

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

佳作

080211

噠！紅茶怎麼變酸了？紅茶發酵因素之研究

學校名稱：國立東華大學附設實驗國民小學

作者： 小六 李語濡 小六 陳彥伶 小六 曹宛婷 小六 連浩任	指導老師： 張玉真 連吳卿
---	-------------------------

關鍵詞：發酵、紅茶菌

咦！紅茶怎麼變酸了？

～紅茶發酵因素之研究

研究摘要

參觀茶園時，老闆娘提到喝剩的紅茶放久了，竟長出白色菌膜，紅茶也變酸了。經過資料蒐集，我們發現是微生物對紅茶產生發酵作用。

在五下自然「微生物的作用」單元中，介紹利用微生物使食物發酵的實驗，與「酸紅茶」有些關聯。我們針對「紅茶發酵」有關因素展開研究，瞭解其中奧秘。

在研究中獲得以下發現：

- 一、微生物（紅茶菌）對紅茶、綠茶及烏龍茶的發酵作用，以紅茶最好。
- 二、紅茶加入黑糖、赤砂糖.....等六種糖後進行發酵，發酵差別並不明顯。
- 三、紅茶加入適量的糖，發酵較快。如果加入太多糖，糖的濃度過高，發酵不佳。
- 四、紅茶在室溫中發酵較佳；冰箱冷藏溫度太低，發酵並不理想。
- 五、紅茶接觸空氣發酵較良好，將紅茶密封未接觸空氣，發酵不佳。

壹、研究動機

五年級暑假作業有一項科學專題研究，我們研究「炭為觀止」，獲得學校科學專題研究競賽的金牌獎，在老師的指導下，我們繼續進行科學探究。

老師帶我們到瑞穗舞鶴台地參觀茶園，老闆娘提到：紅茶放久了，會長出一層白白的菌膜，且變成酸酸的，我們覺得很有趣。經過資料蒐集，發現是因為微生物對紅茶產生發酵作用，使紅茶變酸了。

在五下使用的牛頓版自然課本「微生物的作用」單元中，介紹了黴菌的構造、微生物，以及利用微生物使食物發酵的實驗，如：製作泡菜、釀造醋.....等。其中利用微生物使食物發酵的實驗，與我們喝到的「酸紅茶」有些關聯，於是我們針對與「紅茶發酵」有關的因素，展開進一步的研究，以探討其中的奧秘。

貳、研究目的

- 一、藉由參觀茶園及茶葉工廠，瞭解茶葉的製作過程。
- 二、藉由文獻探討、資料蒐集及實地訪談，瞭解使紅茶發酵的可能因素有哪些？
- 三、瞭解與「發酵作用」有關的化學概念與實驗操作方式。
- 四、探討微生物（紅茶菌）對不同茶葉產生的發酵作用有何不同？
- 五、探討紅茶種類、濃度、糖的種類、比例、溫度、空氣等變因，對發酵作用有什麼影響？

參、研究器材

一、材料

鶴岡紅茶	蜜香紅茶	綠茶	烏龍茶	紅茶菌	
赤砂糖	白砂糖	方糖	冰糖	果糖	黑糖

二、器材

比重甜度計	屈折式甜度計	量筒、燒杯	pH 值測量筆	溫度計
顯微鏡	電腦	電子秤	圓形切割器	冷藏用冰箱
玻璃製容器	紗布	照相機	攝影機	錄音筆

肆、研究過程及討論

一、參觀茶園及嘉茗茶行

花蓮舞鶴台地是台灣歷史悠久的茶葉產地之一，老師爲了帶領我們探討科展的研究題材並讓我們瞭解茶葉的製作過程，特別帶我們至瑞穗鄉舞鶴村參觀茶園及嘉茗茶行。

嘉茗茶行近年來因爲在茶葉製作上的用心，獲得無數製茶比賽的冠軍及優勝，連馬總統到花蓮來，也特別到嘉茗茶行體驗製茶的過程，實際感受茶農製茶的辛苦。



舞鶴台地青翠的茶園



嘉茗茶行獲得許多比賽的優勝



馬總統到嘉茗茶行體驗製茶的辛苦



在高老闆指導協助下，馬總統親手做出來的茶葉

感謝老闆娘粘阿姨，帶我們參觀茶園及實地解說茶廠製茶的過程。她仔細回答我們的問題，也招待我們喝各種剛烘焙完成的茶。以下是我們整理茶廠製作茶葉的過程：

(一) 製茶過程：

1、採茶

將茶樹新長的嫩芽或嫩葉採下，做爲製茶的原料。採茶時須注意天氣的變化，雲雨日不能進行採摘工作，天氣陰雨時，茶菁中飽含水氣未蒸散，茶的品質會受影響。



摘取「一心二葉」嫩芽

2、日光萎凋

採回來茶菁，必須立即平均攤開於帆布上，在陽光下曬，以免將鮮葉悶壞。萎凋時間由 10- 30 分鐘不等，視陽光強弱而定，溫度以 30°C- 40°C 為宜。如果陽光過強，不能將茶直接暴曬於日光下，應使用遮光網來遮蔭，以免茶菁曬傷。萎凋的過程中，茶菁中的水分通過葉背氣孔和嫩葉角質蒸發散失，茶葉變得柔軟。萎凋期間，須輕翻茶菁二~四次，使萎凋均勻。當清香微飄時，即可移入室內，進行「室內萎凋」。



3、室內萎凋

日光萎凋後，將茶菁移入屋內，靜置 1-2 小時，讓茶葉水分從葉緣水孔蒸發，至葉緣呈萎凋而起微波紋時，進行第一次攪拌。一般的茶菁約攪拌 3-5 次，隨著攪拌次數的增加，動作漸次加重，時間也隨之增長。前半段攪拌，動作宜輕，時間宜短，使茶菁消水平均即可。後半段的攪拌，動作加重，使鮮葉相互摩擦，以便進行發酵。



4、發酵

最後一次攪拌後，將茶菁靜置 60-180 分鐘，此時因茶細胞喪失一部分水分，與空氣接觸後產生氧化作用，稱為發酵。發酵至菁味消失，且散出一股熟果香時即可殺菁。



5、殺菁

當茶菁發酵到所需的程度時，就要進行殺菁，用高溫將茶葉炒熟或蒸熟，以破壞酵素活性，抑制茶葉再發酵，防止茶葉紅變，保有茶葉的香氣與滋味。同時蒸發茶菁中大量的水分，使茶葉變軟，適於揉捻成型及乾燥的處理。



6、揉捻

茶菁經過殺菁後，加以揉捻，把葉細胞揉破，迫使些許汁液滲出，黏附於茶葉表面，泡茶時可使茶素較易溶解於熱水中。揉捻可使茶葉緊結成型，增加美觀。揉捻時，一般是直接將茶葉放入揉捻機洞內，加以壓揉。另一種方式則是用布將茶包成團狀，再以揉捻機或手工壓捻。



7、整型

經過數次揉捻，茶葉外形逐漸緊結，水分也慢慢消散，此時應立即使用乾燥機，將茶葉的水分去除，以抑止殺菁後殘留的酵素活性，使茶葉不再繼續發酵。



8、烘焙

用焙火烘焙茶葉時，可利用焙火的火候去除菁味及減輕澀味，使其芳香可口。焙火一般適用於半發酵茶（如：包種茶、烏龍茶及鐵觀音……等），而全發酵茶（如：紅茶）及不發酵茶（如：綠茶）則不適用於焙火。



（二）嘉茗茶行研發之蜜香紅茶的製作過程：

花蓮舞鶴台地是台灣歷史悠久的茶葉產地之一，近年來舞鶴地區的製茶廠更因為研發出清香好喝的「蜜香紅茶」而再度打響名號，舞鶴台地生產的茶葉，受到飲茶者的青睞。在舞鶴台地所栽種的「蜜香紅茶」，是使用生態有機的方式栽培，茶農堅持不灑農藥。在小綠葉蟬的叮咬下，讓茶葉散發出濃郁的蜜香。

製作蜜香紅茶時，選用的茶種大都是「大葉烏龍」或「翠玉」。製作蜜香紅茶的茶菁，是採一心一芽的方式，不同於製作一般紅茶的一心兩葉。一台斤蜜香紅茶所需要的茶菁約兩萬芽，採摘需費時約三個多小時，而一般紅茶則只需要八千芽。由於蜜香紅茶製作起來費時、費工，因此更顯得其珍貴。

