

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第三名

082913

黏 TT 的滋味—客家桔醬出瓶大解碼

學校名稱：苗栗縣公館鄉公館國民小學

作者： 小六 丁宥菁 小四 鄭毓涵 小六 陳沛瑜	指導老師： 湯千慧 謝祥宏
---	-----------------------------

關鍵詞：客家桔醬、黏度、出瓶

摘要

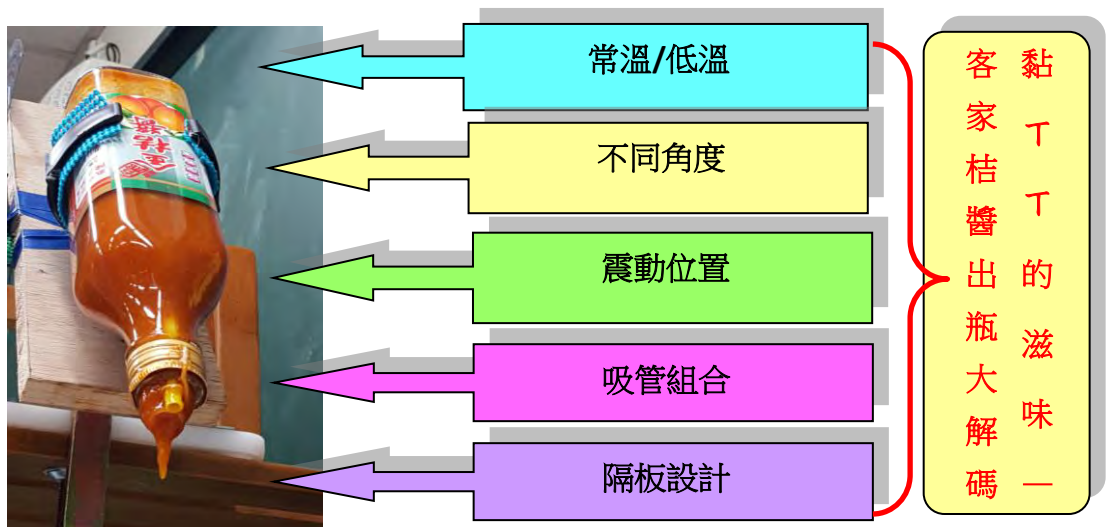
本研究源於觀察外婆倒桔醬，無法控制速度與流量，而展開實地探訪與實驗。**結果發現：**

- 一、 桔醬製造過程經高溫殺菌後，直接充填至瓶內，採用窄口玻璃瓶，以減少發霉機率。
- 二、 低溫、濃度愈濃，倒出時間較長。黏度愈大，黏著在肉片的量較多。
- 三、 傾斜角度 60 度，震動瓶身後方，桔醬出瓶時間較快。以每秒搖動 3 次的頻率，能快速倒出桔醬，但會在瓶口出現桔醬甩動的情形。
- 四、 桔醬會從下方壓力較大，或較短的吸管流出。上方入口細，下方出口粗最快流出。
- 五、 吸管旁鏤空，流速不快，但穩定，能在 1 分鐘內流出 30g 桔醬。
- 六、 最佳設計裝置是：隔板 0cm 作為分流裝置，並加上瓶身後方震動，平均能在 8 秒讓低溫的桔醬流出 30g，且控制於下方出口流出。

壹、研究動機

金桔醬是客家餐廳特有的醬料，將成熟的金桔蒸熟、去籽後，加入鹽、砂糖、酒，煮成泥狀，開瓶後需要冷藏存放。每次在食用時，都看到外婆賣力的倒出來，但無法控制桔醬的流量。我們也觀察到其他具有黏度的醬料，和桔醬一樣，常常突如其來噴得到處都是，因此我們想要解決這個問題，並進行了許多實驗，希望讓金桔醬能流得快又穩定，能使生活更便利。

自然課時老師在「空氣」的單元中，介紹了大氣壓力的特性，這些概念讓我們在這個實驗中有所啟發，我們嘗試要解決瓶內空氣和醬料之間的進出問題，並設計一個速度快又能穩定流出的裝置。研究方向思考圖，如下：



貳、研究目的及研究問題

我們針對影響桔醬出瓶的因素，進行一系列的研究，並根據研究目的，提出以下研究問題：

■目的一、探討桔醬出瓶困難的原因。

研究 1-1：實地探訪桔醬製造工廠進行訪談。

研究 1-2：探討桔醬出瓶困難的可能因素。

研究 1-3：了解市面上黏滯性液體的瓶身設計。

■目的二、桔醬黏性的探討。

研究 2-1：不同溫度，對桔醬出瓶時間有何不同？

研究 2-2：不同濃度，對桔醬出瓶時間有何不同？

研究 2-3：不同濃度下，桔醬沾肉片黏度有何不同？

研究 2-4：不同溫度下，探討生活中不同醬料的黏度有何差異？

■目的三、探討不同角度，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究 3-1：不同角度，對桔醬出瓶時間有何不同？

研究 3-2：倒立存放，對桔醬出瓶時間有何不同？

■目的四、探討不同施加壓力方式，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究 4-1：不同震動位置，對桔醬出瓶時間有何不同？

研究 4-2：不同搖動頻率，對桔醬出瓶時間有何不同？

■目的五、探討不同吸管組合方式，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究 5-1：不同長度的吸管組合，對桔醬出瓶時間有何不同？

研究 5-2：不同粗細的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？

研究 5-3：六種形式的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？

■目的六、探討不同瓶口設計，對桔醬出瓶的時間有何影響。

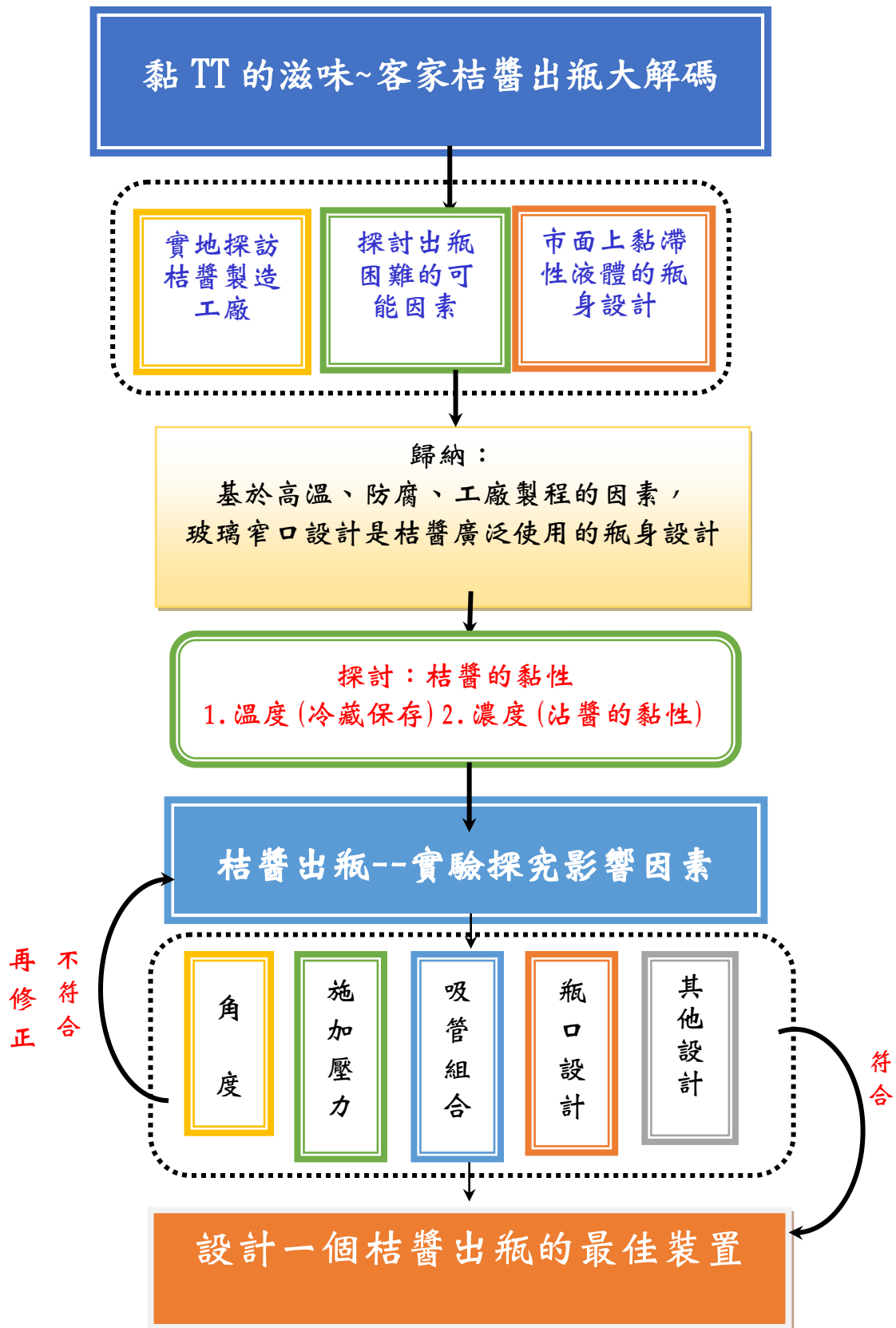
研究 6-1：吸管旁鏤空，對桔醬出瓶時間有何不同？

研究 6-2：瓶外凸出吸管長度，對桔醬出瓶時間有何不同？

研究 6-3：不同隔板長度，對桔醬出瓶時間有何不同？

■目的七、設計一個桔醬出瓶的最佳裝置。

參、研究架構



肆、文獻探討

一、金桔醬



文獻探討：水分占大部分，由加工過程可以得知，因為加水熬煮時，已有趕走一些桔子本身的水分，造成桔醬的水分雖高達近70%，但比金桔本身水分還低一點。灰分很明顯是因為加工過程中另外加鹽而提高了灰分量，一般桔子灰份約0.4g 左右而已。脂肪和蛋白質含量在金桔本來就少，加工過程也沒有另外添加相關的東西，且經過熬煮會將果皮中的油脂少部分脫掉，脂肪含量又會更少。碳水化合物部分，也大概和未加工的金桔大同小異。（王惠珠等，2004）

金桔醬是將成熟的金桔蒸熟、去籽，加入鹽、砂糖、酒，煮成泥狀，裝瓶後放涼，冷藏存放。由文獻中得知，加工後的金桔醬「水分、灰分量(鹽)」比例較高。此外，金黃濃稠狀的金桔，在裝瓶時，為了防止發霉，瓶口通常窄小，也會在上方再倒上少許米酒封存。

二、具有黏度的醬料出瓶



文獻探討：黏度是一種表示流體黏滯程度的物理量。由於黏度帶有妨礙流動的性質，所以黏度愈高，流動就愈緩慢黏稠，黏度愈低，流動就愈順暢。有黏度的流體會產生所謂的黏滯力，黏滯力愈接近容器內壁會愈大，距離內壁愈遠，速度就愈快。（武居昌宏，2019）

生活中的醬料(例如:蜂蜜、醬油膏、蕃茄醬等)在食用時，常因為瓶口較窄小，不易倒出。我們觀察到：倒醬料的過程中，醬料黏黏的、流速慢，也有氣泡滑到瓶底，有時會瞬間大量流出，有時還會有黏膜堵住洞口，使空氣無法進出。

三、相關研究

我們上網查閱相關資料後，發現有 2 篇相關的研究，整理如下表:

科別	作品名稱	相關概念與研究發現
中華民國第四十八屆中小學科學展覽會 國中組 理化科	「如膠似漆乎」—液體的黏滯性之研究	<ul style="list-style-type: none">● 液體的溫度越高，則液體的黏度會越小。● 黏度越高的液體，例如沐浴精，黏度隨溫度的改變也越靈敏。● 膠水在隔水加熱而溫度較高時，膠水中會充滿了大量小氣泡，因此影響黏度測定。
臺灣二〇〇六年國際科學展覽會 高中組 物理科	氣泡在黏滯性液體中的運動	<ul style="list-style-type: none">● 氣泡上升的過程中速率有些微忽快忽慢的變動，中間的變動較小，開始及結束時變動較大。● 氣泡形狀會隨速度、體積及液體黏滯性改變，大致分為球形、饅頭狀或呈現底部內凹。

兩篇文獻都是使用膠水進行研究，而我們與這些研究不同的是採用客家桔醬等常見醬料，解決生活上所遇到的問題。透過這些文獻，我們注意到瓶內空氣的進出，因而進行一系列的測試與瓶口創新設計，期待能有更多的突破。

伍、研究設備及器材

一、實驗材料：

1. 醬料：生桔醬、熟桔醬、醬油膏、番茄醬、辣椒醬、水
2. 吸管：粗吸管數支(口徑 1.1cm、長度 25cm)、細吸管數支(口徑 0.6cm、長度 25cm)
3. 隔板：賽璐璐片 25cm

二、實驗設備：

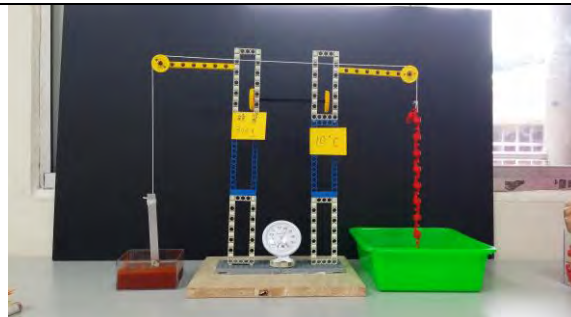
電子秤、公升盒、培養皿、碼表、攝影裝置、紅外線溫度計、乾溫溼度計、冰箱、熱熔膠、剪刀

三、實驗裝置：

1. 自製測量黏度裝置：組裝一個滑輪裝置（積木組）、一個刻度尺（棉繩、尺）、砝碼。
2. 可調整角度的支架：木板、水壺架、量角器、螺絲帽、賽璐璐片。
3. 震動裝置：小馬達、熱熔膠條、鬆緊帶、止滑貼條。
4. 搖動裝置：木板、支架、水壺架、彈簧、橡皮筋、凸輪、馬達、可調電壓控制板。



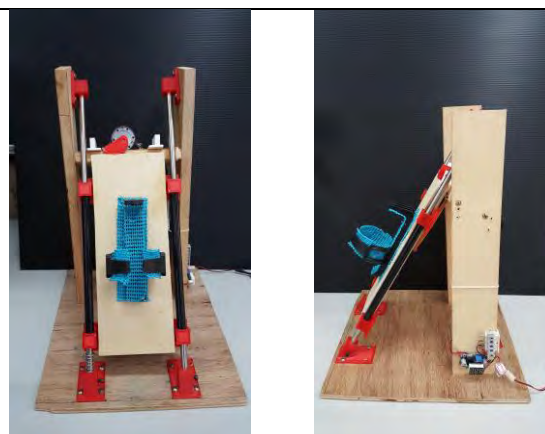
生活中的醬料



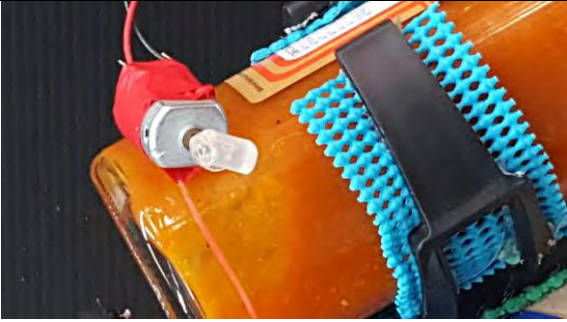


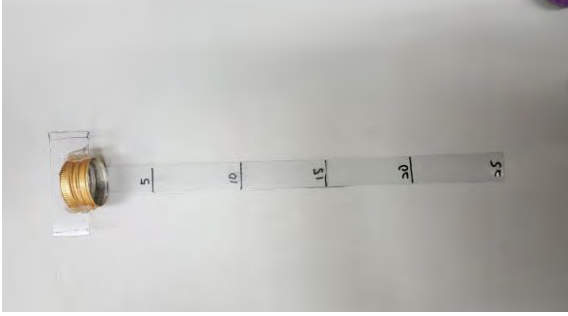
第二代-自製測量黏度裝置



可調整角度的支架



搖動裝置

	
<p>震動裝置</p>	<p>吸管配置由上而下分別為： 上粗 25cm 下細 5cm、上粗 5cm 下細 25cm、 上細 5cm 下粗 25cm、上細 25cm 下粗 5cm)</p>
	
<p>吸管旁鏤空的裝置</p>	<p>隔板裝置</p>

陸、研究過程與研究結果

■ 目的一、探討桔醬出瓶困難的原因。

研究 1-1：實地探訪桔醬製造工廠進行訪談

【研究構想】：金桔醬的瓶子是玻璃做的，瓶口又很窄小，我們想了解選用這個瓶子的原因，因此到農會的銷售處購買金桔醬，並詢問農產品加工廠的電話和地點，很幸運的能獲得參觀的機會。

【訪談概要】：

1. 製作過程：檢查原料是否殘留農藥，清洗殺菁，去籽打碎，並加入鹽、糖、米酒、辣椒和水調味，攪拌並經過高溫殺菌 15-20 分鐘（100 度 C），充填封蓋，冷卻，成品。。
2. 製作比例：桔醬 70%、水 7%、米酒 10%、糖 6%、鹽 6%、辣椒 1%。
3. 瓶口窄小，接觸的空氣少，開瓶後才不容易滋生細菌。
4. 瓶口封口前倒入米酒，可以隔絕空氣和避免腐敗，倒出時也較快速。
5. 採用玻璃瓶的原因是高溫殺菌加熱至 100 度，透過不鏽鋼管直接充填至瓶內，放入塑膠瓶會產生塑化劑。
6. 果醬類的廣口瓶，充填時倒置 5 分鐘，瓶蓋就可以密合，但窄口瓶不需要倒置的過程。

	
<p>攪拌並經過高溫殺菌 15-20 分鐘 (100 度 C)</p>	<p>不鏽鋼管將桔醬直接送進無菌室充填瓶內</p>
	
<p>產品生產流程</p>	<p>美麗的劉小姐詳細的回答我們的問題</p>

【研究發現】：

1. 瓶身為玻璃瓶，農產品加工廠現有的機器和高溫充填，並無改成塑膠瓶的意願。
2. 商品本身不添加任何化學防腐劑，因此選用窄口瓶，使用廣口瓶會增加發霉的機率。
3. 在瓶身無法改變的情況下，決定要採用現有的瓶子進行研究。

研究 1-2：探討桔醬出瓶困難的可能因素。

【研究構想】：以現有的瓶身傾倒醬料，觀察桔醬出瓶的過程。

【研究發現】：

1. 未開封前，倒置可以看到氣泡升起，瓶內原有一些空氣。
2. 開封傾倒時，米酒先流出，流速快。
3. 在瓶口上方有氣泡進入，下方有桔醬流出。
4. 傾倒角度太大時，醬料堵住洞口，就會停止流出，幾分鐘後會突然爆量衝出。
5. 傾倒角度太小時，缺少醬料向下的力量，流出速度緩慢，桔醬低於瓶口時，甚至停止流出。



【實驗結果與討論】：

1. 瓶口要保持讓空氣進入的空間。
2. 醬料出瓶需要瓶內醬料受重力影響而流出的力量。
3. 桔醬有彼此內聚的力量，也有黏附在瓶身內壁上的力量。

研究 1-3：了解市面上黏滯性液體的瓶身設計。

【研究構想】：除了桔醬瓶窄口的設計之外，我們想了解市面上的產品，是如何將有黏度的液體取出。

【研究發現】：

市面上的黏滯性液體的瓶子，大致上可分為四類：

<p>【玻璃窄口設計】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 防腐效果較好。 2. 不利於取出。 	
<p>【玻璃廣口設計】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取用方便。 2. 接觸外界的空氣和水氣，容易發霉。 	
<p>【軟瓶設計】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 便於擠壓。 2. 不耐高溫。 3. 部分設計為倒立存放。 	
<p>【吸管抽取】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 按壓瓶或滴管式取出方便。 2. 黏液要均勻，否則容易堵住管口。 	

