

# 酒精氧化觸媒與國產酒第二次發酵相關性 探討及該觸媒對環境適應性之研究

國中組應用科學科第三名

新竹縣立竹東國民中學

作 者：邱世玲、羅育賢

指導教師：劉建熾

## 一、研究動機

在國小、國中生物課本中，我們已經學過有關微生物的生長、生理、繁殖等，並懂得如何去自製標本使用顯微鏡觀看微生物之形態。理化課本中，也學過密度、濃度、物質分離、PH 儀、氫離子濃度、觸媒等，又在國中理化課本 22 章習題作業第四題是這樣問的：酒的主要成分是甚麼？酒放在空氣中時間久了以後會變成甚麼？更引起我們對國產酒的濃厚研究興趣，希望以所學發揮效用。

## 二、研究目的

常聽人說：「沒喝完的酒，放久會變酸」。聽了以後常懷半信半疑的態度，正好學校舉辦科展，怎不利用自己已學過的科學知識和器材對國產酒進行研究，以期能用科學的態度說明放久的酒是真會變酸，如果是，那理由又在那裏？以科學的方法瞭解真相，並解釋其真實性。

## 三、研究器材設備

定量瓶、燒杯、乳頭滴管、圓底燒瓶、錐形瓶、溫度計、鐵架、天平、溫包、蒸餾水、藥用酒精、PH 儀、玻棒、冷凝器、分段蒸餾器、載玻片、顯微鏡、計算機、革藍染色劑、硫酸溶液、氫氧化鈉溶液、國產酒（ㄩ啤酒、ㄉ白葡萄酒、ㄇ紅露酒、ㄢ米酒、ㄩ五加皮酒

)，鉑金絲。

#### 四、研究過程及方法

1. 國產酒 PH 值的測定：以 PH 儀測各國產酒 PH 值。
2. 標準濃度酒精溶液的配製：以分段蒸餾法蒸得無水酒精（沸點 $76 \sim 78^{\circ}\text{C}$ ），分別加入適當量蒸餾水，配製各種不同濃度酒精溶液。
3. 標準濃度酒精溶液密度的測定：以定量瓶、天平分別測各不同濃度酒精溶液密度。
4. 五種國產酒酒精濃度的測定：將 5 種國產酒啓瓶後，分別測其 PH 值，再以硫酸或氫氧化納溶液中和後，以分段蒸餾法蒸餾之，約 40 分鐘後，所得蒸餾液再稀釋成原重，再測定其密度，最後與標準濃度酒精溶液對照其密度，以定出所含酒精濃度。
5. 與 5 種國產酒酒精濃度相同自配酒精水溶液之配製：配製 5 種與國產酒酒精濃度相同之酒精溶液當做測定國產酒酒精濃度變化時之參考液。
6. 五種國產酒微生物生長情形之觀察：取 5 種國產酒各 50 ml 置入培養皿中，在實驗桌上靜置約 12 天左右，觀察微生物在液面增長情形。
7. 5 種國產酒，5 種參考液靜置於各種不同環境中 6 天後測其 PH 值、酒精濃度（但是各種試樣每天搖動一次）。
  - (1) 溫度：取 5 種國產酒、5 種參考液各 180 g 分成三組，第一組試樣放在  $0^{\circ}\text{C}$  環境中，第二組放在  $8^{\circ}\text{C}$  環境中，第三組放在  $17^{\circ}\text{C}$  環境中，6 天後再測其 PH 值，並以分段蒸餾法蒸得之蒸餾液稀釋成原重，再測其密度，後與標準濃度酒精溶液對照以定其酒精密度，但是參考液在經 6 天後以蒸餾水稀釋成原重，後測其 PH 值，測定其密度、酒精濃度即可。
  - (2) 光線：如(1)法試樣分成三組，一組在室內桌面上，一組在桌面上以塑膠盆遮光，一組放在紙箱陰暗處靜置 6 天後如(1)法測出 PH 值、酒精濃度。

(3)無機塩：如(1)法試樣分成三組，一組不加塩，一組加 0.1 g  $\text{KNO}_3$ ，一組加 0.2 g  $\text{KNO}_3$ ，靜置 6 天後如(1)法測出 PH 值，酒精濃度。

(4)PH 值：取 5 種國產酒，5 種國產酒參考液各 60 g，分別靜置桌面上，6 天後如(1)法測其 PH 值、酒精濃度。

(5)酒精濃度：5 種國產酒，5 種國產酒參考液各取 60 g，分別置入錐形瓶中靜置桌面上，經 6 天後測其 PH 值，酒精溶液濃度。

8. 菌體革蘭氏染色：將研究過程 6 所得國產酒液面上生長之薄膜，以鉑金絲取少量菌體抹在載玻片上，革蘭氏染色法染色再以顯微鏡觀察經染色後之菌體顏色、形態等。

## 五、結果

1. 5 種國產酒以 PH 儀測得之 PH 值，如表—1 所記。
2. 標準濃度酒精溶液配製如表—2 所記。
3. 標準濃度酒精溶液密度測定結果如表—3 所記。
4. 5 種國產酒酒精濃度測定結果如表—4 所記。
5. 配置與 5 種國產酒酒精濃度相同自配酒精溶液（參考液）結果如表—5 所記。
6. 5 種國產酒各取 60g 在培養皿中靜置室內 12 天後，微生物在酒類中生長。
7. 5 種國產酒連同參考液在不同環境中靜置 6 天，先後測定國產酒、參考液之酒精密度，如表—6 所記。
8. 5 種國產酒、參考液在各環境中靜置 6 天之先後測得酒精密度，以定出酒精濃度，進而可算出 6 天中，酒精實際減少量，並以測出之先後 PH 值，算出 PH 值變化量，如表—7、8 所記。
9. 菌體革蘭氏染色：將 5 種國產酒經 12 天成長的液面薄膜以鉑金絲蘸取少量後抹在載玻片上，利用革蘭氏染色法染色後，以顯微鏡觀看，可見菌體有呈桿狀，且呈革蘭氏陰性者，其結果如實物標本。

