

生活與應用科學科

科別：生活與應用科學科

組別：國中組

作品名稱：致命的吸引力

關鍵詞：毛細現象、表面張力、假酒

編號：030803

學校名稱：

台北縣立正德國民中學

作者姓名：

林怡欣、王珮如、柯苡均、葉靜璇

指導老師：

王志銘、陳聰明



摘要

本研究是經由甲醇、乙醇、蒸餾水、稻香米酒相互混合後的溶液，在不同濃度、溫度範圍產生毛細現象及表面張力變化情形，應用所觀察到的結果，利用厚毛細管自製研發「假酒檢測器」針對公賣局稻香米酒，作真假判斷的簡易工具。

壹、研究動機

在日常生活中，我們看到許多如：荷葉上的水珠、裝滿水的杯子、在水面行走的水黽、毛巾吸附水……等，與表面張力、毛細現象有關的情形，而在理化第十章：有機化合物，談到醇類性質，讓我們體會到甲、乙醇性質的差異，與對人體健康的影響，前陣子假酒的猖獗，於是思索著如何利用毛細現象的原理來分辨真、假酒。（照片一、二）



照片一 Y!差一點點，水快要滿出來了!!



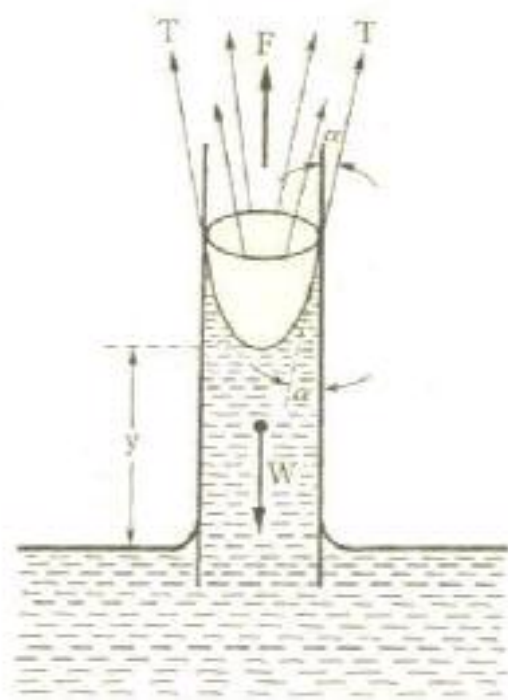
照片二 葉子上的水珠，粉圓、粉好看呀!

貳、研究目的

- 一、了解 95%甲醇及蒸餾水、稻香米酒，各種濃度的乙醇，在不同溫度範圍的毛細現象與表面張力之變化。
- 二、了解 95%甲、乙醇混合時，毛細現象的變化，以及濃度 19.5%的甲、乙醇、稻香米酒，三者之間及兩兩等比例相混毛細現象的差異。
- 三、了解毛細管內壁濕潤度與溶液性質對毛細現象的影響。
- 四、利用厚毛細管自製研發「假酒檢測器」，作為針對市售可疑的公賣局稻香米酒真假判斷的簡易工具。

參、研究設備及器材

器材	數量	器材	數量	器材	數量
厚毛細管(內徑 0.50 & 0.32mm)	各 10 支	水銀溫度計	2 支	酒精燈	2 個
量筒	數個	紙巾	數盒	三腳架	2 個
燒杯	數個	加熱器	1 支	陶瓷纖維網	2 個
滴管	數支	電磁攪拌器	1 台	鐵杯	1 個
鐵尺	1 支	安全吸球	2 個	蠟燭	1 盒
橡皮塞	4 個	刻度吸管	2 支	矽膠	1 支



(上圖摘自高級中學物理第二冊，86 年，國立編譯館)

原理推導：

毛細管內液體的表面張力，可用管內外液面差表示如下：

T ：表示表面張力的大小 (gw/cm)。 α ：為液面與管壁的接觸角，亦是表面張力 T 與毛細管壁的夾角。

r ：毛細管內半徑 (cm)。

d ：液體密度 (gw/cm^3)。

沿管壁向上的合力 $F = T \cos \alpha \cdot 2\pi r$ ，管內液柱的重量 $W = Vd = \pi r^2 yd$

平衡時 $F = W \therefore T \cos \alpha \cdot 2\pi r = \pi r^2 yd$ $T \cos \alpha = d r y / 2$ (gw/cm)

一、蒸餾水、甲、乙醇、稻香米酒的毛細現象與表面張力觀察實驗：

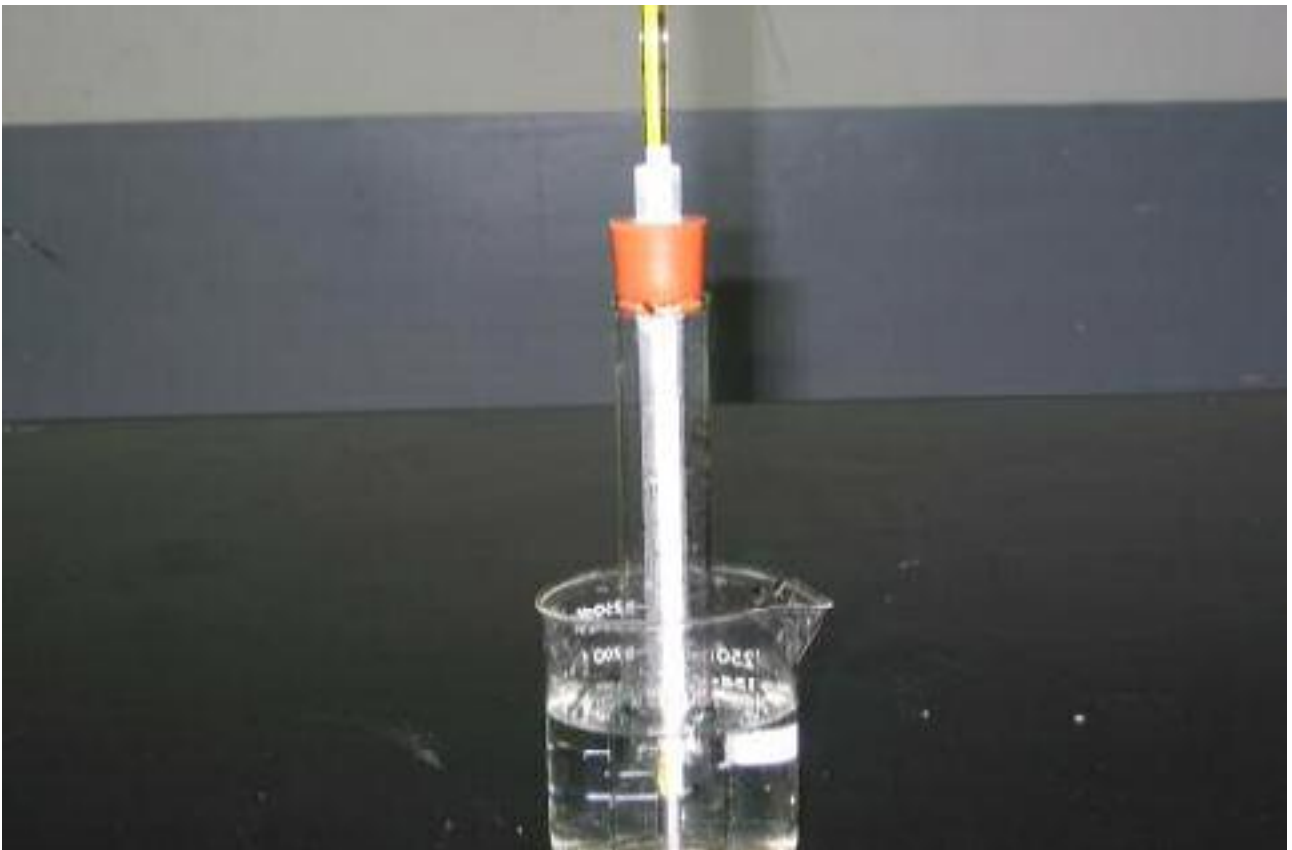
(一) 將 10 支 0.50mm 與 0.32mm 的厚毛細管，置入水中，觀察其液柱上升高度，檢驗厚毛細管的品質與管徑是否相同。(照片四)

(二) 水的毛細現象與表面張力觀察：

1. 量取蒸餾水 10ml，將 0.50mm 的厚毛細管及溫度計，置入量筒中，並將此量筒放入燒杯中，以水浴法控制溫度。(照片五)
2. 分別於 15°C、20°C、25°C、30°C、35°C 溫度範圍，以游標尺量取水柱高度，並記錄數據。(照片六)
3. 利用 刻度吸管、電子天秤，分測出 15°C、20°C、25°C、30°C、35°C 溫度範圍，蒸餾水的體積與質量，並計算密度。(照片七，附件一)
4. 代入公式 (表面張力 = $d r y / 2$)，計算不同溫度範圍水的表面張力變化，記錄數據，並製作曲線圖。(表一，圖一)



照片四 看我們十胞胎，個頭都一樣高呢!



照片五 泡泡澡，好舒服喔!



照片六 來，阿姨看看你多高了



照片七 我們測密度的裝置不賴吧!

(三) 乙醇毛細現象、表面張力觀察：

1. 同步驟(二) 1.的實驗裝置，將 95%乙醇 10ml，與 0.50mm 厚毛細管、溫度計

置於量筒中，以水浴法控制溫度，分別於 15°C、20°C、25°C、30°C、35°C 溫度範圍，量取液柱高度，並記錄。

2. 同步驟（二）3. 測出 15°C、20°C、25°C、30°C、35°C 溫度範圍乙醇的體積與質量並計算密度。（附件一）

3. 代入公式計算不同溫度範圍，95%乙醇的表面張力變化，記錄並作圖。

4. 同步驟 1.2.3. 分別求得 80%、60%、40%、20%等乙醇在不同溫度範圍的表面張力變化曲線。（表二~六，圖二~六）

（四）甲醇毛細現象、表面張力觀察：同步驟（二）1.2.3.4. 求得 95%的甲醇，在不同溫度範圍的表面張力大小與變化曲線圖。（表七，圖七）

（五）稻香米酒毛細現象、表面張力觀察，同步驟（二）1.2.3.4. 求得稻香米酒在不同溫度範圍，表面張力大小與變化曲線圖（表八，圖八）

（六）以 0.32mm 的厚毛細管重複步驟（二）、（三）、（四）、（五），各三次求得蒸餾水、95%甲醇、稻香米酒及不同濃度乙醇，在不同溫度範圍時，毛細現象、表面張力變化情形。（表一~八，圖一~八，附件二）