【實驗結果與討論】：

1. 廣口瓶取用時要用湯匙挖取，容易發霉；直接傾倒會造成一整團流出，使用時不便利。
2. 軟瓶設計的瓶身為塑膠，不適合裝填高溫的桔醬。
3. 桔醬顆粒較大，如果採用吸管抽取，管徑設計要大，避免因堵塞而產生瞬間的噴濺。

目的二、桔醬黏性的探討。

研究2-1：不同溫度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：開封後的桔醬，都需要冷藏保存，我們好奇冷藏後的桔醬，是否更難倒出，因此我們進行以下的實驗，了解溫度對桔醬出瓶時間是否有影響。

【實驗步驟】：

1. 準備可調整角度的支架，固定 60 度角。
2. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 取出 5 瓶常溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 23-25°C。
4. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
5. 改用 5 瓶低溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13°C。，重複步驟 3-4。
6. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 低溫桔醬倒出30克的時間需較長。
2. 倒出醬料的重量隨時間規律的變化。
3. 結果如表2-1，圖2-1、圖2-2。

表2-1：不同溫度對桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

種類/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
常溫	4.4	6.3	7.3	8.1	8.7	9.4
低溫	8.7	11.3	13.1	14.2	15.6	16.5

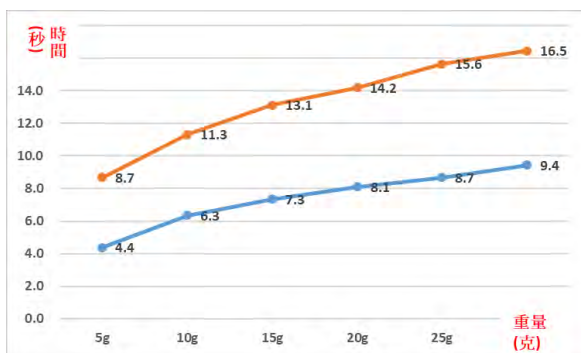


圖2-1：不同溫度對桔醬出瓶時間比較圖

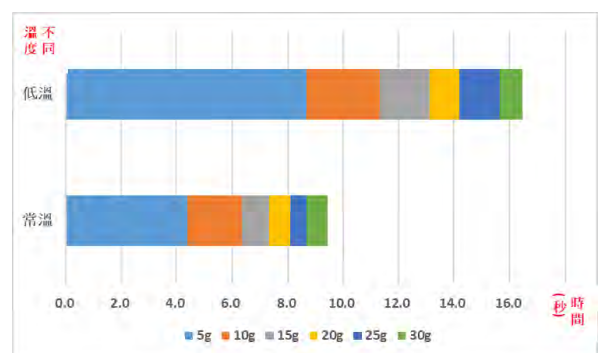


圖2-2：不同溫度對桔醬出瓶時間變化圖

※桔醬出瓶時間變化圖說明：

將原始資料換算成 0-5g、5-10g、10-15g、15-20g、20-25g、25-30g 所花費的時間如下，再用 excel 畫出「堆疊橫條圖」，由各種代表顏色，可看出桔醬出瓶的時間變化，以 0-5g 初始時間最長。

換算						
種類/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
常溫	4.4	2.0	1.0	0.8	0.6	0.8
低溫	8.7	2.6	1.8	1.1	1.5	0.8

【實驗結果與討論】：

從實驗發現，常溫保存的桔醬倒出的時間較短；而冷藏的桔醬黏度變大，倒出5g的起始速度慢，倒出一碟醬料(30g)的時間長達16.5秒。

研究 2-2：不同濃度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：市面上的桔醬產品，各廠牌會因成分和濃度的不同，而影響桔醬出瓶的時間，訪談農會製造工廠和地方知名桔醬製作工廠後得知，桔醬中的金桔和水的比例，是影響桔醬濃淡的重要因素，因此委請製作工廠協助製作濃淡比例不同的桔醬。

【實驗步驟】：

1. 不同濃度的桔醬製作比例配置：

成分 類別	金桔醬	水	米酒	糖	鹽	辣椒
濃桔醬	75%	2%	10%	6%	6%	1%
正常桔醬	70%	7%	10%	6%	6%	1%
淡桔醬	65%	12%	10%	6%	6%	1%

2. 準備可調整角度的支架，固定 60 度角。
3. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
4. 準備低溫保存之濃桔醬、正常桔醬、淡桔醬各 5 瓶。
5. 取出低溫保存之濃桔醬 5 瓶。
6. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
7. 分別改用 5 瓶低溫保存之正常桔醬、淡桔醬，重複步驟 5-6。
8. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 桔醬太稀，流速快。

2. 濃度愈濃，桔醬出瓶的平均時間明顯增加。
3. 濃度較濃，出瓶時間會有間歇性的變慢的情況。
4. 結果如下表2-2，圖2-3、2-4。

表2-2：不同濃淡桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

類別/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
濃桔醬	64.2	120.2	161.6	263.1	314.8	383.2
正常桔醬	8.7	11.3	13.1	14.2	15.6	16.5
淡桔醬	0.6	1.2	1.7	2.2	2.8	3.4

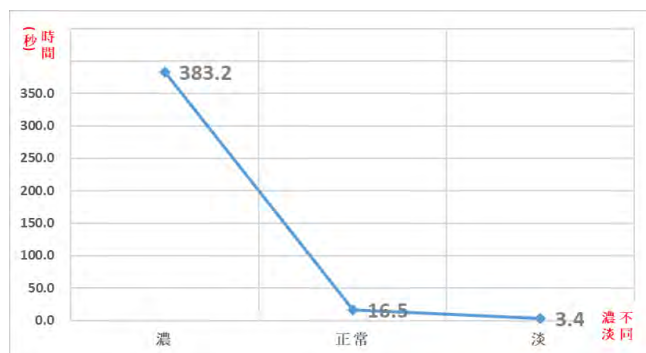


圖2-3：不同濃度桔醬出瓶時間比較圖

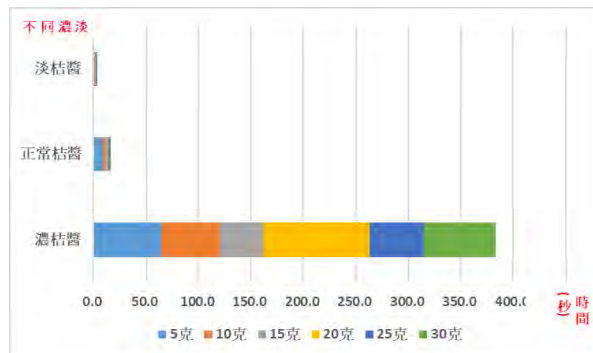


圖2-4：不同濃度桔醬出瓶時間變化圖

【實驗結果與討論】：

濃稠的桔醬黏度高，倒出的過程流動很緩慢，有時會堵塞，空氣被包覆在裡面形成薄膜，等到空氣突破高黏度的桔醬後，流速才會變快。

研究 2-3：不同濃度下，桔醬沾肉片黏度有何不同？

【研究構想】：三層肉蘸些桔醬，是客家美食之一。從上一個實驗中，我們猜測，黏度高和黏度低的桔醬，蘸肉片的黏著性也不同，對食物的美味程度也有差異，因此進行以下實驗，想了解濃度對肉片蘸醬多寡的影響。

【實驗步驟】：

1. 以熱水川燙油花分布均勻的三層肉，再以厚度 0.5 公分切片。
2. 將第二代-自製測量黏度裝置刻度尺更換為長尾夾，以方便夾住肉片。
3. 選取肉片，放在電子秤上測量重量。
4. 將肉片夾在滑輪組的一端，雙面蘸上桔醬後，在滑輪組的另一端拉起肉片。
5. 拉起等待 10 秒，待多餘的醬料掉落後再秤重。
6. 重複步驟 3-5，將結果記錄成表格、統計圖。

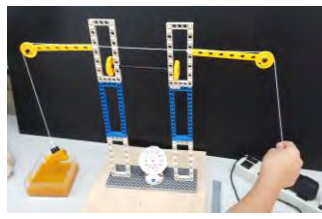


圖 2-5：準備三種不同濃度的桔醬 圖 2-6：第二代-自製測量黏度裝置 圖 2-7：蘸醬前後秤重，算出增加量

【研究發現】：

1. 濃桔醬蘸肉片的增加量最多，淡桔醬最少。
2. 黏度愈大，黏著在肉片上的量也較多。
3. 結果如下表2-3、圖2-8。

表2-3：不同濃淡桔醬蘸肉片重量增加百分比(增加的公克/原本重量) (單位：%)

	濃桔醬		正常桔醬		淡桔醬	
	增加量	重量增加百分比	增加量	重量增加百分比	增加量	重量增加百分比
1	7.6	83%	6.9	60%	3.1	29%
2	9.1	84%	6.6	59%	3.4	29%
3	9.1	86%	6.5	63%	4.1	30%
4	9.2	83%	8.9	64%	4.3	31%
5	11.4	88%	5.9	56%	4.9	35%
平均	9.28	85%	6.96	60%	3.96	31%

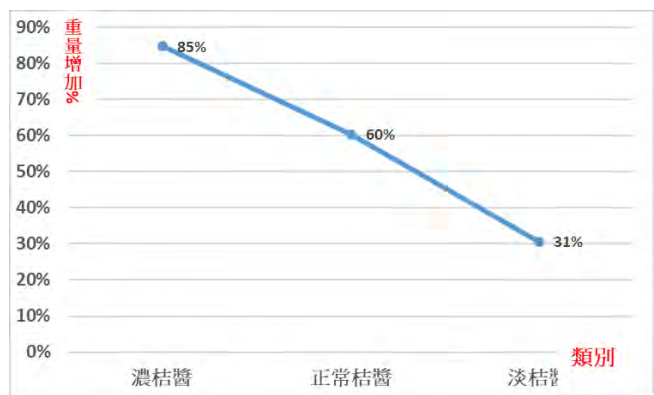


圖2-8：桔醬蘸肉片重量增加百分比圖

【實驗結果與討論】：

濃桔醬蘸在肉片上的重量增加百分比為85%，正常桔醬為60%，淡桔醬為31%，肉片蘸濃稠的桔醬，能黏著較多的醬料增添美味，但是將濃桔醬倒出瓶就需要花很長的時間。

研究 2-4：不同溫度下，探討生活中不同醬料的黏度有何差異？

【研究構想】：對液體而言，升高溫度就會降低黏度，而溫度降低就會增加黏度。因此我們想知道在不同溫度的情況下，對桔醬流出的時間是否有影響。

第二代測量黏度的裝置

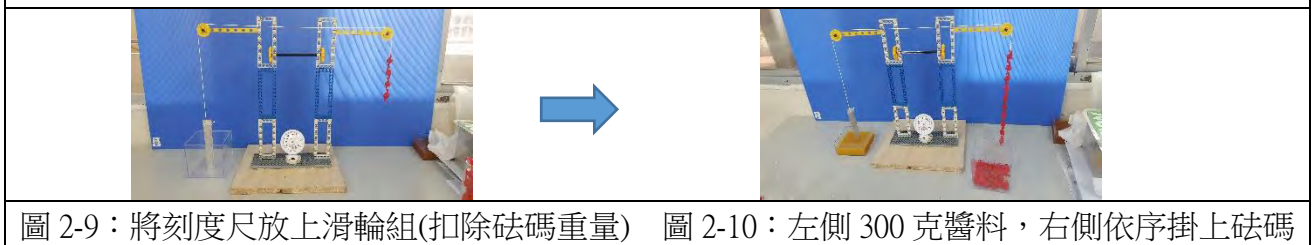


圖 2-9：將刻度尺放上滑輪組(扣除砝碼重量) 圖 2-10：左側 300 克醬料，右側依序掛上砝碼

【實驗步驟】：

1. 用棉繩、尺做出一個刻度尺。
2. 組裝一個滑輪裝置，並將棉繩裝於滑輪裝置。
3. 倒出 300 克的醬料放置在左側，並將刻度尺垂直放入。

- 右側依序掛上砝碼，直到刻度尺向上移動。
- 扣除原本 3 顆砝碼重量，計算所掛上的砝碼重量，將結果記錄成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 在五種醬料中，番茄醬的黏度最高。
- 在低溫的情形下，生桔醬和熟桔醬黏度增加。
- 結果如下表2-4、圖2-11。

表2-4：不同溫度醬料黏度比較表（單位：克）

生活中常見的醬料(常溫)					
	生桔醬	熟桔醬	番茄醬	辣椒醬	醬油膏
1	20	30	34	32	38
2	22	32	38	36	36
3	26	32	34	34	30
4	28	32	38	38	32
5	28	30	38	40	30
平均	24.8	31.2	36.4	36	33.2
生活中常見的醬料(低溫)					
	生桔醬	熟桔醬	番茄醬	辣椒醬	醬油膏
1	32	32	36	34	30
2	32	34	34	30	30
3	30	32	36	30	28
4	32	34	36	30	30
5	32	34	36	34	30
平均	31.6	33.2	35.6	31.6	29.6

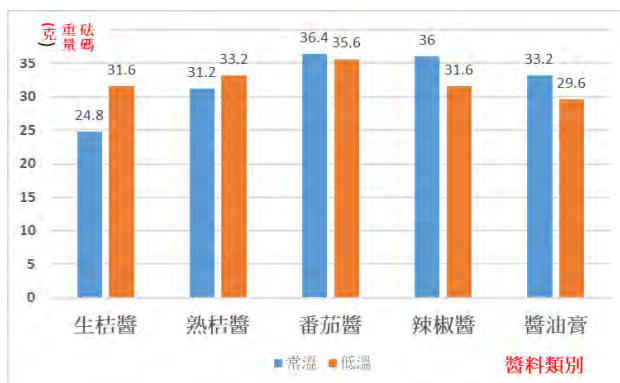


圖2-11：不同濃度桔醬出瓶時間比較圖

【實驗結果與討論】：

在低溫的情形下，生桔醬和熟桔醬黏度增加，而番茄醬、辣椒醬和醬油膏卻不同，推測是食品中的添加物，遇到低溫，反而使黏度降低，接下來，研究將聚焦在桔醬進行探討。

■目的三、探討不同角度，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究 3-1：不同角度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：由於瓶內醬料受到重力影響會向下流，我們想了解角度對醬料流出時間的影響，因此進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 準備可調整角度的支架，並裝上可測量角度之設計。
- 將桔醬瓶擺放至支架上，水平為 0 度。
- 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
- 取出 5 瓶低溫保存之桔醬瓶。
- 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
- 依序向下調整 15 度、30 度…90 度，重複步驟 4-5。
- 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 整體而言，低溫桔醬出瓶時間較長。
- 在水平的情況下，低溫的桔醬更是不易流出。

3. 傾斜角度60度，流出時間最短。

4. 結果如下表3-1、圖3-1~圖3-5。

表3-1：不同角度桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

角度/溫度	常溫	低溫
0度	188.4	466.6
15度	59.3	37.9
30度	13.7	19.1
45度	12.0	17.1
60度	9.4	16.5
75度	12.6	18.7
90度	31.1	57.5

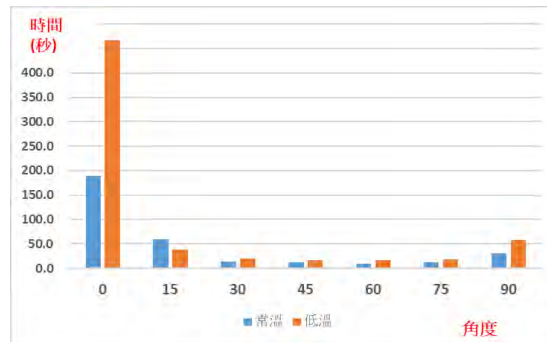


圖3-1：不同傾斜角度桔醬出瓶時間比較圖

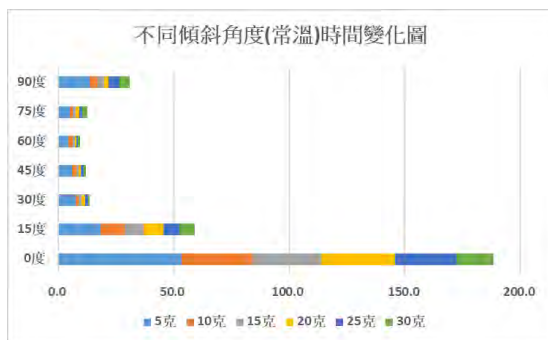


圖3-2：不同傾斜角度(常溫)桔醬出瓶時間變化圖

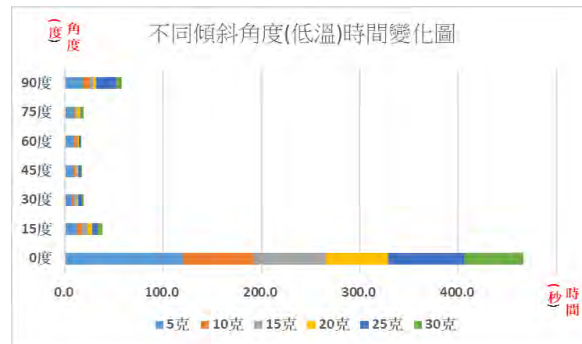


圖3-3：不同傾斜角度(低溫)桔醬出瓶時間變化圖

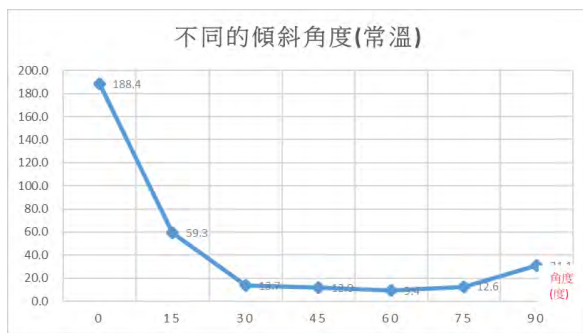


圖3-4：不同傾斜角度(常溫)桔醬出瓶時間比較圖

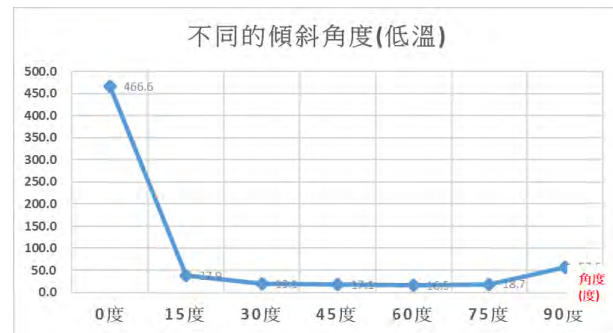


圖3-5：不同傾斜角度(低溫)桔醬出瓶時間比較圖

【實驗結果與討論】：

低溫桔醬與常溫桔醬在60度角有最佳的流出時間，75度以上因為流出的量較多，堵住瓶口，反而讓流出的時間變慢。90度甚至會有內部空氣完全無法交換而堵住的情形。

研究 3-2：倒立存放，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：觀察市面上產品包裝，有些設計為倒立存放，推測是由於瓶內醬料受到重力影響向下流，因此較容易倒出，我們想了解倒立存放對醬料流出時間的影響，因此進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 準備可調整角度的支架，固定 60 度角。
2. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 取出 5 瓶在冰箱倒立存放一天之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13℃。
4. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
5. 調整角度的支架為角度 15 度，再用 5 瓶低溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13℃，重複步驟 3-4。
6. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 在15度的情況下，倒立存放流出的時間較慢。
2. 在60度的情況下，流出時間相近，正放還是稍快一些。
3. 結果如下表3-2、圖3-6、圖3-7。

表3-2：倒立存放桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

類別/重量	5 克	10 克	15 克	20 克	25 克	30 克
倒立 15 度	23.2	35.5	44.9	55.6	65.2	75.2
正放 15 度	11.5	17.6	22.7	27.7	32.8	37.9
倒立 60 度	9.4	10.7	12.8	14.6	16.6	17.9
正放 60 度	8.7	11.3	13.1	14.2	15.6	16.5

