨脹爆裂過程，本實驗將咖啡豆裝入自製烘焙機--搖搖樂(利用市售不鏽鋼網勺點焊加工完成)後置於瓦斯爐上，藉由紅外線溫度計將爐火溫度控制於 100 度左右來烘焙。

- 一、採取一邊加熱一邊旋轉的方式，讓咖啡豆均勻受熱，起初咖啡生豆顆粒較小，容易掉出網外。
- 二、加熱 20 分鐘後會聽到咖啡豆首次爆裂聲響，此時咖啡豆水份蒸發失重，且體積膨脹，銀皮也跟著脫落。膨脹後的咖啡豆不在掉出網外。
- 三、烘焙完成，利用電風扇所吹出之冷風將咖啡豆熱度冷卻下來。
- 四、利用簡易色票卡，目測咖啡豆色澤來判別咖啡烘焙度。
- 五、觀察記錄。



(圖 20)自製烘焙機烘焙中



(圖 21)利用電風扇將咖啡豆冷卻



(圖 22)簡易烘焙色票卡



(圖 23)烘焙度討論記錄中

過程七 咖啡杯測

一、杯測說明

閱讀臺大王裕文教授的網路文章有關「咖啡學」的課程中，提到評定咖啡品質的過程稱咖啡官能鑑定，一般簡稱杯測(cupping)，其步驟簡述如下：將烘焙研磨後的咖啡粉(約 8g)放進小杯，鼻聞乾香氣 (Dry Fragrance) 後再以熱水沖泡。靜置數分鐘後再以鍍銀杯測湯匙將表面浮渣壓入杯底以聞濕香氣 (Wet Aroma)。之後用湯匙撈起少許咖啡液吸入口中好細細品嚐咖啡風味，最後再將口中咖啡吐掉。本實驗邀請曾參加杯測訓練的家長解說過程，並請願意協助杯測的師長在觀賞專業杯測影片後進行杯測實驗。

二、杯測步驟

依照美國精品咖啡協會(Specialty Coffee Association of America)，簡稱(SCAA)所定之相關杯測內容準備：

(一)杯測器具：磨豆機、水壺、清水、電子磅秤、杯測湯匙、法國麵包、杯測杯及吐杯。

(二)杯測程序：

(表 2)咖啡杯測程序表

乾 測	濕 測		
步驟 1	步驟 2	步驟 3	步驟 4
細聞咖啡原生香氣	注入 86~87°C 熱水於咖啡豆磨成細粉的杯子內	以湯匙輕舀並倒出咖啡上層泡沫	篩除咖啡上層泡沫後用力一吸，讓湯匙上的咖啡一口氣漫佈於口中

(三)杯測項目：

根據網路資料「城市精品咖啡烘焙競賽杯測評鑑表」內容分類，項目共有：乾香氣/濕香氣/清爽度(酸度)/風味(深度)/濃稠度(口感)/結尾(尾韻)/甜度/乾淨度/複雜度/總評 等十項。

(四)杯測平均數(分數愈高代表整體風味愈好)：總分為 100 分，內容參考網路資料「城市精品咖啡烘焙競賽杯測評鑑表」，修定為本實驗應用之「咖啡杯測評鑑表」，細項如(附件一)。

實驗四、同一時間同一批咖啡原豆，應用七種不同發酵方式生產的咖啡豆，杯測成績有無差異？

一、準備杯測用器具，協調願意協助杯測的師長到場進行杯測，人員名單詳見(附件二)。

- 二、為避免杯測人員對浸泡液有任何刻板印象而造成心理上先入為主之觀念而影響分數，每種不同浸泡液及發酵天數之咖啡豆皆以英文字母 A~N 代替種類名稱。
- 三、以電子磅秤將每杯咖啡豆樣本統一重量為 8g。
- 四、先研磨咖啡粉進行乾測及評分。
- 五、再以 85~87°C 熱水沖泡成 120c.c.咖啡進行濕測及評分。
- 六、整理資料，觀察記錄。



(圖 24)專業杯測影片欣賞



(圖 25)以英文字母作為代號



(圖 26)研磨咖啡豆成細粉狀



(圖 27)輕聞咖啡粉之乾香氣



(圖 28)熱水沖泡咖啡



(圖 29)舀起上層泡沫



(圖 30)鼻聞咖啡粉之濕香氣



(圖 31)將湯匙裡的咖啡快速吸入口中品嚐



(圖 32) 進行杯測試喝過程



(圖 33) 填寫杯測評分表

伍、研究結果

實驗一、溶液能不能滲透咖啡豆的內果皮、銀皮，進入到種子胚芽呢？

- 一、實驗從 1/15 上午十時開始，到 1/16 上午十時，實驗時間為 24 小時。
- 二、切開咖啡原豆剖面觀察，發現紅色墨水能夠滲透咖啡內果皮及銀皮之殼膜進入種子胚芽中。