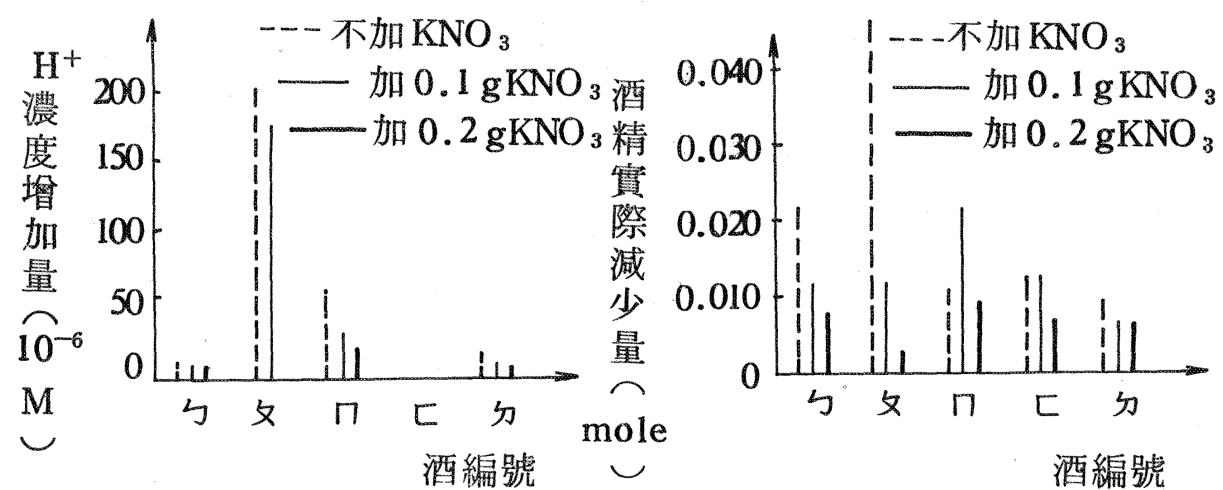
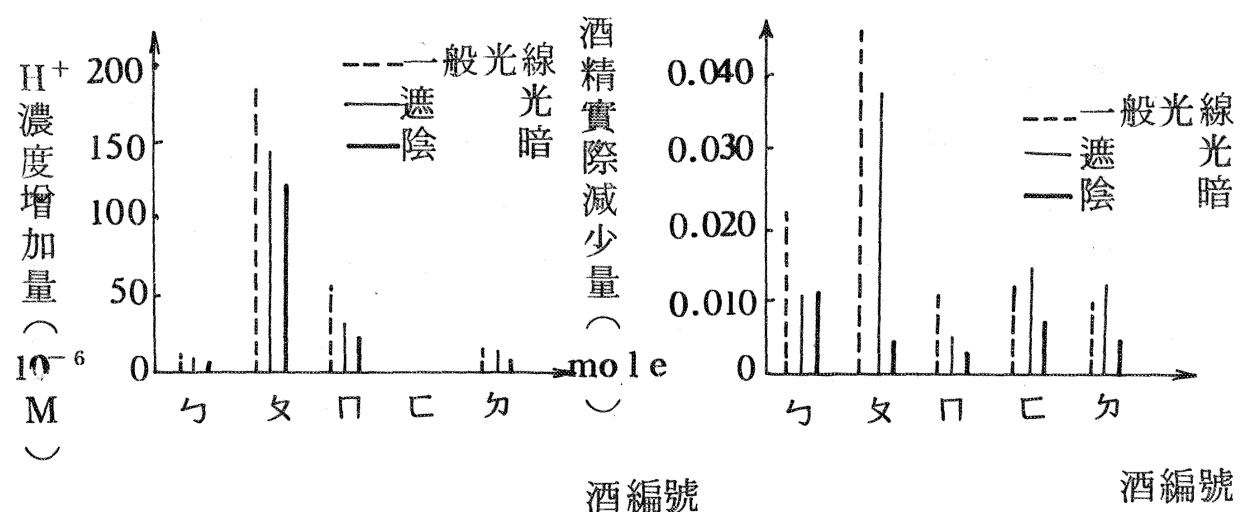
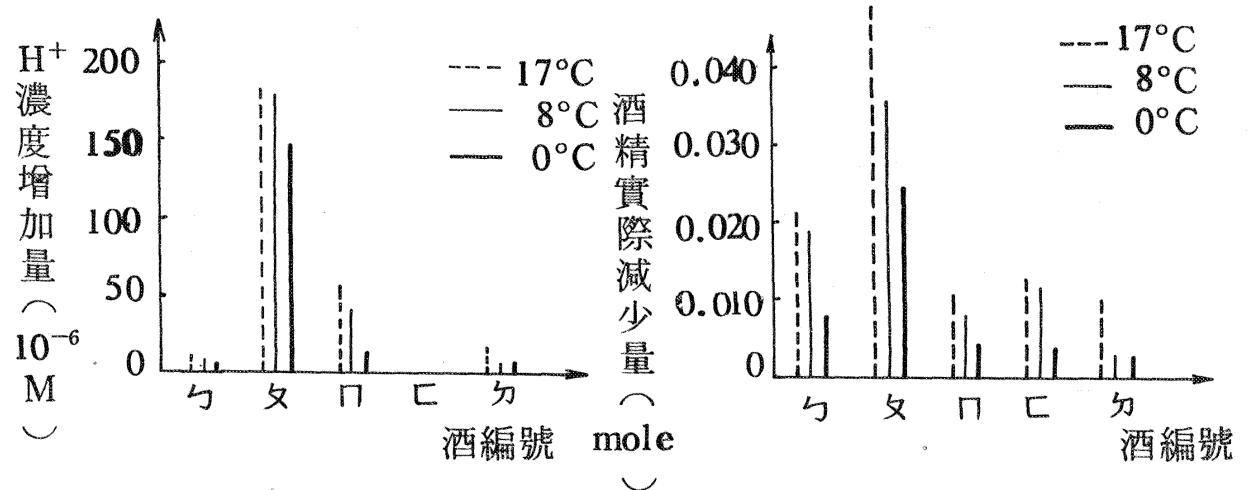
## 六、討論