以下是製作出「蜜香紅茶」的重要媒介---茶小綠葉蟬的說明：

茶小綠葉蟬 <i>Jacobiasca formosana</i> (成蟲)	茶小綠葉蟬 <i>Jacobiasca formosana</i> (終齡若蟲)
 <p>體色黃綠色，體型細長、微小，後腳脛節有刺列。複眼灰白色，中胸背部黃褐色，中央有灰白縱帶。</p>	 <p>體色黃綠色，複眼灰白色。成蟲、若蟲均會吸食茶樹芽葉幼嫩組織汁液。被危害過的茶菁，製成特殊茶類後，會散發出果香。</p>

（三）意外發酵的紅茶

在訪談過程中，老闆娘提到：有一次，因為事情忙，忘記處理沒有喝完的紅茶。等到想起來時，竟然發現壺裡的紅茶不但變酸了，還長出一層白白厚厚的菌膜。我們聽了覺得非常新奇有趣，就針對紅茶發酵的因素進行一系列的研究和探討。

二、紅茶發酵相關資料蒐集

(一) 紅茶發酵的認識：

在製作茶葉的過程中，非常重視茶葉的發酵作用。發酵作用是指：空氣滲入葉肉細胞，引發複雜的化學變化而生成各種茶品特有的風味。製茶時，促使茶葉產生發酵作用，最主要的動作即是「攪拌」。用雙手微力翻動茶葉，使茶葉相互摩擦，導致葉緣細胞破損，讓空氣容易進入葉肉，與茶葉中的酵素產生化學變化，而形成發酵作用。

我們訪問瑞穗嘉茗茶行的高老闆時，他一再強調製作茶葉的發酵過程中，一定要注意下列因素：溫度、濕度、空氣、茶葉含水量、時間，適當的控制這些變因，才能製作出優良、好喝的茶葉。

(二) 紅茶菌基本認識：

紅茶菌又名「茶黴菌」。以紅茶做為培養液，再加入砂糖和菌種之後，會在紅茶液表面形成一層膜，形狀好像菇類，因此也有人稱它為「紅茶菇」。又因為紅茶菌的菌膜酷似海蜇的皮，因而又有「海寶」或「海寶菌」之稱。

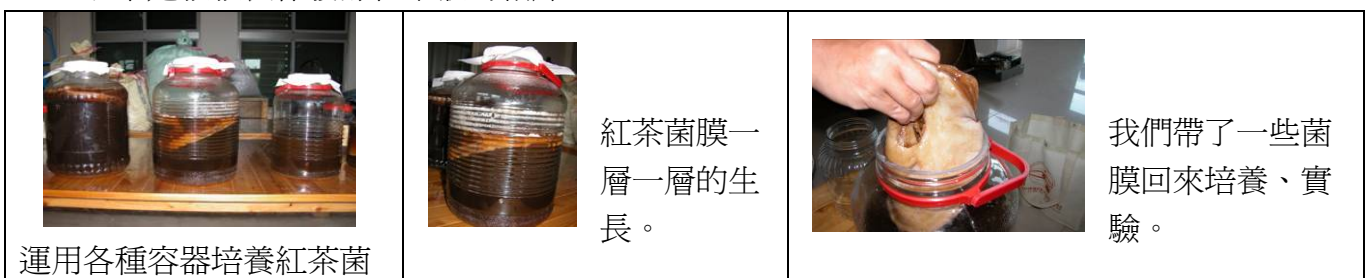
在進行本研究之前，老師有一位朋友對培養紅茶菌相當有經驗，因此老師帶領我們到培養紅茶菌的叔叔住處，實地參觀紅茶菌的培養過程，並請教叔叔一些有關紅茶菌的問題。

叔叔說：他培養紅茶菌已經十年了，目的是自己要飲用，據說有養身的功效。他所使用的菌種來源，是利用複合菌種包或直接取菌母膜加以培養。在叔叔的經驗中，加入冰糖的紅茶培養液，口感較佳。但一般人會使用較便宜的赤砂糖，以節省費用。

在紅茶液發酵的過程中，菌母膜會越長越厚。每次更新浸泡液時，可以拋棄底層較老舊的菌膜，留下新鮮的菌膜繼續發酵。此外，培養罐裡的紅茶菌膜也可以清洗，若不清洗，利用原紅茶液再加入新的浸泡液，菌膜生長的速度會較快。

而紅茶液的發酵時間，因為夏天氣溫較高，大約七至十天即會酸化；而冬天氣溫較低，則需要二週以上的時間。一般可以用吸管吸取少量的紅茶液嚐味道，至個人可接受的酸甜度即可飲用。取用的湯杓、吸管一定要保持乾燥，以免紅茶液內的菌膜會受污染而發霉。如菌膜變成黑色、毛狀，即為發霉狀態，浸泡液不能再飲用，要丟棄後，將容器清洗乾淨，才可重新製作。如果將發酵過的紅茶液放入冰箱冷藏，細菌活性會降低，發酵作用也會減慢速度。

以下是叔叔製作發酵紅茶液的相片：



三、 和本研究有關的化學實驗基本練習

因為我們對紅茶發酵的實驗過程及相關器材的操作，並不很清楚，因此在正式實驗前，老師先讓我們進行一些相關的化學實驗基本練習。

(一) 化學概念：酸、鹼、pH 值。

◎實驗操作：以酸鹼試劑實測市售飲料之酸鹼值。

(一) 實驗過程：我們準備了市面 30 種不同的飲料，分別以廣用試紙及電子儀器 (pH 筆) 檢測飲料的酸鹼度，並加以記錄。

 <p>先學習「解離學說」</p>	 <p>廣用試紙</p>	 <p>老師講解 pH 筆的使用方法</p>	 <p>冬瓜茶的 pH 值 5.4</p>
--	---	--	--

(二) 實驗結果：

表一：酸鹼溶液測試實驗記錄表

實驗日期：97 年 12 月 24 日星期三

溶液名稱		廣用試紙		電子儀器 (PH 筆)	溶液名稱		廣用試紙		電子儀器 (PH 筆)
		顏色	PH 值				顏色	PH 值	
飲用水	蒸餾水	綠色	7	7.8	食用醋	工研白醋	橘色	1	2.5
	生飲水	綠色	6	7.6		工研烏醋	橘色	1	2.8
	礦泉水	綠色	6	8.1		梅子醋	橘色	1	2.6
	海洋深層水	綠色	6	7.6		檸檬醋	橘色	1	2.6
	鹼性離子水	綠色	6	8.2		葡萄果醋	橘色	1	3.3
	竹炭水	綠色	6	7.2		40%酸度醋精	橘色	1	1.8
	自來水	綠色	6	8.2		運動飲料	舒跑	橘色	1
茶飲	紅茶	黃色	4	5.8	寶礦力水得		橘色	1	3.5
	茉香綠茶	黃色	4	6.4	寶健		橘色	1	3.7
	麥茶	黃色	4	5.9	卡打車		橘色	1	3.8
	冬瓜茶	黃色	4	5.4	碳酸飲料	可口可樂	橘色	1	2.6
咖啡	三合一咖啡	黃色	4	6.9		黑松沙士	橘色	1	3.0
	鮮奶	黃色	4	6.7		雪碧	橘色	1	3.3
奶製品	養樂多	橘色	1	3.6		芬達	橘色	1	2.9
	比菲多	橘色	1	3.7	果汁	柳橙汁	橘色	1	4.0



(三) 實驗發現：

- 1、一般市售的飲用水多為中性，鋁箔包裝的茶類飲料、咖啡、鮮奶呈弱酸性，其他飲料都呈現酸性。
- 2、乳酸飲料、運動飲料、碳酸飲料 PH 值都呈現酸性，應該盡量少喝。



(二) 化學概念：比例、比重、密度、甜度。

◎ 實驗器材介紹：

1、比重甜度計：

 <p>量筒</p>	 <p>比重甜度計</p>	比重甜度計底端配有許多的鉛製小珠珠，利用固定的重量與被測液浮力到達的平衡來測出實際的甜度。此種甜度計，較適合測量糖水的甜度，不適合測量混合溶液的甜度。
---	--	---