(圖 34) 未沾染墨水咖啡原豆剖面 (圖 35) 沾染墨水經過 24 小時的咖啡原豆剖面

- 三、此實驗結果發現液體以醃製方式附著於咖啡原豆表面，可以滲透咖啡內果皮，到達咖啡胚芽中，因此可接續進行咖啡豆混合不同浸泡液之實驗過程。

實驗二、把發酵時間拉長，觀察日數增加對咖啡豆有沒有影響呢？

- 一、實驗從 1/21 上午十時開始，到 1/24 下午 3 時，實驗時間為 77 小時。每天製作新一批 7 種發酵樣本，共 28 件樣本。
- 二、發現樣本在發酵過程中分解澱粉同時釋放二氧化碳，使得浸泡液不停產生氣泡。
- 三、隨著發酵時間增加，第一批樣本在靜置發酵 1/23 上午 11 時，外觀可發現液體顏色明顯變得混濁，並有些酸化的氣味。沒有摻浸泡液的自然發酵樣本則較乾黏。用石蕊試紙檢測結果 pH 值皆為 4。
- 四、到了 1/24 上午 11 時，第一批部分樣本表面產生白色絨毛狀覆蓋物，且味道更為刺鼻，至此研究團隊決定拋棄此批已酸腐的樣本群體。
- 五、實驗後發現咖啡豆大約第三天開始有酸化氣味產生，因而決定發酵時間縮短至 2 天之內，並將浸泡液體改為 10ml，實驗樣本重新來過。
- 六、再做一次咖啡豆添加浸泡液發酵過程，並做觀察記錄。
- 七、實驗結果發現浸水式發酵法，發酵時間勿超過 2 天較能維持咖啡新鮮。

(表 3)第一批發酵樣本發酵過程直式單一天紀錄圖表

102 年 1 月 21 日 第一天 15 : 00 觀察記錄			
浸泡液	俯視照片	平視照片	說明
自然 不添加 浸泡液			無明顯變化
乳酸菌			無明顯變化
啤酒			無明顯變化
米酒			無明顯變化
紅葡萄酒			無明顯變化
蜂蜜			無明顯變化
紅麴			咖啡豆顏色轉紅

102年1月22日 第二天 15:00 觀察記錄

浸泡液	俯視照片	平視照片	說明
自然 不添加 浸泡液			浸泡液量些許減少
乳酸菌			浸泡液量些許變多
啤酒			咖啡豆表面光滑
米酒			浸泡液量些許變多
紅葡萄酒			咖啡豆表面光滑且呈現紅紫色
蜂蜜			咖啡豆表面光滑
紅麴			浸泡液產生一些些小泡泡

102年1月23日 第三天 15:00 觀察記錄			
浸泡液	俯視照片	平視照片	說明
自然 不添加 浸泡液			咖啡豆表面有些許脫水 現象
乳酸菌			咖啡豆表面光滑
啤酒			浸泡液漸變混濁
米酒			浸泡液漸變混濁
紅葡萄酒			浸泡液漸變混濁
蜂蜜			浸泡液產生一些些小泡 泡
紅麴			浸泡液漸變混濁並輕微 長出白色絨毛不明物體

102年1月24日 第四天 15:00 觀察記錄

浸泡液	俯視照片	平視照片	說明
自然 不添加 浸泡液			浸泡液明顯變少，咖啡豆變的有些乾黏
乳酸菌			浸泡液有一些些小泡泡
啤酒			浸泡液除混濁外，液面長白色絨毛不明物體
米酒			浸泡液除混濁外，液面長白色絨毛不明物體
紅葡萄酒			浸泡液除混濁外，液面長白色絨毛不明物體
蜂蜜			咖啡豆更加光滑
紅麴			白色絨毛不明物體覆概整杯咖啡豆表面

(表 4)第一批發酵樣本發酵過程橫式四天紀錄圖表

102 年 2 月 21 日~102 年 2 月 24 日 第一批咖啡豆樣本 觀察記錄							
浸泡液 發酵時間	自然 發酵	乳酸菌	啤酒	米酒	紅葡萄酒	蜂蜜	紅麴
第一天 15:00							
第二天 15:00							
第三天 15:00							
第四天 15:00							