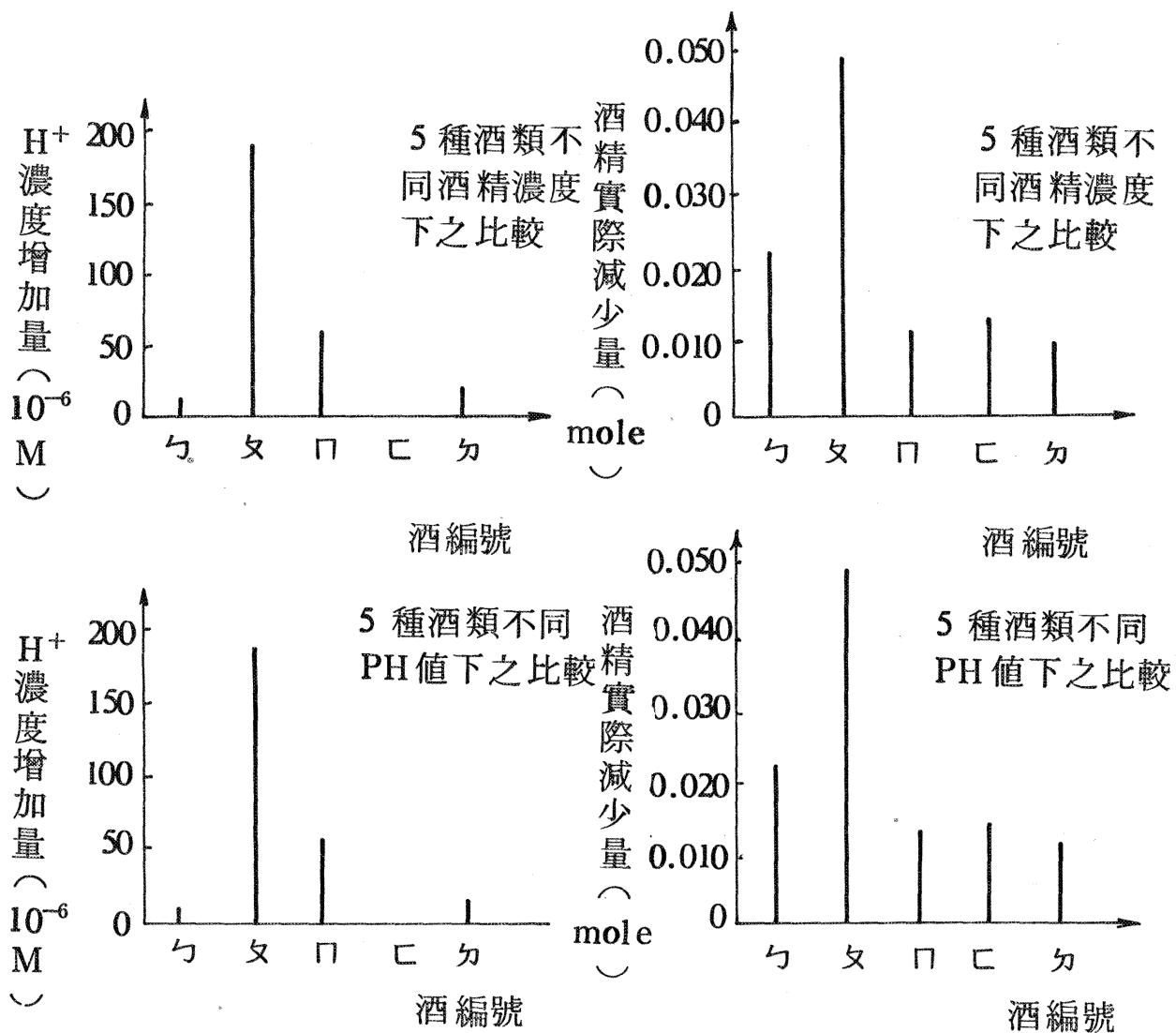
1. 5 種國產酒經 PH 值儀測定得各國產酒除米酒外，PH 值均在 7 以下，均呈酸性且各呈不同的 PH 值。
2. 5 種國產酒經分段蒸餾法蒸得酒精溶液與標準濃度酒精溶液密度對照得知國產酒酒精濃度均不相同。
3. 5 種國產酒各取 60g 分別置入培養皿中靜置 12 天，發現在酒類液面上有或多或少，種類不同的微生物成長，這些微生物是來自原空氣中飄動的單獨菌體，因而可看到各種菌體形成的薄膜或菌叢。
4. 在 5 種酒類中成長之菌體，有些適合液面生長，有些適合在液面下生長，而吾等以鉑金絲取酒類表面少量顏色薄膜部分各在載玻片上塗抹後以革蘭氏染色法染色可得菌體標本，後以顯微鏡觀看，菌體為桿狀且呈陰性者，此菌體概為醋酸菌，由於酒類中有此類菌體生長繁殖，此菌體生長的酒精氧化觸媒，促進了酒精的氧化產生乙酸，此等觸媒存在現象可從研究過程 7 之結果，很明顯的可發演出國產酒酒精實際減少量與 PH 值變化之間的互動關係中，獲得證明。
5. 由研究過程 7 結果亦可得知國產酒在 6 天後，均有酒精實際減少而 PH 值變小之現象，是由於國產酒中之乙醇，一部分受酒精氧化觸媒之催化生成乙酸之故。由酸的定義得知  $H^+$  乃酸之共同離子，由於氫離子濃度變大，因而溶液酸性變強。然而氫離子濃度之變大，情形隨酒類不同、環境不同而有異。始表—9、10、11、12、13 所示。
6. 酒類置於錐形瓶中，經 6 天後，因受醋酸菌酒精氧化觸媒之催化酒精產生乙酸，所以原酒精濃度將減少，此外亦有一部分酒精並未被氧化而自然蒸發逸去，所以酒類經 6 天後減少的酒精量應包括酒精實際減少量（被氧化的部分）和酒精自然蒸發量，所以在研究過程 5 中，我們將純酒精、蒸餾水配製成與各國產酒酒精濃度相同的參考液，以當測定國產酒 6 天當中酒精減少量之參考用。

## 七、結論

1. 5 種國產酒經 PH 值測試，得知各有其不相同的 PH 值，除米酒外，其 PH 值均小於 7 ( 均屬酸性 ) 。
2. 5 種國產酒啓瓶後，均有微生物定著生長，由於酒類中所含有機物種類多寡不一，加上各種不同的環境，微生物的生成快慢，多寡，種類就會有差異。
3. 5 種酒類中採樣所得標本，經顯微鏡觀察得知，覆蓋在液面上顏色薄膜乃是一群好氣性、桿狀、呈革蘭氏陰性之菌體，它可能是造成酒類中酒精氧化成乙酸之原動力，即醋酸菌。此情形如同酵母菌分泌酵素促成葡萄糖發酵變成乙醇，此類菌體之滋長所生長的酒精氧化觸媒促成了酒精的氧化成爲乙酸。
4. 5 種酒類啓瓶後 6 天當中醋酸菌的生長、繁殖雖然不甚快速，但是由研究過程 7 結果看來，酒精實際減少量與 PH 值的變化量與酒酒精氧化觸媒存在之間有著不可分的互動關連性。（我們把公賣局藉酵母菌將糖類催化成乙醇之過程，稱國產酒第一次發酵，而啓瓶後的國產酒漸次受醋酸菌酒精氧化觸媒催化成乙酸之過程，稱國產酒第二次發酵）。
5. 由研究過程 7 結果顯示出 5 種國產酒酒精在 6 天當中被氧化程度，隨國產酒本身 PH 值，酒精濃度、環境不同而異。

我們由下列坐標圖中可看出 6 天當中國產酒酒精實際減少量、氫離子濃度增加量與本身 PH 值、酒精濃度、環境等之間的相關性，進而瞭解酒精氧化觸媒的適應性。





經實驗結果得知，4種國產酒中的酒精氧化觸媒對溫度、光線、塩類等環境中之活動均有類同的適應性，那就是：

- (1)溫度以  $17^{\circ}\text{C}$  較適觸媒活動，但在  $0^{\circ}\text{C}$  中酒精氧化觸媒的活動仍在進行，只是活動量極小。
- (2)酒類中加入  $\text{KNO}_3$  後酒精氧化觸媒的活動，隨  $\text{KNO}_3$  增加而遞減。
- (3)在有光線的環境較適合酒精氧化觸媒之活動。