2、屈折式甜度計：

	 <p>103</p>	屈折式甜度計也叫「折光儀」，當光線通過不同濃度的液體時，會產生不同的折光角度，透過比較折光角度得出液體的濃度值，屈折式甜度計即是依據此原理設計而成。基於含糖溶液的折光率比例濃度的原理，設計而成的手持屈光糖度計，可以用來直接測定含糖溶液的含糖量。在本研究中，我們所使用的屈折式甜度計測量甜度範圍：0~32 (Brix)，準確度：±0.2 (Brix)。
屈折式甜度計	屈折式甜度計視窗顯示情形	

3、屈折式甜度計的使用方法：

- (1) 掀開採光板，用柔軟的布或擦鏡紙仔細地把測試窗表面擦拭乾淨，注意不要劃傷鏡面。
- (2) 取試液數滴放在測試窗的鏡面上，蓋上採光板使試液遍佈鏡面，將測試窗對向光源或明亮處，轉動聚焦柄使刻度清晰，觀察亮暗分界線所對準的刻度即為測量值。
- (3) 測量結束後用蒸餾水清洗測試窗。

4、屈折式甜度計的校正方法：

取蒸餾水數滴於測試窗上，蓋上面板後調整校正鈕，使分界調至刻度 0% 位置，再將測試窗擦乾淨，進行測量。

◎ 實驗操作：以甜度計測量市售飲料之甜度。

(一) 實驗過程：

我們準備了市面上 30 種不同的飲料，分別以「比重甜度計」及「屈折式甜度計」來檢測飲料的甜度，並加以記錄。



(二) 實驗結果：

表 二：溶液甜度測試記錄表

實驗日期：97 年 12 月 27 日 星期六

溶液 (標準量 100C.C.)		比重 甜度計	屈折式 甜度計	溶液 (標準量 100C.C.)		比重 甜度計	屈折式 甜度計
食用醋	工研白醋	4	4	果汁	柳橙汁	8	10.8
	工研烏醋	11	15.9		葡萄柚汁	10	11
	梅子醋	21	20		蔓越梅汁	8	10
	檸檬醋	17	25		波蜜果菜汁	8	8.8
	紅葡萄果醋	6	11		蕃茄汁	13	6
運動飲料	舒跑	6	6		碳酸 飲料	可口可樂	8.5
	寶健	5	7.8	黑松沙士		8	10
	寶礦力水得	5	6.8	雪碧		8	10.7
	卡打車	8	8	芬達汽水		9	13
乳酸飲料	養樂多	10	16	超市 茶飲	紅茶	6	7.9
鮮奶	全脂鮮奶	5	12.2		茉香綠茶	6	8.5
	低脂鮮奶	5	10.0		麥茶	7	8.9
店面販售 紅茶	全糖	4	8		烏龍茶	2	0.9
	半糖	5	5		冬瓜茶	7	10
	無糖	2	0.1		青茶	9	9
				泡沫綠茶	5	5	

(三) 實驗發現：

- 1、使用「比重甜度計」及「屈折式甜度計」所測得的甜度值差異很大，顯示出兩種儀器產生的誤差值很大，經仔細查詢相關資料後，得知比重甜度計較適合測量糖水的甜度，不適合測量混合溶液的甜度。
- 2、經過大家討論後，決定使用「屈折式甜度計」，因為使用「比重甜度計」一次就要 100C.C.溶液，使用的溶液量太大，對後續的實驗進行不太方便。





四、茶的種類對發酵有哪些影響？

(一) 實驗假設：

使用紅茶進行發酵的結果，應該會比較好，所以才會有「紅茶菌」這樣的名稱。



















(二) 實驗步驟：

- 1、使用圓形切割器切割菌膜，測量並記錄菌膜的直徑及厚度。
- 2、將煮好的三種茶湯冷卻 30 分鐘後，倒入培養罐裡，再貼上標籤，標明實驗日期及茶湯名稱。
- 3、將相同直徑及厚度的菌膜，分別放入培養罐中，使其進行發酵作用。
- 4、利用每星期三及星期六下午的時間，加以觀察、紀錄。

			
1、以圓形切割器切割菌膜	2、菌膜取樣	3、測量菌膜的直徑、厚度	4、將菌膜放入茶中

(三) 實驗紀錄：

表 三：茶的種類發酵的變化

綠茶		烏龍茶		紅茶	
97/12/17(三)	97/12/31(三)	97/12/17(三)	97/12/31(三)	97/12/17(三)	97/12/31(三)
					
					
					
菌膜生長： 剛置入菌膜。	菌膜生長： 菌膜從小片長 成大片，顏色 偏土黃色，有 許多泡沫。	菌膜生長： 剛置入菌膜。	菌膜生長： 菌膜從小片長 成大片，顏色 偏土黃色，有 許多泡沫。	菌膜生長： 剛置入菌膜。	菌膜生長： 菌膜從小塊變 成大塊，生長 良好。

(四) 研究發現：

- 1、紅茶液中的菌膜生長得最好。
- 2、綠茶和烏龍茶產生許多泡沫，菌膜生長得並不好。

五、紅茶菌膜對發酵作用有哪些影響？




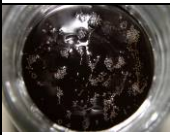




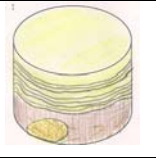
(一) 實驗假設：加入紅茶菌膜的紅茶液，因為有微生物的作用，發酵速度會比較快。

(二) 實驗步驟：

- 1、在兩瓶 500c.c.的紅茶液中，分別加入 50 公克的赤砂糖。
- 2、其中一瓶紅茶液置入直徑 5cm，厚 0.5cm 的紅茶菌膜；另一瓶紅茶液未置入菌膜，兩瓶放在同樣的地方進行觀察。
- 3、利用每星期三及星期六下午的時間，加以觀察、紀錄。

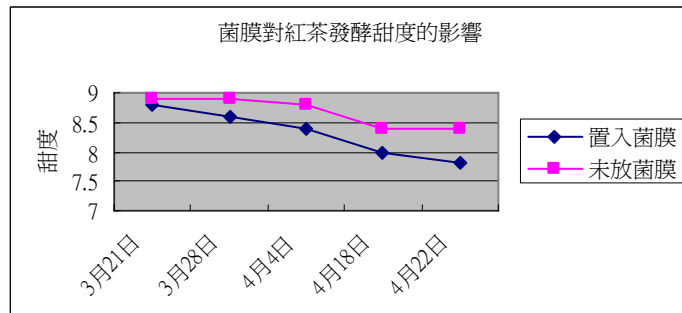
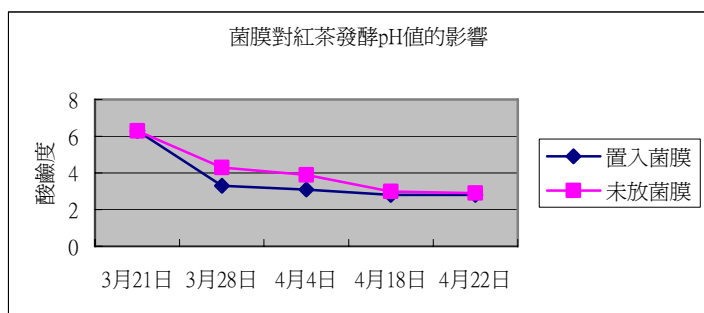
(三) 實驗紀錄：

表 四：菌膜對紅茶發酵的影響

		研究記錄日期				
		3/21 (六)	3/28 (六)	4/4 (六)	4/18 (六)	4/22 (三)
置 入 菌 膜						
						
						
		pH 值：6.3 甜度：8.8 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.3 甜度：8.6 菌膜生長： 已長出一層薄 膜，但分裂成許 多小碎塊，有發 黴。	pH 值：3.1 甜度：8.4 菌膜生長： 已長 4 層菌膜， 底部有許多菌 絲。	pH 值：2.8 甜度：8 菌膜生長： 已長出 8 層菌 膜，最上層的菌 膜最厚，底部有 許多菌絲。	pH 值：2.8 甜度：8 菌膜生長： 長出 9 層菌膜， 底部有許多菌 絲。