氣泡增加有
酸腐味產生

氣泡增加
液體逐漸混濁
酸腐味加重
部分表面產生白
色毛狀物

拋棄 1/21~1/24 的樣本，重新製作 1/24、1/25 新鮮的發酵樣本作為本次實驗之有效樣本並繼續觀察與實驗過程。

(表 5)第二批發酵樣本發酵過程橫式二天紀錄圖表

102 年 2 月 24 日~102 年 2 月 25 日 第二批咖啡豆樣本 觀察記錄							
浸泡液 發酵時間	自然 發酵	乳酸菌	啤酒	米酒	紅葡萄酒	蜂蜜	紅麴
第一天 15:00							
第二天 15:00							

實驗三、應用自製烘焙機，能控制咖啡豆的烘焙度嗎？

一、將第二批咖啡豆樣本烘焙後將目測的烘焙度記錄如下：

(表 6) 第二批咖啡豆樣本烘焙度記錄表

浸泡液 發酵時間	自然 發酵	乳酸菌	啤酒	米酒	紅葡萄酒	蜂蜜	紅麴
發酵一天 發酵約 8 小時	中焙	中深焙	淺焙	中焙	中焙	中焙	極淺焙
連續發酵二天 發酵約 32 小時	深焙	深焙	深焙	深焙	深焙	深焙	重深焙

二、發現自製的烘焙機並不能有效控制咖啡豆的烘焙度，是否會影響咖啡杯測分數，將做後續討論。

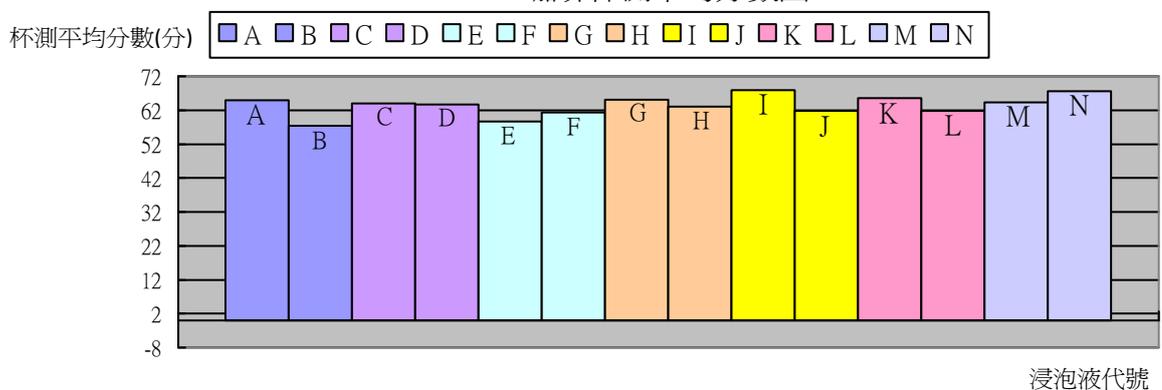
實驗四、同一時間同一批咖啡原豆，應用七種不同發酵方式生產的咖啡豆，杯測成績有無差異？

一、為顧及杯測分數之客觀性，徵求校內 8 位未參與此實驗過程的師長為主要杯測人員，杯測平均分數紀錄如下：

(表 7)咖啡杯測平均分數表

發酵一天之咖啡豆 發酵約 8 小時							
浸泡液	自然 發酵	米酒	紅麴	紅葡 萄酒	乳酸 菌	啤酒	蜂蜜
代號	A	C	E	G	I	K	M
杯測平均分數	64.87	64	58.63	65.13	68	65.5	64.25
連續發酵二天之咖啡豆 發酵約 32 小時							
浸泡液	自然 發酵	米酒	紅麴	紅葡 萄酒	乳酸 菌	啤酒	蜂蜜
代號	B	D	F	H	J	L	N
杯測平均分數	57.38	63.63	61.38	63.13	61.75	61.75	67.63