（七）比較用 0.50 及 0.32mm 的厚毛細管所測得水及不同濃度的乙醇，在不同溫度範圍時，表面張力的改變。（表一~六，圖一~六）

（八）比較 0.50 及 0.32mm 厚毛細管測得 95%甲醇及不同濃度乙醇改變溫度時表面張力變化。（表九~十二，圖九~十二）

二、甲、乙醇與稻香米酒的毛細現象差異比較：

（一）取 95%甲醇溶液 4ml，與 0.32mm 厚毛細管共同置入量筒中，觀察其高度並記錄。

（二）同步驟（一）測出 4ml 的 95%乙醇厚毛細管的液柱高度。

（三）95%的甲醇與 95%的乙醇各 2ml 混合，以厚毛細管測量液柱上升高度，並重複步驟（一）、（二）共三次求平均做比較。（表十三）

（四）取 19.5%甲、乙醇重複步驟（一）、（二）、（三）觀察毛細現象液柱高度，共做三次求平均並記錄。（表十三）

（五）觀察 19.5%的甲醇、稻香米酒及 19.5%甲醇和稻香米酒 1:1 混合液，毛細管液柱上升高度，重複三次並比較之。（表十四）

三、厚毛細管在不同溶液中抽換時，毛細現象變化情形：

（一）取自來水與 47.5%的乙醇溶液各 10ml 分別置入量筒中。

（二）將乾淨 0.32mm 厚毛細管，置入自來水中，並使用校正管（註一）、浮沉法（註二）或安全吸球法（註三）等方法的協助，反覆數次求得液柱上升高度並記錄。

（三）同步驟（二），測出 47.5%的乙醇溶液中，厚毛細管液柱上升高度並記錄。

（四）將步驟（二）的毛細管抽離水面，以紙巾將管內水分吸附抽離，並將管外壁擦拭乾淨後（照片八），再置入 47.5%的乙醇中觀察其液柱上升高度，並與步驟（三）之溶液上升高度比較。

（五）將步驟（四）厚毛細管抽離乙醇溶液，並以紙巾吸附管內乙醇溶液，擦拭外壁後，再置入乙醇溶液，並利用安全吸球法、浮沉法協助，直至溶液恢復步驟（三）之高度，並記錄重複清洗次數。

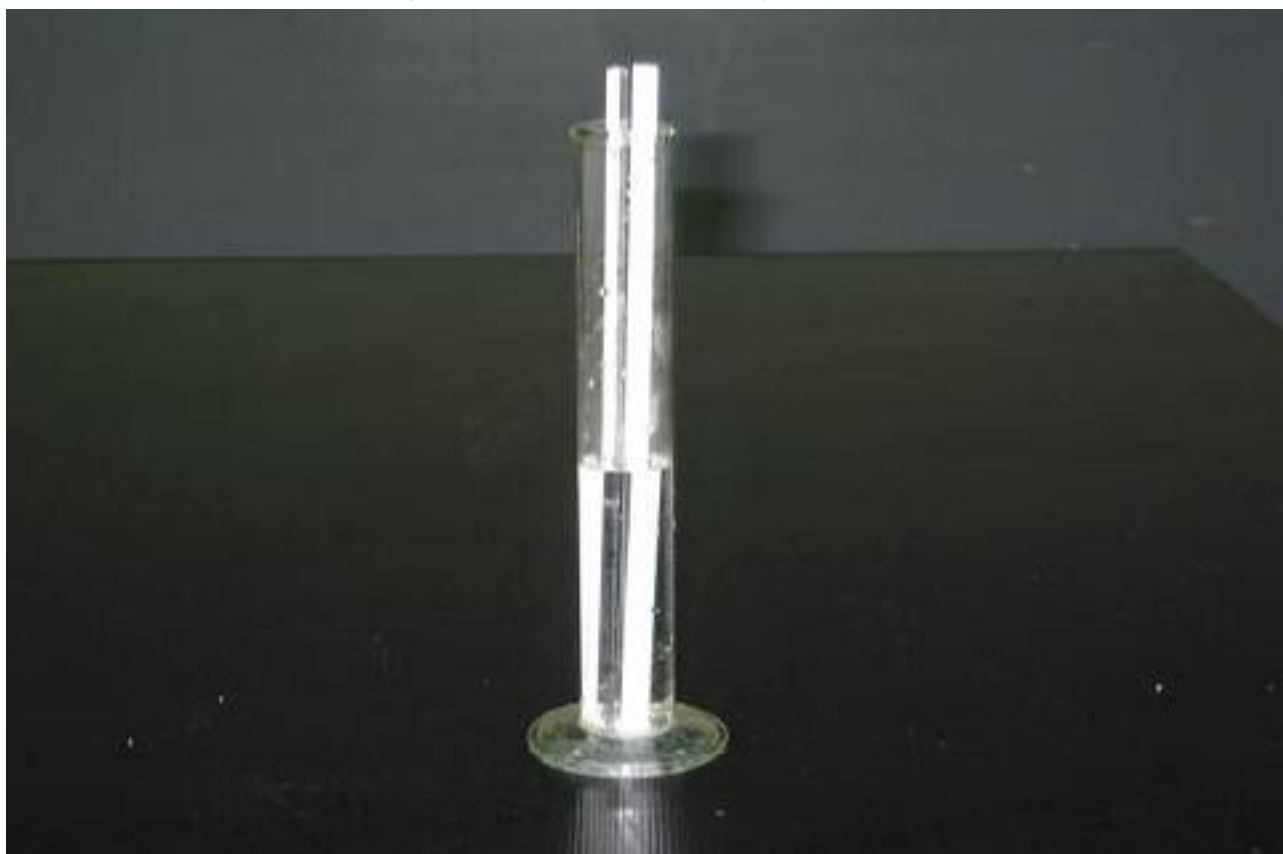
（六）將步驟（五）的厚毛細管抽離液面，以紙巾擦拭吸附乾淨後，置入自來水中，觀察液柱變化，並與步驟（二）的高度做比較。

(七) 抽離後，並將厚毛細管擦拭乾淨，置入水中直至到達水面原有高度為止，並記錄清洗次數。(表十五)



照片八 小心翼翼的擦拭厚毛細管外壁

(註一) 校正管法：取一相同規格的厚毛細管，一起置入溶液中，觀察兩者是否達到同一高度。(照片九) 照片九 校正管法



(註二) 浮沉法：將厚毛細管上提或向下壓入溶液中，觀察管內液柱是否隨著下降或上升，以了解管內的液柱有無受到阻礙。(照片十) 照片十 浮沉法



(註三) 安全吸球法：以安全吸球將厚毛細管內液柱吸附上升後，再將吸球拔出，讓液柱自然下降至標準高度。(照片十一) 照片十一 安全吸球法



四、公賣局 19.5%稻香米酒檢測與製作假酒檢測器：

(一) 稻香米酒品管檢測：

1. 將三瓶不同製造日期、批號的公賣局稻香米酒，插入 0.32mm 厚毛細管檢測液柱上升高度，共三次，以檢驗稻香米酒品管。(照片十二)、(表十六)

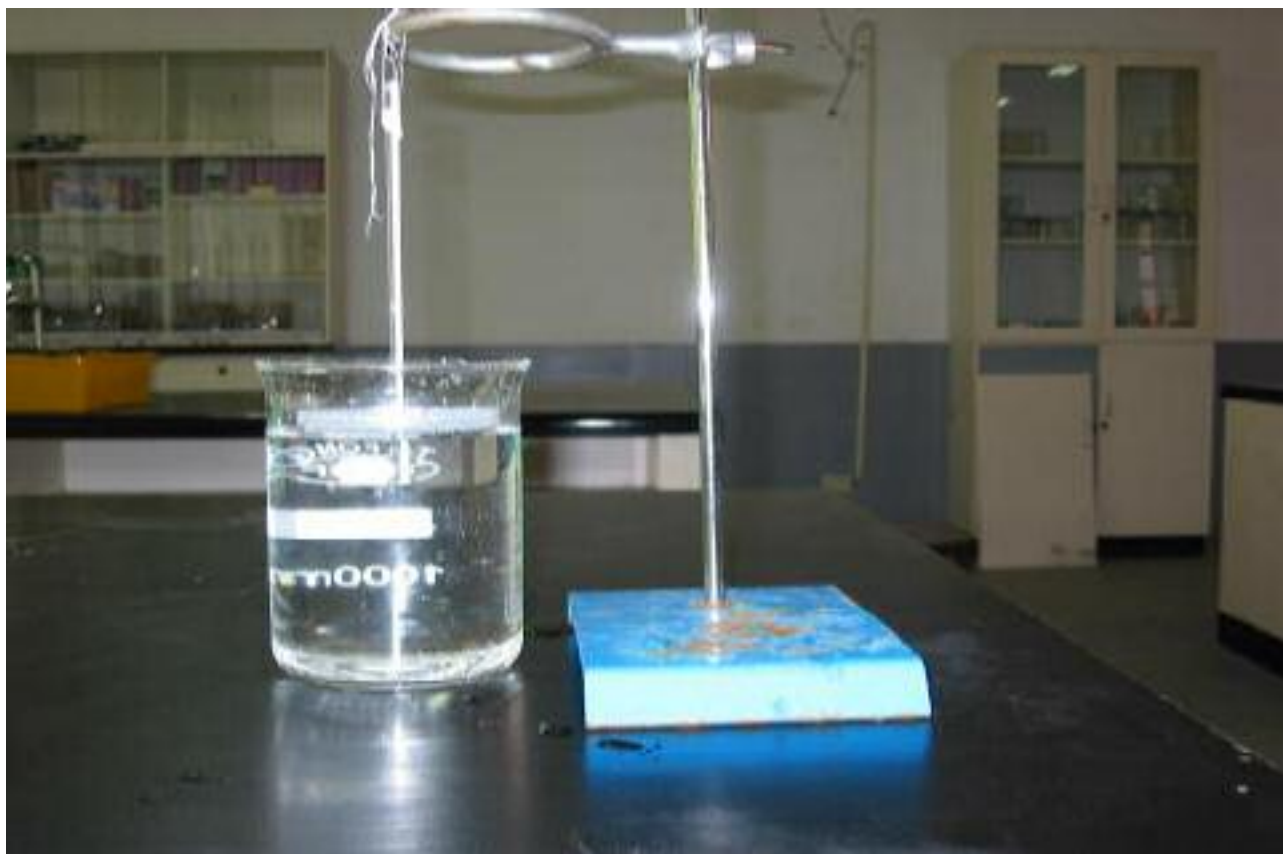
(二) 假酒檢測器製作：

1. 取一直徑約 8.5cm 的塑膠蓋，中間穿洞，並將 0.32mm 厚毛細管插入約 2~3cm。
2. 將厚毛細管以細線垂直吊於鐵架上，底部塑膠蓋水平浮在大燒杯上。(照片十三)
3. 將熔化的蠟油倒入蓋中，以密合厚毛細管與塑膠蓋，靜置一段時間待蠟油冷卻後取下裝置，用紙巾擦拭水分，並在上、下厚毛細管與塑膠蓋接觸面塗上矽利康，再以細線懸吊一天，使其乾燥，所得成品便是假酒檢測器。(P.24，附件三)
4. 將 19.5%的稻香米酒倒 300ml 於大燒杯中，並將此燒杯置於塑膠盒中，以水浴法控溫，分別於 15、25、35℃ 畫出液柱高度位置，並以漆包線網紮為所標示記號作為標準線，即完成。
5. 取一未知溶液，利用假酒檢測器，判斷其是否為公賣局 19.5%的稻香米酒，並記錄檢測注意事項與操作程序。(附件三)



照片十二

Who is the tallest?



