

第五屆原住民華碩科教獎

研究成果報告

團隊編號：2013030

主辦單位：華碩文教基金會

國立清華大學

行政院原住民族委員會

原住民族電視台

第五屆 清華與華碩網路原住民科展 「飛鼠部落」

國中學生組一部落植物的文化與科學

天生好咖 啡嚕不可



團隊名稱：茂林國中 2

團隊成員：戴嘉妤、羅馨、孫茹雯、簡雅鳳

指導老師：鍾志華、張雅玲、曾家暉

摘要

本研究以電子天平、pH 儀、電導度計、瓦斯爐等儀器，研究各種咖啡浸泡在不同溫度（25°C、50°C、100°C）的蒸餾水中，加入不同量（2g、5g、10g）所組成的反應系統的各项化學性質。

我們得知以下結果：各種咖啡皆呈現酸性，pH 值大小依序為 義大利 > 曼特寧 > 巴西 > 摩卡 > 藍山 > 多納；pH 值會隨著沖泡溫度與靜置時間而下降，所以，沖泡好的咖啡放愈久，會變愈酸。以抗氧化的功效而言，依序為 巴西 > 摩卡 > 曼特寧 > 義大利 > 藍山 > 多納；對照不加入任何咖啡的純水，鐵金屬氧化程度遠比加入咖啡的實驗組大，所以，咖啡對抗氧化是很有功效，不過加入的咖啡質量越多，其抗氧化的效果卻只會微幅增加。

各類咖啡吸水的效果為 曼特寧 > 多納 > 義大利 > 巴西 > 藍山 > 摩卡；電導度由大而小分別為 巴西 > 曼特寧 > 藍山 > 義大利 > 摩卡 > 多納。

其實我們多納在日治時代已經有種植咖啡，只是沒有烘焙生產技術，不過，現在多納咖啡已經能自產自銷。我們多納咖啡園在中、高海拔、採有機種植，特點是帶有淡淡蜜香，而且此次實驗證明我們咖啡酸度比較低，多納咖啡渣用來吸溼的效果也很不錯。

壹、研究動機

「喝咖啡」是現代人的一種生活習慣了！這幾年，我們多納部落也開始種植和烘培咖啡，咖啡成為我們部落的產業之一。這種現象使我們興起研究咖啡的念頭。

不過，對於喝咖啡是否有益人體健康呢？老師說，¹咖啡富含抗氧化物質，而抗氧化物可以延長老化、對預防癌症也有一些效果，所以，我們要比較多納咖啡和各類咖啡的抗氧化差異。除了喝咖啡外，許多咖啡店也提供咖啡渣來吸溼防潮，不知道，我們多納咖啡在吸溼防潮的效果是如何呢？！

另外，我們也想藉由這個研究，深入了解我們多納部落的咖啡產業，並且介紹給大家認識！

¹ 誰說咖啡有害健康？專家告訴你 65 則經過科學驗證的飲食真相，2012，羅伯特·戴維斯著，台北商周出版社 p.176

貳、研究目的

- 一、研究不同種類的咖啡（巴西、多納、義大利、摩卡、曼特寧、藍山）的 pH 值、電導度及抗氧化效果的差異
- 二、使用不同溫度的水（25 °C、50 °C、100 °C）浸泡咖啡，其 pH 值、電導度及抗氧化效果的差異
- 三、研究不同質量的咖啡（2g、5g、10g）之 pH 值及抗氧化效果的差異
- 四、研究不同種類的咖啡渣（巴西、多納、義大利、摩卡、曼特寧、藍山）吸收水分的乾燥功能
- 五、了解多納咖啡的產業發展

參、研究設備

編號	研究器材	製造廠商	型號
1	電子天平	AND	GF-400
2	pH 儀	VAST	CD821
3	電導度計		
3	瓦斯爐		
4	烤箱	大同	TOT-2310
5	燒杯	永原儀器	
6	鐵金屬片	永原儀器	3cm×5cm
7	多納咖啡	一山沐咖啡店	
	巴西咖啡	尚品咖啡食品公司	
	義大利咖啡		
	摩卡咖啡		
	曼特寧咖啡		
	藍山咖啡		



◀ 一山沐咖啡店（住在多納村落的入口處），是一間由石板屋搭建出的特色咖啡店，展現出我們魯凱下三社的石板文化；由於石板建築的關係，夏天在店裡十分的涼爽喔！

肆、研究方法

一、不種類的咖啡在水中溶液 pH 值、電導度及抗氧化的效果的差異

1. 取各種咖啡（巴西、多納、義大利、摩卡、曼特寧、藍山）不同量（2g、5g、10g），放入裝有 100ml 蒸餾水的燒杯中
2. 每隔 2 分鐘測量其 pH 值、電導度變化並紀錄之，直至 28 分鐘為止
3. 量測相同規格的鐵金屬片之質量後，將之置入燒杯的咖啡溶液中，每隔 24 小時，把鐵片取出，量測其質量並紀錄之，直至 336 小時為止。

二、浸泡溫度對於咖啡在水中溶液 pH 值、電導度及抗氧化效果的差異

1. 取不同溫度的 100ml 蒸餾水（25°C、50°C、100°C）放入燒杯中。
2. 取各種咖啡（巴西、多納、義大利、摩卡、曼特寧、藍山）不同量（2g、5g、10g），放入裝有 100ml 蒸餾水的燒杯中。
3. 每隔 2 分鐘測量其 pH 值、電導度變化並紀錄之，直至 28 分鐘為止。
4. 量測相同規格的鐵金屬片之質量後，將之置入燒杯的咖啡溶液中。
5. 每隔 24 小時，把鐵片取出，量測其質量並紀錄之，直至 336 小時為止。