		研究記錄日期				
		3/21 (六)	3/28 (六)	4/4 (六)	4/18 (六)	4/22 (三)
未 放 入 菌 膜						
	pH 值：6.3 甜度：8.9 甜度單位：Brix 菌膜生長： 未置入菌膜。	pH 值：4.3 甜度：8.9 菌膜生長： 已長出許多小 碎塊的菌膜，有 一小部分發 黴，泡泡較多。	pH 值：3.9 甜度：8.8 菌膜生長： 菌膜有些沈到 底部，並且碎裂 成菌絲，發黴的 有些結合在一 起。	pH 值：3.0 甜度：8.4 菌膜生長： 已長出一層定 型的菌膜，有許 多發黴的部分 消失。	pH 值：2.9 甜度：8.4 菌膜生長： 已長出 3 層菌 膜，底部有菌 絲，發黴部分已 消失。	

(四) 研究發現：



- 1、放入菌膜的紅茶液 pH 值及甜度，都比未放入菌膜的紅茶液低。
研究記錄顯示：加入菌膜後，紅茶液的發酵作用，進行的速度比較快。
- 2、紅茶菌膜會包覆發黴的地方，黴菌逐漸消失，可能是在紅茶液的環境中紅茶菌生長較為優勢。
- 3、時間越久，菌膜的顏色會越變越深。
- 4、未放入菌膜的紅茶液容易發黴。

六、紅茶的種類對發酵有哪些影響？
















(一) 實驗假設：鶴岡紅茶發酵的速度會比蜜香紅茶更快。








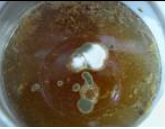



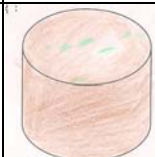
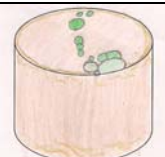


(二) 實驗步驟：

- 1、一瓶倒入 500c.c.的鶴岡紅茶；另一瓶倒入 500c.c.的蜜香紅茶中，分別加入 50 公克的赤砂糖。
- 2、兩瓶均置入直徑 5cm，厚 0.5cm 的紅茶菌膜，放在同樣的地方觀察。
- 3、利用星期三及星期六下午的時間，加以觀察、紀錄。

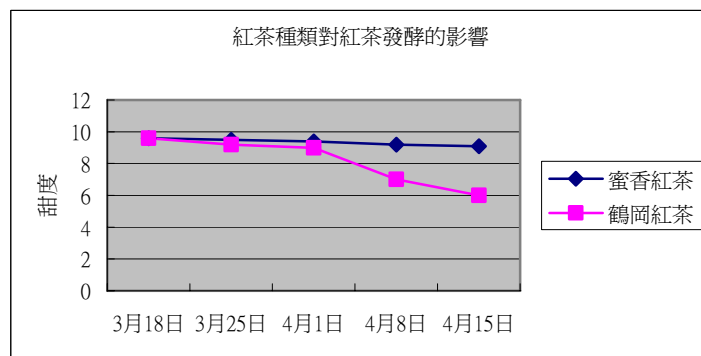
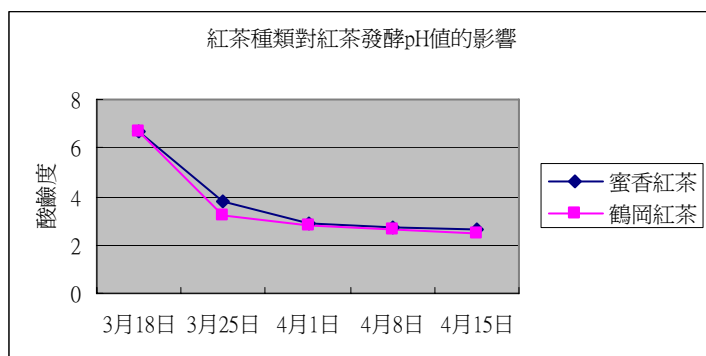
(三) 實驗紀錄：

表 五：不同紅茶種類對紅茶發酵作用的影響

		研究記錄日期				
		3/18 (三)	3/25 (三)	4/1 (三)	4/8 (三)	4/15 (三)
蜜 香 紅 茶						
						
						
	pH 值：6.7 甜度：9.6 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.8 甜度：9.5 菌膜生長： 長出一絲絲的 菌絲。	pH 值：2.9 甜度：9.4 菌膜生長： 菌絲長的更多 更密。	pH 值：2.7 甜度：9.2 菌膜生長： 菌絲變少了。	pH 值：2.6 甜度：9.1 菌膜生長： 菌絲並不明顯， 沒有形成薄膜。	

		研究記錄日期				
		3/18 (三)	3/25 (三)	4/1 (三)	4/8 (三)	4/15 (三)
鶴岡紅茶						
						
						
	pH 值：6.7 甜度：9.6 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.2 甜度：9.2 菌膜生長： 表面長出許多 黴菌。	pH 值：2.8 甜度：9 菌膜生長： 菌絲變多，有的 浮在上面，有的 沈在底部。表面 的黴菌變大。	pH 值：2.6 甜度：8 菌膜生長： 表面的黴菌變 少。	pH 值：2.5 甜度：7 菌膜生長： 已形成薄膜，但 有發黴現象。	

(四) 研究發現：



- 1、鶴岡紅茶的 pH 值及甜度都比蜜香紅茶低，顯示鶴岡紅茶發酵作用進行的速度比蜜香紅茶更快。
- 2、兩種紅茶在加入菌膜的第一週，pH 值下降的特別明顯，表示第一週的發酵作用較為強烈。
- 3、菌膜生長的方向是往上方生長，新長出來的菌膜顏色較淺。

七、紅茶的濃度對發酵有哪些影響？


















(一) 實驗假設：紅茶濃度越濃，發酵作用的速度越快。

(二) 實驗步驟：











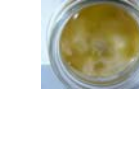
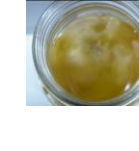






- 1、將煮開的熱水各 500c.c 倒入 3 瓶玻璃罐，並加入 50 公克的赤砂糖。
- 2、第一瓶放入 1 袋茶包；第二瓶放入 3 袋茶包，第三瓶放入 5 袋茶包，浸泡 10 分鐘後將茶包取出。
- 3、靜置 30 分鐘，待紅茶冷卻後，三瓶均置入直徑 5cm，厚 0.5cm 的紅茶菌膜，放在同樣的地方觀察。
- 4、利用星期三及星期六下午的時間，加以觀察、紀錄。

(三) 實驗紀錄：

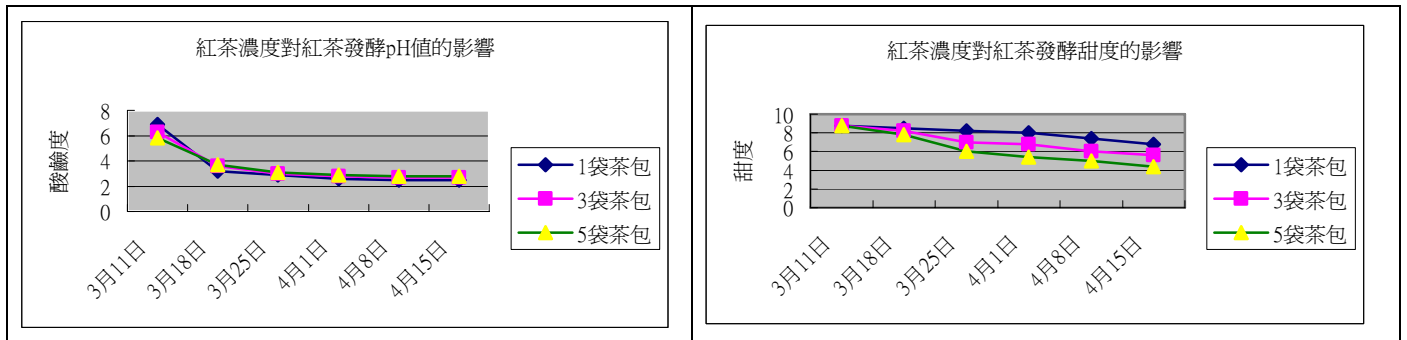
表 六：紅茶的濃度對紅茶發酵作用的影響

一袋茶包	日期					
	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)	4/1 (三)	4/8 (三)	4/15 (三)
						