照片十三 假酒檢測器即將誕生

五、米酒檢測器的精密度檢驗：

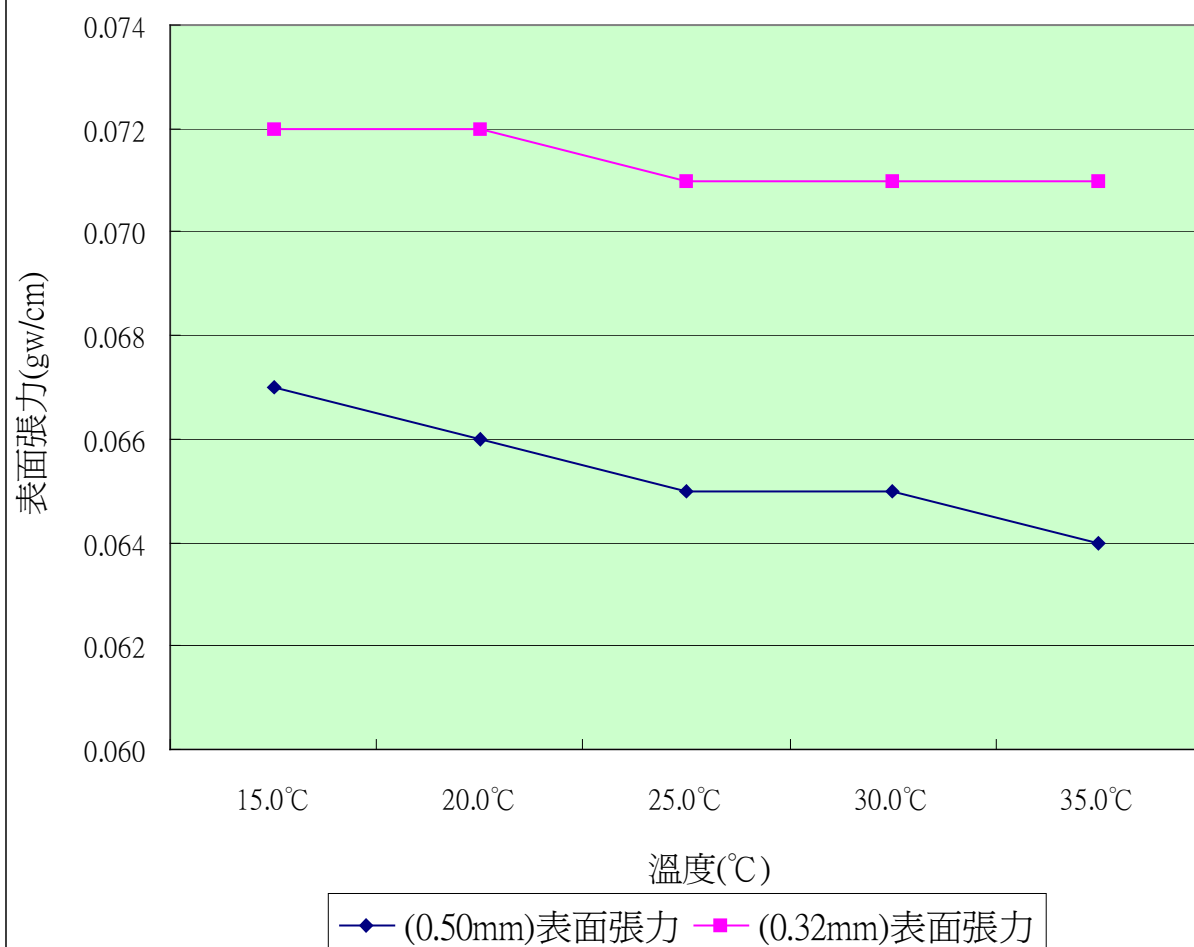
- (一) 將稻香米酒取 300ml，每次加入 5ml 的自來水，累加至檢測器的液柱變化超過漆包線，並記錄所加入水的體積。
- (二) 1. 將稻香米酒取 300ml，每次加入 19.5%的甲醇 1ml，累加至假酒檢測器液柱變化超過漆包線，並記錄所加甲醇體積。
2. 將稻香米酒取 300ml，每次加入 95%的甲醇 1ml，累加至假酒檢測器液柱變化超過漆包線，並記錄所加甲醇體積。(P.24)

伍、研究結果

表一 蒸餾水在 15~35℃ 溫度範圍不同厚毛細管的表面張力大小

溫度範圍(℃)	密度平均(gw/cm ³)	液柱高度平均(cm)		表面張力平均(gw/cm)	
		內徑 0.50mm	內徑 0.32mm	內徑 0.50mm	內徑 0.32mm
15.0	1.000	5.390	9.052	0.067	0.072
20.0	0.990	5.340	9.087	0.066	0.072
25.0	0.981	5.265	9.042	0.065	0.071
30.0	0.981	5.260	9.108	0.065	0.071
35.0	0.981	5.220	9.027	0.064	0.071

圖一、蒸餾水的表面張力與溫度關係圖

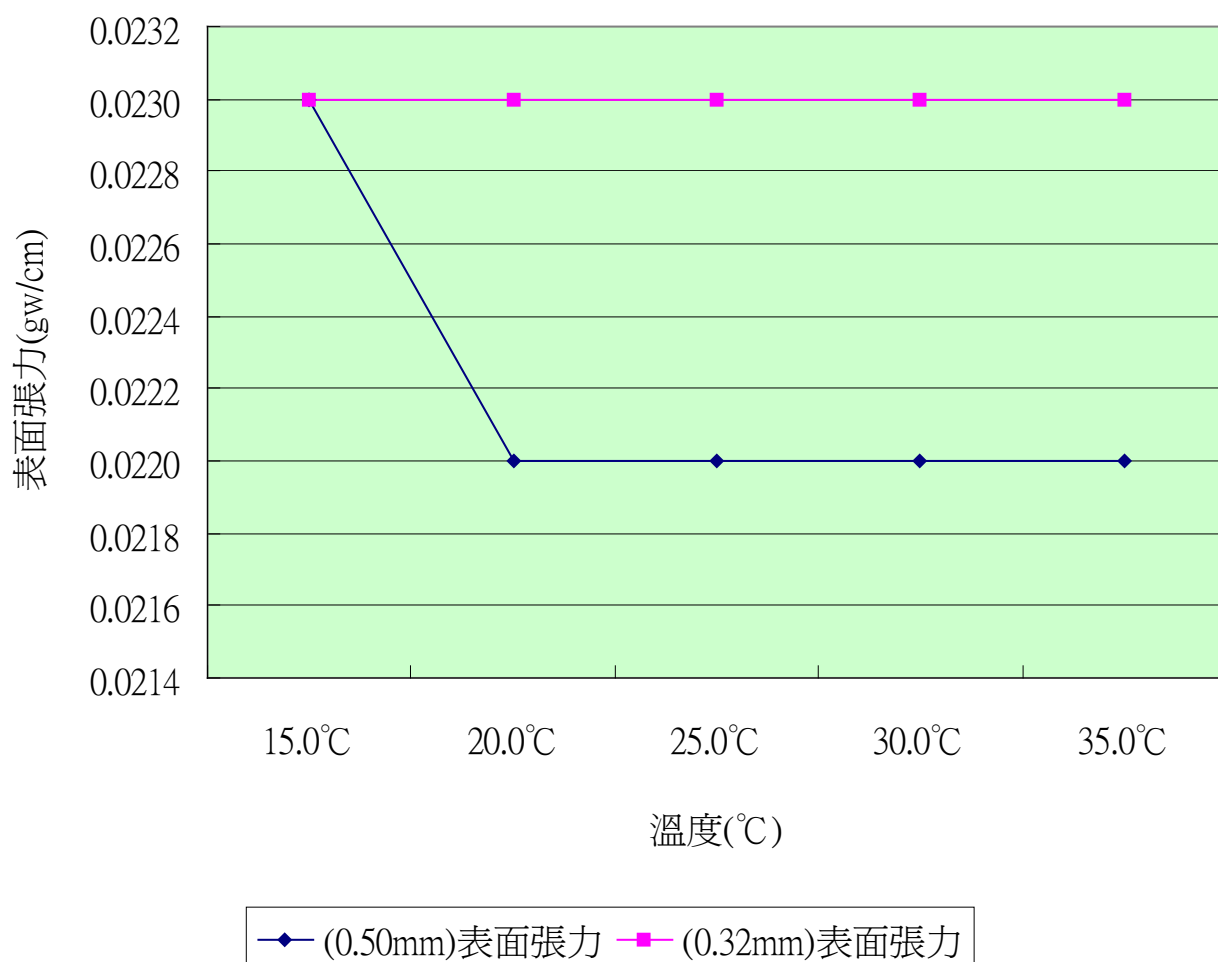


結果：蒸餾水在 15~35℃ 範圍時，表面張力有些微下降，但變化很小。

表二 95%乙醇 15~35℃溫度範圍在不同厚毛細管的表面張力大小

溫度範圍(℃)	密度平均(gw/cm ³)	液柱高度平均(cm)	
		內徑 0.50mm	內徑 0.32mm
15.0	0.817	2.240	2.240
20.0	0.807	2.230	2.230
25.0	0.798	2.230	2.230
30.0	0.807	2.230	2.230
35.0	0.798	2.240	2.240