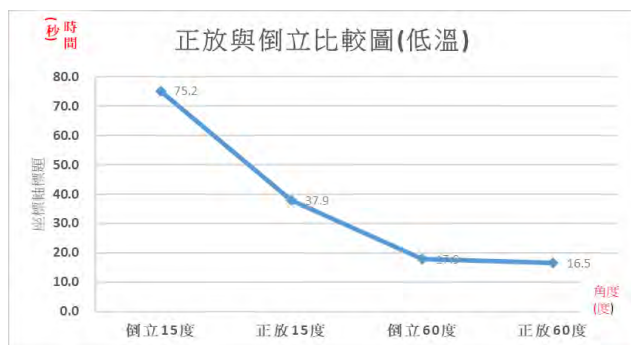


圖3-6：倒立存放桔醬出瓶時間比較圖

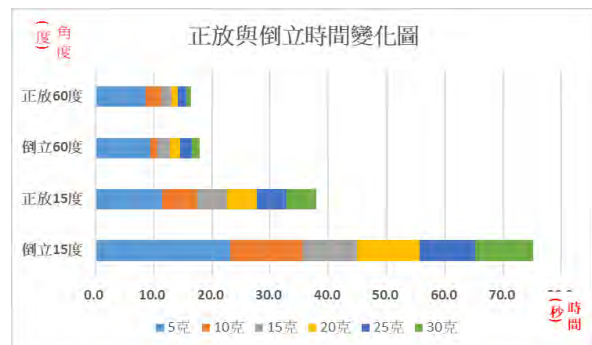


圖3-7：倒立存放桔醬出瓶時間變化圖

【實驗結果與討論】：

倒立存放流出的時間並沒有比較快，觀察到當我們把正放的瓶子以60度傾倒時，氣泡會由瓶口移動到瓶底，對於瓶中靜置的醬料有擾動的效果。

■目的四、探討不同施加壓力方式，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究 4-1：不同震動位置，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：當桔醬倒不出來時，通常會拍打或敲擊瓶身，因此設計了震動裝置模擬，進行了以下的實驗，以了解不同震動位置對醬料出瓶的時間是否有影響。

【實驗步驟】：

1. 準備可調整角度的支架，固定 60 度角。
2. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 取出 5 瓶低溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13℃。
4. 在前方(8cm)處放上震動裝置，固定夾具距離震動裝置 5cm。
5. 開啟震動裝置，並分別以碼表計時，輔以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
6. 在中間(16cm)、後方(24cm) 處放上震動裝置，固定夾具距離震動裝置 5cm，重複步驟 4-5。
7. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 震動後方，桔醬出瓶時間較快。
2. 震動前方，桔醬出瓶時間最慢。
3. 結果如下表4-1、圖4-1~圖4-2。

表4-1：不同震動位置桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

類別/重量	5 克	10 克	15 克	20 克	25 克	30 克
後方	3.0	3.8	4.8	5.4	6.0	6.9
中間	4.8	5.9	6.7	7.4	8.2	8.9
前方	9.4	12.8	13.9	14.6	15.5	16.3

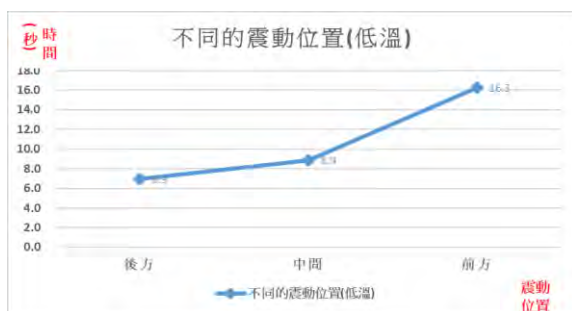


圖4-1：不同震動位置桔醬出瓶時間比較圖

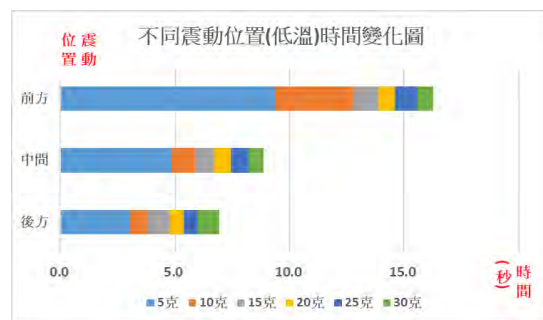


圖4-2：不同震動位置桔醬出瓶時間變化圖

【實驗結果與討論】：

震動後方能擾動瓶內的醬料，加上60度角的重力影響，使醬料能順利的流出。震動前方則僅有部分醬料受到擾動，因此流出時間較長。

研究 4-2：不同搖動頻率，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：當桔醬倒不出來時，通常會搖晃瓶身，因此設計了搖晃裝置模擬，進行了以下的實驗，以了解不同搖晃頻率對醬料出瓶的時間是否有影響。

【實驗步驟】：

1. 準備搖晃裝置，固定 60 度角。
2. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。

3. 取出 5 瓶低溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13°C。
4. 調整電壓為 8v，以控制馬達與凸輪的轉速，搖晃頻率為每秒 2.5 次。
5. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
6. 調整電壓為 10v（每秒 3 次）、12v(每秒 3.5 次)，重複步驟 4-6。
7. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 搖晃頻率高，速度較快。
2. 在電壓在10v、12v的情況下，速度相近。
3. 結果如下表3-4、圖3-10。

表4-2：不同搖晃頻率桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

類別/重量	5 克	10 克	15 克	20 克	25 克	30 克
電壓 8V	4.0	5.4	6.3	7.0	8.4	8.9
電壓 10V	2.8	4.0	5.3	6.1	6.8	7.4
電壓 12V	3.0	4.1	5.0	6.2	7.1	7.8

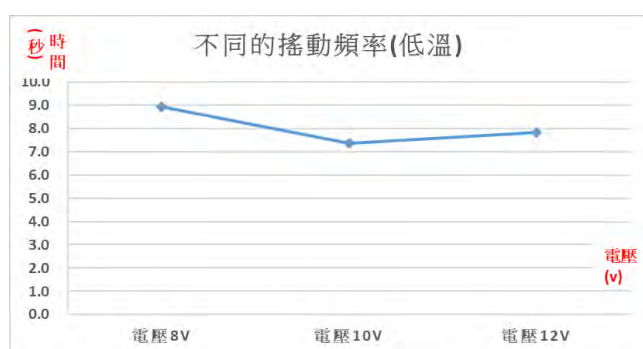


圖4-3：不同搖晃頻率桔醬出瓶時間比較圖

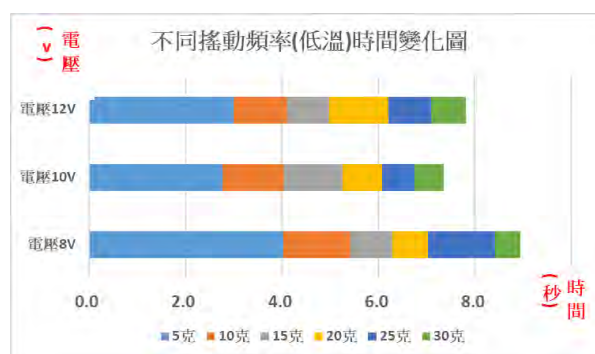


圖4-4：不同搖晃瓶綠桔醬出瓶時間變化圖

【實驗結果與討論】：

搖晃的方式，雖然可以讓桔醬流速加快，但搖動過程中，會造成醬料在瓶口處出現甩動的情形。震動後方的效果甚至優於搖動，因此以下研究以震動的方式進行。

■目的五、探討不同吸管組合方式，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究 5-1：不同長度的吸管組合，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：嘗試桔醬瓶和吸管的組合倒水，發現有氣泡從上方吸管口冒出(為入口)，水由下方流出(為出口)，因而嘗試使用吸管進行實驗，以了解吸管能否成為幫助空氣進出的工具。



【實驗步驟】：

1. 準備 2 根細吸管(管口 0.6 公分、長度 25 公分)，以賽璐璐片固定。
2. 將瓶蓋上方挖空，用熱熔膠黏上有吸管的賽璐璐片。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度 60 度。
4. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
5. 取出 5 瓶低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13°C。
6. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 1 滴~5 滴的時間。
7. 分別將粗細吸管同時剪掉 5cm、只剪出口細吸管 5cm、只剪入口細吸管 5cm，重複步驟 5-6，依序進行實驗。
8. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 跟倒水的情形差異很大，出入口吸管一樣長時，完全無法倒出。
2. 下方出口吸管剪短至10公分以內，才能稍微流出幾滴桔醬。
3. 上方出口吸管剪短至5公分以內，才能稍微流出5滴桔醬。
4. 結果如下表5-1。

表5-1：不同長度吸管組合對桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

出入口同時剪短					
	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1滴					
2滴					
3滴					
4滴					
5滴					
備註					

出口剪短，入口25公分					
	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1滴	14	35	38		
2滴	30	70			
3滴	73	128			
4滴	200	306			
5滴	486				
備註	出口	出口	出口		

入口剪短，出口25公分					
	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1滴	163				
2滴	167				
3滴	169				
4滴	172				
5滴	174				
備註	入口				

【實驗結果與討論】：

我們推測是吸管口徑過小，桔醬堵住，以至於無法流出。同時也觀察到，桔醬流出的方式是從下方壓力較大的地方流出，或是較短的吸管流出。

研究5-2：不同粗細的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：為了克服細吸管被堵住的問題，我們選用粗吸管進行實驗，但囿於瓶口只能塞得下一粗一細的吸管，因此進行了以下的實驗。

【實驗步驟】：

1. 準備 1 細吸管(管口 0.6 公分、長度 25 公分)及 1 粗吸管(管口 1.1 公分、長度 25 公分)，以

賽璐璐片固定。

- 將瓶蓋上方挖空，用熱熔膠黏上有吸管的賽璐璐片。
- 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度 60 度。
- 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
- 取出 5 瓶低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13°C。
- 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 1 滴~5 滴的時間。
- 分別將粗細吸管同時剪掉 5cm、只剪出口細吸管 5cm、只剪入口細吸管 5cm，重複步驟 5-6，依序進行實驗。
- 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 出入口同時剪短時，在出口較粗(上細下粗)的情況下最快流出。
- 空氣入口(上方)剪短時，在5cm和20cm時最快流出。
- 桔醬出口(下方)剪短時，在出口5cm的情況下最快流出。
- 結果如下表5-2，圖5-1、5-2。

表5-2：不同吸管組合桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

不同吸管組合						
吸管排列	剪短位置	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1.上細下粗	上下同時剪短	1.8	66.0	81.0	120.0	133.0
2.上粗下細	上下同時剪短	27.0	30.0	45.0	123.0	85.0
3.上細下粗	上方剪短 5cm	22.0	83.0	85.0	34.0	89.0
4.上細下粗	下方剪短 5cm	6.0	62.0	26.2	99.0	90.0
5.上粗下細	上方剪短 5cm	27.0	179.0	75.0	27.0	153.0
6.上粗下細	下方剪短 5cm	28.0	58.0	73.0	89.0	67.0

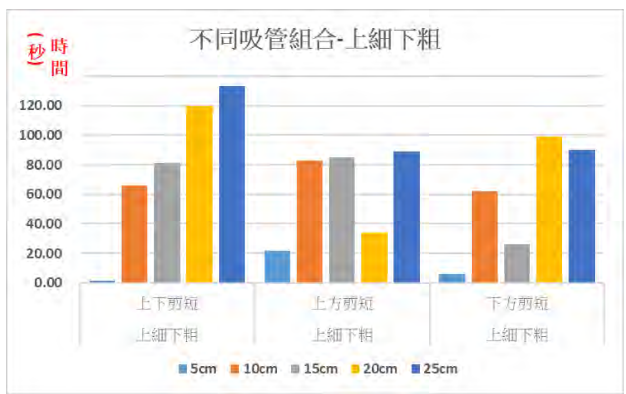


圖5-1：不同吸管組合桔醬出瓶時間比較圖

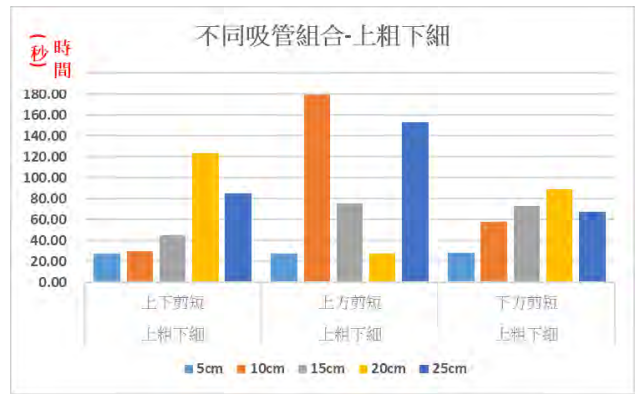


圖5-2：不同吸管組合桔醬出瓶時間比較圖

【實驗結果與討論】：

加入吸管後，速度減慢許多，但流量相對穩定。選出六種流速較快速的組合，進行下一個實驗。

研究5-3：六種形式的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：在研究 5-2 中，發現除了吸管粗細，還有吸管長度對於桔醬出瓶時間也會有影響，因此設計了六種形式的吸管，先用水測試整瓶倒出的時間變化，再進行了以下桔醬的實驗。

【實驗步驟】：

1. 準備六種形式的吸管(上細 5cm 下粗 5cm、上粗 5cm 下細 5cm、上細 5cm 下粗 25cm、上細 25cm 下粗 5cm、上粗 5cm 下細 25cm、上粗 25cm 下細 5cm)，並以賽璐璐片固定。
2. 將瓶蓋上方挖空，用熱熔膠黏上有吸管的賽璐璐片。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度 60 度。
4. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
5. 取出 5 瓶低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13℃。
6. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
7. 分別將六種形式的吸管，重複步驟 5-6，依序進行實驗，並
8. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 用水進行測試時，不管粗吸管或細吸管的方向(上細25cm下粗5cm/上粗5cm下細25cm)，都是粗5cm細25cm的組合最快流出。
2. 用桔醬進行測試時，上細5cm下粗5cm最快流出，推測是下方出口大，容易流出。
3. 結果如下表5-3，圖5-3~圖5-5。

表5-3：六種吸管組合桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

重量/ 類型	細 5 粗 5	粗 5 細 5	細 5 粗 25	細 25 粗 5	粗 5 細 25	粗 25 細 5
5g	21.7	283.3	57.1	230.5	37.8	485.7
10g	33.5	576.6	79.8	231.7	87.2	513.1
15g	47.3	1020.1	99.9	232.1	88.2	530.6
20g	61.5	1305.7	117.2	232.2	89.4	546.2
25g	72.4	1563.5	139.4	232.9	90.9	560.8
30g	84.7	1862.9	161.7	234.9	92.0	574.4

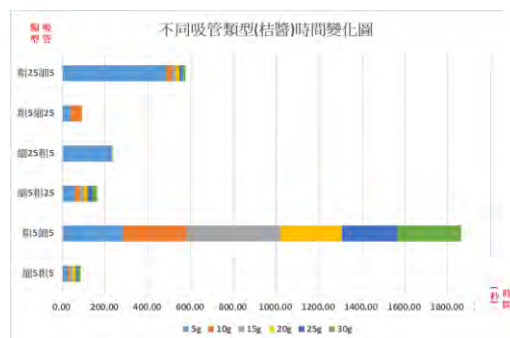


圖 5-3：六種吸管組合桔醬出瓶時間變化圖

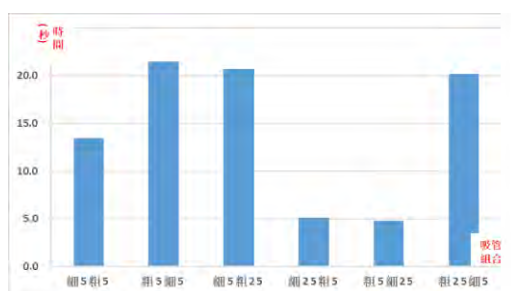


圖 5-4：六種吸管組合水出瓶時間比較圖

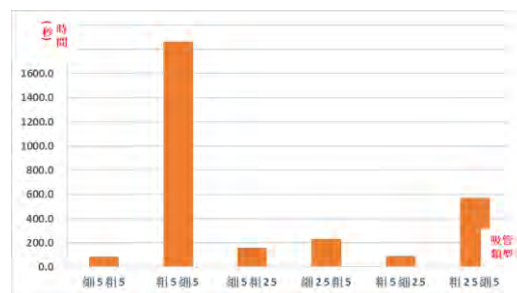


圖 5-5：六種吸管組合桔醬出瓶時間比較圖

【實驗結果與討論】：

六種形式的吸管組合，以上方空氣入口細5cm、下方桔醬出口粗5cm的吸管組合最快流出，在瓶口產生分流作用，因此流速度穩定。

■目的六、探討不同瓶口設計，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究6-1：吸管旁鏤空，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：在研究 5-3 中，發現上細 5cm 下粗 5cm 的吸管組合最快，但速度還是沒有先前快，推測是賽璐璐片擋住，使瓶口出口變小，因此移除賽璐璐片進行研究。

【實驗步驟】：

1. 將瓶蓋上方挖空，準備六種形式的吸管(上細 5cm 下粗 5cm、上粗 5cm 下細 5cm、上細 5cm 下粗 25cm、上細 25cm 下粗 5cm、上粗 5cm 下細 25cm、上粗 25cm 下細 5cm)，並以熱熔膠將棉繩固定在瓶蓋上。
2. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度 60 度。
3. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
4. 取出 5 瓶低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13℃。
5. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
6. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 桔醬流出的起始時間變快了。
2. 流速不是非常快，但很穩定，能在1分鐘內流出30g。
3. 結果如下表 6-1，圖 6-1、圖 6-2。

表6-1：吸管鏤空對桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

類型/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
細 5 粗 5	18.8	26.6	35.1	42.6	50.3	57.5
細 10 粗 5	32.4	43.3	56.2	70.2	84.8	94.9
細 15 粗 5	38.8	56.2	71.9	82.6	93.2	108.9
細 20 粗 5	178.6	192.4	194.4	197.3	198.8	200.5
細 25 粗 5	140.6	236.1	241.3	252.5	254.5	278.0

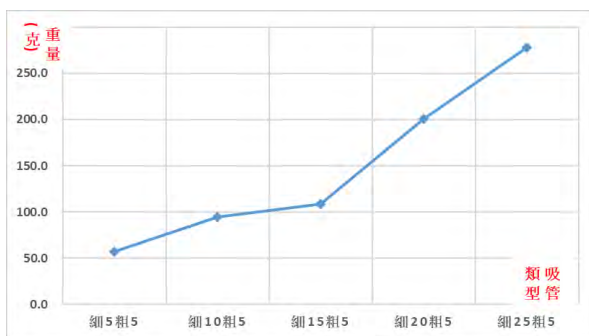


圖6-1：吸管鏤空對水出瓶時間比較圖

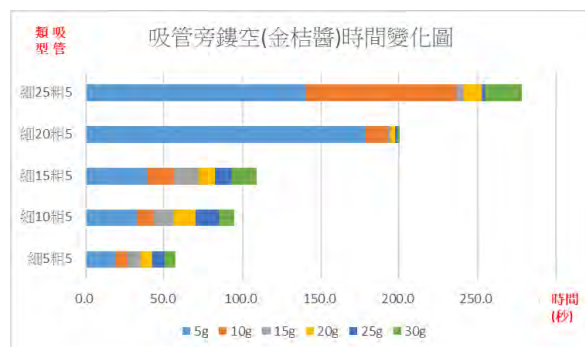


圖6-2：吸管鏤空對桔醬出瓶時間變化圖

【實驗結果與討論】：

吸管鏤空、上細5cm下粗5cm的組合，時間提升30秒左右，維持瓶口的空氣進出是很重要的。

研究 6-2：瓶外凸出吸管長度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：市面上的倒酒器在瓶外有長管子，我們很好奇這樣對於桔醬瓶的空氣進出是否有幫助，因此進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 準備瓶內上細 5cm 下粗 5cm 的吸管，以熱熔膠將棉繩固定在瓶蓋上。
2. 在瓶外設計四種長度的吸管(上細 5cm 下粗 5cm、上細 10cm 下粗 5cm、上細 5cm 下粗 10cm、上細 10cm 下粗 10cm)，並以賽璐璐片固定。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度 60 度。
4. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
5. 取出 5 瓶在低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為 10-13°C。
6. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)紀錄，確認桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
7. 分別將四種長度的吸管，重複步驟 5-6，依序進行實驗。
8. 將結果畫成表格、統計圖。