						
						
pH 值：6.3 甜度：8.8 甜度單位： Brix 菌膜生長： 剛置入菌 膜。	pH 值：3.2 甜度：8.5 菌膜生長： 長出一層新 菌膜，已定 型。	pH 值：2.9 甜度：8.2 菌膜生長： 菌膜變厚。	pH 值：2.6 甜度：8.0 菌膜生長： 長出 4 層菌 膜。	pH 值：2.5 甜度：7.4 菌膜生長： 已長出 5 層 菌膜，底部 有許多菌 絲。	pH 值：2.5 甜度：6.8 菌膜生長： 已長出 6 層 菌膜。	

三 袋 茶 包	日 期					
	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)	4/1 (三)	4/8 (三)	4/15 (三)
						
						
						
pH 值：5.7 甜度：8.8 甜度單位： Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.6 甜度：8.2 菌膜生長： 未形成新菌 膜，表面冒出 些許氣泡，長 出綠白色的 黴菌。	pH 值：3.0 甜度：7.0 菌膜生長： 長出一層新 菌膜。	pH 值：2.8 甜度：6.8 菌膜生長： 長出 3 層菌 膜。	pH 值：2.7 甜度：6.0 菌膜生長： 長出 5 層菌 膜，底部有一 些菌絲。	pH 值：2.7 甜度：5.6 菌膜生長： 長出 6 層菌 膜。	

五 袋 茶 包	日 期					
	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)	4/1 (三)	4/8 (三)	4/15 (三)
						
						
						
pH 值：5.5 甜度：8.8 甜度單位： Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.7 甜度：7.8 菌膜生長： 長出薄菌 膜，表面冒出 許多氣泡，長 出綠色黴菌。	pH 值：3.1 甜度：6.0 菌膜生長： 菌膜變厚，已 定型。	pH 值：2.9 甜度：5.4 菌膜生長： 長出 4 層菌 膜。	pH 值：2.8 甜度：5 菌膜生長： 已長出 6 層菌 膜，底部有許 多菌絲。	pH 值：2.8 甜度：4.4 菌膜生長： 已長出 7 層菌 膜。	

(四) 研究發現：



- 1、不同濃度的紅茶 pH 值都降低了，以 5 袋紅茶組降得最低。
- 2、不同濃度的甜度變化，以 1 袋紅茶組最高，3 袋紅茶組次之，5 袋紅茶組最低。
- 3、紅茶濃度越濃，菌膜生長速度越快，菌膜顏色越深。
紅茶菌生長以 5 袋紅茶組較厚、較多層，表示 5 袋紅茶組發酵作用較良好。
- 4、發黴的部分會被紅茶菌慢慢覆蓋。

八、糖的種類對發酵有哪些影響？

(一) 實驗假設：

加入不同種類的糖，紅茶發酵的速度會不一樣。

以蔗糖為主要成分的糖根據純度的由低到高又分為：黑糖、赤砂糖、白砂糖和冰糖。

簡易製糖加工流程：











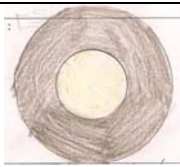
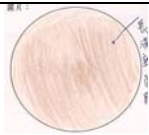
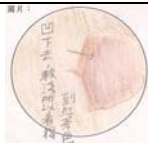

					
黑糖	赤砂糖	白砂糖	方糖	冰糖	果糖









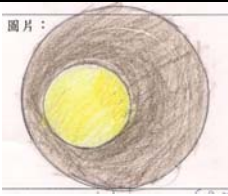
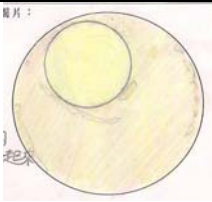
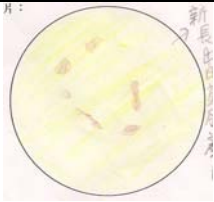

(二) 實驗步驟：










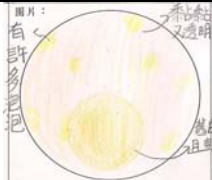


- 1、6 瓶 500c.c.的紅茶，分別加入 100 公克的黑糖、赤砂糖、白砂糖、方糖、冰糖及果糖。
- 2、靜置 30 分鐘，待紅茶冷卻後，6 瓶均置入直徑 5cm，厚 0.5cm 的紅茶菌膜，放在同樣的地方觀察。
- 3、利用星期三及星期六下午的時間，加以觀察、紀錄。









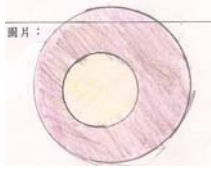



(三) 實驗紀錄：









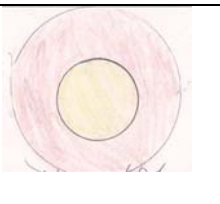
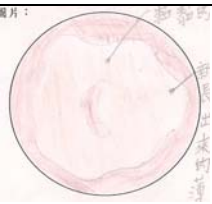
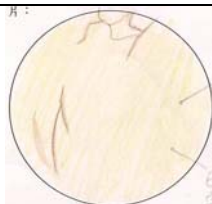
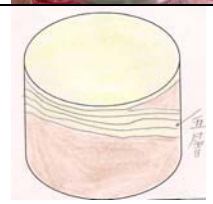
表 七：糖的種類對紅茶發酵的影響









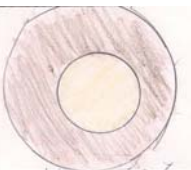
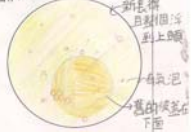

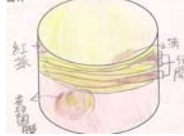
	日期			
	2/21 (六)	2/28 (六)	3/7 (六)	3/21 (六)
黑糖				
				
				
	pH 值：5.6 甜度：16 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.9 甜度：14 菌膜生長： 長出 1 層薄膜。	pH 值：3.0 甜度：13.2 菌膜生長： 長出 2 層菌膜。	pH 值：2.6 甜度：12.8 菌膜生長： 長出 6 層菌膜，菌膜 顏色越來越深。

	日期			
	2/21 (六)	2/28 (六)	3/7 (六)	3/21 (六)
赤砂糖				
				
				
	pH 值：6.2 甜度：16 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.8 甜度：15.4 菌膜生長： 長出 1 層薄膜。	pH 值：2.9 甜度：14.9 菌膜生長： 已長出 2 層，變得更 厚。	pH 值：2.5 甜度：13.2 菌膜生長： 長出 5 層。

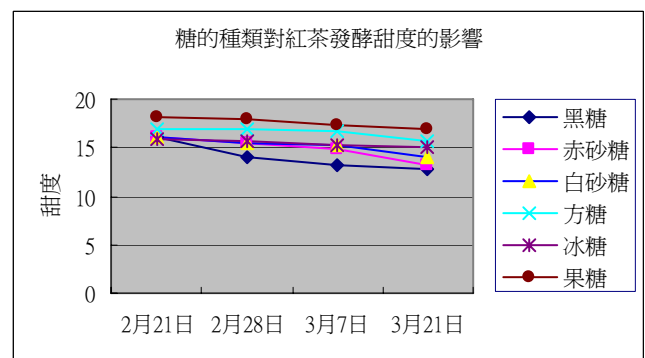
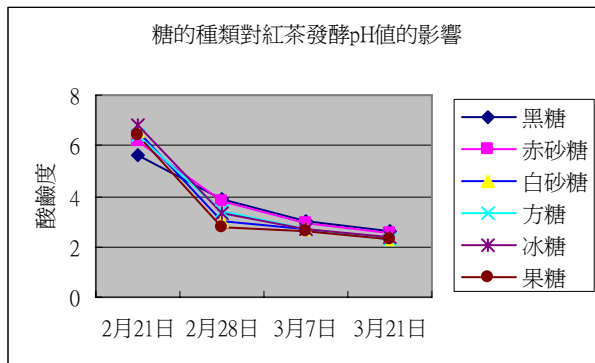
	日期			
	2/21 (六)	2/28 (六)	3/7 (六)	3/21 (六)
白砂糖				
				
				
	pH 值：6.4 甜度：16 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.0 甜度：15.4 菌膜生長： 長出一層厚膜。	pH 值：2.7 甜度：15.2 菌膜生長： 已長出 3 層菌膜。	pH 值：2.3 甜度：14 菌膜生長： 長出 5 層菌膜。