圖二、95%乙醇表面張力與溫度關係圖

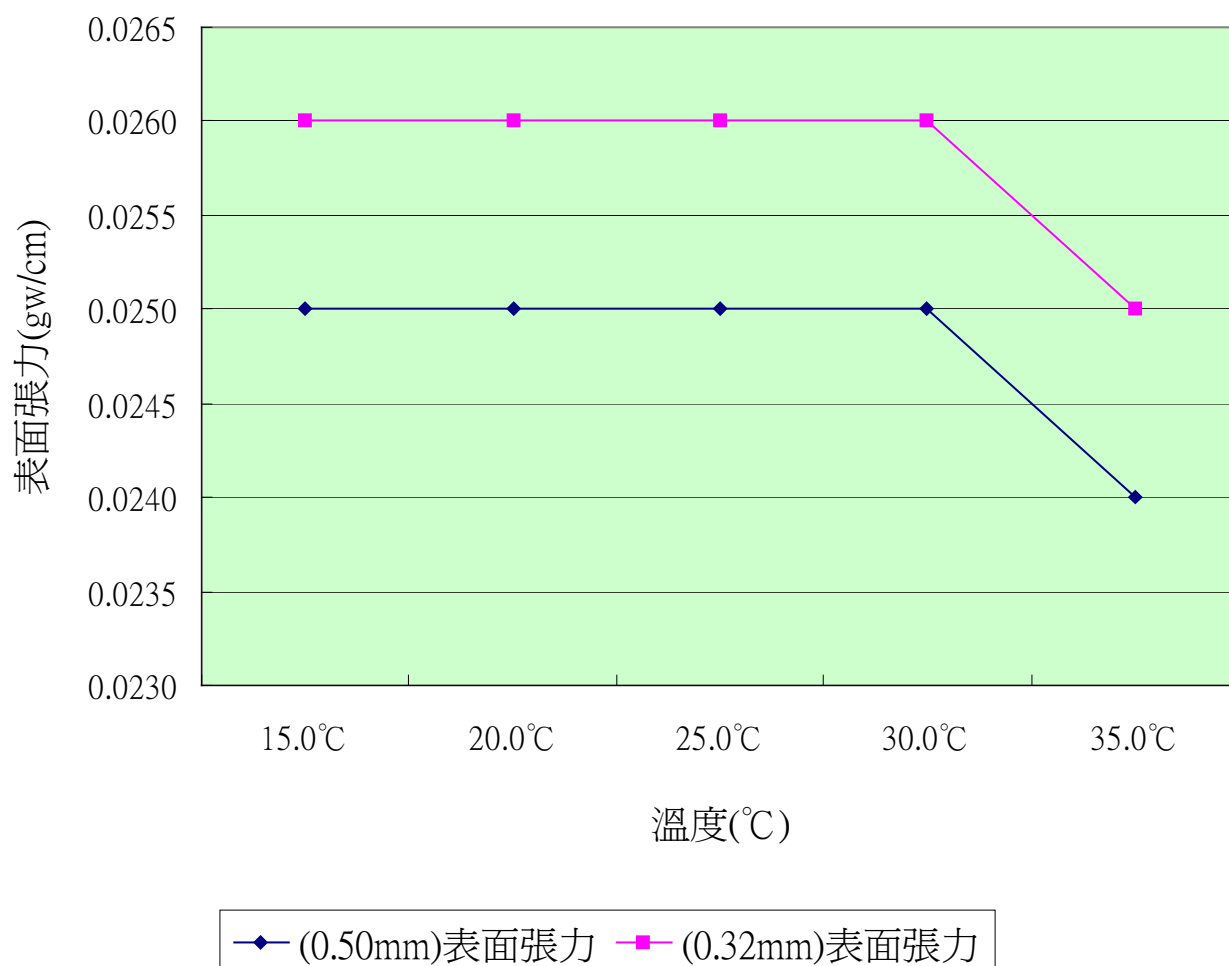


結果：95%乙醇在 15~35℃溫度範圍時，表面張力變化不大，0.50、0.32mm 厚毛細管實驗結果相似。

表三 80%乙醇 15~35℃溫度範圍在不同厚毛細管的表面張力大小

溫度範圍(℃)	密度平均(gw/cm ³)	液柱高度平均(cm)		表面張力平均(gw/cm)	
		內徑 0.50mm	內徑 0.32mm	內徑 0.50mm	內徑 0.32mm
15.0	0.875	2.325	3.742	0.025	0.026
20.0	0.885	2.305	3.690	0.025	0.026
25.0	0.875	2.310	3.705	0.025	0.026
30.0	0.846	2.320	3.773	0.025	0.026
35.0	0.836	2.325	3.688	0.024	0.025

圖三、80%乙醇表面張力與溫度關係圖

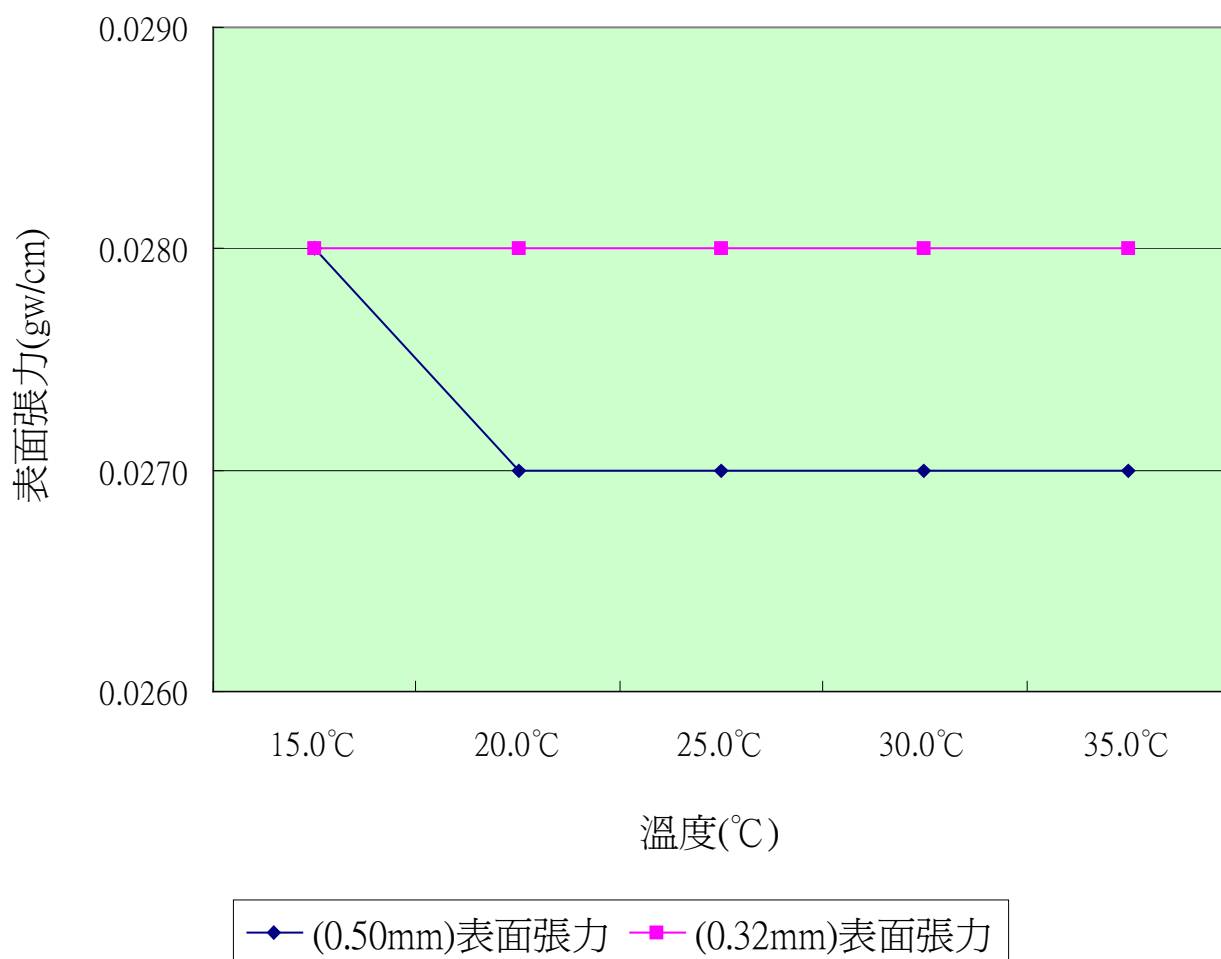


結果：80%乙醇在 15~35℃溫度範圍，表面張力變化不大，0.50、0.32mm 厚毛細管實驗結果相似。

表四 60%乙醇 15~35℃溫度範圍在不同厚毛細管的表面張力大小

溫度範圍(℃)	密度平均(gw/cm ³)	液柱高度平均(cm)		表面張力平均(gw/cm)	
		內徑 0.50mm	內徑 0.32mm	內徑 0.50mm	內徑 0.32mm
15.0	0.904	2.435	3.898	0.028	0.028
20.0	0.894	2.430	3.863	0.027	0.028
25.0	0.894	2.425	3.980	0.027	0.028
30.0	0.885	2.420	3.948	0.027	0.028
35.0	0.885	2.415	3.943	0.027	0.028

圖四、60%乙醇表面張力與溫度關係圖

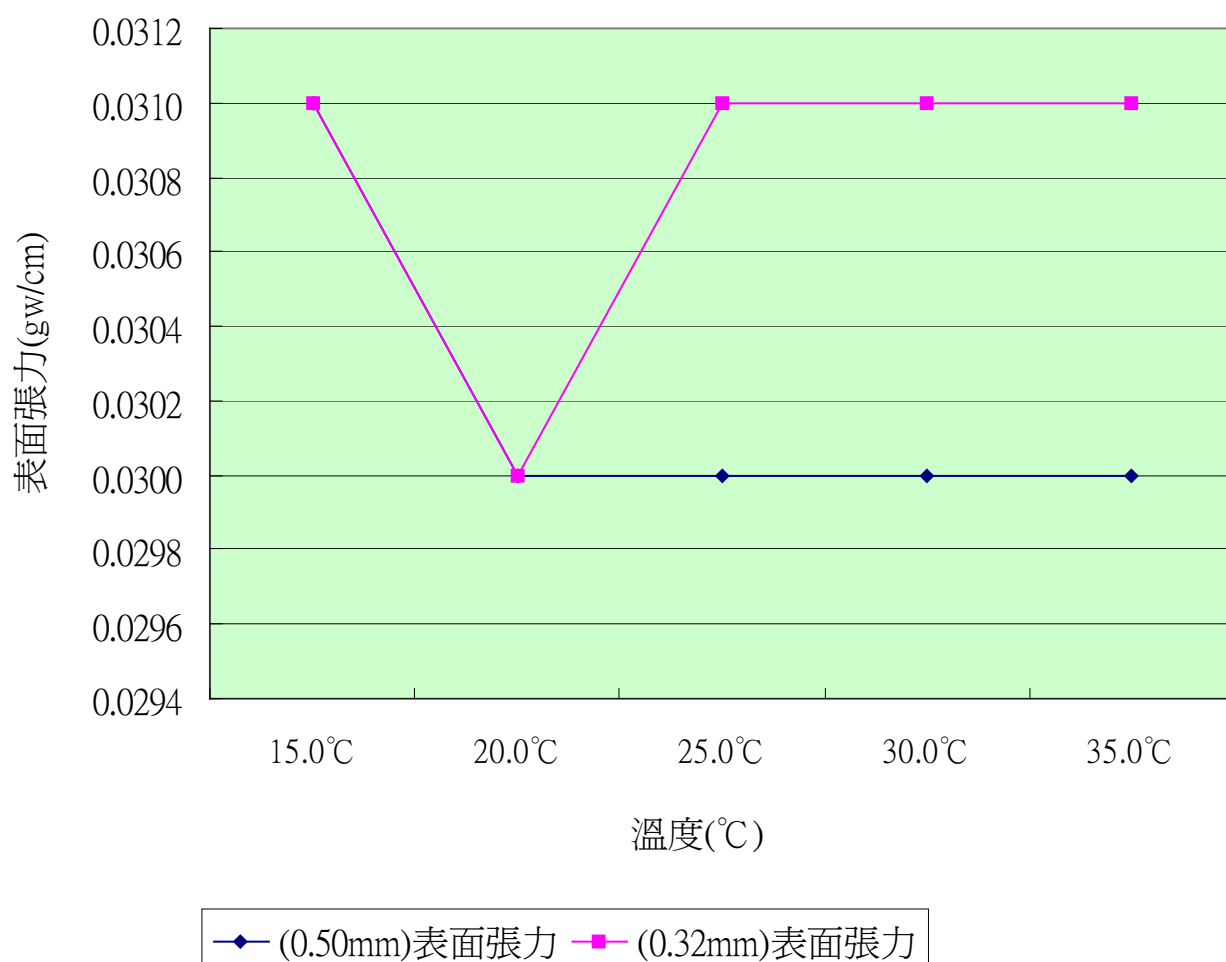


結果：60%乙醇在 15~35℃溫度範圍，表面張力變化不大，0.50、0.32mm 厚毛細管實驗結果相近。

表五 40%乙醇 15~35℃溫度範圍在不同厚毛細管的表面張力大小

溫度範圍(℃)	密度平均(gw/cm ³)	液柱高度平均(cm)		表面張力平均(gw/cm)	
		內徑 0.50mm	內徑 0.32mm	內徑 0.50mm	內徑 0.32mm
15.0	0.933	2.675	4.137	0.031	0.031
20.0	0.923	2.615	4.117	0.030	0.030
25.0	0.933	2.590	4.122	0.030	0.031
30.0	0.933	2.580	4.177	0.030	0.031
35.0	0.923	2.560	4.153	0.030	0.031