咖啡杯測平均分數圖



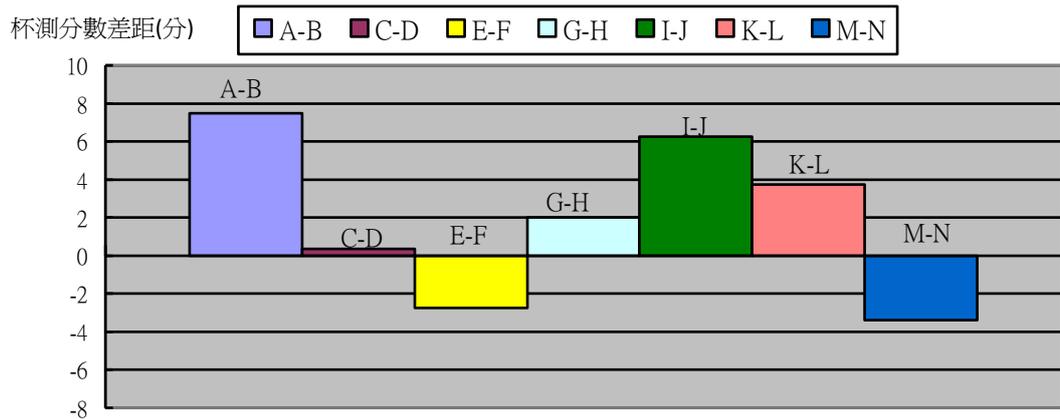
(圖 36) 咖啡杯測平均分數圖

二、將同一種發酵方式杯測分數相減，比較發酵一天與二天的分數差距。

(表 7) 發酵一天及二天咖啡杯測平均分數差距表

發酵一天與二天的分數差距							
浸泡液	自然 發酵	米酒	紅麴	紅葡 萄酒	乳酸 菌	啤酒	蜂蜜
發酵一天 代號	A	C	E	G	I	K	M
發酵二天 代號	B	D	F	H	J	L	N
算式	A-B	C-D	E-F	G-H	I-J	K-L	M-N
杯測分數 相較差數	7.49	0.37	-2.75	2	6.25	3.75	-3.38

發酵一天與二天的分數差距



(圖 37) 發酵一天與二天的分數差距圖

三、結果發現第一天分數普遍較第二天分數為高，也就是發酵一天左右的咖啡豆接受度較發酵二天左右的為高，只有紅麴及蜂蜜的浸泡發酵與其他結果不同，需再做討論。

四、再將兩天的自然發酵平均分數各設為參考點，其餘發酵法為對應點，檢驗加了浸泡液的發酵法平均分數減去自然發酵法的平均分數所得到的為正數或為負數。

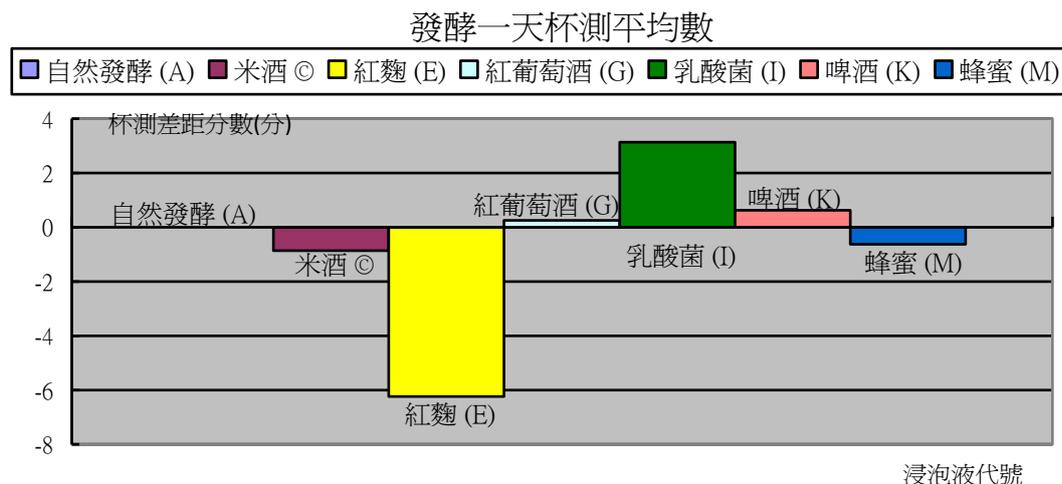
(表 8) 發酵一天咖啡杯測平均分數相差數值表

發酵一天之咖啡豆 發酵約 8 小時							
浸泡液	自然發酵	米酒	紅麴	紅葡萄酒	乳酸菌	啤酒	蜂蜜
代號	A	C	E	G	I	K	M
算式	A-A	C-A	E-A	G-A	I-A	K-A	M-A
杯測分數 相較差數	0	-0.87	-6.24	0.26	3.13	0.63	-0.62