【研究發現】：

1. 瓶外吸管長度為上細10cm下粗5cm、上細5cm下粗10cm時，比原先上細1cm下粗1cm稍微快了3-5秒。
2. 結果如下表 6-2，圖 6-3、圖 6-4。

表6-2：吸管鏤空對桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

類型/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
細 5 粗 5	26.9	39.1	51.6	67.8	92.1	101.6
細 10 粗 5	18.0	23.2	30.3	36.6	46.9	54.7
細 5 粗 10	17.2	22.2	29.3	35.2	45.3	52.3
細 10 粗 10	29.7	41.2	51.1	60.7	70.9	81.3

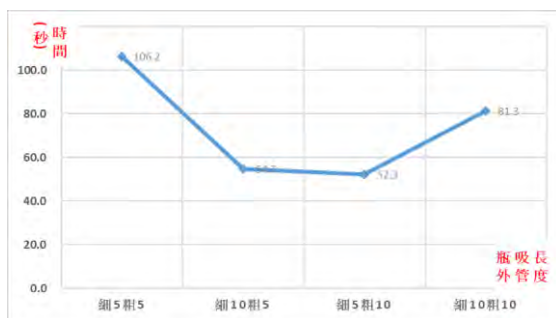


圖6-3：吸管鏤空對水出瓶時間比較圖

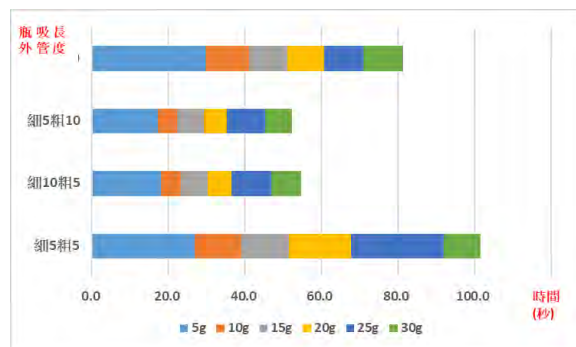


圖6-4：吸管鏤空對桔醬出瓶時間變化圖

【實驗結果與討論】：

瓶外長度加長的效果不明顯，推測是因為注酒器是為了流動快速的酒而設計的，對於黏稠性高的液體幫助不大。



研究 6-3：不同隔板長度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】：從研究 6-1 的實驗結果，發現瓶口大，讓空氣順利進入是很重要的。為了能讓出入口順暢流動，又要讓桔醬流速和方向穩定，因此將吸管的觀念簡化為賽璐璐片製成的隔板，進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 將瓶蓋上方挖空，準備 25 公分長的隔板(賽璐璐片)，並以熱熔膠將賽璐璐片固定在瓶蓋上。
2. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度 60 度。
4. 放上從冰箱取出之桔醬瓶，計時並以慢速攝影記錄桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
5. 取出賽璐璐片剪去 5cm，重複步驟 3-4，依序進行實驗。
6. 將結果將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 用水進行測試時，隔板長10cm、15cm最快流出。
2. 用桔醬進行測試時，隔板長0cm、25cm最快流出。
3. 觀察流出位置，隔板長0cm為出口流，隔板長25cm為出入口同時流。
4. 瓶口的隔板0cm具有分流作用，隔板長25cm在瓶內形成導流作用。
5. 結果如下表 6-3，圖 6-5~圖 6-8。

表6-3：隔板長度對桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

	5g	10g	15g	20g	25g	30g
隔板 0cm	9.0	12.0	13.6	14.3	15.4	16.3
隔板 5cm	9.8	15.1	21.5	25.1	31.2	35.9
隔板 10cm	13.2	17.0	20.9	24.9	28.4	32.3
隔板 15cm	21.2	23.9	35.3	37.8	41.0	44.2
隔板 20cm	30.2	32.4	35.7	38.4	41.4	45.0
隔板 25cm	7.0	9.9	12.5	15.3	18.9	22.1

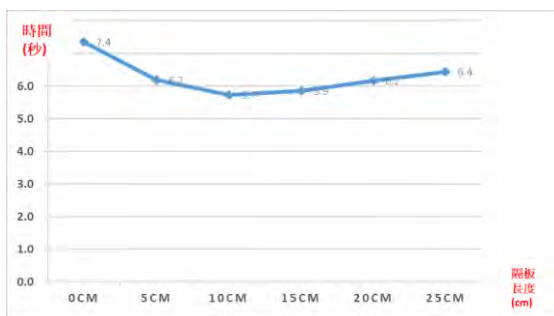


圖6-5：隔板長度對水出瓶時間比較圖

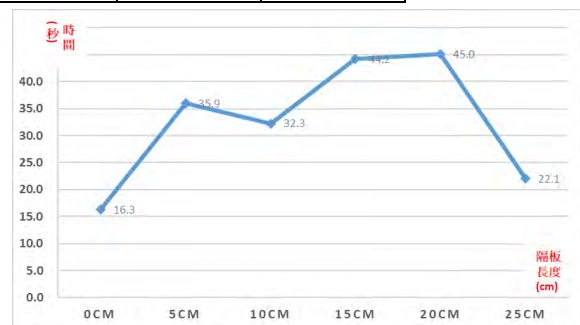


圖6-6：隔板長度對桔醬出瓶時間變化圖

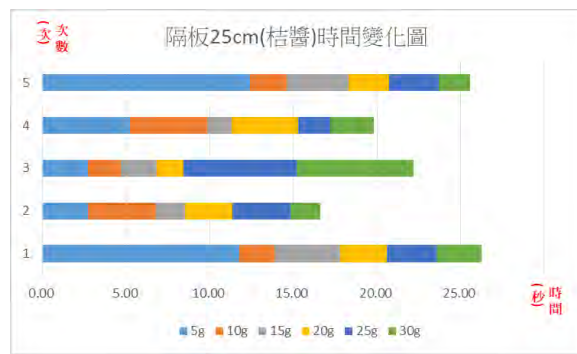
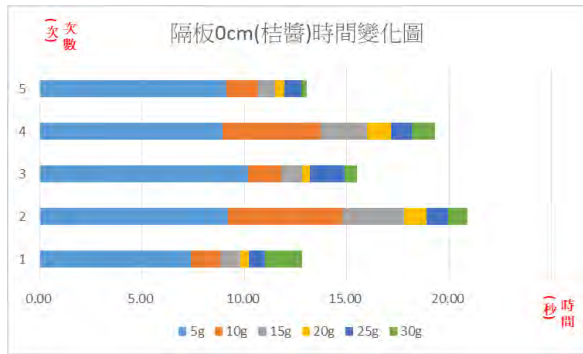


圖6-7：隔板長度0cm對桔醬出瓶時間變化圖 圖6-8：隔板長度25cm對桔醬出瓶時間變化圖

【實驗結果與討論】：

以流出時間變化圖來看，隔板0cm較穩定，隔板長25cm起
始速度變快了。因為隔板可以減少瓶內的阻礙，在瓶外又形成
導流作用。



■目的七、設計一個桔醬出瓶的最佳裝置。

【研究構想】：根據以上實驗結果，我們選出隔板 0cm 作為分流裝置，並加上瓶身後方震動，設計出桔醬出瓶的最佳裝置。

【實驗步驟】：

1. 將瓶蓋上方挖空，準備瓶內 0cm 長、瓶外口字型的賽璐璐片，並以熱熔膠將賽璐璐片固定在瓶蓋上。
2. 距離瓶口 15 公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度 60 度。
4. 在距離瓶口 24cm 處裝上震動裝置。
5. 放上從冰箱取出之桔醬瓶，計時並以慢速攝影記錄桔醬倒出 5g、10g、15g、20g、25g、30g 的時間。
6. 分別取用三分之二、三分之一瓶容量之桔醬，重複步驟 3-5，依序進行實驗。
7. 將結果將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 桔醬流出的起始時間快，速度也穩定。
2. 流速快而穩定，平均能在8秒內讓低溫的桔醬流出30g，且控制在出口流出。
3. 結果如下表 7-1，圖 7-1、圖 7-2。

表7-1：最佳設計對不同容量桔醬平均出瓶時間比較表（單位：秒）

容量/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
三分之一	3.35	4.31	4.75	5.07	5.84	6.41
三分之二	2.07	2.83	3.56	4.08	4.62	5.16
三分之三	4.39	4.95	5.50	6.22	6.96	7.84

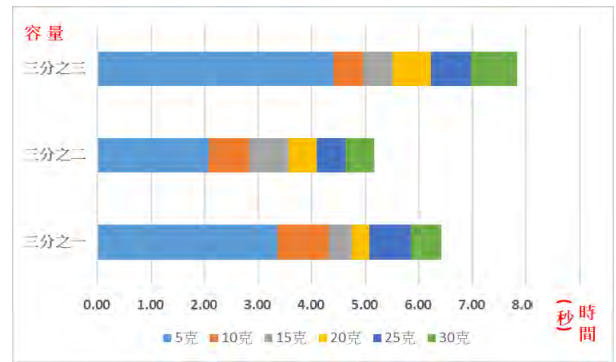
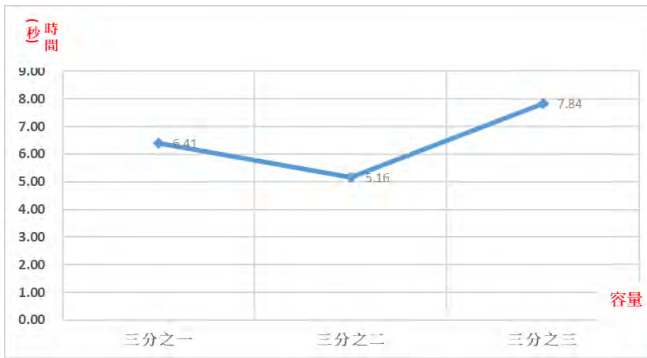


圖7-1：最佳設計對不同容量桔醬出瓶時間比較圖 圖7-2：最佳設計對不同容量桔醬出瓶時間變化圖 }

【實驗結果與討論】：

運用偏心馬達製作震動器，加上瓶外隔板的導流裝置，能讓不同容量的桔醬在8秒鐘以內穩定的流出30g，是我們的研究建議的最佳裝置，便宜、經濟又實惠！

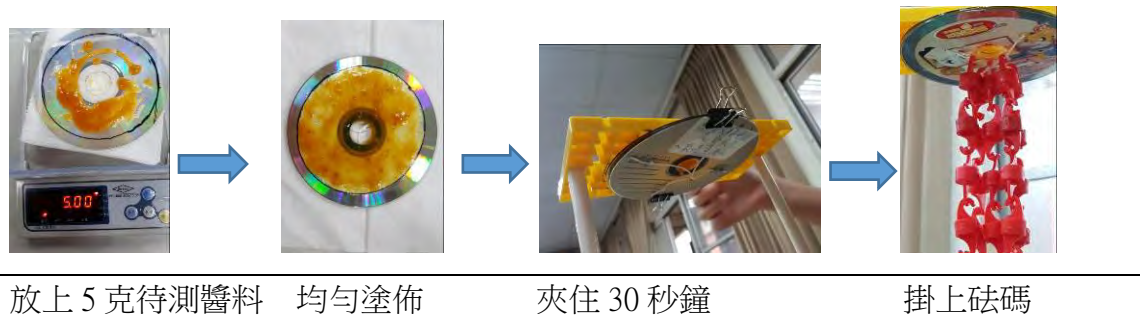


柒、討論

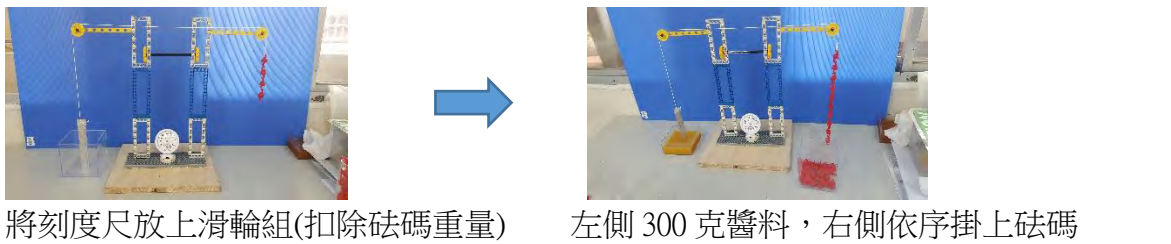
一、不同溫度，對生活中常見醬料的黏度有何差異？

在【研究 2-1】中為了想知道在不同溫度的情況下，各種醬料的黏度差異，我們自製了測試黏度的裝置，如下圖：

第一代測量黏度的裝置

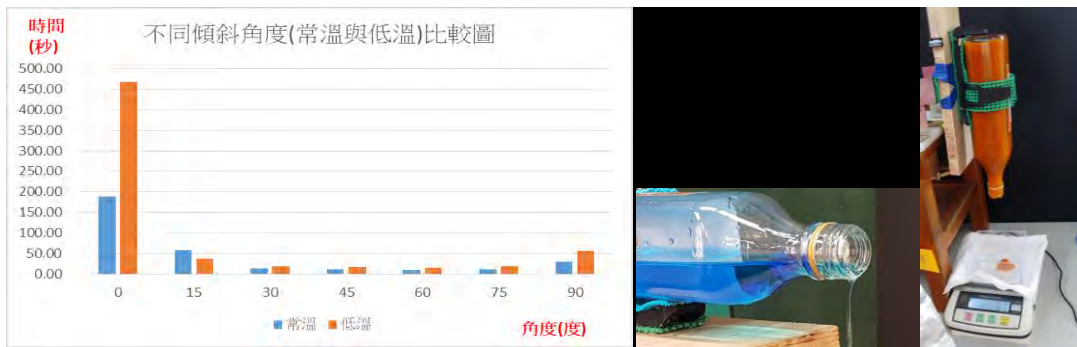


第二代測量黏度的裝置



第一代的裝置受到塗佈均勻與否的困難點，以及夾住時若有醬料溢出，會黏住邊緣而影響兩片光碟分開，因此改為第二代測量黏度的裝置，效果明確易執行。

二、不同傾斜角度，對桔醬出瓶時間有何不同？



在【研究3-1】中發現，當角度為0，醬料流出非常緩慢，確認了醬料流出必須要有重力的吸引；反觀角度為90度時，因為洞口堵住，讓空氣進出困難，間歇性的產生氣泡，因此速度變慢，也確認了醬料流出還要有空氣的流動。

三、倒立存放，對桔醬出瓶時間有何不同？

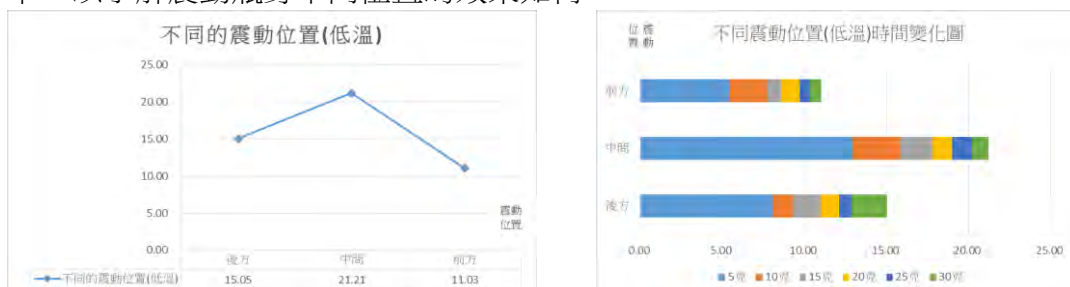
在【研究3-2】中發現，倒立存放流出的時間並沒有比較快。原因是當我們把正放的瓶子以60度傾倒時，氣泡會由瓶口移動到瓶底，對於瓶中原本靜置的醬料有擾動的效果。而倒立存放的桔醬瓶，空氣持續困在底部，加上靜置的醬料有黏性，因此速度反而稍慢。



由洞口移至瓶底的氣泡，讓靜置的醬料擾動，進而流動較快

四、不同震動位置，對桔醬出瓶時間有何不同？

在【研究 4-1】中發現，觀察瓶子夾具(模擬手的位置)原本設定在瓶子中間 14cm 處，分別在前方(8cm)、中間(16cm)、後方(24cm)處放上震動裝置。結果發現：震動前方，桔醬出瓶時間較快，震動中間，桔醬出瓶時間最慢。推測是夾具減低了震動，使震動效果相對的較差。因此我們調整為「夾具距離震動器 5cm 的距離」，在相同的變因下，以了解震動瓶身不同位置的效果如何。



五、不同長短的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？

在【研究5-3】中用水進行測試時，不管粗細吸管的的方向(上細25cm下粗5cm、上粗5cm下細25cm)，粗5cm細25cm的組合最快流出，推測是因為水的黏性較小、速度快，粗吸管成為出口，因此25公分的細吸管成為入口，與上下位置關聯性較低。

用桔醬進行測試時，上細5cm下粗5cm最快流出，推測是下方出口大，容易流出。而吸管太長，接近瓶底(28cm)，很容易被醬料堵住，而失去成為空氣交換孔的功能。



六、不同隔板長度，對桔醬出瓶時間有何不同？

在【研究6-2】中我們觀察到桔醬流出的位置，隔板長0cm為出口流，隔板長25cm為出入口同時流，推測瓶口的隔板0cm具有分流作用，隔板長25cm在瓶內形成導流作用(類似長筷子入瓶的功能)。以流出時間變化而言，隔板0cm較穩定，隔板長25cm雖然讓起始速度變快了，到出瓶口時又漸慢。



捌、結論

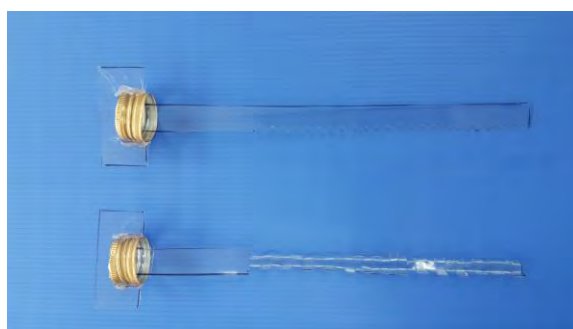
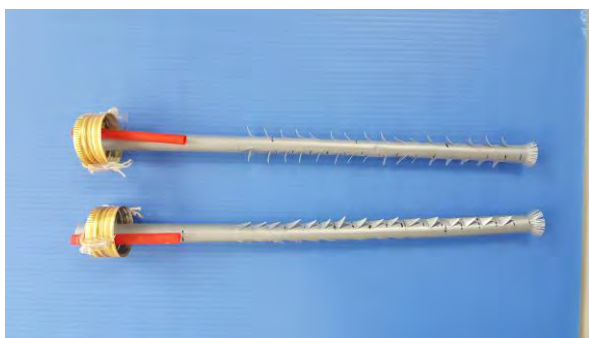
- 一、金桔醬工廠採用玻璃瓶的原因是製造過程中經過高溫殺菌加熱至 100 度，透過不鏽鋼管直接充填至瓶內，放入塑膠瓶會產生塑化劑。
- 二、金桔醬本身不添加任何化學防腐劑，因此選用窄口瓶，使用廣口瓶會增加發霉的機率。
- 三、在低溫的情形下，生桔醬和熟桔醬黏度增加，低溫的熟桔醬倒出 30 克的時間較長。
- 四、濃度愈濃，桔醬出瓶的平均時間明顯增加。
- 五、黏度愈大，黏著在肉片上的量也較多。
- 六、傾斜角度 60 度，桔醬流出時間最短。
- 七、倒立存放於冰箱，桔醬流出的時間並沒有比較快。