	日期			
	2/21 (六)	2/28 (六)	3/7 (六)	3/21 (六)
方糖				
				
				
	pH 值：6.4 甜度：17 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛植入菌膜	pH 值：3.4 甜度：17 菌膜生長： 長出第二層薄膜	pH 值：2.7 甜度：16.6 菌膜生長： 已長出 4 層，有許多 菌絲	pH 值：2.3 甜度：15.6 菌膜生長： 長出 8 層，上層未定 型

	日期			
	2/21 (六)	2/28 (六)	3/7 (六)	3/21 (六)
冰糖				
				
				
	pH 值：6.8 甜度：15.8 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.3 甜度：15.6 菌膜生長： 長出 1 層薄膜。	pH 值：2.7 甜度：15.2 菌膜生長： 已長出 3 層，有許多 菌絲	pH 值：2.4 甜度：15.1 菌膜生長： 長出 5 層，越來越 厚。

	日期			
	2/21 (六)	2/28 (六)	3/7 (六)	3/21 (六)
果糖				
				
				
	pH 值：6.4 甜度：18.2 菌膜生長： 剛植入菌膜。	pH 值：2.8 甜度：18 菌膜生長： 長出一層薄膜。	pH 值：2.6 甜度：17.4 菌膜生長： 長出第三層。	pH 值：2.3 甜度：16.9 菌膜生長： 長出六層。

(四) 研究發現：



- 1、加入六種糖的紅茶 pH 值和甜度都降低，紅茶菌長的越來越大、越來越厚，表示紅茶發酵作用良好。
- 2、第一週的 pH 值下降最明顯，表示紅茶發酵作用良好。六種糖的 pH 值變化差異不大。
- 3、六種糖的甜度以果糖最高、冰糖最低，甜度變化以黑糖最明顯，其他糖的甜度變化並不明顯。











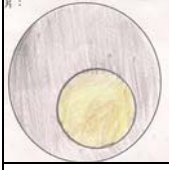
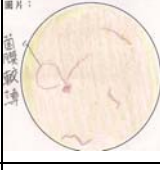


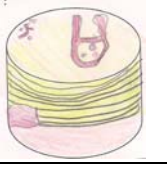
九、糖的比例對發酵有哪些影響？












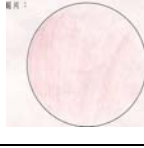
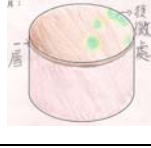


- (一) 實驗假設：加入各種不同比例的糖，紅茶發酵的速度會不一樣。
- (二) 實驗步驟：




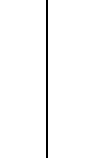






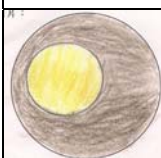
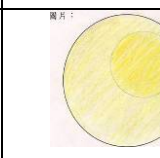
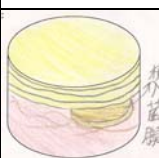

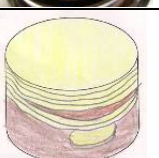
- 1、6 瓶 500c.c.的紅茶，分別加入 50 公克、100 公克、150 公克、200 公克、250 公克、300 公克的赤砂糖。
- 2、靜置 30 分鐘，待紅茶冷卻後，6 瓶均置入直徑 5cm，厚 0.5cm 的紅茶菌膜，放在同樣的地方觀察。
- 3、利用星期三及星期六下午的時間，加以觀察、紀錄。











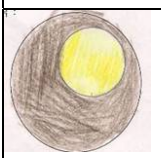
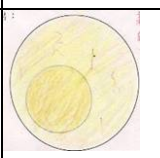

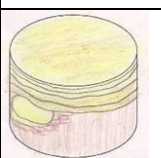

(三) 實驗紀錄：











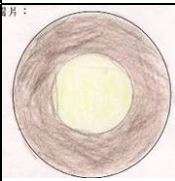
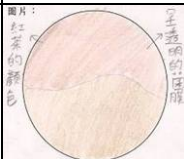

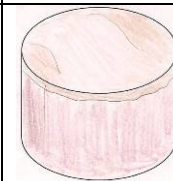

表 八：糖的比例對菌膜生長的影响













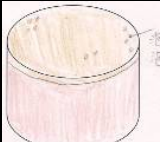


50 公 克	日期				
	2/25 (三)	3/4 (三)	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)
					
					
					
pH 值：6.4 甜度：8.8 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.3 甜度：8 菌膜生長： 表面凹凸不平，長出新菌絲，已定型。	pH 值：3.2 甜度：7.3 菌膜生長： 已長出 4 層菌膜。	pH 值：2.8 甜度：5.8 菌膜生長： 已長出 8 層菌膜。	pH 值：2.8 甜度：5.2 菌膜生長： 已長出 9 層菌膜，有許多菌絲。	

100 公 克	日期				
	2/25 (三)	3/4 (三)	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)
					
					
					
pH 值：6.3 甜度：15.8 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛植入菌膜。	pH 值：3.8 甜度：15.5 菌膜生長： 比 50 公克組薄，菌絲像水母一般，已定型。	pH 值：3.5 甜度：15.3 菌膜生長： 長出 1 層菌膜，但有發黴。	pH 值：3.0 甜度：15.2 菌膜生長： 長出 2 層菌膜，發黴處被菌膜包起來。	pH 值：2.8 甜度：14.3 菌膜生長： 已長出 6 層菌膜，底層分裂，有許多菌絲。	

		日期				
		2/25 (三)	3/4 (三)	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)
150 公克						
						
						
	pH 值：6.2 甜度：21.1 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛植入菌膜。	pH 值：3.1 甜度：21.2 菌膜生長： 長出 2 層菌膜， 已定型。	pH 值：3.2 甜度：21.1 菌膜生長： 長出 4 層菌膜。	pH 值：2.9 甜度：20.4 菌膜生長： 長出 5 層菌膜， 旁邊有菌絲。	pH 值：2.9 甜度：20.4 菌膜生長： 長出 6 層菌膜。	

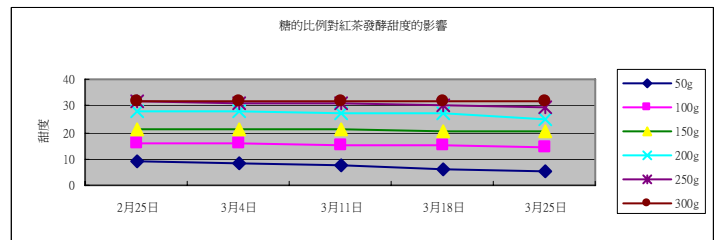
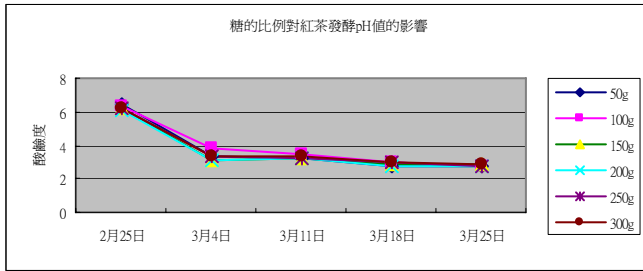
		日期				
		2/25 (三)	3/4 (三)	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)
200 公克						
						
						
	pH 值：6.1 甜度：28.2 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛植入菌膜。	pH 值：3.1 甜度：27.9 菌膜生長： 長出 2 層菌膜。	pH 值：3.2 甜度：27.2 菌膜生長： 長出 4 層菌膜， 旁有菌絲。	pH 值：2.7 甜度：27 菌膜生長： 長出 5 層菌膜。	pH 值：2.8 甜度：25.2 菌膜生長： 長出 7 層菌膜， 最上層未定型。	

250 公克	日期				
	2/25 (三)	3/4 (三)	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)
					
					
					
pH 值：6.2 甜度：32 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛植入菌膜。	pH 值：3.4 甜度：31.3 菌膜生長： 從周圍往中間 長透明新菌。	pH 值：3.2 甜度：30.6 菌膜生長： 菌膜變厚。	pH 值：3.0 甜度：30.1 菌膜生長： 菌膜變更厚。	pH 值：2.8 甜度：29.3 菌膜生長： 菌膜已定型。	

300 公克	日期				
	2/25 (三)	3/4 (三)	3/11 (三)	3/18 (三)	3/25 (三)
					