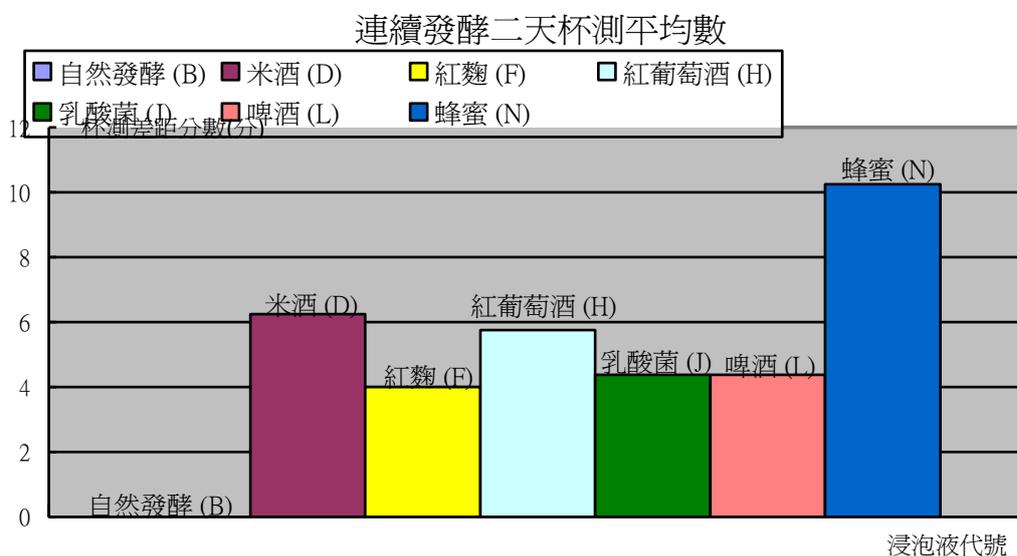
(表 9) 發酵二天咖啡杯測平均分數相差數值表

發酵二天之咖啡豆 發酵約 32 小時							
浸泡液	自然發酵	米酒	紅麴	紅葡萄酒	乳酸菌	啤酒	蜂蜜
代號	B	D	F	H	J	L	N
算式	B-B	D-B	F-B	H-B	J-B	L-B	N-B
杯測分數 相較差數	0	6.25	4	5.75	4.37	4.37	10.25

五、繪製杯測數據圖表：繪製成圖表，加以討論。



(圖 38) 發酵一天咖啡豆之杯測平均分數(設「自然發酵」為基準點 0)

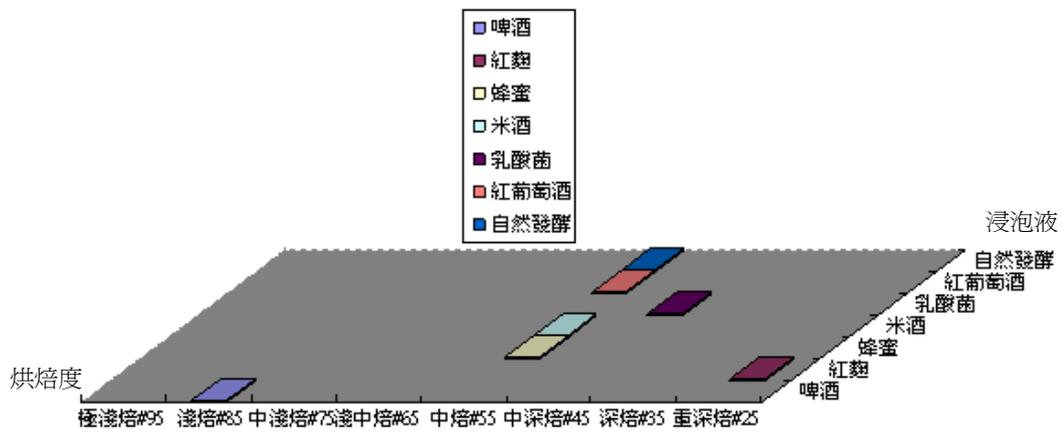


(圖 39) 連續發酵二天之咖啡豆杯測平均分數(設「自然發酵」為基準點 0)