- 八、 震動瓶身後方，桔醬出瓶時間較快。
- 九、 搖動瓶身以電壓為 10v（每秒搖動 3 次）的頻率，能夠快速倒出桔醬，但會造成醬料在瓶口處出現桔醬甩動的情形。
- 十、 桔醬會從下方壓力較大的地方流出，或是較短的吸管流出。出入口同時剪短時，在出口較粗(上細下粗)的情況下最快流出。
- 十一、 吸管旁鏤空流速不是非常快，但很穩定，能在 1 分鐘內流出 30g。
- 十二、 瓶外吸管長度加長，對於桔醬出瓶的幫助，效果不明顯。
- 十三、 使用隔板 0cm 較穩定，具有分流作用；隔板長 25cm 起始速度變快了，在瓶內形成導流作用。
- 十四、 最佳設計裝置是隔板 0cm 作為分流裝置，並加上瓶身後方震動，流速快而穩定，平均能在 8 秒讓低溫的桔醬流出 30g，且控制於下方出口流出。

玖、未來展望

本研究起源於觀察外婆倒桔醬時，無法控制速度與流量，因此展開實地探訪與實驗，企圖找到可以快速穩定倒出桔醬的方法。未來可進一步探討的部份有：

1. 瓶口隔板設計：隔板長度、形狀要如何省材料又方便有效，值得繼續進行探究。
2. 瓶身震動裝置：如果是 2 個震動器，擺放在前後方不同位置，是否能達到降低桔醬黏度的效果，我們感到很好奇。
3. 長隔板設計：較長的隔板或吸管，也有穩定導流的功效，應用在桔醬量比較少的時候，是否有更多的效用，可以繼續創新研發。



拾、研究心得

丁 00：

這個實驗，需要很大的耐心、毅力、以及團隊之間的合作，也要克服心裡的困難，因為要把手放進桔醬，這一定是許多人不願意做的實驗，但我們不放棄好奇心，決定做這項特別的題目。我們也在實驗過程中找到樂趣，遇到困難時，也能有效得找到解決方法，讓實驗能有效得進行下去。我做這個實驗，了解桔醬為什麼流得那麼慢，可以用什麼方法倒得更快速。這是一個有關生活的實驗，可以讓我們以後的生活更方便！

陳 00：

經過這次的實驗，讓我了解到了團隊的重要性，因為這次實驗的過程比較複雜，所以只要有一個人有事請假，其他人的工作量就會變多，造成手忙腳亂，拖延實驗進度，讓別人比較不方便。經過這次實驗，我也學到了桔醬的製作過程，經過漂亮的劉小姐解釋之後，讓我學了更多知識。最後，我想要謝謝老師們無怨無悔的在假日幫我們集訓，讓我們可以參加科展。謝謝老師！

鄭 00：

為了這次的實驗，我們親自買了金桔，也參觀了桔醬的製作過程，學習到先把籽挖掉，或是將瓶口做得比較窄來防腐等秘訣。為了完成這個作品，我們除了周末，連兒童節、清明節和端午節都聚在一起做實驗，模擬肉片蘸醬，過程中常常用手摸桔醬，這種感覺真奇妙，冰冰的、稠稠的、黏 TT 的！最後我們設計了一些裝置，讓空氣順利進去，也讓桔醬能穩定的流出來，覺得很有成就感。

拾壹、相關參考資料

1. 王惠珠、鄭卉芸、張馨云、呂廷璋(2004)。客家特有桔醬的歷史與營養價值的探索 - 客家雲 - 客家委員會。2019.01.17.取自 <http://cloud.hakka.gov.tw/Attachment/1/61617392071.pdf>
2. 苗栗特色文化產業。2019.01.17.取自 http://feature.mlc.gov.tw/food/food01_02_1.asp?fid=88
3. 武居昌宏(2019)。世界第一簡單流體力學，世茂出版。
4. 維基百科-黏度。2019.2.13 取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/黏度>
5. 「如膠似漆乎」－液體的黏滯性之研究，第 48 屆中小學科學展覽會，國中組理化科。2019.01.17.取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=62&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=3&sid=3487>
6. 氣泡在黏滯性液體中的運動，臺灣 2006 年國際科學展覽會，高中組物理科。2019.01.17.取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=121&a=6822&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=9&sid=2986>

【評語】 082913

以日常生活中使用的金桔醬為對象，透過分析金桔醬(非牛頓流體)出瓶的影響因素如:瓶身角度、壓力、震動、吸管組合、瓶口設計等，嘗試設計理想的金桔醬容器。實驗規劃周詳，成效顯著。若能增進非牛頓流體種類的了解應更能精進。

摘要

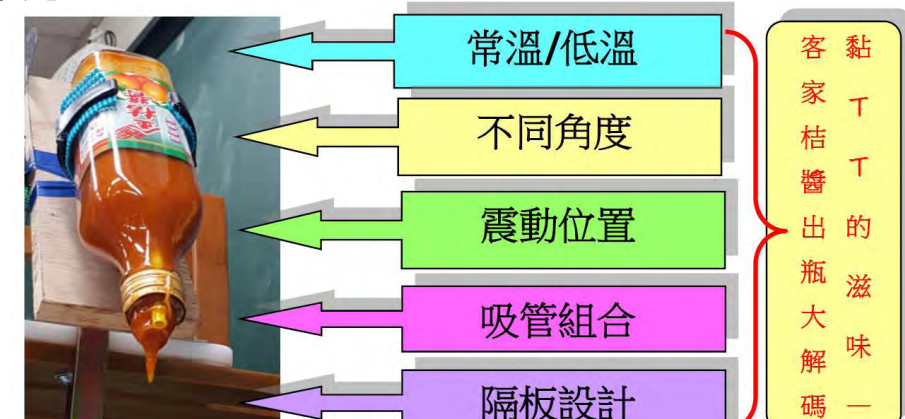
本研究源於倒桔醬無法控制速度與流量，展開實地探訪與實驗。結果發現：

- 一、玻璃窄口瓶設計：桔醬經高溫殺菌充填至瓶內，減少發霉機率。
- 二、桔醬黏性：低溫、濃度高，會增加黏度，不易倒出。
- 三、不同濃度的桔醬蘸肉片：重量增加百分比為濃(85%) > 正常(60%) > 淡(31%)。
- 四、加速倒出桔醬：向下傾斜60度，震動瓶身後方，或以每秒3次的頻率搖動。
- 五、吸管輔助：從瓶口下方壓力大，或較短的吸管流出。以上細下粗的組合最快流出。
- 六、吸管旁鏤空：流速不快，但穩定，能在1分鐘內流出30g桔醬。
- 七、隔板設計：瓶內隔板0cm，在外部形成分流作用，隔板25cm則增加瓶內導流。
- 八、最佳設計：隔板0cm、瓶身後方震動，在8秒讓低溫桔醬流出30g，且控制於下方出口流出。

壹 研究動機

金桔醬是客家餐廳特有的醬料，將成熟的金桔蒸熟、去籽後，加入鹽、砂糖、酒，煮成泥狀，開瓶後需要冷藏存放。每次在食用時，都看到外婆賣力的倒出來，但無法控制桔醬的流量。我們也觀察到其他具有黏度的醬料，和桔醬一樣，常常突如其來噴得到處都是，因此我們想要解決這個問題，並進行了許多實驗，希望讓金桔醬能流得快又穩定，能使生活更便利。

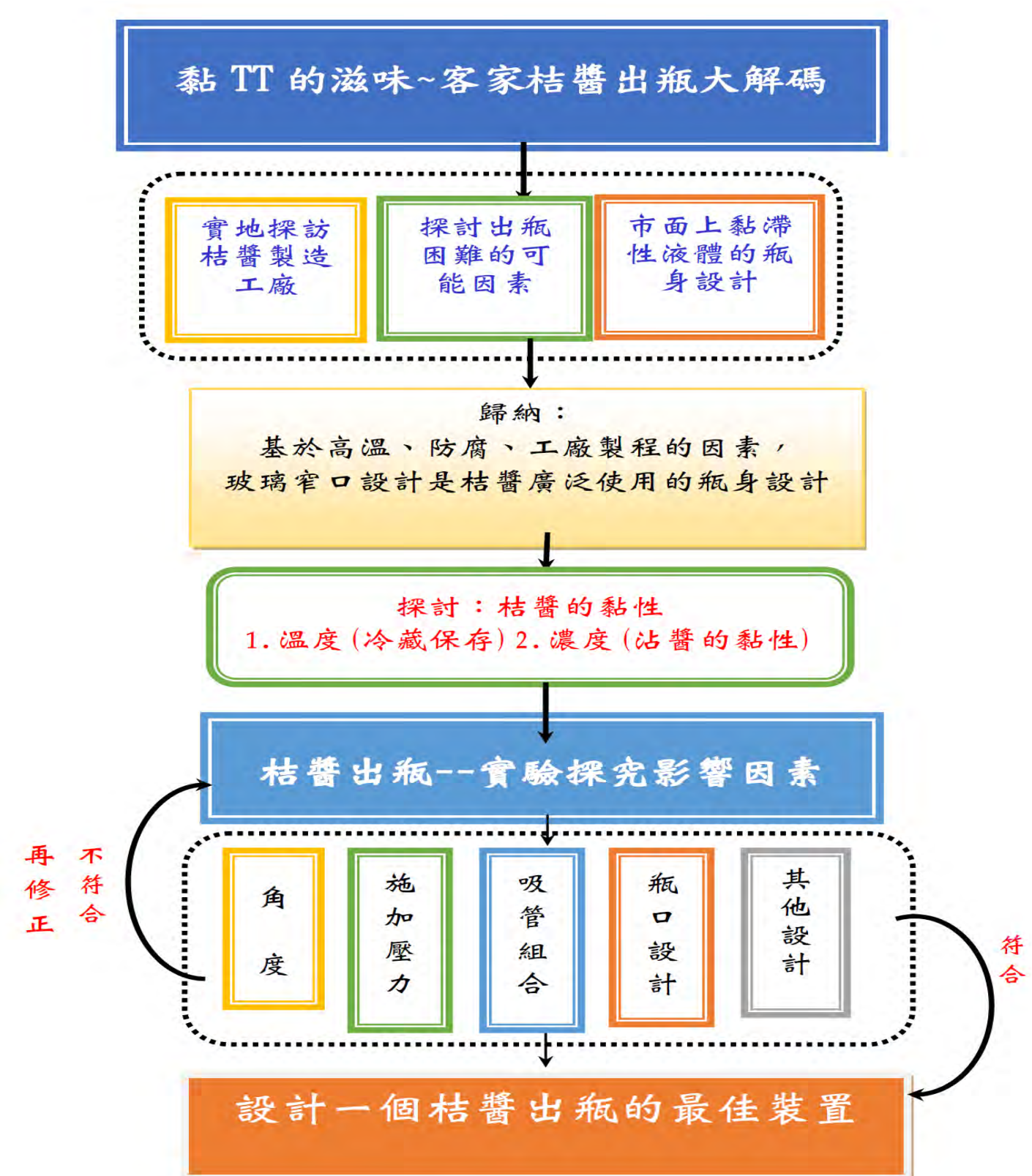
自然課時老師在「空氣」的單元中，介紹了大氣壓力的特性，這些概念讓我們在這個實驗中有所啟發，我們嘗試要解決瓶內空氣和醬料之間的進出問題，並設計一個速度快又能穩定流出的裝置。研究方向思考圖，如右圖：



貳 研究目的及問題

- 目的一、探討桔醬出瓶困難的原因。
 - 研究1-1：實地探訪桔醬製造工廠進行訪談。
 - 研究1-2：探討桔醬出瓶困難的可能因素。
 - 研究1-3：了解市面上黏滯性液體的瓶身設計。
- 目的二、桔醬黏性的探討。
 - 研究2-1：不同溫度，對桔醬出瓶時間有何不同？
 - 研究2-2：不同濃度，對桔醬出瓶時間有何不同？
 - 研究2-3：不同濃度下，桔醬沾肉片黏度有何不同？
 - 研究2-4：不同溫度下，探討生活中不同醬料的黏度有何差異？
- 目的三、探討不同角度，對桔醬出瓶的時間有何影響。
 - 研究3-1：不同角度，對桔醬出瓶時間有何不同？
 - 研究3-2：倒立存放，對桔醬出瓶時間有何不同？
- 目的四、探討不同施加壓力方式，對桔醬出瓶的時間有何影響。
 - 研究4-1：不同震動位置，對桔醬出瓶時間有何不同？
 - 研究4-2：不同搖動頻率，對桔醬出瓶時間有何不同？
- 目的五、探討不同吸管組合方式，對桔醬出瓶的時間有何影響。
 - 研究5-1：不同長度的吸管組合，對桔醬出瓶時間有何不同？
 - 研究5-2：不同粗細的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？
 - 研究5-3：六種形式的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？
- 目的六、探討不同瓶口設計，對桔醬出瓶時間有何影響。
 - 研究6-1：吸管旁鏤空，對桔醬出瓶時間有何不同？
 - 研究6-2：瓶外凸出吸管長度，對桔醬出瓶時間有何不同？
 - 研究6-3：不同隔板長度，對桔醬出瓶時間有何不同？
- 目的七、設計一個桔醬出瓶的最佳裝置。

參 研究架構



肆 文獻探討(詳見說明書)

伍 研究設備及器材

- 一、實驗材料：
 1. 醬料：生桔醬、熟桔醬、醬油膏、番茄醬、辣椒醬、水
 2. 吸管：粗吸管數支(口徑1.1cm、長度25cm)、細吸管數支(口徑0.6cm、長度25cm)
 3. 隔板：賽璐璐片(長25cm、寬1cm)
- 二、實驗設備：
 - 電子秤、公升盒、培養皿、碼表、攝影裝置、紅外線溫度計、乾溫溼度計、冰箱、熱熔膠、剪刀
- 三、實驗裝置：
 1. 自製測量黏度裝置：組裝一個滑輪裝置(積木組)、一個刻度尺(棉繩、尺)、砝碼(2g)數個。
 2. 可調整角度的支架：木板、水壺架、量角器、螺絲/帽、賽璐璐片。
 3. 震動裝置：小馬達、熱熔膠條、鬆緊帶、止滑貼條。
 4. 搖動裝置：木板、支架、水壺架、彈簧、橡皮筋、凸輪、馬達、可調電壓控制板。



陸 研究過程與結果

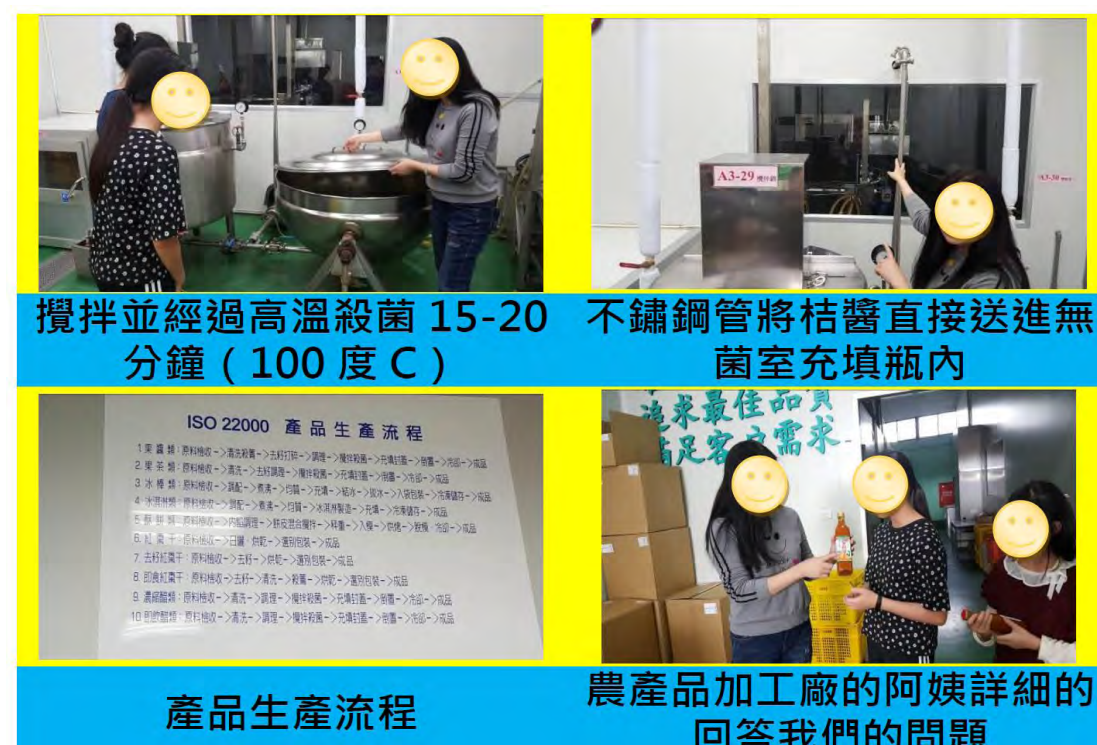
目的一、探討桔醬出瓶困難的原因。

研究1-1：實地探訪桔醬製造工廠進行訪談

【研究構想】金桔醬的瓶子是玻璃做的，瓶口又很窄小，我們想了解選用這個瓶子的原因，因此到農會的銷售處購買金桔醬，並詢問農產品加工廠的電話和地點，很幸運的能獲得參觀的機會。

【訪談概要】

1. 製作過程：檢查原料是否殘留農藥，清洗殺菌，去籽打碎，並加入鹽、糖、米酒、辣椒和水調味，攪拌並經過高溫殺菌15-20分鐘(100°C)，充填封蓋，冷卻，成品。
2. 製作比例：桔醬70%、水7%、米酒10%、糖6%、鹽6%、辣椒1%。
3. 瓶口窄小，接觸的空氣少，開瓶後才不容易滋生細菌。
4. 瓶口封口前倒入米酒，可以隔絕空氣和避免腐敗，倒出時也較快速。
5. 採用玻璃瓶原因是高溫殺菌加熱至100度，透過不鏽鋼管直接充填至瓶內，放入塑膠瓶會產生塑化劑。
6. 果醬類的廣口瓶，充填時倒置5分鐘，瓶蓋就可以密合，但窄口瓶不需要倒置的過程。



研究結果與討論

1. 瓶身為玻璃瓶，農產品加工廠現有的機器和高溫充填，並無改成塑膠瓶的意願。
2. 商品本身不添加任何化學防腐劑，因此選用窄口瓶，使用廣口瓶會增加發霉的機率。
3. 在瓶身無法改變的情況下，決定要採用現有的瓶子進行研究。