而5種國產酒中之酒精氧化觸媒對於不同PH值、酒精濃度之適應性如下：

- (1)白葡萄酒之PH值(3.72)較適於酒精氧化觸媒之活動，表示該觸媒能適應於酸性較強的酒類中。

(2)白葡萄酒之酒精濃度(10.35%)較適於酒精氧化觸媒之活動，可知該觸媒較能適應於酒精濃度10%之酒類中，但是酒精濃度高達42.81%的五加皮酒中，仍有酒精氧化觸媒之活動，只是活動量較小。

6.俗語說：「酒沒喝完，放久會變酸」這句話我們由研究結果中，可以加以肯定其真實性。不過酒類變酸的程度，隨著酒類的種類，所處環境不同而不同。

## 八、參考資料

國中生物、理化課本。A.O.A.C，物質分析法。釀造論集。  
食品化學綜合實驗。微生物工業工程書。分析化學。

## 評語

本作品利用酒精氧化現象探討生物與反應之間的關係，詳細研究反應條件與氧化觸媒之適應性，觀察入微且研究態度嚴謹，實驗記錄亦完整。

以國產酒為研究對象，所用器材簡便深具教學價值，並可培養學生正確之研究方法與態度。

## 【附件 實驗結果紀錄圖表】

表1—5種國產酒經PH儀所測得之PH值如下：

國產酒編號	匱	爻	𠂇	𠂊	𠂔
PH值	4.52	3.72	4.04	7.70	4.50

表 2-1 標準濃度酒精溶液之配製如下：

編號	錐形瓶重	瓶重 + 純酒精	瓶 + 純酒精 + 純水重	純酒精重	蒸餾水重	酒精濃度
1.	47.11 g	97.11 g	97.11 g	50.00 g	0.00 g	100 %
2.	47.11	95.86	97.11	48.75	1.25	97.5
3.	60.17	107.67	110.17	47.50	2.50	95
4.	60.17	106.42	110.17	46.25	3.75	92.5
5.	52.37	97.37	102.37	45.00	5.00	90
6.	52.37	96.12	102.37	43.75	6.25	87.5
7.	72.62	115.12	122.62	42.50	7.50	85
8.	72.62	113.87	122.62	41.25	8.75	82.5
9.	62.52	102.52	112.52	40.00	10.00	80
10.	62.52	101.27	112.52	38.75	11.25	77.5
11.	66.59	104.09	116.59	37.50	12.50	75
12.	66.59	102.84	116.59	36.25	13.75	72.5
13.	61.14	96.14	111.14	35.00	15.00	70
14.	61.14	94.89	111.14	33.75	16.25	67.5
15.	69.13	101.63	119.13	32.50	17.50	65
16.	69.13	100.38	119.13	31.25	18.75	62.5
17.	65.10	95.10	115.10	30.00	20.00	60
18.	65.10	93.85	115.10	28.75	21.25	57.5
19.	60.97	88.47	110.97	27.50	22.50	55
20.	60.97	87.22	110.97	26.25	23.75	52.5

表 2-2

21.	68.82	93.82	118.82	25.00	25.00	50
22.	68.82	92.57	118.82	23.75	26.25	47.5
23.	83.99	106.49	133.99	22.50	27.50	45
24.	83.99	105.24	133.99	21.25	28.75	42.5
25.	64.78	84.78	114.78	20.00	30.00	40
26.	64.78	83.53	114.78	18.75	31.25	37.5
27.	50.04	67.64	100.04	17.50	32.50	35
28.	50.04	66.29	100.04	16.25	33.75	32.5
29.	68.73	83.73	118.73	15.00	35.00	30
30.	68.73	82.48	118.73	13.75	36.25	27.5
31.	77.45	89.95	127.45	12.50	37.50	25
32.	77.45	88.70	127.45	11.25	38.75	22.5
33.	84.50	94.50	134.50	10.00	40.00	20
34.	84.50	93.25	134.50	8.75	41.25	17.5
35.	48.50	56.00	98.50	7.50	42.50	15
36.	48.50	54.75	98.50	6.25	43.75	12.5
37.	69.30	74.30	119.30	5.00	45.00	10
38.	69.30	73.05	119.30	3.75	46.25	7.5
39.	68.31	70.81	118.31	2.50	47.50	5
40.	68.31	69.56	118.31	1.25	48.75	2.5
41.	68.31	68.31	118.31	0.00	50.00	0

表 3-1 標準濃度酒精溶液密度測定結果如下：

編號	酒 精 濃 度	定 量 瓶 重	瓶 + 酒精水溶液重	酒 精 溶 液 重	酒 精 溶 液 體 積	溶 液 密 度
1.	100 %	33.87 g	75.07 g	41.20 g	50 ml	0.8240 g/ml
2.	97.5	33.87	75.39	41.52	"	0.8304
3.	95	25.57	67.27	41.70	"	0.8340
4.	92.5	25.57	67.65	42.08	"	0.8416
5.	90	29.42	71.91	42.49	"	0.8498
6.	87.5	29.42	72.26	42.84	"	0.8568
7.	85	27.95	70.83	42.88	"	0.8576
8.	82.5	27.95	71.43	43.48	"	0.8696
9.	80	28.98	72.59	43.61	"	0.8722
10.	77.5	28.98	72.94	43.96	"	0.8792
11.	75	27.49	71.66	44.17	"	0.8834
12.	72.5	27.49	72.02	44.53	"	0.8906
13.	70	30.39	75.02	44.63	"	0.8926
14.	67.5	30.39	75.36	44.97	"	0.8994
15.	65	23.37	68.53	45.16	"	0.9032
16.	62.5	23.37	68.86	45.49	"	0.9098
17.	60	33.87	79.52	45.65	"	0.9130
18.	57.5	33.87	79.86	45.99	"	0.9198
19.	55	25.57	71.66	46.09	"	0.9218
20.	52.5	25.57	71.92	46.35	"	0.9270

表 3-2

— 1204 —

21.	50	29.42	76.27	46.85	50	0.9370
22.	47.5	29.42	76.31	46.89	"	0.9378
23.	45	27.95	75.32	47.37	"	0.9474
24.	42.5	27.95	75.56	47.61	"	0.9522
25.	40	28.98	76.71	47.73	"	0.9546
26.	37.5	28.98	76.99	48.01	"	0.9602
27.	35	27.49	75.64	48.15	"	0.9630
28.	32.5	27.49	75.85	48.36	"	0.9672
29.	30	30.39	78.86	48.47	"	0.9674
30.	27.5	30.39	79.02	48.63	"	0.9726
31.	25	23.37	72.20	48.83	"	0.9766
32.	22.5	23.37	72.37	49.00	"	0.9800
33.	20	33.87	82.92	49.05	"	0.9810
34.	17.5	33.87	83.11	49.24	"	0.9848
35.	15	25.57	74.82	49.25	"	0.9850
36.	12.5	25.57	75.02	49.45	"	0.9890
37.	10	29.42	79.26	49.84	"	0.9968
38.	7.5	29.42	79.43	50.01	"	1.0002
39.	5	27.95	78.28	50.33	"	1.0066
40.	2.5	27.95	78.43	50.48	"	1.0096
41.	0	28.98	79.67	50.69	"	1.0138