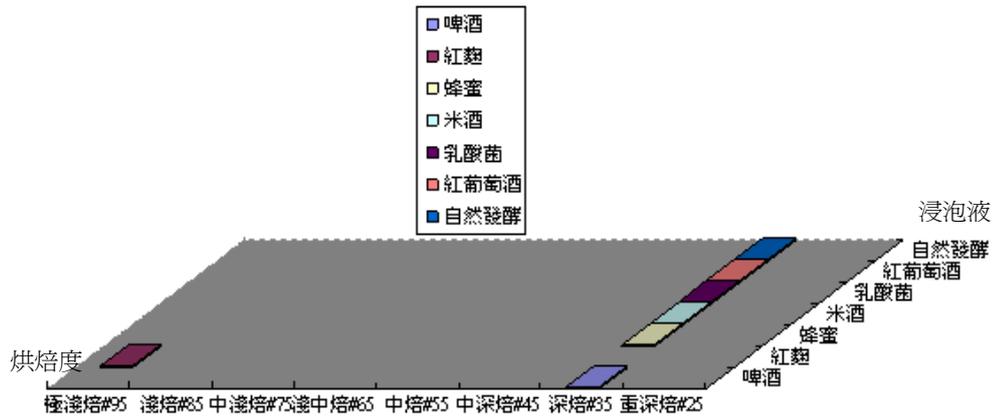
依圖 38 直條圖顯示以上數據發現，如果以無浸泡任何浸泡液發酵(自然發酵)而煮出的咖啡之杯測平均數為參照標準(設其平均數為零)，則咖啡豆浸泡於紅葡萄酒、乳酸菌及啤酒一天後所煮出的咖啡之杯測平均數高於浸泡其它浸泡液發酵後所煮出的咖啡之杯測平均數。又依圖 39 直條圖所呈現的圖表看出，浸泡連續二天於這六種浸泡液所發酵出之咖啡豆杯測平均數均高於設為參照標準的自然發酵所煮出之咖啡。由此實驗結果得知，浸泡一天於不同浸泡液種類的咖啡豆中，乳酸口味之咖啡接受度最高，緊接者是啤酒口味咖啡，再來則為紅葡萄酒口味咖啡；至於浸泡連續二天的部份，每種口味之咖啡都比自然發酵所煮出之咖啡還來的受青睞。

六、繪製烘焙度與杯測數據關係圖表：

將不同浸泡液所發酵完成之咖啡豆烘焙度作分析



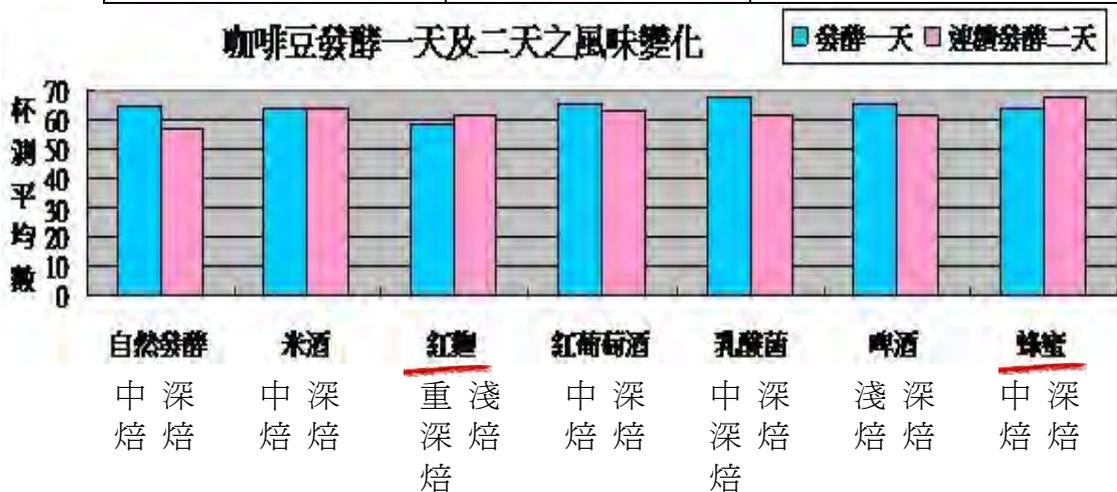
(圖 40) 發酵一天之咖啡豆烘焙度



(圖 41) 連續發酵二天之咖啡豆烘焙度

由圖 40 及圖 41 顯示，在盡量將第一天及第二天烘焙溫度及時間(20 分鐘)控制於相同的條件之下，除浸泡紅麴之咖啡豆外，其它浸泡不同浸泡液所發酵出來之咖啡豆的烘焙程度皆類似，即浸泡天數增加，烘焙度也隨之增加：
(表 10) 咖啡豆烘焙表

浸泡液	發酵一天之烘焙度	發酵二天之烘焙度
啤酒、蜂蜜、米酒、乳酸菌、紅葡萄酒、自然發酵	淺焙、中焙、中深焙	深焙
紅麴	重深焙	淺焙



(圖 42) 發酵一天及二天之口味變化表(杯測平均數)

由表 10 咖啡豆烘焙表及圖 42 發酵一天及連續二天之口味變化表可發現，基本上，浸泡一天之咖啡口感會比浸泡連續二天之咖啡口感要來的好。但紅麴及蜂蜜較為特殊，此二種浸泡液連續浸泡二天而發酵出之咖啡口感(杯測平均數)卻優於發酵僅一天之咖啡口感。亦即，如欲製作口味較佳之紅麴及蜂蜜口味咖啡，可將咖啡豆發酵至第二天後，分別以淺焙及深焙之烘焙度烘焙後研磨煮出。