					
					
pH 值：6.2 甜度：32 以上 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛植入菌膜。	pH 值：3.3 甜度：32 以上 菌膜生長： 產生氣泡，尚未 形成新菌膜。	pH 值：3.3 甜度：32 以上 菌膜生長： 菌膜變厚。	pH 值：3.0 甜度：32 以上 菌膜生長： 菌膜變更厚。	pH 值：2.9 甜度：32 以上 菌膜生長： 菌膜已定型。	

說明：因為所使用的屈折式甜度計最高只能測到 32 Brix，甜度超過部分僅能以 32 Brix 以上來表示。

(四) 研究發現：



- 1、加入各種比例的糖，紅茶 pH 值的差異並不明顯。
- 2、紅茶菌長的越來越大、越來越厚，表示紅茶發酵作用良好。
- 3、加入糖越多，甜度越高；加入糖越多，菌膜的顏色越深。糖放的比較少，菌膜卻長的較快。
- 4、500C.C.的紅茶，加入 50 公克的糖，發酵的速度最快。

十、溫度對發酵有哪些影響？

(一) 實驗假設：溫度較高，紅茶發酵的速度較快。

(二) 實驗步驟：


















- 1、2 瓶 500c.c.的紅茶，分別加入 50 公克的赤砂糖。
- 2、靜置 30 分鐘，待紅茶冷卻後，2 瓶均置入直徑 5cm，厚 0.5cm 的紅茶菌膜。
- 3、第一瓶置於教室窗戶旁的辦公桌上，第二瓶置於冰箱冷藏室。
- 4、利用星期三及星期六下午的時間，加以觀察、紀錄。

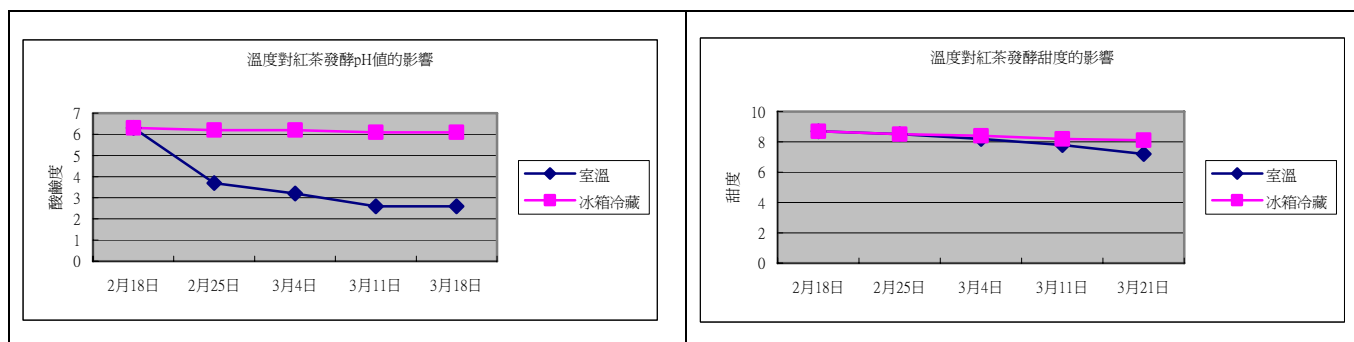
(三) 實驗紀錄：

表 九：室溫與冰箱冷藏對紅茶發酵的影響

	日期				
	2/18(三)	2/25(三)	3/4(三)	3/11(三)	3/21(六)
室溫					
	溫度：25°C pH 值：6.3 甜度：8.7 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	溫度：27°C pH 值：3.7 甜度：8.5 菌膜生長： 長出一片薄膜， 薄膜變大。	溫度：23.3°C pH 值：3.2 甜度：8.2 菌膜生長： 菌膜和容器口徑 一樣大，另有菌 絲生長。	溫度：25.6°C pH 值：2.6 甜度：7.8 菌膜生長： 菌膜變厚。	溫度：25.9°C pH 值：2.6 甜度：7.2 菌膜生長： 菌膜越來越厚。

	日期				
	2/18(三)	2/25(三)	3/4(三)	3/11(三)	3/18(三)
冰箱 冷藏					
					
					
	溫度：8.1℃ pH 值：6.3 甜度：8.7 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	溫度：7.8℃ pH 值：6.2 甜度：8.5 菌膜生長： 沈在底部，長出 些許菌絲。	溫度：7.6℃ pH 值：6.2 甜度：8.4 菌膜生長： 沈在底部，菌絲 只有增加一些。	溫度：7.6℃ pH 值：6.1 甜度：8.2 菌膜生長： 沈在底部，菌絲 增加不多。	溫度：7.9℃ pH 值：6.1 甜度：8.1 菌膜生長： 沈在底部，菌絲 有一些合在一 起。

(四) 研究發現：



- 1、室溫下的紅茶 pH 值降低、甜度降低，紅茶菌長的越來越大、越來越厚，表示紅茶發酵作用較良好。
- 2、冰箱冷藏的紅茶 pH 值只有降低一點點、甜度降低不多，紅茶菌膜沒有增長，只有長出一些菌絲，表示紅茶發酵作用不好。
- 3、室溫下的紅茶發酵作用良好，放於冰箱冷藏的紅茶無顯著變化，表示紅茶發酵作用不適合於低溫的環境下進行。

十一、 空氣對發酵有哪些影響？











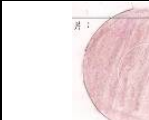



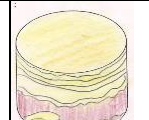
(一) 實驗假設：接觸空氣，紅茶發酵的速度較快。
















(二) 實驗步驟：

- 1、2 瓶 500c.c.的紅茶液，分別加入 50 公克的赤砂糖。
- 2、靜置 30 分鐘，待紅茶冷卻後，2 瓶均置入直徑 5cm，厚 0.5cm 的紅茶菌膜。
- 3、第一瓶使用透氣性佳的不織布覆蓋瓶口，紅茶液可和空氣接觸；第二瓶瓶口以塑膠瓶蓋加以密封，紅茶液無法和空氣接觸。
- 4、利用星期三及星期六下午的時間，加以觀察、紀錄。

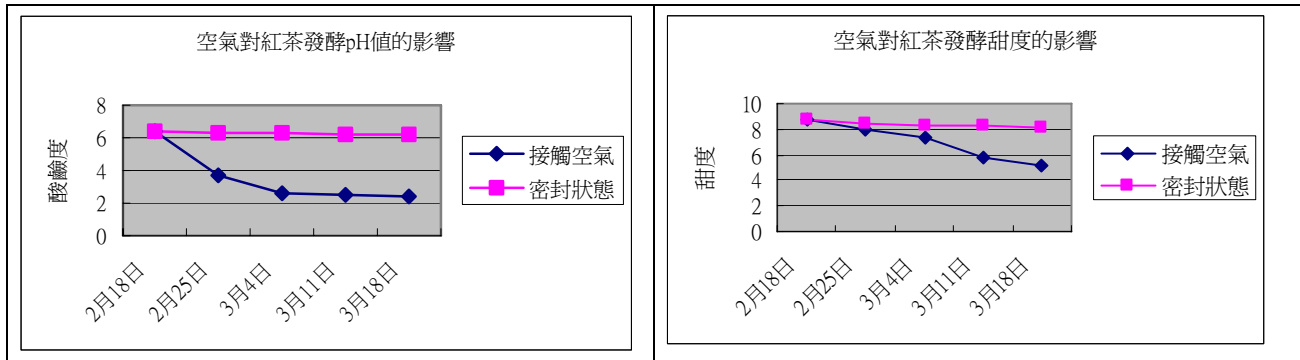
(三) 實驗紀錄：

表 十：接觸空氣與密封狀態對紅茶發酵的影響

	日期				
	2/18(三)	2/25(三)	3/4(三)	3/11(三)	3/18(三)
接觸空氣					
					
					
	pH 值：6.4 甜度：8.8 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：3.7 甜度：8 菌膜生長： 表面有一層薄膜。	pH 值：2.6 甜度：7.3 菌膜生長： 長出 2 層薄膜，較厚，已定型。	pH 值：2.5 甜度：5.8 菌膜生長： 長出 3 層薄膜，薄膜變厚。	pH 值：2.4 甜度：5.2 菌膜生長： 長出 4 層薄膜，薄膜愈長愈多。