標準濃度酒精溶液濃度、密度相關坐標曲線圖

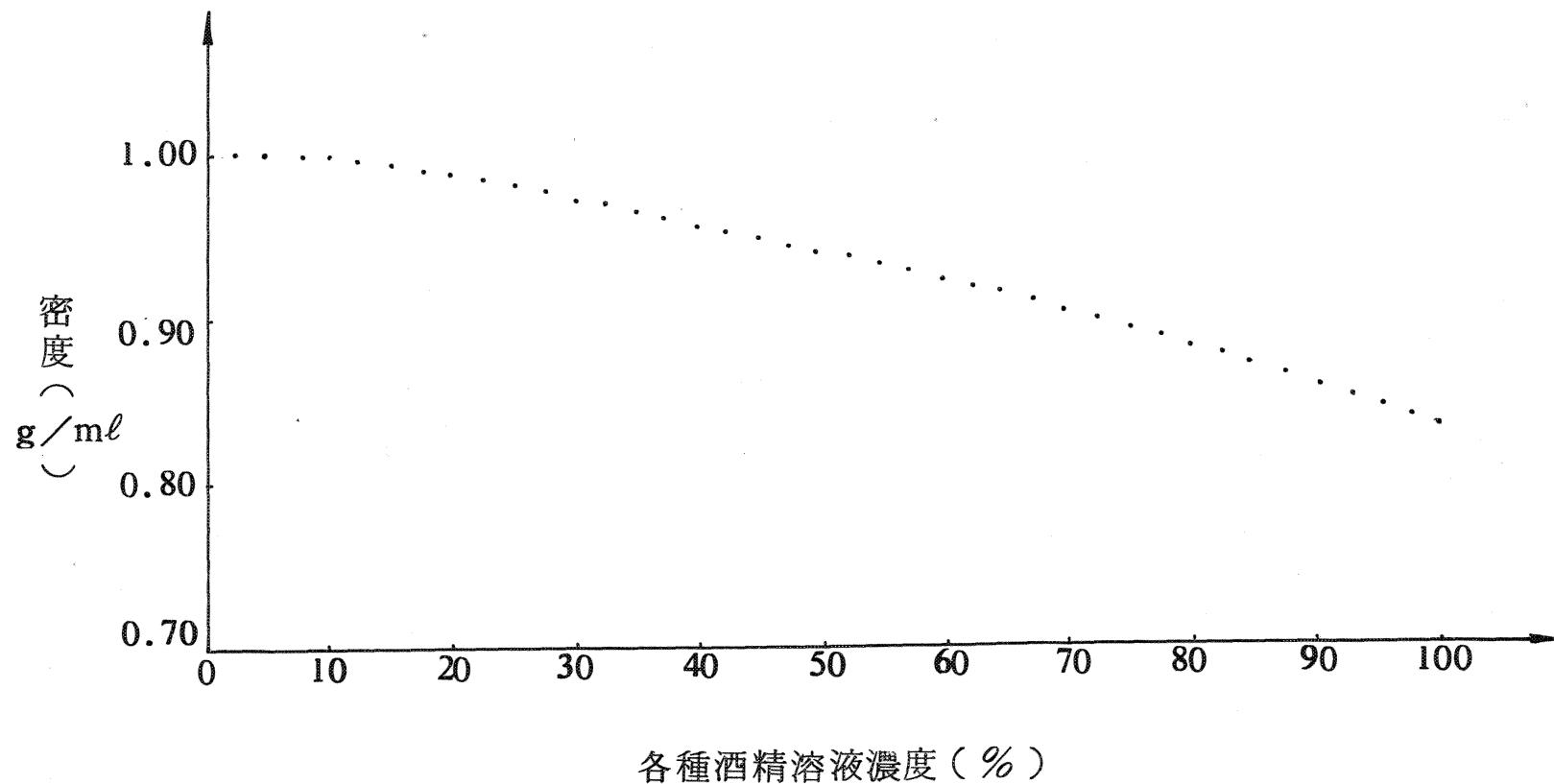


表 4 5 種國產酒經測定之酒精濃度如下：

國產酒 編 號	錐形瓶重	酒 + 錐形瓶重	蒸餾液稀釋液 + 瓶 重	50 ml 蒸餾稀釋 液 + 定量瓶重	50 ml 稀 釋 液 重	稀 釋 液 密 度	稀 釋 液 酒 醇 濃 度
匱	47.19 g	107.19 g	102.19 g	84.09 g	50.16 g	1.0032g/ml	6.33 %
爻	47.19	107.19	107.19	75.33	49.63	0.9926	10.35
匚	44.51	104.51	104.51	79.01	49.54	0.9908	11.92
匱	47.19	107.19	107.19	77.24	49.25	0.9850	16.00
匱	44.51	104.51	104.51	76.58	47.58	0.9516	42.81

〔註〕：將各國產酒蒸餾稀釋液與標準濃度酒精溶液對照可求得各蒸餾稀釋液之酒精濃度，其酒精濃度即為各國產酒之酒精濃度。

表 5 5 種國產酒酒精濃度相同自配酒精溶液配製結果如下：

國產酒 編 號	公賣局標定 酒 精 濃 度	自配與國產酒相同 濃度酒精溶液編號	酒 精 重	水 重	酒 精 溶 液 酒 精 濃 度
ㄅ	3.05 %	ㄅ'	1.83 g	58.17 g	3.05 %
ㄉ	10.50	ㄉ'	6.30	53.70	10.50
ㄇ	16.00	ㄇ'	9.60	50.40	16.00
ㄵ	22.00	ㄵ'	13.20	46.80	22.00
ㄮ	46.00	ㄮ'	27.60	32.40	46.00

〔註〕：與 5 種國產酒酒精濃度相同自配酒精水溶液配製時，酒精濃度配成和公賣局標定者相同，而此 5 種參考液經測定其密度與 5 種國產酒實際測定密度相同如表 4 所記。