陸、討論

- 一、此次利用咖啡豆發酵方式找尋出新咖啡口味實驗中，發現製造一杯好咖啡的過程中需要考量不少變因，例如：

發酵過程 變因種類	項 目
操縱變因	浸泡液、發酵時間
控制變因	咖啡豆品種、咖啡豆採收時間、咖啡豆發酵量、浸泡液量、發酵溫度、發酵濕度、烘焙時間
應變變因	不同咖啡豆之氣味

沖泡過程 變因種類	項 目
操縱變因	浸泡不同浸泡液之咖啡豆、不同發酵時間之咖啡豆、
控制變因	咖啡粉之顆粒大小、良好水質、沖煮水溫、沖煮時間、咖啡粉及水量比例
應變變因	不同咖啡口感及風味

雖然本實驗沒有使用專業精密儀器來進行實驗，所呈現之數據看來也非十分準確。除此，在進行實驗操作時，實驗中需維持固定、不變動條件的控制變因也不能像實驗室控制得非常嚴謹，且咖啡杯測分數十分主觀，或許會造成測量上的誤差。但最重要是的「學習歷程」，我們能在整個實驗過程中親自操作、面臨實際問題並尋求解決方法，到最後得到實驗結果的研究經驗及精神才是這活動的重要核心。

- 二、咖啡杯測由非專業人員(學校老師)評分，略顯主觀，若換成延請專業杯測專家測驗分數是否相類似，值得再次深入探究。
- 三、發酵中加入不同浸泡液後，煮出的咖啡令參與咖啡杯測的師長們感到訝異，直說喝起來的口感真的每杯感覺不同，可見浸泡液的確在發酵過程中發揮功能，的確可以藉由不同浸泡液發酵改變咖啡風味。
- 四、由本實驗發現不同浸泡液的咖啡豆與烘焙度可以有許多種搭配方式，杯測分數也不盡相同，因此提出可接續研究每種不同浸泡液所製造完成的咖啡豆，也許搭配不同烘焙度，將產生更好的杯測結果，使臺灣咖啡產業更加精進的想法。

柒、結論

浸泡液的「浸泡時間」會影響到咖啡豆的氣味及其在嘴裡的口感。由本咖啡豆發酵實驗過程中本實驗發現，浸泡一天浸泡液所煮出之咖啡會比連續浸泡二天浸泡液所煮出之咖啡口感還要好。此一發現顛覆了一般人認為被醃漬物要經過長時間浸泡，讓浸泡液完整滲入後才入味的概念，至少在醃漬咖啡豆上是不成立的。其中浸泡一天於不同浸泡液的咖啡豆裡，經過紅葡萄酒、乳酸菌及啤酒浸泡液醃漬過後所煮泡出來的咖啡，其香氣及口感皆優於其它浸泡液所浸泡並煮出之咖啡。而在浸泡連續二天浸泡液的咖啡豆中，此六種口味之咖啡風味皆優於自然發酵所煮出之咖啡。亦即，如欲品嚐紅葡萄酒、乳酸及啤酒口味之咖啡，建議可將咖啡豆浸泡於此三種浸泡液一天後，搭配淺焙之烘焙度來煮泡飲用；如欲品嚐紅麴及蜂蜜口味之咖啡，則可建議將咖啡豆浸泡於紅麴及蜂蜜此二種浸泡液連續二天後，分別搭配淺焙及深焙之烘焙度來煮泡飲用。期望此次所得之研究結果對有心於創發新咖啡口味的人一個研發新靈感。

在實驗進行過程中，無意間閱讀到二篇報導，一為雲林地區有位咖啡商努力鑽研「發酵方式」來「發明」許多特殊口味咖啡，此間接證明本實驗研究方向之正確性，也極具參考價值。另一報導則為一研究中心發現紅麴發酵咖啡渣可改善動脈硬化等心血管疾病。近年來台東地區積極推廣咖啡的栽種及生產，有愈來愈多人力投入於咖啡樹的養成與優質咖啡豆的揀選與烘焙，希望本實驗對台東地區想研發或創新咖啡口味的咖啡農有所參考與貢獻。