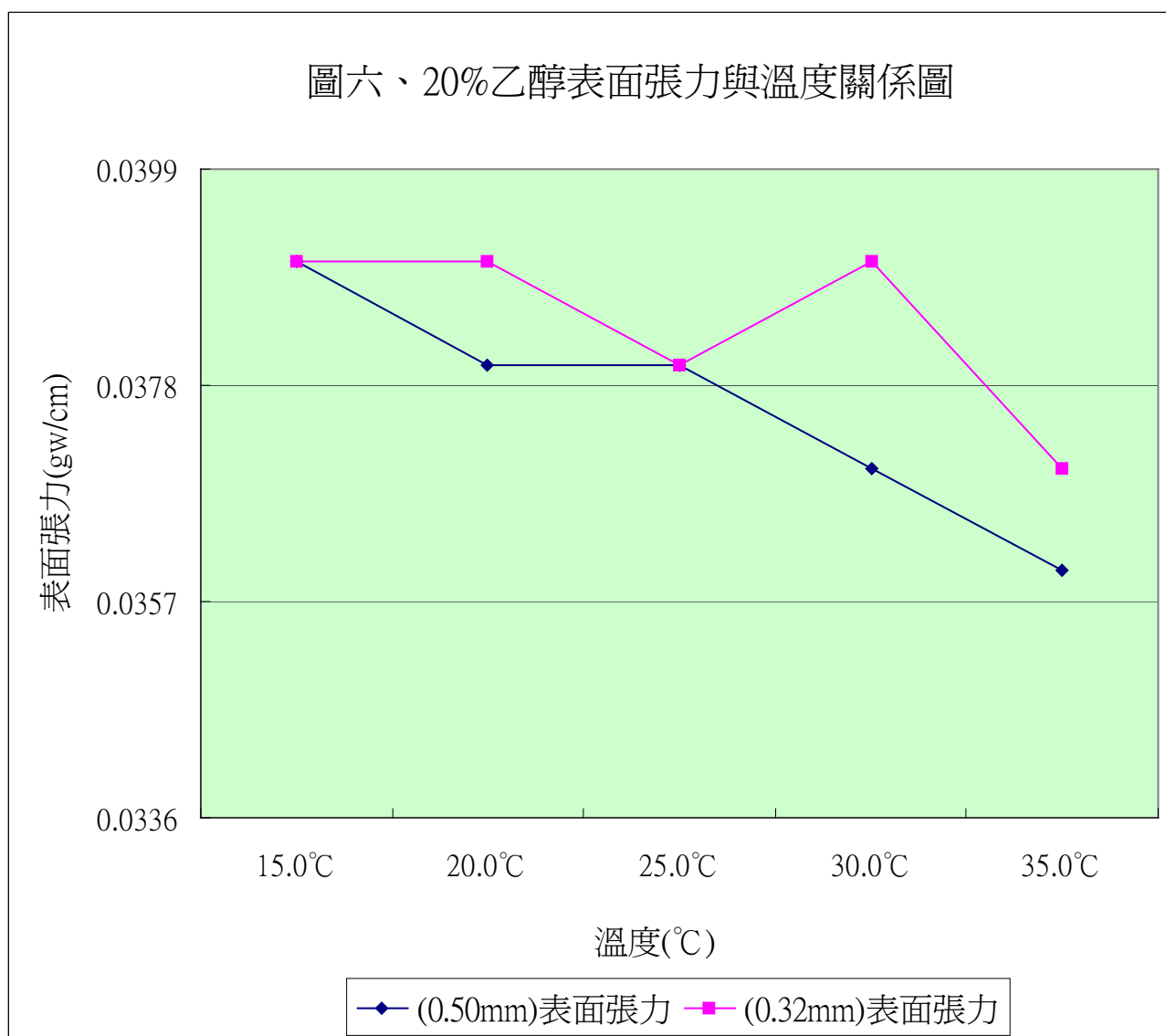
圖五、40%乙醇表面張力與溫度關係圖



結果：40%乙醇 15~35℃溫度範圍，0.50、0.32mm 厚毛細管實驗結果相近。

表六 20%乙醇 15~35℃溫度範圍在不同厚毛細管的表面張力大小

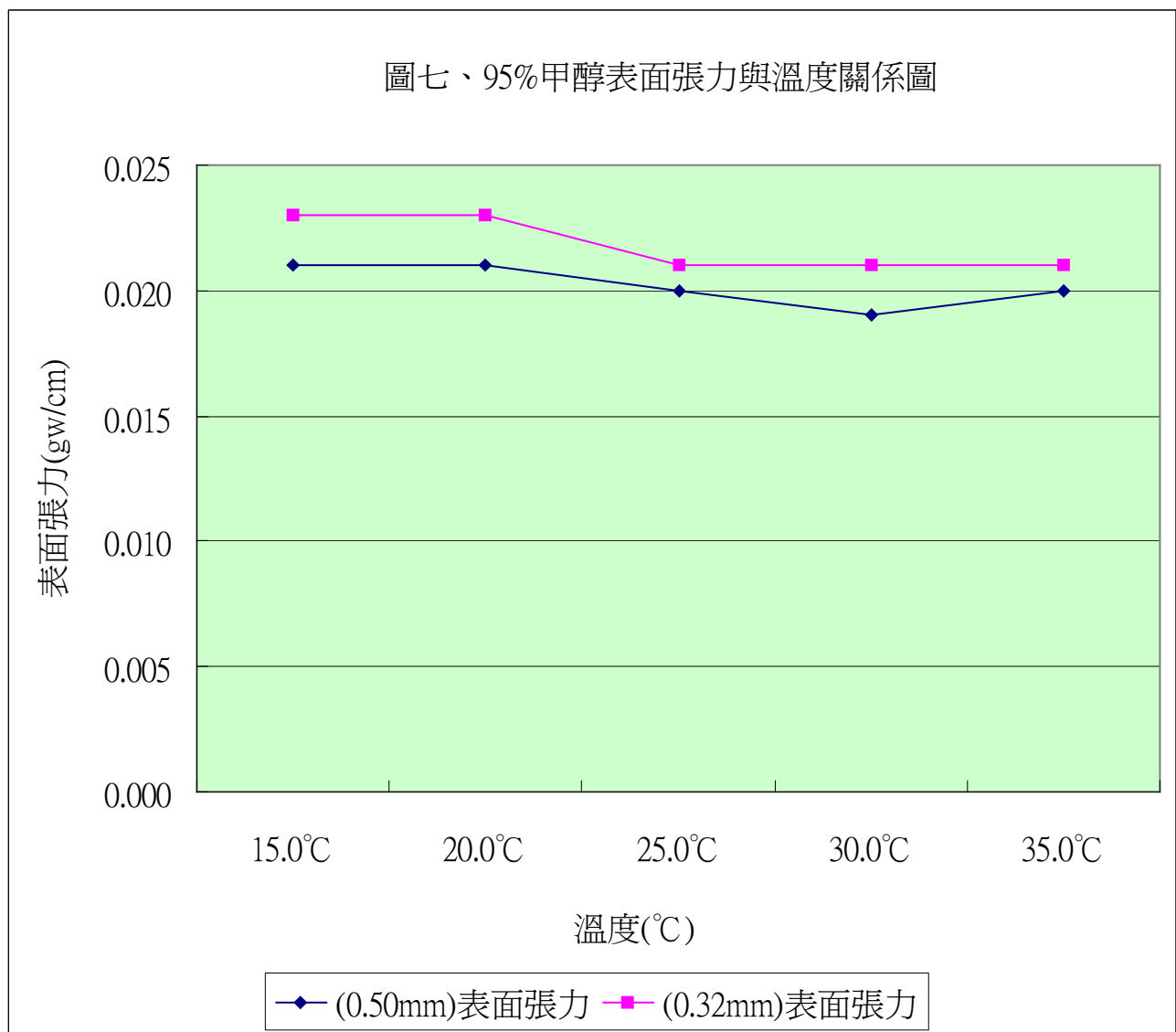
溫度範圍(℃)	密度平均(gw/cm ³)	液柱高度平均(cm)		表面張力平均(gw/cm)	
		內徑 0.50mm	內徑 0.32mm	內徑 0.50mm	內徑 0.32mm
15.0	0.971	3.185	4.995	0.039	0.039
20.0	0.971	3.140	4.962	0.038	0.039
25.0	0.962	3.120	4.985	0.038	0.038
30.0	0.952	3.100	5.083	0.037	0.039
35.0	0.942	3.065	4.938	0.036	0.037



結果：20%乙醇在 15~35℃溫度範圍時，表面張力隨著溫度的上升而略為下降，但變化不大，且 0.50、0.32mm 厚毛細管實驗結果相似。

表七 95%甲醇 15~35℃溫度範圍在不同厚毛細管的表面張力大小

溫度範圍(℃)	密度平均(gw/cm ³)	液柱高度平均(cm)		表面張力平均(gw/cm)	
		內徑 0.50mm	內徑 0.32mm	內徑 0.50mm	內徑 0.32mm
15.0	0.798	2.155	3.575	0.021	0.023
20.0	0.788	2.175	3.582	0.021	0.023
25.0	0.750	2.095	3.492	0.020	0.021
30.0	0.740	2.105	3.523	0.019	0.021
35.0	0.750	2.100	3.572	0.020	0.021