表 6 5 種國產酒、5 種參考液在不同環境中經 6 天前後所測得溶液密度，結果如下：

環境	國產酒或國產酒參考液編號	原密度 (g/ml)	錐形瓶重 (g)	瓶 + 60 g 原液重 (g)	50 ml 定量瓶重 (g)	瓶 + 蒸餾稀釋液重 (g)	50 ml 蒸餾稀釋液重 (g)	6 天後國產酒或國產酒參考液密度 (g/ml)
17 °C	匱	1.0032	32.37	92.37	27.78	78.21	50.43	1.0086
	匱'	1.0032	20.30	80.30	34.11	84.44	50.33	1.0066
	爻	0.9926	32.79	92.79	28.21	78.32	50.11	1.0022
	爻'	0.9926	33.25	93.25	25.77	75.54	49.77	0.9954
	匚	0.9908	30.25	90.25	25.77	75.57	49.86	0.9972
	匚'	0.9908	30.34	90.34	29.19	78.94	49.75	0.9950
	匱	0.9850	28.32	88.32	34.17	83.55	49.38	0.9876
	匱'	0.9850	30.49	90.49	30.64	79.94	49.30	0.9860
	匱	0.9516	25.53	85.53	29.20	77.06	47.86	0.9572
	匱'	0.9516	39.07	99.07	29.64	77.32	47.68	0.9536

表 6-1

8 °C	匚	1.0032	32.65	92.65	27.66	78.07	50.41	1.0082
	匚'	1.0032	27.61	87.61	23.56	73.87	50.31	1.0062
	爻	0.9926	27.10	87.10	25.78	75.79	50.01	1.0002
	爻'	0.9926	31.03	91.03	29.64	79.44	49.80	0.9960
	匚	0.9908	32.98	92.98	29.64	79.48	49.84	0.9968
	匚'	0.9908	39.70	99.70	28.14	77.89	49.75	0.9950
	匱	0.9550	29.35	89.35	28.70	78.07	49.37	0.9874
	匱'	0.9850	26.47	86.47	23.54	72.84	49.30	0.9860
	匱	0.9516	33.26	93.26	24.11	71.82	47.71	0.9542
	匱'	0.9516	28.83	88.83	30.61	78.22	47.61	0.9522
0 °C	匚	1.0032	26.72	86.72	27.76	78.09	50.33	1.0066
	匚'	1.0032	27.83	87.83	34.11	84.36	50.25	1.0050
	爻	0.9926	35.89	95.89	29.70	79.67	49.97	0.9994
	爻'	0.9926	32.67	92.67	25.77	75.74	49.84	0.9968
	匚	0.9908	29.71	89.71	28.21	77.83	49.62	0.9924
	匚'	0.9908	33.86	93.86	29.19	78.77	49.58	0.9915
	匱	0.9850	30.40	90.40	30.12	79.43	49.31	0.9862
	匱'	0.9850	27.80	87.80	34.17	83.46	49.29	0.9857
	匱	0.9516	25.97	87.97	26.26	73.96	47.70	0.9540
	匱'	0.9516	28.47	88.47	30.64	78.25	47.61	0.9522

表 6-2

— 210 —

遮光	匚	1.0032	30.43	90.43	34.30	84.55	50.25	1.0050
	匚'	1.0032	25.94	85.94	30.80	80.94	50.14	1.0028
	爻	0.9926	27.14	87.14	29.35	79.41	50.06	1.0012
	爻'	0.9926	22.73	82.73	25.97	75.81	49.84	0.9968
	匚	0.9908	29.35	89.35	30.63	80.27	49.64	0.9928
	匚'	0.9908	32.16	92.16	23.77	73.35	49.58	0.9916
	匱	0.9850	22.52	82.52	25.77	75.22	49.45	0.9890
	匱'	0.9850	34.94	94.94	28.35	77.71	49.36	0.9872
	匚	0.9516	46.70	106.70	34.12	82.01	47.89	0.9578
	匚'	0.9516	30.14	90.14	27.91	75.69	47.78	0.9556
陰暗	匚	1.0032	33.19	93.19	29.15	79.53	50.38	1.0076
	匚'	1.0032	23.19	83.19	29.85	80.18	50.33	1.0066
	爻	0.9926	29.21	89.21	25.68	75.73	50.01	1.0002
	爻'	0.9926	27.69	87.69	27.57	77.55	49.98	0.9996
	匚	0.9908	27.82	87.82	30.49	80.15	49.66	0.9932
	匚'	0.9908	38.65	98.65	29.51	79.13	49.62	0.9924
	匱	0.9850	25.96	85.96	29.06	78.52	49.46	0.9892
	匱'	0.9850	30.11	90.11	28.04	77.45	49.41	0.9882
	匚	0.9516	26.59	86.59	33.99	82.00	48.01	0.9602
	匚'	0.9516	27.23	87.23	23.45	71.22	47.71	0.9554

表 6-3

— 21 —

加 0.1 g 硝 酸 鉀	匱	1.0032	27.21	87.21	23.40	73.95	50.55	1.0110
	匱'	1.0032	26.50	86.50	29.78	80.27	50.49	1.0098
	文	0.9926	31.14	91.14	28.00	78.01	50.01	1.0002
	文'	0.9926	37.76	97.76	27.81	77.76	49.95	0.9990
	匚	0.9908	27.83	87.83	34.11	83.95	49.84	0.9968
	匚'	0.9908	35.08	95.08	30.82	80.34	49.52	0.9914
	匚	0.9850	27.41	87.41	30.49	79.94	49.45	0.9890
	匚'	0.9850	32.38	92.38	25.96	75.33	49.37	0.9874
	匱	0.9516	32.77	92.77	28.57	76.43	47.86	0.9572
	匱'	0.9516	28.16	88.16	24.14	71.84	47.70	0.9540
加 0.2 g 硝 酸 鉀	匱	1.0032	29.54	89.54	27.68	78.23	50.55	1.0110
	匱'	1.0032	29.01	89.01	28.72	79.22	50.50	1.0100
	文	0.9926	38.20	98.20	30.25	76.09	45.84	0.9968
	文'	0.9926	35.80	95.80	29.09	78.90	49.81	0.9962
	匚	0.9908	25.57	85.57	25.61	75.17	49.56	0.9912
	匚'	0.9908	32.93	92.93	33.52	83.07	49.55	0.9910
	匚	0.9850	29.09	89.09	29.02	78.57	49.55	0.9910
	匚'	0.9850	29.08	89.08	23.05	72.50	49.45	0.9890
	匱	0.9516	31.16	91.16	28.55	76.35	47.80	0.9560
	匱'	0.9516	25.81	85.81	27.05	74.78	47.73	0.9546

表 7 五種國產酒經 6 天後 PH 值變化量、酒精實際減少量計算結果如下：

環境 境	編 號	原 P H 值	6 天後 P H 值	P H 值 變化量	原試樣 溶液密度 (g/ml)	原試樣溶液 酒精濃度 (%)	6 天後試樣 溶液密度 (g/ml)	6 天後試樣 溶液酒精密度 (%)	6 天後酒精 實際減少量 (%)
17. °C	匚	4.52	4.38	0.14	1.0032	6.33	1.0086	3.33	1.67
	匚'				1.0032	6.33	1.0066	5.00	
	爻	3.72	3.42	0.30	0.9926	10.35	0.0022	6.72	3.73
	爻'				0.9926	10.35	0.9954	10.45	
	匚	4.04	3.80	0.24	0.9908	11.92	0.9972	9.71	0.87
	匚'				0.9908	11.92	0.9950	10.58	
	匚	7.70	7.97	0.27	0.9850	15.00	0.9876	13.38	1.00
	匚'				0.9850	15.00	0.9860	14.38	
	匱	4.50	4.32	0.18	0.9516	42.81	0.9572	38.84	0.83
	匱'				0.9516	42.81	0.9757	39.87	