捌、參考資料及其他

康軒版 國小自然與生活科技5上，第二單元植物世界面面觀。

康軒版 國小自然與生活科技6上，第三單元水溶液。

康軒版 國小自然與生活科技6下，第三單元生物與環境。

胡文青，台灣的咖啡，臺北縣新店市，遠足文化事業，2005。

台灣大學〈咖啡學〉(王裕文教授)

<http://grassland.agron.ntu.edu.tw/yuewen/>

台東咖啡的行銷推廣

檢索自：

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_0dbhBezNK0J:www.taitung.gov.tw/PDA/News/DealData.aspx%3FSN%3D21875%26ComeFrom%3DCN+%E7%8E%8B%E8%A3%95%E6%96%87+SCAA&cd=11&hl=zh-TW&ct=clnk&gl=tw

咖啡豆的烘焙

檢索自：

<https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:3po5ooILb9QJ:food.tf.edu.tw/faculties/LinYS/download/Beverage%2520making/Part%25203%2520%25E5%2592%2596%25E5%2595%25A1%25E7%2583%2598%25E7%2584%2599.pdf+%E5%92%96%E5%95%A1%E8%B1%86+%E7%88%86&hl=zh-TW&gl=tw&pid=bl&srcid=ADGEEsJWYgUHlsQ3wUKmmdLp2ZFaa>

Z5Tbklnxsix3FistQv0j- tNP7-e2SMKasCA7QicrgSnoGxpEPyEDWhfH_h6MoWJRi_XfC7Pr
Fqi_FLM6UIWFmB1axkzlgEakD4aAW9Nj1UBd1E&sig=AHIEtbQxg9Abnp3zVrjBiVDypkt
PE6A2MA

咖啡杯測評鑑表

檢索自：

[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache: jNd1jsyhIBMJ:www.taiecoffee.org.t
w/files/%E5%9F%8E%E5%B8%82%E7%83%98%E7%84%99%E7%AB%B6%E8%B3%BD
%E8%A9%95%E5%88%86%E8%A1%A8%2B%E7%83%98%E7%84%99%E7%B4%80%E
9%8C%84%E8%A1%A8.xls+%E6%9D%AF%E6%B8%AC%E8%A9%95%E5%88%86%E8
%A1%A8&cd=1&hl=zh-TW&ct=clnk&gl=tw](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache: jNd1jsyhIBMJ:www.taiecoffee.org.t
w/files/%E5%9F%8E%E5%B8%82%E7%83%98%E7%84%99%E7%AB%B6%E8%B3%BD
%E8%A9%95%E5%88%86%E8%A1%A8%2B%E7%83%98%E7%84%99%E7%B4%80%E
9%8C%84%E8%A1%A8.xls+%E6%9D%AF%E6%B8%AC%E8%A9%95%E5%88%86%E8
%A1%A8&cd=1&hl=zh-TW&ct=clnk&gl=tw)

建國科技大學〈生活通識〉生活品味~咖啡簡介（張玉燕老師）

檢索自：http://www2.ctu.edu.tw/general_center/pdf/y1-4.pdf

咖啡什麼yipee哇-咖啡植物學

檢索自：<http://coffee.yipee.cc/>

建國科技大學〈生活通識〉生活品味~咖啡簡介（張玉燕老師）

檢索自：http://www2.ctu.edu.tw/general_center/pdf/y1-4.pdf

咖啡發酵

檢索自：<http://www.cooloud.org.tw/node/36736>

紅麴發酵咖啡

檢索自：<http://www.bcrc.firdi.org.tw/>

滲透原理

檢索自：<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B8%97%E9%80%8F>

玖、附件

(附件一)：咖啡杯測評鑑表

咖啡豆基本資料				
豆種：阿拉比卡種		生豆處理方式：	水洗	浸泡液：A
烘焙豆評鑑：		註記：	評審評語：	
01. 乾香氣	/ 10			
02. 濕香氣	/ 10			
03. 清爽度/酸度	/ 10			
04. 風味/深度	/ 10			
05. 濃稠度/口感	/ 10			
06. 結尾/尾韻	/ 10			
07. 甜度	/ 10			
08. 乾淨度	/ 10			
09. 複雜度	/ 10			
10. 總評	/ 10			
總分：				

(附件二)：咖啡杯測人員名單

編號	1	2	3	4	5	6	7	8
姓名	毛慧莉	王敏祥	林棟雄	鄭志偉	黃俊銘	邱麗蓉	林湘雲	黃云伶

【評語】 080817

本作品選用地題材，探討改良優化的方式。各測試材料從生活周遭取得，具實用性，學生表現出研究的熱誠，積極思考未來推廣的可能性，研究記錄詳實，惟作品呈現時可增加理由說明及結果歸納，以提升可讀性。