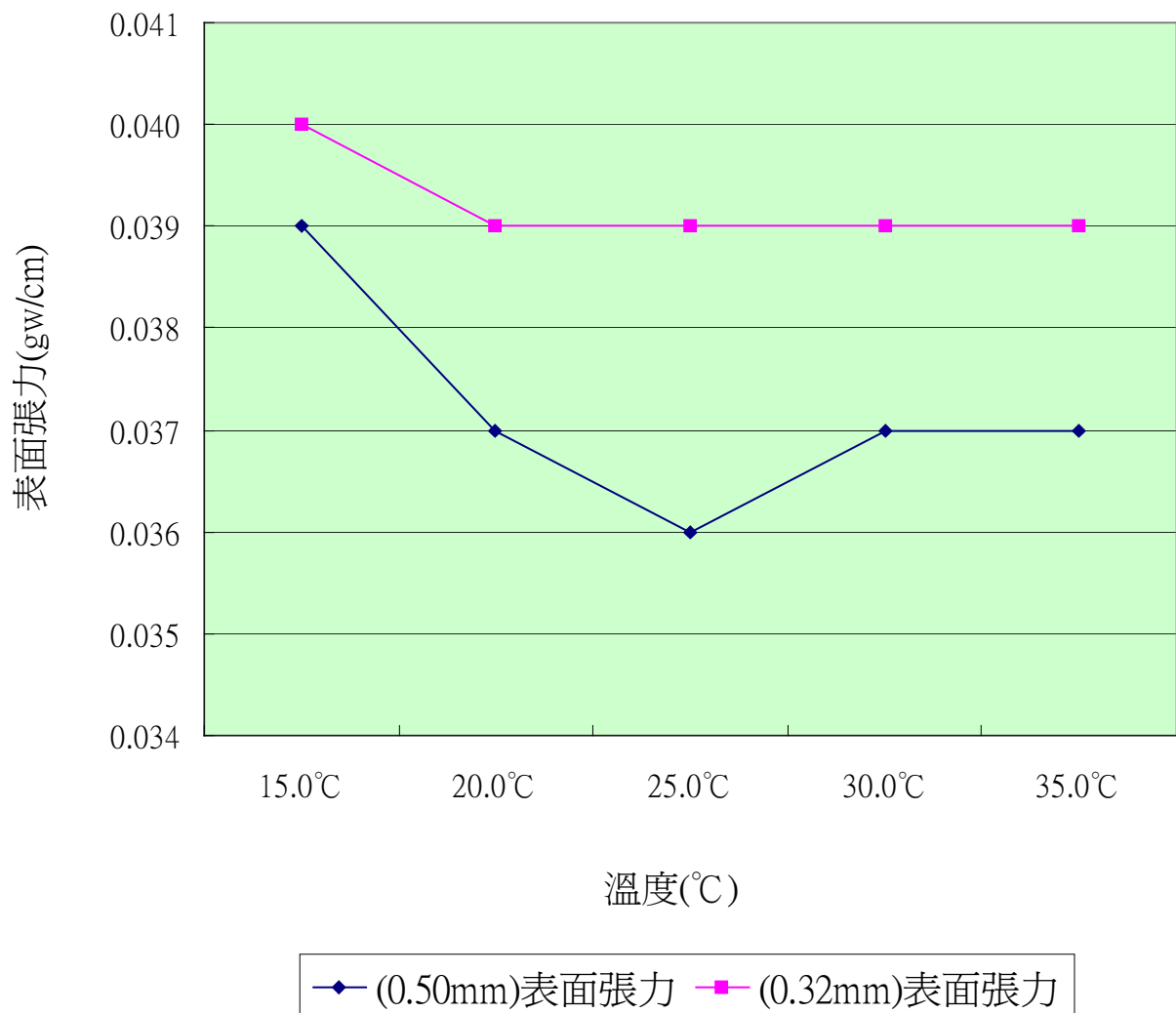


結果：95%甲醇 15~35℃溫度範圍，表面張力隨著溫度上升而略微下降，0.50、0.32mm 厚毛細管實驗結果相似。

表八 稻香米酒 15~35℃ 溫度範圍在不同厚毛細管的表面張力大小

溫度範圍(℃)	密度平均(gw/cm ³)	液柱高度平均(cm)		表面張力平均(gw/cm)	
		內徑 0.50mm	內徑 0.32mm	內徑 0.50mm	內徑 0.32mm
15.0	0.958	3.230	5.193	0.039	0.040
20.0	0.938	3.140	5.179	0.037	0.039
25.0	0.935	3.075	5.180	0.036	0.039
30.0	0.935	3.165	5.186	0.037	0.039
35.0	0.932	3.135	5.180	0.037	0.039

圖八、稻香米酒表面張力與溫度關係圖



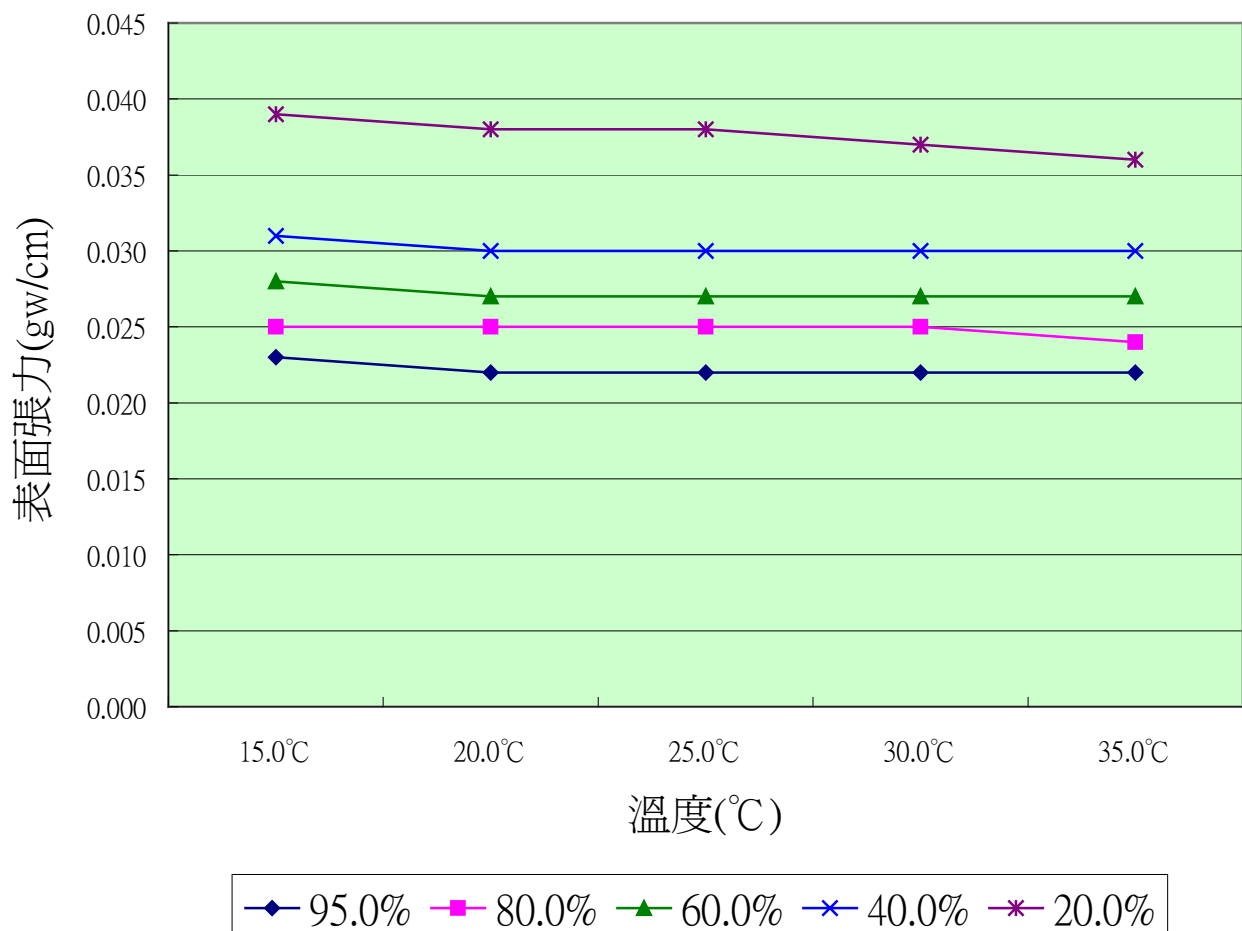
結果：稻香米酒在 15~35℃ 溫度範圍，表面張力略為下降，但變化不大，0.50、0.32mm 厚毛細管實驗結果相似。

表九 不同濃度乙醇溫度與表面張力關係 (0.50mm)

濃度 \ 溫度	15.0℃	20.0℃	25.0℃	30.0℃	35.0℃
95.0%	0.023	0.022	0.022	0.022	0.022
80.0%	0.025	0.025	0.025	0.025	0.024
60.0%	0.028	0.027	0.027	0.027	0.027
40.0%	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
20.0%	0.039	0.038	0.038	0.037	0.036

表面張力單位(gw/cm)

圖九、不同濃度乙醇與表面張力關係圖



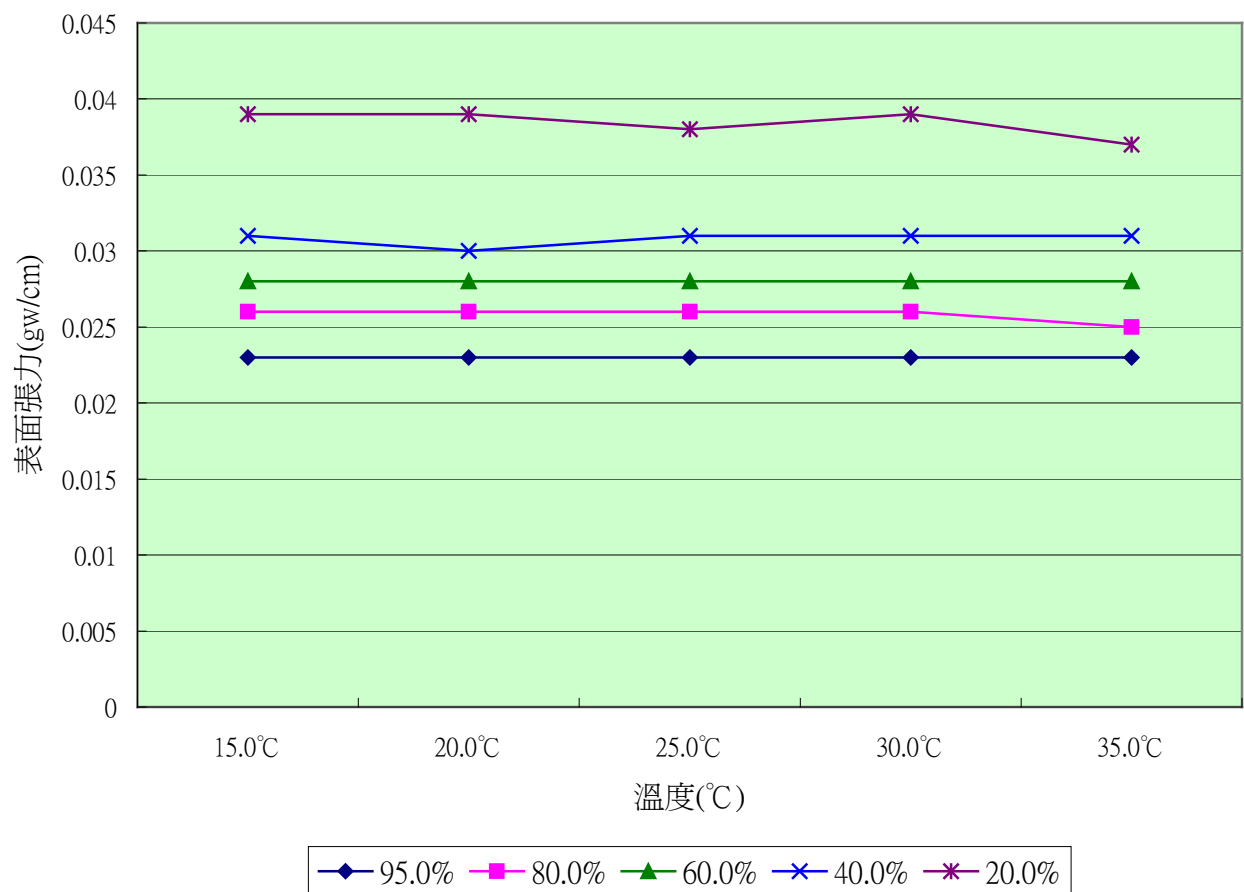
結果：不同濃度的乙醇，在 15~35℃時表面張力變化不大，而隨著濃度的降低，表面張力跟著增加，但並非線性，尤其是在 40%、20%濃度與較高濃度乙醇比較，表面張力改變較大。

表十 不同濃度乙醇溫度與表面張力關係 (0.32mm)

濃度 \ 溫度	表面張力	溫度				
		15.0℃	20.0℃	25.0℃	30.0℃	35.0℃
	95.0%	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
	80.0%	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025
	60.0%	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028
	40.0%	0.031	0.030	0.031	0.031	0.031
	20.0%	0.039	0.039	0.038	0.039	0.037

表面張力單位(gw/cm)