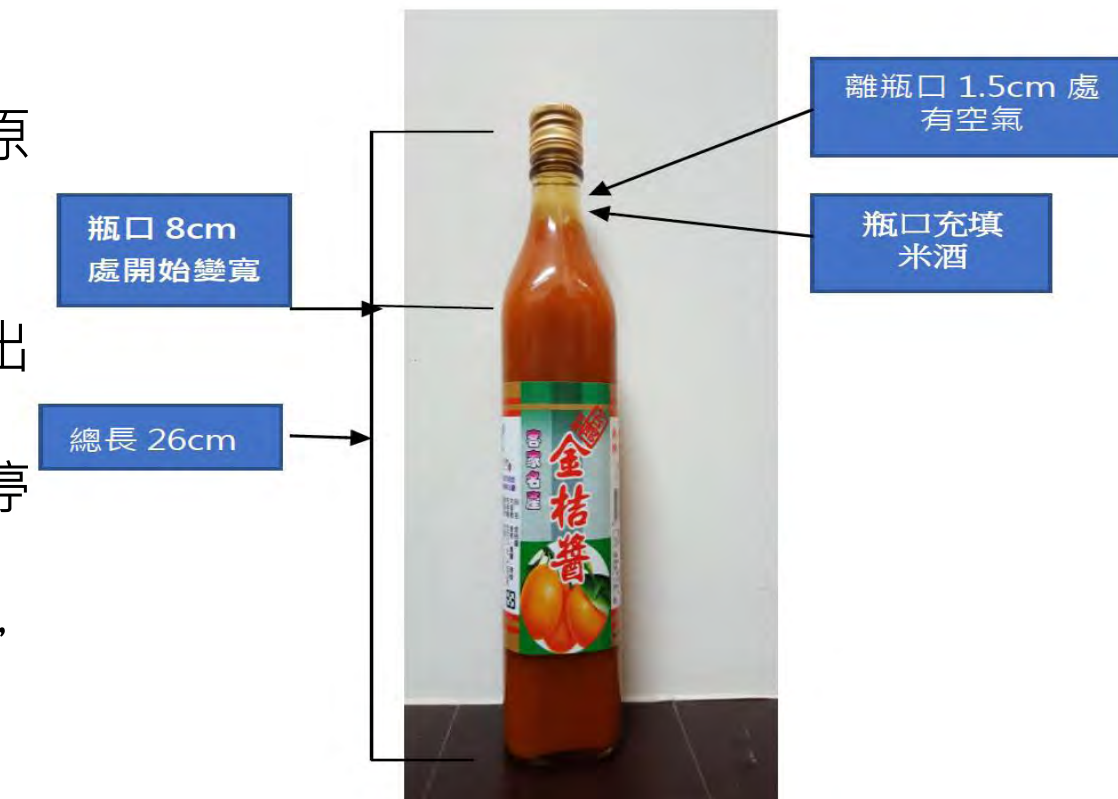
研究1-2：探討桔醬出瓶困難的可能因素。

【研究構想】

以現有的瓶身傾倒醬料，觀察桔醬出瓶的過程。

【研究發現】

1. 未開封前倒置可以看到氣泡升起，瓶內原有一些空氣。
2. 開封傾倒時，米酒先流出，流速快。
3. 在瓶口上方有氣泡進入，下方有桔醬流出。
4. 傾倒角度太大時，醬料堵住洞口，就會停止流出，幾分鐘後會突然爆量衝出。
5. 傾倒角度太小時，缺少醬料向下的力量，流出速度緩慢，桔醬低於瓶口時，甚至停止流出。



研究結果與討論

1. 瓶口要保持讓空氣進入的空間，以平衡瓶內外的大氣壓力。
2. 瓶內醬料受重力影響，而有向下流出的力量。
3. 當內部氣體+醬料壓力 > 大氣壓力，醬料才容易流出。
4. 桔醬有彼此內聚的力量，也有黏附在瓶身內壁上的力量。

研究1-3：了解市面上黏滯性液體的瓶身設計。

【研究構想】

除了桔醬瓶窄口設計外，我們想了解市面上的產品，如何將有黏度的液體取出

【研究發現】

市面上的黏滯性液體的瓶子，大致上可分為四類：

設計類型	特點
【玻璃窄口設計】	1. 防腐效果較好。 2. 不利於取出。
【軟瓶設計】	1. 便於擠壓。 2. 不耐高溫。 3. 部分設計為倒立存放。
【玻璃廣口設計】	1. 取用方便。 2. 接觸外部的空氣和水氣，容易發霉。
【吸管抽取】	1. 按壓瓶或滴管式取出方便。 2. 黏液要均勻，否則易堵住管口。

研究結果與討論

1. 廣口瓶取用時要用湯匙挖取，容易發霉；直接傾倒會造成一整團流出，使用時不便利。
2. 軟瓶設計的瓶身為塑膠，不適合裝填高溫的桔醬。
3. 桔醬顆粒較大，如果採用吸管抽取，管徑設計要大，避免因堵塞而產生瞬間的噴濺。

目的二、桔醬黏性的探討。

研究2-1：不同溫度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

開封後的桔醬，都需要冷藏保存，我們好奇冷藏後的桔醬，是否更難倒出，因此我們進行以下的實驗，了解溫度對桔醬出瓶時間是否有影響。

【實驗步驟】

1. 準備可調整角度的支架，固定60度角。
2. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 取出5瓶常溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為23-25°C。
4. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
5. 改用5瓶低溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C，重複步驟3-4。
6. 將結果畫成表格、統計圖。

表2-1：不同溫度對桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

種類/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
常溫	4.4	6.3	7.3	8.1	8.7	9.4
低溫	8.7	11.3	13.1	14.2	15.6	16.5

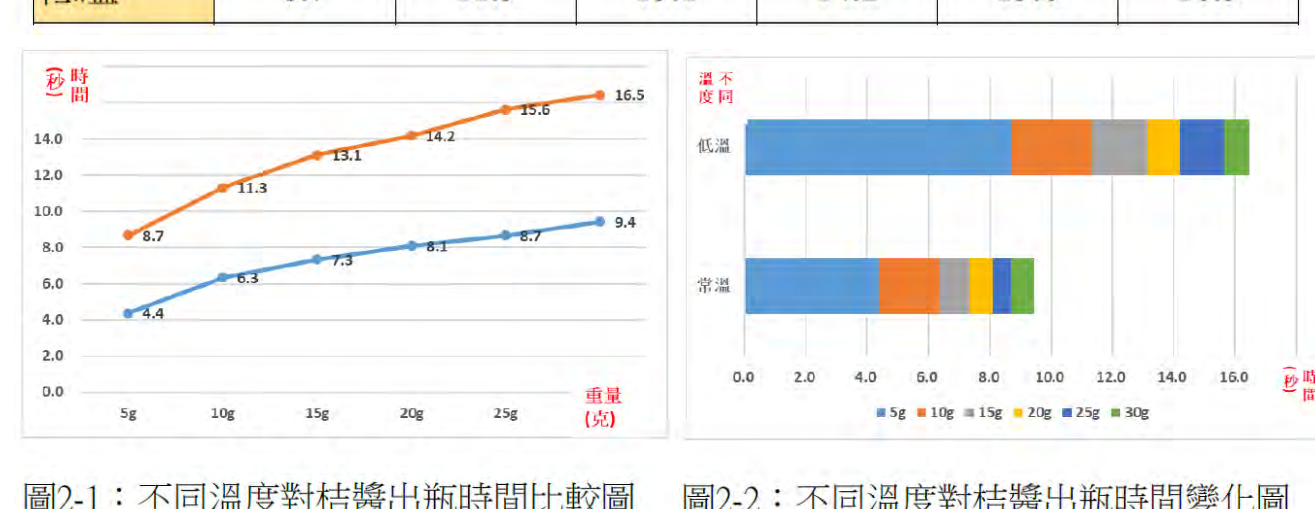


圖2-1：不同溫度對桔醬出瓶時間比較圖 圖2-2：不同溫度對桔醬出瓶時間變化圖

【研究發現】

1. 低溫桔醬倒出30克的時間需較長。
2. 倒出醬料的重量隨時間規律的變化。
3. 結果如表2-1、圖2-1、圖2-2。

研究結果與討論

從實驗發現，常溫保存的桔醬倒出的時間較短；而冷藏的桔醬黏度變大，倒出5g的起始速度慢，倒出一碟醬料(30g)的時間長達16.5秒。

研究2-2：不同濃度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

市面上的桔醬產品，各廠牌會因成分和濃度的不同，而影響桔醬出瓶的時間，訪談農會製造工廠和地方知名桔醬製作工廠後得知，桔醬中的金桔和水的比例，是影響桔醬濃淡的重要因素，因此委請製作工廠協助製作濃淡比例不同的桔醬。

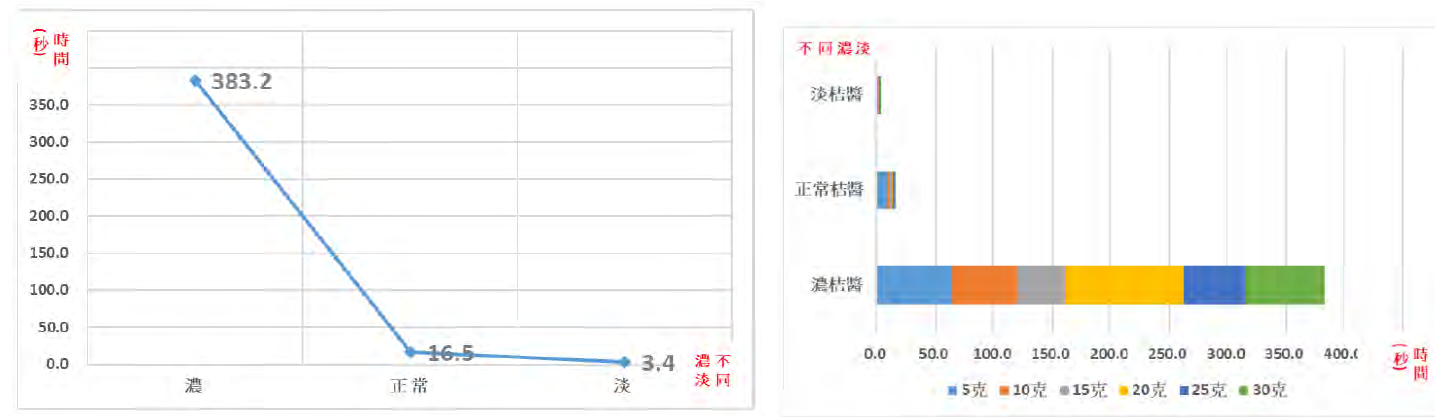
【實驗步驟】

1. 不同濃度的桔醬製作比例配置：
2. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 準備低溫保存之濃桔醬、正常桔醬、淡桔醬各5瓶。
4. 取出低溫保存之濃桔醬5瓶。
5. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
6. 分別改用5瓶低溫保存之正常桔醬、淡桔醬，重複步驟5-6。
7. 將結果畫成表格、統計圖。

成分	金桔醬	水	米酒	糖	鹽	辣椒
濃桔醬	75%	2%	10%	6%	6%	1%
正常桔醬	70%	7%	10%	6%	6%	1%
淡桔醬	65%	12%	10%	6%	6%	1%

表2-2：不同濃淡桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

類別/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
濃桔醬	64.2	120.2	161.6	263.1	314.8	383.2
正常桔醬	8.7	11.3	13.1	14.2	15.6	16.5
淡桔醬	0.6	1.2	1.7	2.2	2.8	3.4



【研究發現】

1. 桔醬太稀，黏度較低，流速快。
2. 濃度愈濃，黏度較高，桔醬出瓶的平均時間明顯增加。
3. 濃度較濃，出瓶時受到金桔醬顆粒影響，會有間歇性的變慢的情況。
4. 結果如表2-2、圖2-3、2-4。

研究結果與討論

濃稠的桔醬黏度高，倒出的過程流動很緩慢，有時會堵塞，空氣被包裹在裡面形成薄膜，等到空氣突破高黏度的桔醬後，流速才會變快。

研究2-3：不同濃度下，桔醬沾肉片黏度有何不同？

【研究構想】

三層肉蘸些桔醬，是客家美食之一。從上一個實驗中，我們猜測，黏度高和黏度低的桔醬，蘸肉片的黏著性也不同，對食物的美味程度也有差異，因此進行以下實驗，想了解濃度對肉片蘸醬多寡的影響。

【實驗步驟】

1. 以熱水川燙油花分布均勻的三層肉，再以厚度0.5公分切片。
2. 將第二代-自製測量黏度裝置刻度尺更換為長尾夾，以方便夾住肉片。
3. 選取肉片，放在電子秤上測量重量。
4. 將肉片夾在滑輪組的一端，雙面蘸上桔醬後，在滑輪組的另一端拉起肉片。
5. 拉起等待10秒，待多餘的醬料掉落後再秤重。
6. 重複步驟3-5，將結果記錄成表格、統計圖。

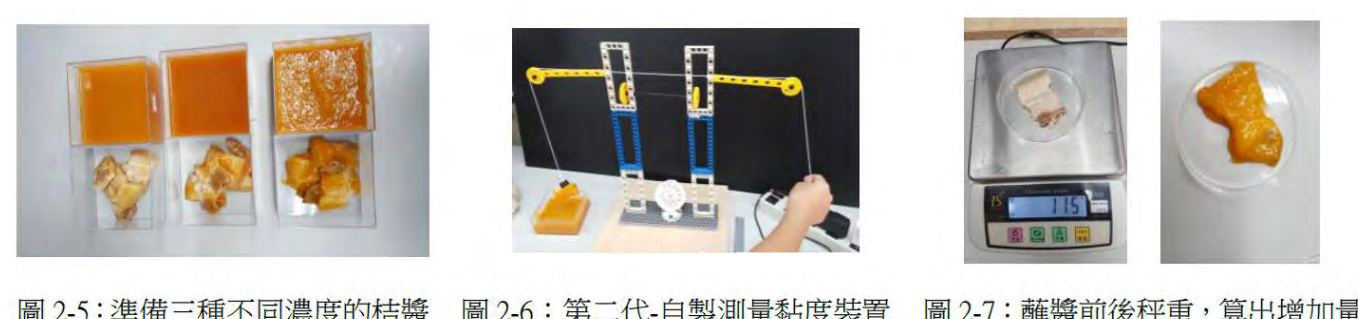


表2-3：不同濃淡桔醬蘸肉片重量增加百分比(增加的公克/原本重量)(單位：%)

濃桔醬	正常桔醬	淡桔醬				
增加量	7.6	6.9	3.1			
增加百分比	83%	60%	29%			
1	9.1	6.6	5.9			
2	9.1	8.6	6.5			
3	9.2	8.3	8.9			
4	11.4	8.8	5.9			
5	11.4	8.8	5.9			
平均	9.28	8.5%	6.96	60%	3.96	31%

圖2-8：桔醬蘸肉片重量增加百分比圖

【研究發現】

1. 濃桔醬蘸肉片的增加量最多，淡桔醬最少。
2. 黏度愈大，黏著在肉片上的量也較多。
3. 結果如表2-3、圖2-8。

研究結果與討論

濃桔醬蘸在肉片上的重量增加百分比為85%，正常桔醬為60%，淡桔醬為31%，肉片蘸濃稠的桔醬，能黏著較多的醬料增添美味，但是將濃桔醬倒出瓶就需要花很長的時間。

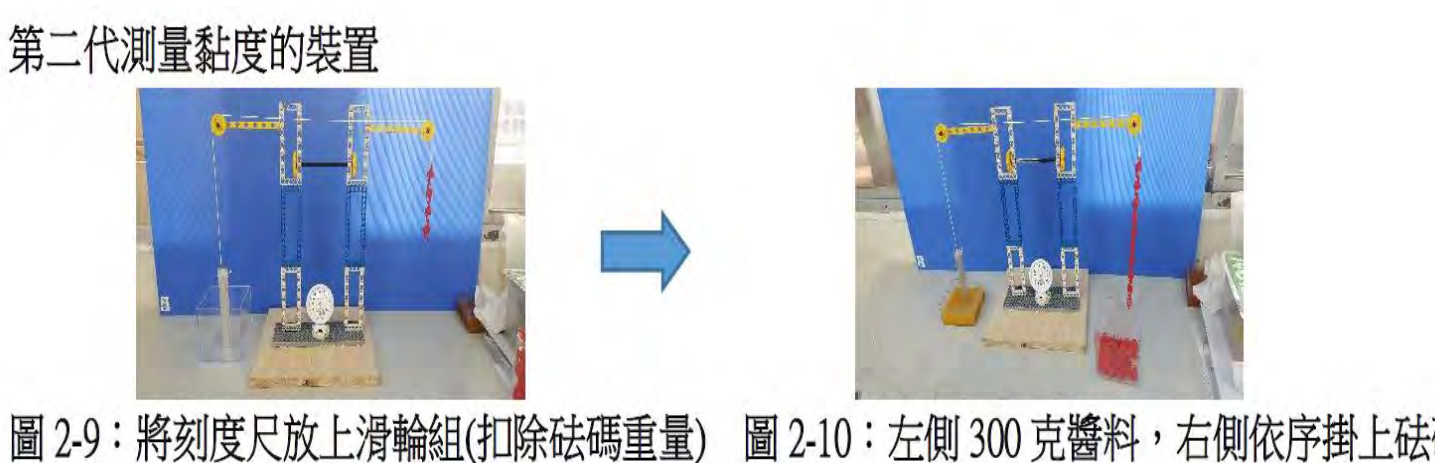
研究2-4：不同溫度下，探討生活中不同醬料的黏度有何差異？

【研究構想】

對液體而言，升高溫度就會降低黏度，而溫度降低就會增加黏度。因此我們想知道在不同溫度的情況下，對桔醬流出的時間是否有影響。

【實驗步驟】

1. 用棉繩、尺做出一個刻度尺。
2. 組裝一個滑輪裝置，並將棉繩裝於滑輪裝置。
3. 倒出300克的醬料放置在左側，並將刻度尺垂直放入。
4. 右側依序掛上砝碼，直到刻度尺向上移動。
5. 扣除原本3顆砝碼重量，計算所掛上的砝碼重量，將結果記錄成表格、統計圖。



醬料	生桔醬	熟桔醬	番茄醬	肉松醬	醬油
1	20	30	34	32	38
2	22	32	38	36	36
3	26	32	34	34	30
4	28	32	38	38	32
5	28	30	38	40	30
平均	24.8	31.2	36.4	36	33.2

圖2-11：不同濃度桔醬出瓶時間比較圖

【研究發現】

1. 在五種醬料中，番茄醬的黏度最高。
2. 在低溫的情形下，生桔醬和熟桔醬黏度增加。
3. 結果如表2-4、圖2-11。

研究結果與討論

在低溫的情形下，生桔醬和熟桔醬黏度增加，而番茄醬、辣椒醬和醬油膏卻不同，推測是食品中的添加物，遇到低溫，反而使黏度降低，接下來，研究將聚焦在熟桔醬進行探討。

目的三、探討不同角度，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究3-1：不同角度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

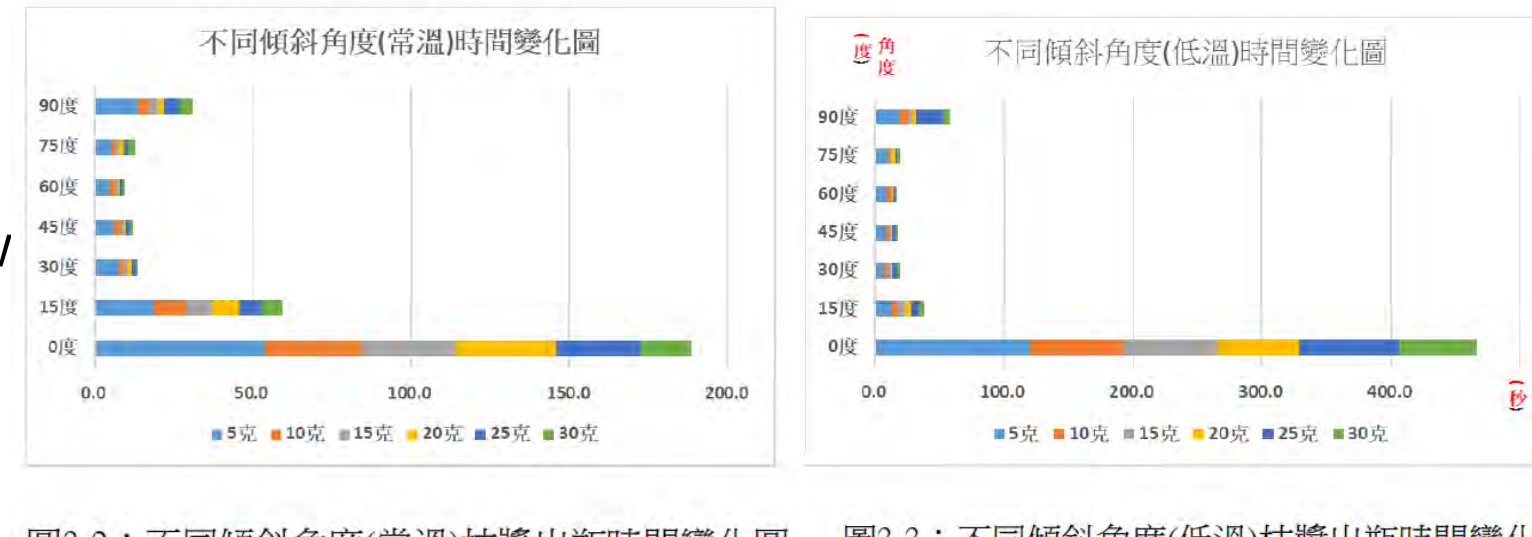
由於瓶內醬料受到重力影響會向下流，我們想了解角度對醬料流出時間的影響，因此進行以下實驗。