表 7-1

8 °C	匚	4.52	4.42	0.10	1.0032	6.33	1.0082	3.70	1.46
	匚'				1.0032	6.33	1.0062	5.16	
	文	3.72	3.43	0.29	0.9926	10.35	1.0002	7.50	2.76
	文'				0.9926	10.35	0.9960	10.26	
	匚	4.04	3.85	0.19	0.9908	11.92	0.9968	10.00	0.58
	匚'				0.9908	11.92	0.9950	10.58	
	匚	7.70	8.02	-0.32	0.9850	15.00	0.9874	13.50	0.90
	匚'				0.9850	15.00	0.9860	14.40	
	匱	4.50	4.40	0.10	0.9516	42.81	0.9542	40.42	0.21
	匱'				0.9516	42.81	0.9540	40.63	
0 °C	匚	4.52	4.45	0.07	1.0032	6.33	1.0066	5.00	0.63
	匚'				1.0032	6.33	1.0050	5.63	
	文	3.72	3.47	0.25	0.9926	10.35	0.9994	8.09	1.91
	文'				0.9926	10.35	0.9968	10.00	
	匚	4.04	3.95	0.09	0.9908	11.92	0.9924	11.41	0.29
	匚'				0.9908	11.92	0.9915	11.70	
	匚	7.70	7.73	-0.03	0.9850	15.00	0.9862	14.25	0.31
	匚'				0.9850	15.00	0.9857	14.56	
	匱	4.50	4.47	0.08	0.9516	42.81	0.9540	40.62	0.21
	匱'				0.9516	42.81	0.9538	40.83	

表 7-2

遮光	匚	4.52	4.40	0.12	1.0032	6.33	1.0050	. 5.62	0.86
	匚'				1.0032	6.33	1.0028	6.48	
	乚	3.72	3.47	0.25	0.9926	10.35	1.0012	7.11	2.89
	乚'				0.9926	10.35	0.9968	10.00	
	匚	4.04	3.88	0.16	0.9908	11.92	0.9928	11.28	0.39
	匚'				0.9908	11.92	0.9916	11.67	
	匚	7.70	7.77	-0.07	0.9850	15.00	0.9890	12.50	1.12
	匚'				0.9850	15.00	0.9872	13.62	
	匚	4.50	4.34	0.16	0.9516	42.81	0.9578	38.57	0.98
	匚'				0.9516	42.81	0.9556	39.55	
陰暗	匚	4.52	4.44	0.08	1.0032	6.33	1.0076	4.17	0.83
	匚'				1.0032	6.33	1.0066	5.00	
	乚	3.72	3.50	0.22	0.9926	10.35	1.0002	7.50	0.40
	乚'				0.9926	10.35	0.9996	7.94	
	匚	4.04	3.92	0.12	0.9908	11.92	0.9932	11.15	0.26
	匚'				0.9908	11.92	0.9924	11.41	
	匚	7.70	7.80	-0.10	0.9850	15.00	0.9892	12.48	0.52
	匚'				0.9850	15.00	0.9882	13.00	
	匚	4.50	4.40	0.10	0.9516	42.81	0.9602	37.50	0.36
	匚'				0.9516	42.81	0.9594	37.86	

表 7-3

加 0.1 g 硝 酸 鉀	匁	4.52	4.41	0.11	1.0032	6.33	1.0110	1.67	0.81
	匁'				0.0032	6.33	1.0098	2.48	
	匱	3.72	3.45	0.27	0.9926	10.35	1.0002	7.50	0.88
	匱'				0.9926	10.35	0.9990	8.38	
	匚	4.04	3.88	0.16	0.9908	11.92	0.9968	10.00	1.73
	匚'				0.9908	11.92	0.9914	11.73	
	匱	7.70	8.00	-0.30	0.9850	15.00	0.9890	12.50	1.00
	匱'				0.9850	15.00	0.9874	13.50	
	匱	4.50	4.38	0.12	0.9516	42.81	0.9572	38.84	0.56
	匱'				0.9516	42.81	0.9558	39.40	
加 0.2 g 硝 酸 鉀	匁	4.52	4.42	0.10	1.0032	6.33	1.0110	1.67	0.59
	匁'				1.0032	6.33	1.0100	2.26	
	匱	3.72	3.50	0.22	0.9926	10.35	0.9968	10.00	0.20
	匱'				0.9926	10.35	0.9962	10.20	
	匚	4.04	3.92	0.12	0.9908	11.92	0.9912	11.79	0.07
	匚'				0.9908	11.92	0.9910	11.86	
	匱	7.70	7.78	-0.08	0.9850	15.00	0.9910	11.86	0.64
	匱'				0.9850	15.00	0.9890	12.50	
	匱	4.50	4.40	0.10	0.9516	42.81	0.9560	39.46	0.54
	匱'				0.9516	42.81	0.9546	40.00	

表 8 五種國產酒在不同環境經 6 天前後 PH 值之紀錄結果如下：

PH 值	17. °C		8 °C		0 °C		一般光線		遮 光		陰 暗		不 加 $\text{KNO}_3$		加 0.1 g $\text{KNO}_3$		加 0.2 g $\text{KNO}_3$		
	原	6 天 後	原	6 天 後	原	6 天 後	原	6 天 後	原	6 天 後	原	6 天 後	原	6 天 後	原	6 天 後	原	6 天 後	
酒 編 號	勾	4.52	4.38	4.52	4.42	4.52	4.45	4.52	4.38	4.52	4.40	4.52	4.44	4.52	4.38	4.02	4.41	4.52	4.42
一 216 一	爻	3.72	3.42	3.72	3.43	3.72	3.47	3.72	3.42	3.72	3.47	3.72	3.50	3.72	3.42	3.72	3.45	3.72	3.50
	匚	4.04	3.80	4.04	3.85	4.04	3.95	4.04	3.80	4.04	3.88	4.04	3.92	4.04	3.80	4.04	3.88	4.04	3.92
	匚	7.70	7.97	7.70	8.02	7.70	7.73	7.70	7.79	7.70	7.77	7.70	7.80	7.70	7.97	7.70	8.00	7.70	7.78
	ㄅ	4.50	4.32	4.50	4.40	4.50	4.42	4.50	4.32	4.50	4.34	4.50	4.40	4.50	4.32	4.50	4.38	4.50	4.40