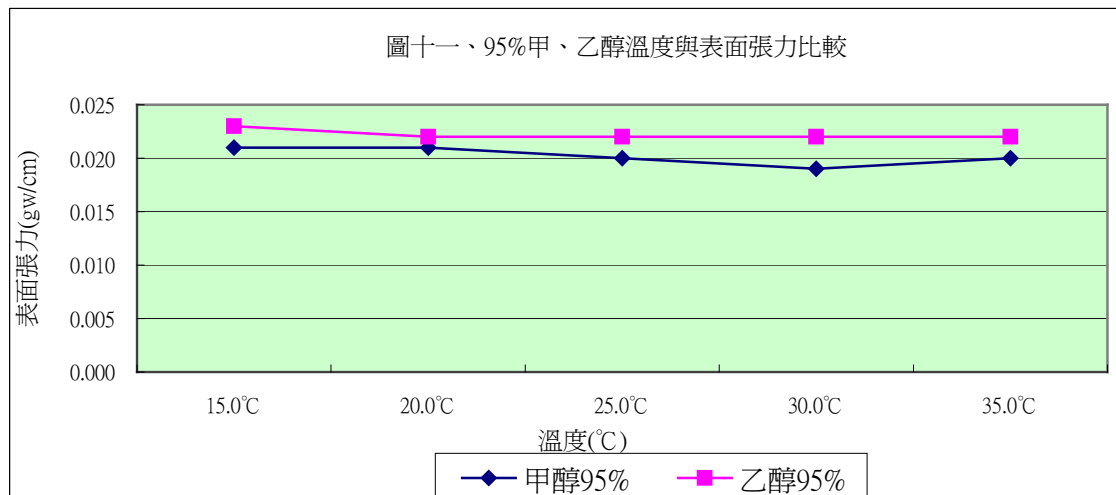
圖十、不同濃度乙醇表面張力與溫度關係圖



結果：不同濃度的乙醇，在 15~35℃時表面張力變化不大，而隨著濃度的降低，表面張力跟著增加，但並非線性，尤其是在 40%、20%濃度與較高濃度乙醇比較，表面張力改變較大，與 0.50mm 結果相似。

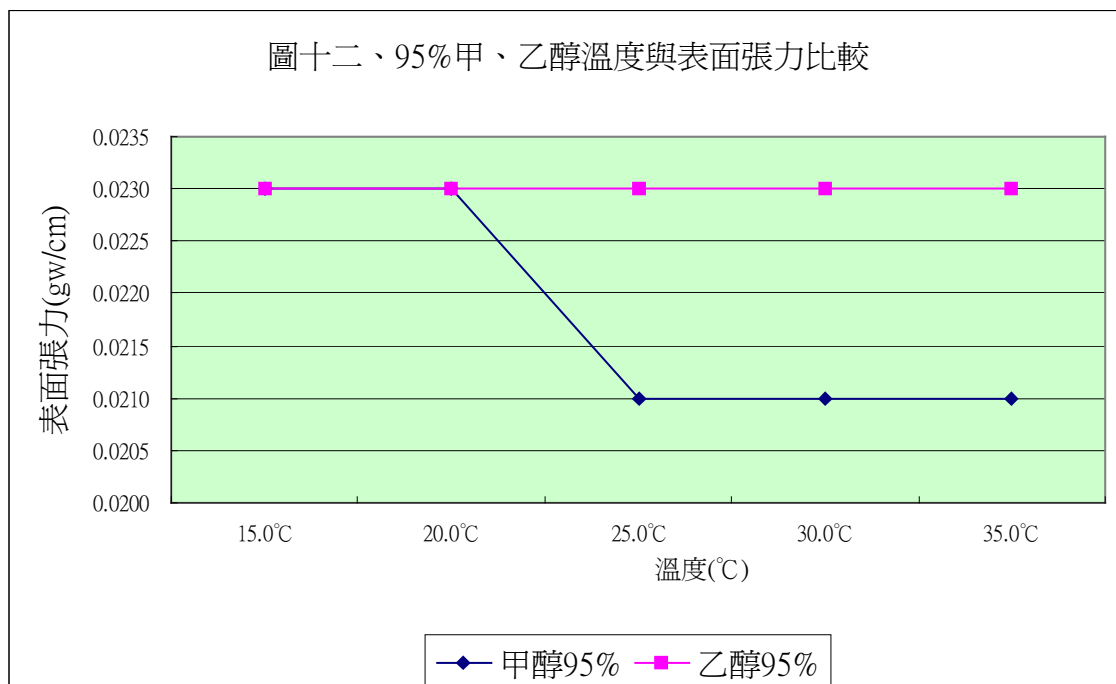
表十一 95%甲、乙醇溫度與表面張力(0.50mm)

濃度 \ 溫度 \ 表面張力	溫度				
	15.0℃	20.0℃	25.0℃	30.0℃	35.0℃
甲醇 95%	0.021	0.021	0.020	0.019	0.020
乙醇 95%	0.023	0.022	0.022	0.022	0.022



表十二 95%甲、乙醇溫度與表面張力(0.32mm)

濃度 \ 溫度 \ 表面張力	溫度				
	15.0℃	20.0℃	25.0℃	30.0℃	35.0℃
甲醇 95%	0.023	0.023	0.021	0.021	0.021
乙醇 95%	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023



結果：95%甲、乙醇表面張力差異不大，0.50、0.32mm 厚毛細管檢測結果相似。

表十三 95%及 19.5%甲、乙醇、甲、乙醇 1：1 混合，毛細現象比較(0.32mm)

	95%甲醇	95%乙醇	95%甲醇+95%乙醇 (1：1)	甲醇 19.5%	乙醇 19.5%	19.5%甲醇+19.5% 乙醇(1：1)
液柱高度(cm)	3.492	3.565	3.565	6.075	5.247	5.762
結果：一、95%甲、乙醇與 1：1 混合的甲、乙醇三者液柱高度相近。 二、19.5%甲、乙醇與 1：1 混合的 19.5%甲、乙醇，三者液柱高度有明顯差異。						

表十四甲、乙醇、稻香米酒，毛細現象比較(0.32mm)

	甲醇 19.5%	乙醇 19.5%	19.5%甲醇+19.5%稻 香米酒(1：1)	稻香米酒 19.5%
液柱高度(cm)	6.075	5.247	5.650	5.180

結果：19.5%甲、乙醇及混有甲醇的米酒，液柱高度都明顯高於稻香米酒。

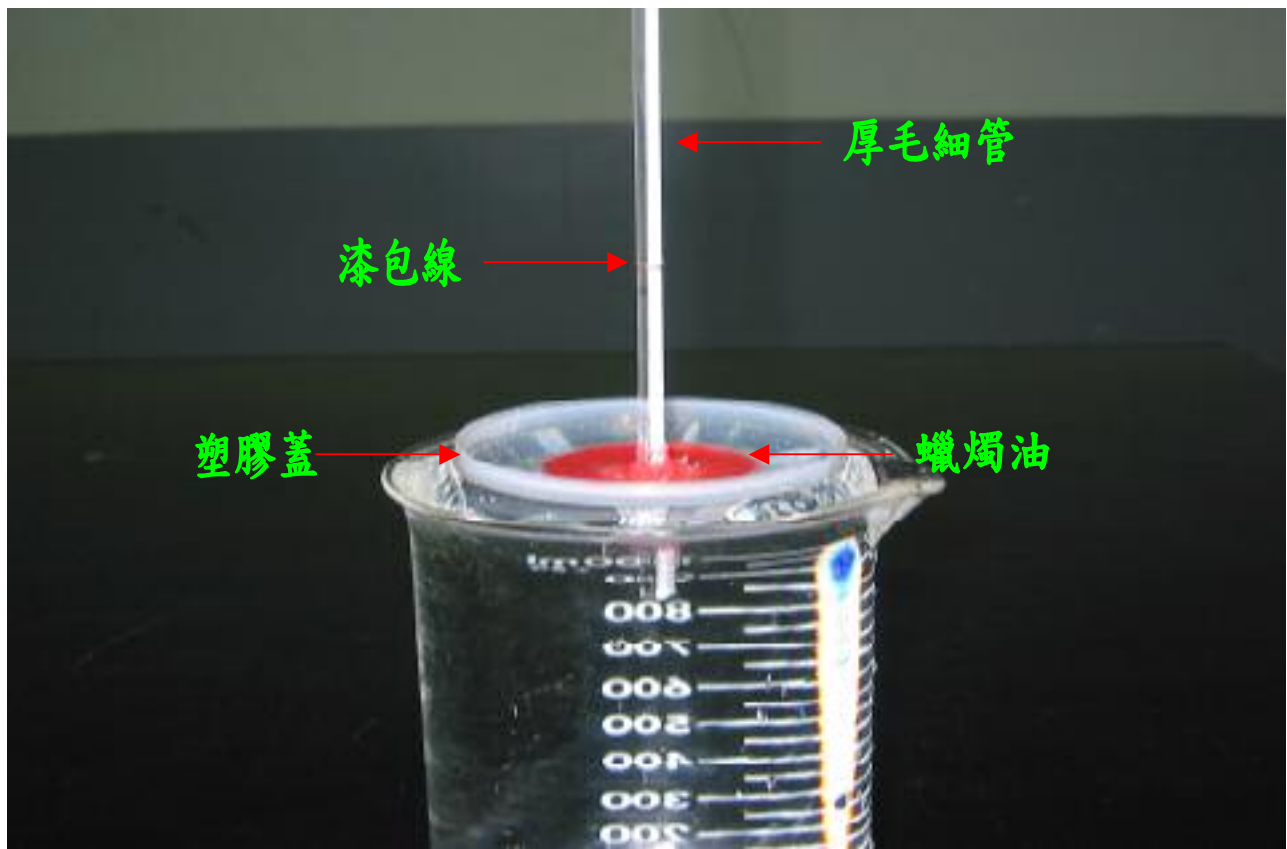
表十五 厚毛細管在自來水與 47.5%的乙醇溶液抽換時，達原標準高度的清洗次數

標準高度	水-8.945cm			
	乙醇-4.000cm			
	第一次	第二次	第三次	清理數
水→乙醇	2	3	1	1~3
乙醇→水	3	1	1	1~3
結果：一、由水到乙醇，或乙醇到水中，厚毛細管達標準高度，清理次數約相同。 二、從水中抽離厚毛細管，吸附擦乾管內水分，初次浸入乙醇時，液柱高度會比乙醇標準高度大，反之從乙醇中抽離，初次浸入水中，液柱會低於水的標準高度，上述情形可利用安全吸球、浮沉法輔助達原有高度。				

表十六 三種不同製造日期的公賣局稻香米酒毛細現象液柱高檢驗

	第一次	第二次	第三次	平均(cm)
大可便利商店	5.135	5.140	5.160	5.145
全家便利商店	5.165	5.185	5.175	5.175
7-ELEVEN	5.160	5.180	5.175	5.172
結果：三瓶酒的液柱高度，幾乎相同，顯示品管優良，米酒組成穩定。				