【實驗步驟】

1. 準備可調整角度的支架，並裝上可測量角度之設計。
2. 將桔醬瓶擺放至支架上，水平為0度。
3. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
4. 取出5瓶低溫保存之桔醬瓶。
5. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
6. 依序向下調整15度、30度...90度，重複步驟4-5。
7. 將結果畫成表格、統計圖。

表3-1：不同角度桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

角度/溫度	常溫	低溫
0度	188.4	466.6
15度	59.3	37.9
30度	13.7	19.1
45度	12.0	17.1
60度	9.4	16.5
75度	12.6	18.7
90度	31.1	57.5



【研究發現】

1. 整體而言，低溫桔醬出瓶時間較長。
2. 在水平的情況下，低溫的桔醬更是不易流出。
3. 傾斜角度60度，流出時間最短。
4. 結果如表3-1、圖3-1~圖3-5。

研究結果與討論

低溫桔醬與常溫桔醬在60度角有最佳的流出時間，75度以上因為流出的量較多，堵住瓶口，反而讓流出的時間變慢。90度甚至會有內部空氣完全無法交換而堵住的情形。

研究3-2：倒立存放，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

觀察市面上產品包裝，有些設計為倒立存放，推測是由於瓶內醬料受到重力影響向下流，因此較容易倒出，我們想了解倒立存放對醬料流出時間的影響，因此進行以下實驗。

【實驗步驟】

1. 準備可調整角度的支架，固定60度角。
2. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 取出5瓶在冰箱倒立存放一天之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C。
4. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
5. 調整角度的支架為角度15度，再用5瓶低溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C，重複步驟3-4。
6. 將結果畫成表格、統計圖。

表3-2：倒立存放桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

類別/重量	5克	10克	15克	20克	25克	30克
倒立15度	23.2	35.5	44.9	55.6	65.2	75.2
正放15度	11.5	17.6	22.7	27.7	32.8	37.9
倒立60度	9.4	10.7	12.8	14.6	16.6	17.9
正放60度	8.7	11.3	13.1	14.2	15.6	16.5



圖3-6：倒立存放桔醬出瓶時間比較圖

圖3-7：倒立存放桔醬出瓶時間變化圖

研究結果與討論

倒立存放流出的時間並沒有比較快，觀察到當我們把正放的瓶子以60度傾倒時，氣泡會由瓶口移動到瓶底，對於瓶中靜置的醬料有擾動的效果。

目的四、探討不同施加壓力方式，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究4-1：不同震動位置，對桔醬出瓶時間有何不同？

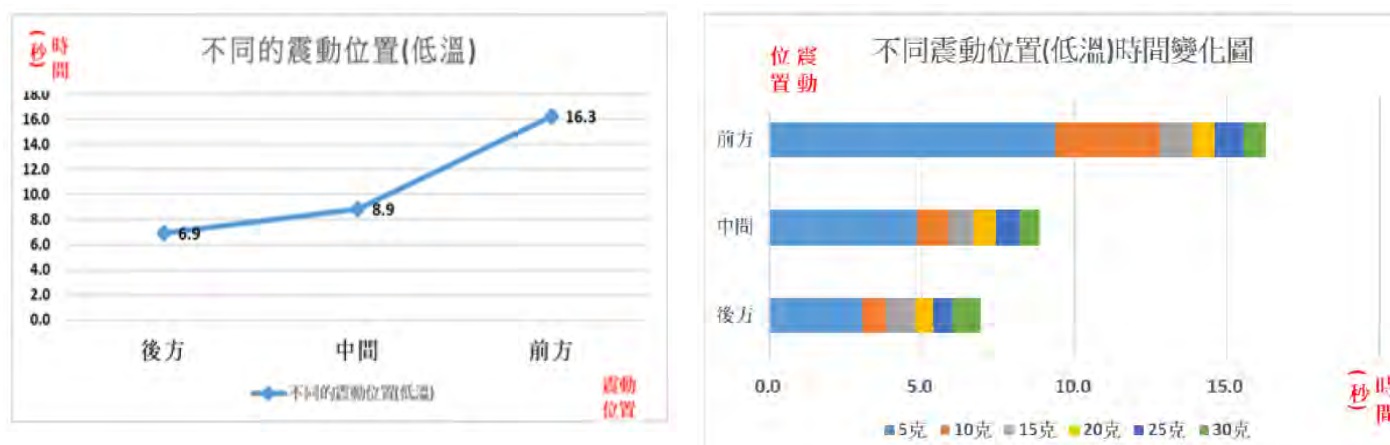
【研究構想】

當桔醬倒不出來時，通常會拍打或敲擊瓶身，因此設計了震動裝置模擬，進行了以下的實驗，以了解不同震動位置對醬料出瓶的時間是否有影響。

【實驗步驟】

1. 準備可調整角度的支架，固定60度角。
2. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 取出5瓶低溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C。
4. 在前方(8cm)處放上震動裝置，固定夾具距離震動裝置5cm。
5. 開啟震動裝置，並分別以碼表計時，輔以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
6. 在中間(16cm)、後方(24cm)處放上震動裝置，固定夾具距離震動裝置5cm，重複步驟4-5。
7. 將結果畫成表格、統計圖。

類別/重量	5克	10克	15克	20克	25克	30克
後方	3.0	3.8	4.8	5.4	6.0	6.9
中間	4.8	5.9	6.7	7.4	8.2	8.9
前方	9.4	12.8	13.9	14.6	15.5	16.3



研究結果與討論

震動後方能擾動瓶內的醬料，加上60度角的重力影響，使醬料能順利的流出。震動前方則僅有部分醬料受到擾動，因此流出時間較長。

研究4-2：不同搖動頻率，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

當桔醬倒不出來時，通常會搖晃瓶身，因此設計了搖晃裝置模擬，進行了以下的實驗，以了解不同搖晃頻率對醬料出瓶的時間是否有影響。

【實驗步驟】

1. 準備搖晃裝置，固定60度角。
2. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 取出5瓶低溫保存之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C。
4. 調整電壓為8v，以控制馬達與凸輪的轉速，搖晃頻率為每秒2.5次。
5. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
6. 調整電壓為10v(每秒3次)、12v(每秒3.5次)，重複步驟4-6。
7. 將結果畫成表格、統計圖。

表4-2：不同搖晃頻率桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

類別/重量	5克	10克	15克	20克	25克	30克
電壓 8V	4.0	5.4	6.3	7.0	8.4	8.9
電壓 10V	2.8	4.0	5.3	6.1	6.8	7.4
電壓 12V	3.0	4.1	5.0	6.2	7.1	7.8

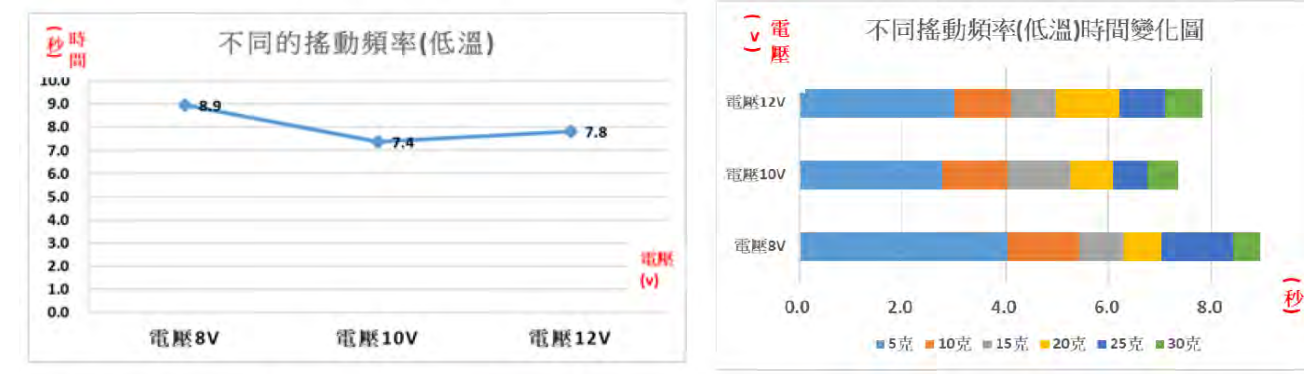


圖4-3：不同搖晃頻率桔醬出瓶時間比較圖

圖4-4：不同搖晃頻率桔醬出瓶時間變化圖

研究結果與討論

搖晃的方式，雖然可以讓桔醬流速加快，但搖動過程中，會造成醬料在瓶口處出現甩動的情形。震動後方的效果甚至優於搖動，因此以下研究以震動的方式進行。

目的五、探討不同吸管組合方式，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究5-1：不同長度的吸管組合，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

嘗試桔醬瓶和吸管的組合倒水，發現有氣泡從上方吸管口冒出(為入口)，水由下方流出(為出口)，因而嘗試使用吸管進行實驗，以了解吸管能否成為幫助空氣進出的工具。



【實驗步驟】

1. 準備2根細吸管(管口0.6公分、長度25公分)，以賽璐珞片固定。
2. 將瓶蓋上方挖空，用熱熔膠黏上有吸管的賽璐珞片。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度60度。
4. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
5. 取出5瓶低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C。
6. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出1滴~5滴的時間。
7. 分別將粗細吸管同時剪掉5cm、只剪出口細吸管5cm、只剪入口細吸管5cm，重複步驟5-6，依序進行實驗。
8. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】

1. 跟倒水的情形差異很大，出入口吸管一樣長時，完全無法倒出。
2. 下方出口吸管剪短至10公分以內，才能稍微流出幾滴桔醬。
3. 上方出口吸管剪短至5公分以內，才能稍微流出5滴桔醬。
4. 結果如表5-1。

出入口皆剪短		入口剪短					出口剪短						
管長	出口	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	管長	出口	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1號	14	35	38				1號	163					
2號	14	35	38				2號	167					
3號	169						3號	169					
4號	200	306					4號	172					
5號	486	306					5號	174					
備註	入口	出口	出口	出口	出口	出口	備註	入口	出口	出口	出口	出口	出口

研究結果與討論

1. 用水實驗，偶爾有「雙管齊下」的情形，稍後會再調整成一端入氣、一端出水。
2. 我們推測是吸管口徑過小，桔醬堵住，以至於無法流出。
3. 同時也觀察到，桔醬流出的方式是從下方壓力較大的地方流出，或是較短的吸管流出。

研究5-2：不同粗細的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

為了克服細吸管被堵住的問題，我們選用粗吸管進行實驗，但囿於瓶口只能塞得下一粗一細的吸管，因此進行了以下的實驗。

【實驗步驟】

1. 準備1細吸管(管口0.6公分、長度25公分)及1粗吸管(管口1.1公分、長度25公分)，以賽璐璐片固定。
2. 將瓶蓋上方挖空，用熱熔膠黏上有吸管的賽璐璐片。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
4. 取出5瓶低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C。
5. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出1滴~5滴的時間。
6. 分別將粗細吸管同時剪掉5cm、只剪出口細吸管5cm、只剪入口細吸管5cm，重複步驟5-6，依序進行實驗。
7. 將結果畫成表格、統計圖。

表5-2：不同吸管組合桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

不同吸管組合	剪短位置	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1. 上細下粗	上下同時剪短	1.8	66.0	81.0	120.0	133.0
2. 上粗下細	上下同時剪短	27.0	30.0	45.0	123.0	85.0
3. 上細下粗	上方剪短5cm	22.0	83.0	85.0	34.0	89.0
4. 上粗下細	下方剪短5cm	6.0	62.0	26.2	99.0	90.0
5. 上粗下細	上方剪短5cm	27.0	179.0	75.0	27.0	153.0
6. 上粗下細	下方剪短5cm	28.0	58.0	73.0	89.0	67.0

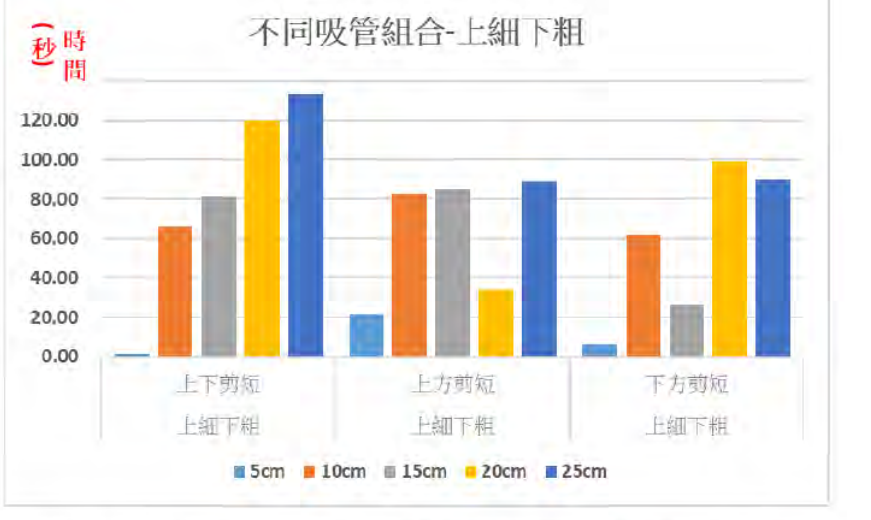


圖5-1：不同吸管組合桔醬出瓶時間比較圖

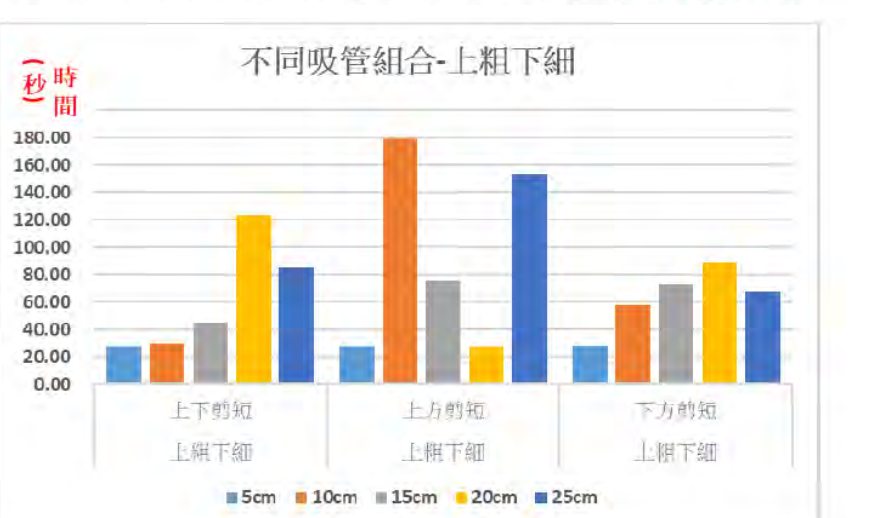


圖5-2：不同吸管組合桔醬出瓶時間比較圖

【研究發現】

1. 出入口同時剪短時，在出口較粗(上細下粗)的情況下最快流出。
2. 空氣入口(上方)剪短時，在5cm和20cm時最快流出。
3. 桔醬出口(下方)剪短時，在出口5cm的情況下最快流出。
4. 結果如表5-2、圖5-1、5-2。

研究結果與討論

1. 加入吸管後，速度減慢許多，但流量相對穩定。
2. 吸管愈短，或是吸管長度差愈大，流速較快。
3. 選出六種流速較快速的組合，進行下一個實驗。

研究5-3：六種形式的吸管組合方式，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

在研究5-2中，發現除了吸管粗細，還有吸管長度對於桔醬出瓶時間也會有影響，因此設計了六種形式的吸管，先用水測試整瓶倒出的時間變化，再進行了以下桔醬的實驗。

【實驗步驟】

1. 準備六種形式的吸管(上細5cm下粗5cm、上粗5cm下細5cm、上細5cm下粗25cm、上粗25cm下細5cm、上粗5cm下細25cm、上粗25cm下細5cm)，並以賽璐璐片固定。
2. 將瓶蓋上方挖空，用熱熔膠黏上有吸管的賽璐璐片。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度60度。
4. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
5. 取出5瓶低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C。
6. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
7. 分別將六種形式的吸管，重複步驟5-6，依序進行實驗，並
8. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】

1. 用水進行測試時，不管粗吸管或細吸管的方向(上細25cm下粗5cm/上粗5cm下細25cm)，都是粗5cm細25cm的組合最快流出。
2. 用桔醬進行測試時，上細5cm下粗5cm最快流出，推測是下方出口大，容易流出。
3. 結果如表5-3、圖5-3~圖5-5。

重量/類型	細5	粗5	細5	粗25	粗5	粗25
5g	21.7	283.3	57.1	230.5	37.8	485.7
10g	33.5	576.6	79.8	231.7	87.2	513.1
15g	47.3	1020.1	99.9	232.1	88.2	530.6
20g	61.5	1305.7	117.2	232.2	89.4	546.2
25g	72.4	1563.5	139.4	232.9	90.9	560.8
30g	84.7	1862.9	161.7	234.9	92.0	574.4



圖5-3：六種吸管組合桔醬出瓶時間變化圖

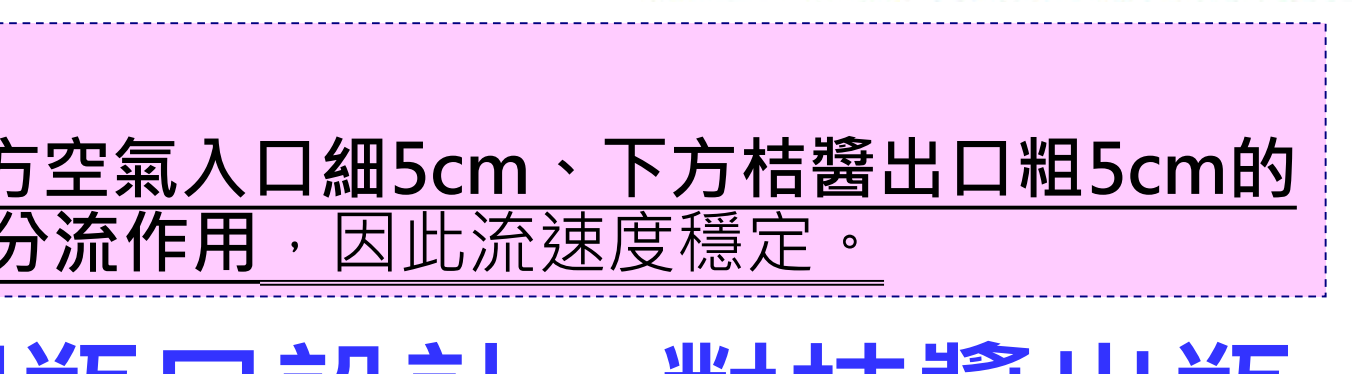


圖5-4：六種吸管組合水出瓶時間比較圖



圖5-5：六種吸管組合桔醬出瓶時間比較圖

研究結果與討論

六種形式的吸管組合，以上方空氣入口細5cm、下方桔醬出口粗5cm的吸管組合最快流出，在瓶口產生分流作用，因此流速度穩定。

目的六、探討不同瓶口設計，對桔醬出瓶的時間有何影響。

研究6-1：吸管旁鏤空，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

在研究5-3中，發現上細5cm下粗5cm的吸管組合最快，但速度還是沒有先前快，推測是賽璐璐片擋住，使瓶口出口變小，因此移除賽璐璐片進行研究。

【實驗步驟】

1. 將瓶蓋上方挖空，準備1細吸管(管口0.6公分、長度25公分)及1粗吸管(管口1.1公分、長度25公分)，並以熱熔膠將棉繩固定在瓶蓋上。
2. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度60度。
3. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
4. 取出5瓶低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C。
5. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
6. 分別只剪入口細吸管5cm，重複步驟4-5，依序進行實驗。
7. 將結果畫成表格、統計圖。