	日期				
	2/18(三)	2/25(三)	3/4(三)	3/11(三)	3/18(三)
密封狀態					
					
					
	pH 值：6.4 甜度：8.8 甜度單位：Brix 菌膜生長： 剛置入菌膜。	pH 值：6.3 甜度：8.4 菌膜生長： 長出一些菌絲，數量不多。	pH 值：6.3 甜度：8.3 菌膜生長： 長出一層薄薄的菌絲。	pH 值：6.2 甜度：8.3 菌膜生長： 還是只有一層薄薄的菌絲，形狀不規則。	pH 值：6.2 甜度：8.2 菌膜生長： 菌膜有變大、變厚一些。

(四) 研究發現：



- 1、接觸空氣的紅茶 pH 值降低、甜度降低。
- 2、接觸空氣的菌膜，每隔一週平均生長一層菌膜。紅茶菌長的越來越大、越來越厚，表示紅茶發酵作用較良好。
- 3、因為要測量紅茶的酸鹼度和甜度，測量時仍會有空氣進入，因此無法做到完全的密封。密封狀態下的紅茶菌生長非常緩慢，菌膜也很薄，形狀不規則，無法形成圓形，表示紅茶只接觸一點點空氣的情況下，發酵作用進行並不理想。
- 4、接觸空氣的紅茶菌膜生長良好，密封狀態的紅茶菌膜變化並不明顯，表示紅茶要接觸空氣發酵作用進行才會良好。

十二、顯微鏡下觀察到的紅茶菌種有哪些型態？

(一) 什麼是紅茶菌？

紅茶放久了，會產生紅茶菌，我們對紅茶菌非常好奇，想進一步認識瞭解紅茶菌。我們上網蒐集，得到以下的資料：

紅茶菌含有數種微生物，主要是：酵母菌、醋酸菌、乳酸菌……等。用顯微鏡觀察可以發現有屬酵母菌的接合酵母、假線酵母，是一類酒精發酵力很弱的酵母，能使蔗糖轉化為果糖、葡萄糖。還可看到桿狀的乳酸菌、醋酸菌與顆粒狀的酵母菌，附著在類似纖維素形成的薄膜上。

老師帶我們去請教在花蓮農改場服務的林叔叔，知道紅茶菌是一種複合菌種，以我們國小階段的之專、能力和學校的儀器設備，很難做進一步的菌種分析、比對。但我們還是很努力的試著用顯微鏡來觀察，將發現到的不同形狀的菌種，如：桿狀、顆粒狀與球狀……等等，加以拍攝記錄。

(二) 觀察、紀錄步驟：

- 1、分別以吸管吸取 1c.c.的紅茶液，放置於載玻片上，再蓋上蓋玻片。
- 2、利用顯微鏡分別以 15×4、15×10、15×40 三種倍率，觀察標本。
- 3、將顯微鏡所觀察到的影像於電腦螢幕上播放，並選擇合適的影像加以拍照記錄。



使用顯微鏡播放於電腦螢幕上觀察

(三) 研究紀錄：

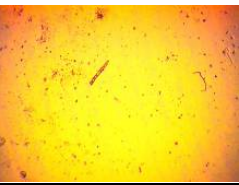
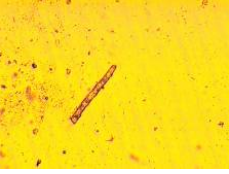



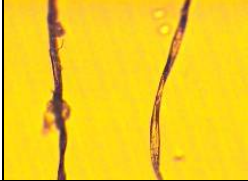












- 1、加入不同袋數的紅茶（紅茶濃度不同）所觀察到的菌種影像：

顯微鏡倍數 糖的濃度	15×4	15×10	15×40
1 袋茶包			
3 袋茶包			
5 袋茶包			

- 2、紅茶加入不同種類的糖所觀察到的菌種影像：

顯微鏡倍數 糖的種類	15×4	15×10	15×40
白砂糖			
赤砂糖			
黑糖			

3、加入不同比例糖的紅茶液所觀察到的菌種影像：

顯微鏡倍數 糖的重量	15×4	15×10	15×40
50 公克			
100 公克			
150 公克			
200 公克			
250 公克			
300 公克			

(四) 研究發現：

- 1、在觀察的過程中，我們發現在同一個標本，用相同的倍數來觀察，經常可以發現不同的焦距可以觀察到不同的菌種，一層一層的菌種都不太相同，讓我們對複合菌有更進一步的認識。
- 2、以前上自然課時雖然有利用顯微鏡來觀察，但每一組的組員不少，大家輪流觀察的時間很有限。這一次，老師把學校最好的顯微鏡拿出來讓我們操作，使我們觀察得非常開心，原來顯微鏡下的生物世界是這樣美麗啊！

伍、研究結論及建議

一、結論

(一) 我們將以上進行的各項實驗整理如下表：

實驗項目	實驗結果	實驗項目對紅茶發酵作用的影響
茶的種類	紅茶、綠茶及烏龍茶三種茶，以紅茶加入菌膜後的發酵作用最好。	
加入紅茶菌膜	紅茶加入紅茶菌膜比未加紅茶菌膜發酵作用好。	
加入各種的糖	500c.c.的紅茶，分別加入 50 公克的黑糖、赤砂糖、白砂糖、方糖、冰糖及果糖，紅茶發酵進行作用及速率差別並不明顯。	
糖的比例	500C.C.的紅茶，加入 50 公克的赤砂糖，發酵的速度最快。加入的赤砂糖太多，糖的濃度過高，並不適合發酵作用進行。	
溫度	紅茶發酵在室溫中發酵較適合，在冰箱冷藏，溫度太低，發酵作用並不理想。	
空氣	紅茶需接觸空氣發酵作用較為良好。接觸空氣的菌膜，每隔一週平均生長一層菌膜。密封的菌膜變化非常緩慢，只有變成薄薄的一層菌膜。	

- (二) 培養液面上生長一層薄膜，隨著培養時間的增加，菌膜逐漸加厚，形似海蜇皮狀。培養過程中有小氣泡冒出，紅茶菌液散發出一種酸酸的氣味。
- (三) 紅茶菌含有數種微生物，用顯微鏡觀察可以發現有桿狀、顆粒狀與圓球狀的微生物，附著在薄膜上。

二、建議

- (一) 紅茶菌含有多種微生物，因為菌種分類、命名較為困難，我們只有將觀察到的各種菌種拍攝下來，並未加以命名，以後如有機會，再繼續朝這一個方向努力。
- (二) 培養紅茶菌的過程，紅茶會有發酵作用，盛裝的容器：可用玻璃或陶瓷製品，最好選用口徑大，且不太高的容器。不要使用金屬及塑膠容器，避免發酵的過程中侵蝕或腐蝕容器。
- (三) 在實驗觀察的過程中，經常因為我們不小心把實驗或測量的器材弄髒了、接觸到自來水、教室的灰塵太多……等因素，影響實驗的結果。有一次我們在測量時，還看到果蠅飛到紅茶液裡面下蛋，害我們實驗的紅茶發黴，要重做一次。因此，如果實驗能在無塵室或無菌室裡面進行，應該會更成功。
- (四) 紅茶菌的功效，市面口傳及網路上有各種的說法，因缺乏嚴密的醫學及自然科學上的證據，我們持較為保留的態度。因此在實驗的過程中，我們並未飲用加入紅茶菌膜所製成的紅茶液，而是經由 pH 值、甜度的測量，並觀察紅茶菌膜生長的情況，作為判斷紅茶發酵作用進行快慢的依據。希望以後能有更精密的儀器及更謹慎的實驗可以對紅茶菌的功效加以驗證。

陸、參考資料

- (一) 闕建全主編。《食品化學》。台北：新文京。2007 年 8 月。
- (二) 蘇瓦茲。《蘇老師化學聊是非》。台北：天下。2007 年 2 月。
- (三) 左卷健男。《圖解化學真有趣》。台北：世茂。2006 年 5 月。
- (四) 張碧芬等著。《微生物學的世界》。台北：天下。2004 年 7 月。
- (五) 鄔宏潘。《國小五下自然課本》。台北：牛頓。2005 年 10 月。
- (六) 鄔宏潘。《國小五下自然教學指引》。台北：牛頓。2005 年 10 月。

【評語】 080211

- 1、 實驗觀察仔細，記錄詳實。
- 2、 實驗過程應避免材料被污染，影響結果。