假酒檢測器成品：



假酒檢測器

假酒檢測器精密度檢驗結果：

一、加水稀釋：

加入 40ml 的水，假酒檢測器的液柱高度明顯高於標準線以上。

$$300 \times 19.5\% = 58.5$$

$$58.5 / 340 \times 100\% = 17.2\%$$

即酒精濃度被稀釋至低於 17.2% 以下的稻香米酒，就可被檢測出差異。

二、加入甲醇：

(一) 300ml 的 19.5% 稻香米酒加入 8ml 的 19.5% 甲醇，假酒檢測器液柱高度有明顯高於標準線以上。

$$8 \times 19.5 / 100 = 156 / 100 = 1.56$$

$$1.56 / 308 \times 100\% = 0.51\%$$

即稻香米酒中甲醇濃度高於 0.51% 以上，就可被檢測出差異。

(二) 300ml 的稻香米酒加入 10ml 的 95% 的甲醇，假酒檢測器液柱明顯低於標準線以下。

$$10 \times 95 / 100 = 950 / 100 = 9.5$$

$$9.5 / 310 \times 100\% = 3.06\%$$

即稻香米酒中甲醇含量高於 3.06% 以上，就可被檢驗出異常。

陸、討論

- 一、厚毛細管可配合安全吸球使用、清潔，一般的毛細管有內徑太粗、脆弱易斷裂等缺點，因此實驗中我們以厚毛細管取代傳統毛細管。在我們找到的厚毛細管中，內徑有 0.50 及 0.32mm 爲了確認他們內徑都均勻一致，我們把兩批厚毛細管分別放入水中，看高度是否有差異，結果全部相同，表示這一批厚毛細管品質穩定均勻。
- 二、厚毛細管液柱高會隨管內徑及液體不同有所改變，所以要使不同環境下的液柱高度差被明顯看出，應該要使用內徑越細的厚毛細管，目前找到內徑最小的是 0.15mm，但因管徑太細而造成阻塞，高度不定、易產生氣泡、不易清除等問題，所以我們仍決定以較穩定的 0.32mm 的厚毛細管來製作假酒檢測器。
- 三、水的表面張力比 95%甲、乙醇大許多，隨著溫度的上升表面張力略微下降。(表一，圖一) 不同濃度的乙醇，液柱高度差的情況：20%與 40%有明顯差異，40%與 60%差異較小，60%與 80%差異更小，80%與 95%差異約只有 1mm，顯示隨著濃度的減少，乙醇溶液的液柱高度隨著增加，表面張力亦是如此，但並非線性比例增加。(表九~十，圖九~十)
- 四、我們分別用 0.50mm 及 0.32mm 厚毛細管測蒸餾水、甲、乙醇、稻香米酒，在不同溫度範圍，不同濃度的表面張力大小，兩兩比對後，發現雖然管徑不同，但測得的數據與變化曲線十分相似，在實驗操作上精確度高，且如理論推導，管半徑越細，液柱上升高度越大。(表一~八，圖一~八)
- 五、甲、乙醇在我們查到的資料中顯示，兩者的性質相當接近，經我們實驗證實 95%甲、乙醇密度、表面張力的結果相近，但在 19.5%時兩者的毛細現象卻有明顯差異，也使得我們的假酒檢測器在稻香米酒中的檢驗更具鑑別價值。(表十一~十四，圖十一~十二)
- 六、我們的實驗將甲醇、乙醇、蒸餾水及公賣局稻香米酒，反覆測量它們不同比例、溫度下，厚毛細管液柱高度變化，目的就是要看這些溶液的毛細管液柱高低和溫度有無關係，根據實驗結果，得知影響非常小，15°C~35°C的液柱高幾乎成水平狀態，因此證明假酒檢測器利用一刻度線含括此溫度範圍液柱高度變化的可行性，而選擇 15°C~35°C則是根據台灣的氣溫而定。至於選擇甲醇、乙醇、蒸餾水及公賣局稻香米酒，來測量的原因是判斷商人在製造假酒時，大概會混甲醇或水，而酒主要成分是乙醇和水，所以進行以上實驗。
- 七、實驗觀察發現，厚毛細管從水中抽離，再置入乙醇溶液中，內壁較容易產生氣泡，約需做 1~3 次清洗動作，而厚毛細管從乙醇溶液中，抽離置入水中，約做 1~3 次清洗動作。將浸入水中的厚毛細管，取出以紙巾吸附擦乾後，初次置入乙醇時，液柱高度變高，超過 47.5%乙醇的標準高度，可能因爲厚毛細管內壁含水，表面張力較大的緣故。反之將浸入 47.5%乙醇溶液中的厚毛細管，以紙巾擦拭後，一開始置入水中，其液柱高度變低，而無法達到水的標準高度，可能因爲厚毛細管內壁含乙醇，表面張力較小的緣故。(表十五)
- 八、觀察厚毛細管在水中及乙醇溶液中抽換時液柱的高度變化。我們發現厚毛細管內壁的濕潤度及溶液性質，會直接影響測試樣酒毛細現象的呈現，因此將假酒檢測器先置於真的稻香米酒中，再抽離並擦拭乾後，第一次置入測試樣酒中所得效果最好，當然若未先置入稻香米酒中，而直接置入測試樣酒，依然可以使用，不影響結果判別。
- 九、爲了要證明公賣局稻香米酒品質，我們把三瓶不同製造批發日期的米酒做厚毛細管測試，經過我們實驗證明，不同日期批號的米酒液面上升的高度都相同，表示公賣局稻香米酒有相當不錯的品質，且有利假酒檢測器對稻香米酒的檢測。(表十六)

- 十、我們把假酒檢測器做成「船」的造型，是因為如此一來在檢測假酒時，可以避免液柱底線讀取或控制不易的情形發生，導致誤差太大，「船」的造型，能增加它的穩定性與讀取的精確性。
- 十一、用假酒檢測器測量待測液體時，我們會有一個疑慮就是：如果待測液體的密度比米酒小，而假酒檢測器的塑膠蓋也有個高度，雖然說高度不大，但還是會有極小的高度往下沉，這時不就會產生誤差嗎？但後來我們發現因為這些因素，更能使假米酒被檢測出來，因為：在密度大的溶液裡，假酒檢測器隨著上浮，液柱變低，加上密度大液柱高度也變低，加倍呈現其差異；反之在密度小的溶液，液柱上升，加上假酒檢測器下沉，液柱變高，所以也加倍呈現其差異，準確性相對提高。
- 十二、使用假酒檢測器須注意的步驟：
- (一) 使用前須注意厚毛細管內壁是否有雜質或液體，若有的話，需用安全吸球吹出。
 - (二) 先浸於標準稻香米酒中，再抽取並擦拭乾後，置入樣酒（此步驟可省略，有的話更好）。
 - (三) 放入樣酒中，須仔細觀察有無氣泡、殘留水柱，如有水珠用安全吸球吹出（注意絕不許用吸，以免吸入液柱污染吸球，下次使用時容易產生誤差）。
 - (四) 為了確定假酒檢測器的液柱高度是否達到標準，可放入該樣酒中，用安全吸球法讓液柱上升，再自然下降讀取高度，再利用浮沉法，略微提高檢測器高度（不抽離液面），讓液柱下降，再自然上升，或微壓入液體中，再鬆手讓液柱自然下降，量取高度，那麼此高度的誤差就會降到最低，以測出是否達標準高度。
- 十三、我們的假酒檢測器，是以 0.50mm 的漆包線為標準線，因為這線的寬度足以涵蓋 15~35℃ 稻香米酒毛細現象液柱高度的變化，而且在刻記方面也滿順手，因此可作為對於假酒與否的判斷，以是否超出標準線為判斷依據。
- 十四、在假酒檢測器精密度實驗中，發現混入 19.5% 及 95% 甲醇，檢測器所能判別出的濃度有明顯差距，其原因可能是 19.5% 甲醇混入時所加入的水量比例較多，而 95% 甲醇混入水量所佔的比例較少，也因此造成加入 19.5% 甲醇時液柱上升超過標準線，而加入 95% 甲醇時，則是液柱下降低於標準線的現象。我們之所以會混入 19.5% 甲醇，主要是考量假酒製造時，要維持一定醇類濃度，在這種情況下，假酒可輕易被假酒檢測器檢驗出異常。至於摻入 95% 甲醇時，雖然假酒檢測器鑑別濃度提高，但依然保有相當的鑑別度，而且增加甲醇濃度對酒的香味也會做較大的改變，而被輕易分辨真假。
- 十五、製酒的過程會利用比重計做為發酵判斷依據，而從我們查到的資料中顯示，甲、乙醇的性質非常接近，包含密度亦是如此，但在實驗中過程發現 19.5% 的甲、乙醇，毛細現象液柱高度卻有明顯差異，更提昇了假酒檢測器對稻香米酒檢測的可靠性。
- 十六、我們推論假酒檢測器並不適用於釀造酒，因為其所含的物質及成分不定，比較沒有標準，而且酒中含較多物質，不但清除不易且容易使厚毛細管在下一次測量時，容易產生誤差。
- 十七、部分檢測機構與產品與我們做出的檢測器，分析利弊的參考資料：

機 構 \ 分 析	優點	缺點	備註 查詢方式
台灣菸酒公司 酒研究所 酒類分析實驗室	1.時間適可（三天） 2.只要拿公賣局的米酒去檢驗都可不收費	1.費用高（3000 元）	電話聯繫 （02）29301792
經濟部標準檢驗局	1.無酒種限制 2.以化學方式檢驗,準確度高 達 2~3ppm	1.檢驗時間長（一個月左右） 2.費用高（單測甲醇的費用需 2000 元） 3.只測甲醇，並不作真假酒的辨 認	電話聯繫 (02)23431857 (02)23431858 (02)23431700 轉 699
Xx 科技顧問公 司	1.時間適可（2~7 天） 2.沒有酒種的限制	1.費用高（3000 元）	電話聯繫 （022906XXXX）
假酒 xx （產品）	1.價錢不貴（600 元半打） 2.人人可自己 DIY 3.只要少許的酒，約 3CC 4.輕巧便利，攜帶方便	1.超過 2 分鐘，在檢測結果即不 準，用一次就不能再用，試劑 的使用期限一年 2.只能測出含甲醇的假酒，不能 判別其它成分 3.只適用蒸餾酒 4.有危險性，勿碰觸皮膚	經我們購買實 際驗證，效果不 明確、判斷非常 不易
假酒檢測器 （OUR）	1.價錢便宜，經濟實惠（成本 300 元以下） 2.自由控制時間，又能重複利 用 3.用肉眼即可測出真、假酒 4.人人可動手 DIY，甚至對理 化有背景的人可以 DIY 畫 出不同酒類（蒸餾酒）的標 準線，來檢測其他酒 5.沒有一般化學實驗的危險 性	1.不能測出酒中物質 2.推論蒸餾酒較準，不適用釀造 酒，其誤差較大 3.要半瓶酒檢測（量適中）	

柒、結論

- 一、不同濃度的甲、乙醇及蒸餾水、稻香米酒的表面張力，在 15~35℃時，會隨著溫度的升高而些微下降，但變化不大，乙醇濃度越高表面張力越小，但不是呈線性比例關係。
- 二、在錯綜複雜化學方式的假酒檢測中，我們認為簡易的物理觀察判別，有其可行性與精確度，值得研究與探討。

捌、參考資料及其他

- 一、國中理化第一冊：第一章、第五章、第六章(國立編譯館)。
- 二、國中理化第二冊：第七章、第八章、第十章(國立編譯館)。
- 三、國中理化第三冊：第十三章(國立編譯館)。
- 四、國中理化第四冊：第十六章(國立編譯館)。
- 五、國中健康教育上冊：第十五章(國立編譯館)。
- 六、國中理化選修第一冊：第四章(國立編譯館)。
- 七、高級中學物理第二冊第九章(國立編譯館)。
- 八、牛頓科學研習百科（物理），牛頓版社。單元五：奇妙的溶液—水
(<http://www.forestry.uga.edu/efr/docs/pfor99-014.html>)
- 九、手臂上的一滴酒(http://210.99.25/teachers/t302/new_page_56.htm)
- 十、感謝淡江大學化學系協助借用化學實驗室。

評語

利用簡易物理原理，很有創意地解決實際生活中碰到的重大問題，實驗報告非常完整、清楚，解說、推廣能力強。