表6-1：吸管鏤空對桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

類型/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
細5粗5	18.8	26.6	35.1	42.6	50.3	57.5
細10粗5	32.4	43.3	56.2	70.2	84.8	94.9
細15粗5	38.8	56.2	71.9	82.6	93.2	108.9
細20粗5	178.6	192.4	194.4	197.3	198.8	200.5
細25粗5	140.6	236.1	241.3	252.5	254.5	278.0



圖6-1：吸管鏤空對桔醬出瓶時間比較圖

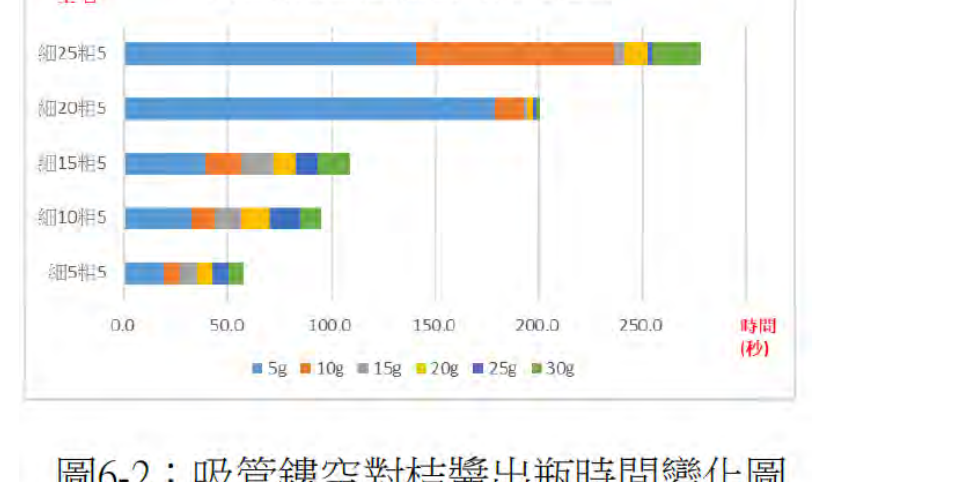


圖6-2：吸管鏤空對桔醬出瓶時間變化圖

【研究發現】

1. 桔醬流出的起始時間變快了。
2. 流速不是非常快，但很穩定，能在1分鐘內流出30g。
3. 結果如表6-1、圖6-1、圖6-2。

研究結果與討論

吸管鏤空、上細5cm下粗5cm的組合，時間提升30秒左右，維持瓶口的空氣進出是很重要的。

研究6-2：瓶外凸出吸管長度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

市面上的注酒器內部有細長的管子方便氣體進出，酒是從旁邊比較大的出口流出，我們很好奇這樣對於桔醬瓶的空氣進出是否有幫助，因此進行以下實驗。

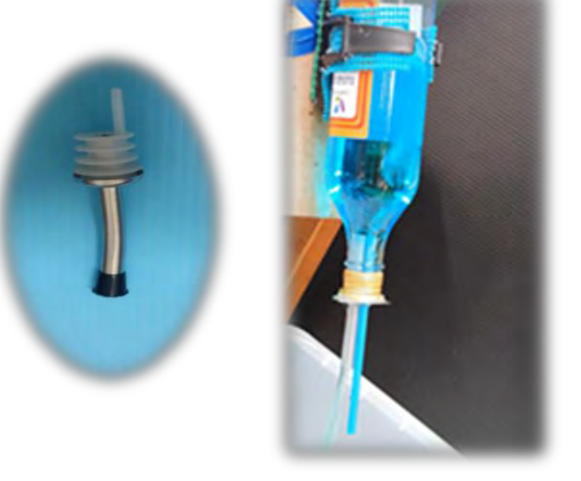


圖6-3：瓶外凸出吸管長度對桔醬出瓶時間比較圖

【實驗步驟】

1. 準備瓶內上細5cm下粗5cm的吸管，以熱熔膠將棉繩固定在瓶蓋上。
2. 在瓶外設計四種長度的吸管(上細5cm下粗5cm、上細10cm下粗5cm、上細5cm下粗10cm、上細10cm下粗10cm)，並以賽璐璐片固定。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度60度。
4. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
5. 取出5瓶在低溫之桔醬瓶，以紅外線溫度計測量為10-13°C。
6. 分別以碼表計時，並以慢速攝影軟體(slow motion)記錄，確認桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
7. 分別將四種長度的吸管，重複步驟5-6，依序進行實驗。
8. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】

1. 瓶外吸管長度為上細10cm下粗5cm、上細5cm下粗10cm時，比原先上細1cm下粗1cm稍微快了3-5秒。
2. 結果如表6-2、圖6-3、圖6-4。

表6-2：瓶外凸出吸管長度對桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

類型/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
細5粗5	26.9	39.1	51.6	67.8	92.1	101.6
細10粗5	18.0	23.2	30.3	36.6	46.9	54.7
細5粗10	17.2	22.2	29.3	35.2	45.3	53.3
細10粗10	29.7	41.2	51.1	60.7	70.9	81.3



圖6-3：瓶外凸出吸管長度對桔醬出瓶時間比較圖

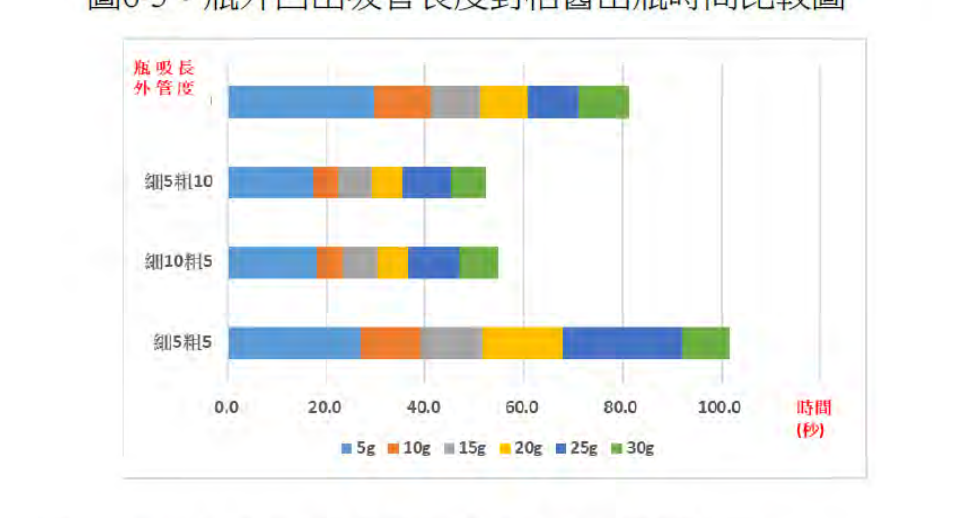


圖6-4：瓶外凸出吸管長度對桔醬出瓶時間變化圖

研究結果與討論

瓶外長度加長的效果不明顯，推測是因為注酒器是為了流動快速的酒而設計的，對於黏稠性高的液體幫助不大。

研究6-3：不同隔板長度，對桔醬出瓶時間有何不同？

【研究構想】

從研究6-1的實驗結果，發現瓶口大，讓空氣順利進入是很重要的。為了能讓出入口順暢流動，又要讓桔醬流速和方向穩定，因此將吸管的觀念簡化為賽璐璐片製成的隔板，進行以下實驗。

【實驗步驟】

1. 將瓶蓋上方挖空，準備25公分長的隔板(賽璐璐片)，並以熱熔膠將賽璐璐片固定在瓶蓋上。
2. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度60度。
4. 放上從冰箱取出之桔醬瓶，計時並以慢速攝影記錄桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
5. 取出賽璐璐片剪去5cm，重複步驟3-4，依序進行實驗。
6. 將結果將結果畫成表格、統計圖。

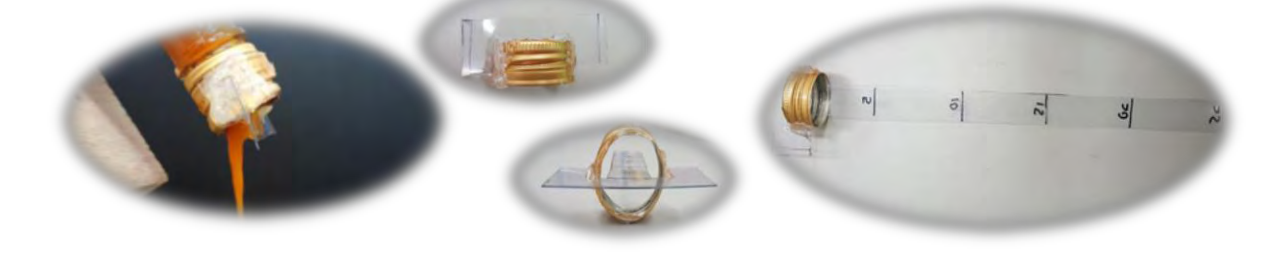


表6-3：隔板長度對桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

隔板長度	5g	10g	15g	20g	25g	30g
隔板0cm	9.0	12.0	13.6	14.3	15.4	16.3
隔板5cm	9.8	15.1	21.5	25.1	31.2	35.9
隔板10cm	13.2	17.0	20.9	24.9	28.4	32.3
隔板15cm	21.2	23.9	35.3	37.8	41.0	44.2
隔板20cm	30.2	32.4	35.7	38.4	41.4	45.0
隔板25cm	7.0	9.9	12.5	15.3	18.9	22.1

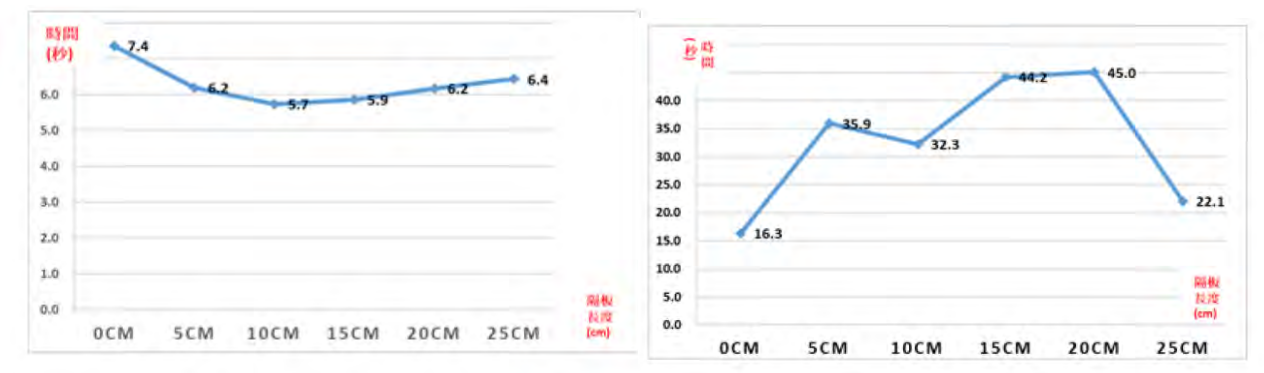


圖6-5：隔板長度對水出瓶時間比較圖

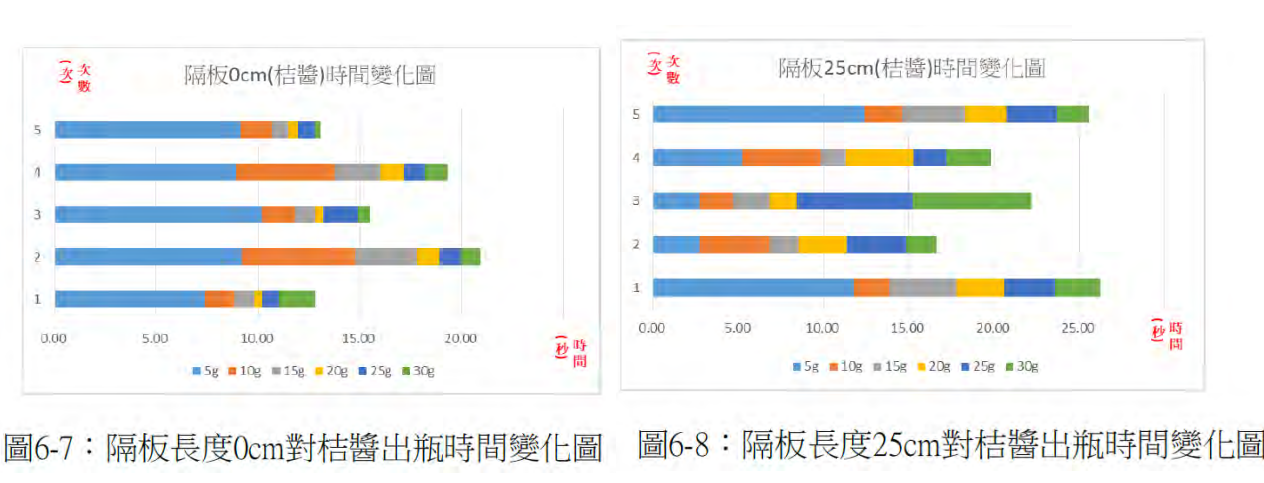


圖6-6：隔板長度對桔醬出瓶時間變化圖

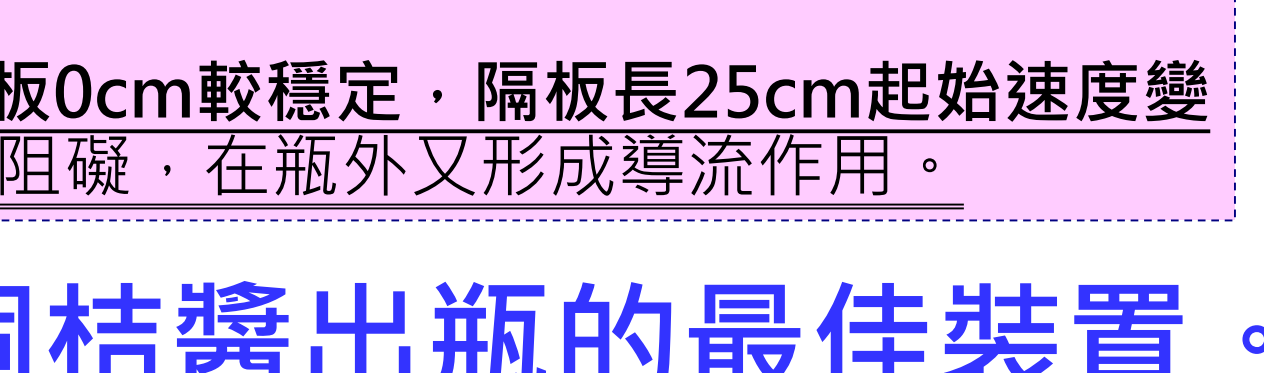


圖6-7：隔板長度0cm對桔醬出瓶時間變化圖



圖6-8：隔板長度25cm對桔醬出瓶時間變化圖

【研究發現】

1. 用水進行測試時，隔板長10cm、15cm最快流出。
2. 用桔醬進行測試時，隔板長0cm、25cm最快流出。
3. 觀察流出位置，隔板長0cm為出口流，隔板長25cm為出入口同時流。
4. 瓶口的隔板0cm具有分流作用，隔板長25cm在瓶內形成導流作用。
5. 結果如表6-3、圖6-5~圖6-8。

研究結果與討論

以流出時間變化圖來看，隔板0cm較穩定，隔板長25cm起始速度變快了。因為隔板可以減少瓶內的阻礙，在瓶外又形成導流作用。

目的七、設計一個桔醬出瓶的最佳裝置。

【研究構想】

根據以上實驗結果，我們選出隔板0cm作為分流裝置，並加上瓶身後方震動，設計出桔醬出瓶的最佳裝置。

【實驗步驟】

1. 將瓶蓋上方挖空，準備瓶內0cm長、瓶外口字型的賽璐璐片，並以熱熔膠將賽璐璐片固定在瓶蓋上。
2. 距離瓶口15公分處擺上電子秤、公升盒及培養皿。
3. 將瓶蓋旋緊桔醬瓶，放上可調整角度的支架，固定角度60度。
4. 在距離瓶口24cm處裝上震動裝置。
5. 放上從冰箱取出之桔醬瓶，計時並以慢速攝影記錄桔醬倒出5g、10g、15g、20g、25g、30g的時間。
6. 分別取用三分之二、三分之一瓶容量的桔醬，重複步驟3-5，依序進行實驗。
7. 將結果將結果畫成表格、統計圖

【研究發現】

1. 桔醬流出的起始時間快，速度也穩定。
2. 流速快而穩定，平均能在8秒內讓低溫的桔醬流出30g，且控制在出口流出。
3. 結果如表7-1、圖7-1、圖7-2。

表7-1：最佳設計對不同容量桔醬平均出瓶時間比較表(單位：秒)

容量/重量	5g	10g	15g	20g	25g	30g
三分之一	3.35	4.31	4.75	5.07	5.84	6.41
三分之二	2.07	2.83	3.56	4.08	4.62	5.16
三分之二	4.39	4.95	5.50	6.22	6.96	7.84

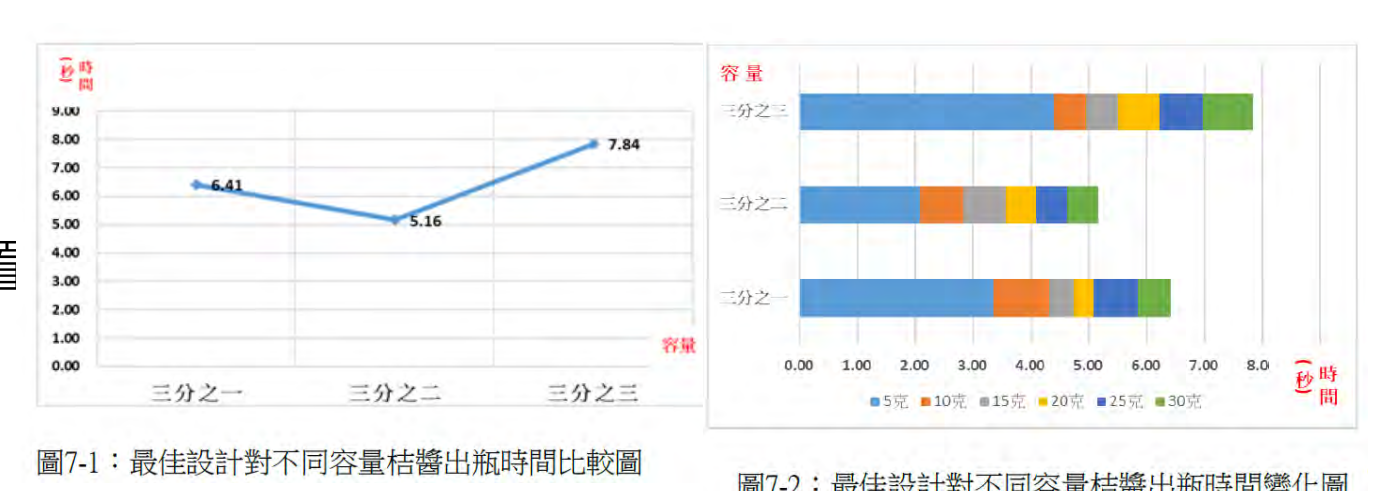


圖7-1：最佳設計對不同容量桔醬出瓶時間比較圖



圖7-2：最佳設計對不同容量桔醬出瓶時間變化圖

研究結果與討論

運用偏心馬達製作震動器，加上瓶外隔板的導流裝置，能讓不同容量的桔醬在8秒鐘以內穩定的流出30g，是我們的建議的最佳裝置，便宜、經濟又實惠！

柒 討論、結論(詳見說明書)

捌 未來展望

本研究起源於觀察外婆倒桔醬時，無法控制速度與流量，因此展開實地探訪與實驗，企圖找到可以快速穩定倒出桔醬的方法。未來可進一步探討的部份有：

1. 瓶口隔板設計：隔板長度、形狀要如何省材料又方便有效，值得繼續進行探究。
2. 瓶身震動裝置：如果是2個震動器，擺放在前後方不同位置，是否能達到降低桔醬黏度的效果，我們感到很好奇。
3. 長隔板設計：較長的隔板或吸管，也有穩定導流的功效，在桔醬量比較少的時候，是否能有更多的效用，可以繼續創新研發。



圖7-3：學生在實驗室進行實驗