五種酒類在各種環境中經 6 天，所計算出  $H^+$  濃度增加量、酒精實際減少量數據如下：

表 9 溫度

編 號	17. °C				8 °C				0 °C			
	P H 值變 化量	$H^+$ 濃 度 增 加 量 ( M )	酒 精 實 際 減 少 量	% mole	P H 值變 化量	$H^+$ 濃 度 增 加 量 ( M )	酒 精 實 際 減 少 量	% mole	P H 值變 化量	$H^+$ 濃 度 增 加 量 ( M )	酒 精 實 際 減 少 量	% mole
匱	0.14	$11.5 \times 10^{-6}$	1.67	0.022	0.10	$7.9 \times 10^{-6}$	1.46	0.019	0.07	$5.3 \times 10^{-6}$	0.63	0.008
爻	0.30	$189.7 \times 10^{-6}$	3.73	0.049	0.29	$181.1 \times 10^{-6}$	2.76	0.036	0.25	$148.3 \times 10^{-6}$	1.91	0.025
口	0.24	$58.4 \times 10^{-6}$	0.87	0.011	0.19	$41.2 \times 10^{-6}$	0.58	0.008	0.09	$12.2 \times 10^{-6}$	0.29	0.004
匚	-0.27	—	1.00	0.013	-0.32	—	0.90	0.012	-0.03	—	0.31	0.004
匱	0.18	$16.2 \times 10^{-6}$	0.83	0.011	0.10	$8.2 \times 10^{-6}$	0.21	0.003	0.08	$6.4 \times 10^{-6}$	0.21	0.003

註：溫度 17°C 是 6 天當中每天溫度記錄的平均溫度。米酒在 6 天後的 PH 值比原 PH 值為大，故 PH 值變化量以負值示之。

表 10 光 線

編 號	17. °C				8 °C				0 °C			
	P H 值變 化量	H <sup>+</sup> 濃 度 增 加 量 ( M )	酒 精 實 際 減 少 量		P H 值變 化量	H <sup>+</sup> 濃 度 增 加 量 ( M )	酒 精 實 際 減 少 量		P H 值變 化量	H <sup>+</sup> 濃 度 增 加 量 ( M )	酒 精 實 際 減 少 量	
			%	mole			%	mole			%	mole
匱	0.14	$11.5 \times 10^{-6}$	1.67	0.022	0.12	$9.7 \times 10^{-6}$	0.86	0.011	0.08	$6.2 \times 10^{-6}$	0.83	0.011
爻	0.30	$189.7 \times 10^{-6}$	3.73	0.049	0.25	$148.3 \times 10^{-6}$	2.89	0.038	0.22	$125.7 \times 10^{-6}$	0.40	0.005
匚	0.24	$58.4 \times 10^{-6}$	0.87	0.011	0.16	$31.8 \times 10^{-6}$	0.39	0.005	0.12	$20.1 \times 10^{-6}$	0.26	0.003
匱	-0.27	—	1.00	0.013	-0.07	—	1.12	0.015	-0.10	—	0.52	0.007
匱	0.18	$16.2 \times 10^{-6}$	0.83	0.010	0.16	$14.1 \times 10^{-6}$	0.98	0.013	0.10	$8.2 \times 10^{-6}$	0.36	0.005

表 11 加鹽類 ( $\text{KNO}_3$ )

編號	不加 $\text{KNO}_3$				加 0.1 g $\text{KNO}_3$				加 0.2 g $\text{KNO}_3$			
	P H 值變化量	H <sup>+</sup> 濃度增量 (M)	酒精實際減少量 (%) mole	P H 值變化量	H <sup>+</sup> 濃度增量 (M)	酒精實際減少量 (%) mole	P H 值變化量	H <sup>+</sup> 濃度增量 (M)	酒精實際減少量 (%) mole			
匱	0.14	$11.5 \times 10^{-6}$	1.67 0.022	0.11	$8.8 \times 10^{-6}$	0.81 0.011	0.10	$7.9 \times 10^{-6}$	0.59 0.008			
爻	0.30	$189.7 \times 10^{-6}$	3.73 0.049	0.27	$165.1 \times 10^{-6}$	0.88 0.012	0.22	$125.7 \times 10^{-6}$	0.20 0.003			
口	0.24	$58.4 \times 10^{-6}$	0.87 0.011	0.16	$31.8 \times 10^{-6}$	1.73 0.023	0.12	$20.1 \times 10^{-6}$	0.07 0.009			
匚	-0.27	—	1.00 0.013	-0.30	—	1.00 0.013	-0.08	—	0.64 0.008			
匱	0.18	$16.2 \times 10^{-6}$	0.83 0.010	0.12	$10.0 \times 10^{-6}$	0.56 0.007	0.10	$8.2 \times 10^{-6}$	0.54 0.007			

表 12 PH 值

編號	6 天後 PH 值變化量	6 天後 $H^+$ 濃度增加量	酒 精 � 實 際 減 少 量	
匱 (PH=4.52)	0.14	$11.5 \times 10^{-6}$ M	1.67 %	0.022 mole
爻 (PH=3.72)	0.30	$189.7 \times 10^{-6}$ M	3.73	0.049
口 (PH=4.04)	0.24	$58.4 \times 10^{-6}$ M	0.87	0.011
匚 (PH=7.70)	-0.27	—	1.00	0.013
匱 (PH=4.50)	0.18	$16.2 \times 10^{-6}$ M	0.83	0.010

表 13 酒精濃度

編號	6 天後 PH 值變化量	6 天後 $H^+$ 濃度增加量	酒 精 � 實 隸 減 少 量	
匱 (6.33 %)	0.14	$11.5 \times 10^{-6}$ M	1.67 %	0.022 mole
爻 (10.35 %)	0.30	$189.7 \times 10^{-6}$ M	3.73	0.049
口 (11.92 %)	0.24	$58.4 \times 10^{-6}$ M	0.87	0.011
匚 (15.00 %)	-0.27	—	1.00	0.013
匱 (42.81 %)	0.18	$16.2 \times 10^{-6}$ M	0.83	0.010

註]：①酒精實際減少量 (mole 數) = 酒精實際減少% × 60 g ÷ 46 g/mole ( $\because C_2H_5OH = 46g/mole$ )

例如：在 17°C 時啤酒酒精實際減少量 (mole)

$$= 1.67 \% \times 60 g \div 46 g / mole = 0.022 mole \text{ (請參照附表 7 所記)}$$

②  $H^+$  濃度增加量 (M) = 分別算出前後酒類氫離子濃度 (查對數表) 後相減可得。

例如：在 17°C 時啤酒前後 PH 值分別為 4.52，4.38，而氫離子濃度分別為  $1 \times 10^{-4.52} M$ ,  $1 \times 10^{-4.38} M$

$$H^+ \text{ 濃度增加量} = 10^{-4.38} - 10^{-4.52} = \frac{1}{10^{4.38}} - \frac{1}{10^{4.52}} = \frac{1}{23.970} - \frac{1}{33.115} = 0.000115 M$$