三、各種咖啡的吸水功能

1. 取 100 100ml 蒸餾水放入燒杯中。
2. 取各種咖啡（巴西、多納、義大利、摩卡、曼特寧、藍山）10g，放入裝有 100ml 蒸餾水的燒杯中。
3. 浸泡 28 分鐘後將咖啡渣取起，將其放入烤箱烘乾一小時。
4. 將烘乾後的咖啡渣置於電子天平中，測量其質量。
5. 將咖啡渣置於空氣中，每隔 24 小時量測其質量並紀錄之，直至 336 小時為止。

四、訪問多納部落的咖啡產業業者，了解多納咖啡的發展與特色



▲未熟成的咖啡果實



▲成熟後，咖啡果實呈紅色；照片是成熟果實切開後

伍、咖啡背景介紹

咖啡屬茜草科咖啡屬，常綠灌木，葉面有革質的光澤。高 5-8 米，葉對生，呈卵狀披針形，中肋與第一側脈交叉處具凸線。花序為聚傘花序簇生於葉腋，花冠白色。漿果成熟時紅色，橢圓形。種子烘焙後具有獨特香氣，可沖泡飲食，也可緩和神經緊張。

一般區分咖啡豆的方式是依產地和風味。產地分為三大原種：阿拉比卡（大部份的咖啡）、羅布斯塔，以及利比亞。依咖啡的酸味和苦味則分為巴西、摩卡、藍山、曼特寧，和義大利風味咖啡等。本次實驗使用的各種風味的咖啡豆，除了多納自產的咖啡外，均購置於尚品咖啡食品公司，而且本實驗的咖啡豆均為阿拉比卡種。以下先各別介紹我們所使用的咖啡豆²：

- （一）曼特寧咖啡：產自印尼。
- （二）巴西咖啡：巴西是全球最大咖啡出口國，由於熱帶和副熱帶的氣候，栽種出這款價格平易的咖啡。
- （三）藍山風味：純正的藍山稀少且價格高，一般都是用混調各類阿拉比卡咖啡，以調出類似藍山咖啡的風味
- （四）摩卡咖啡：產自葉門，由摩卡港山口，所以統稱摩卡咖啡。
- （五）義大利風味阿拉比卡調合咖啡：調合阿拉比卡咖啡和非洲咖啡。
- （六）多納咖啡：來自茂林多納里一沐咖啡店自產的咖啡，為了區分其他咖啡風味，本實驗以「多納咖啡」來稱呼。



▲多納郵務共植的咖啡



▲去年九月剛收成的咖啡果實～很漂亮吧！

² 各風味咖啡豆的資料，均取自尚品咖啡食品公司的網頁介紹 <http://www.sanpin.com.tw/>

六、研究結果

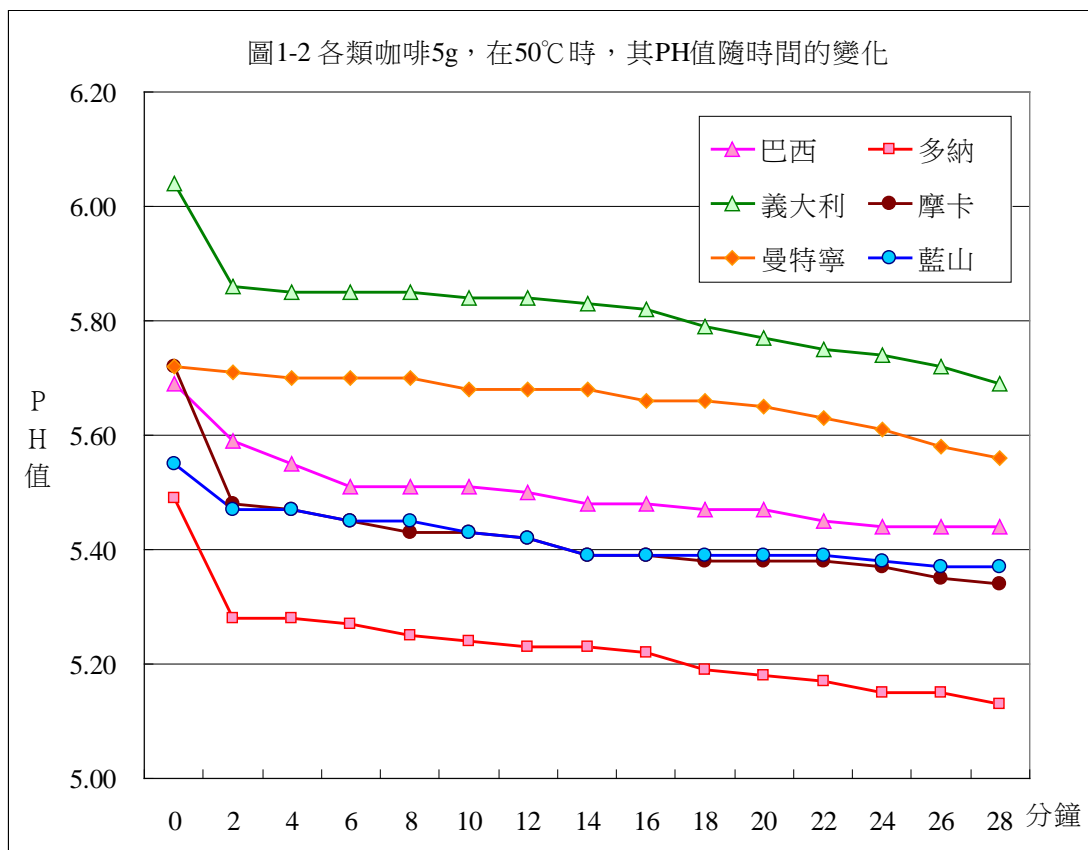
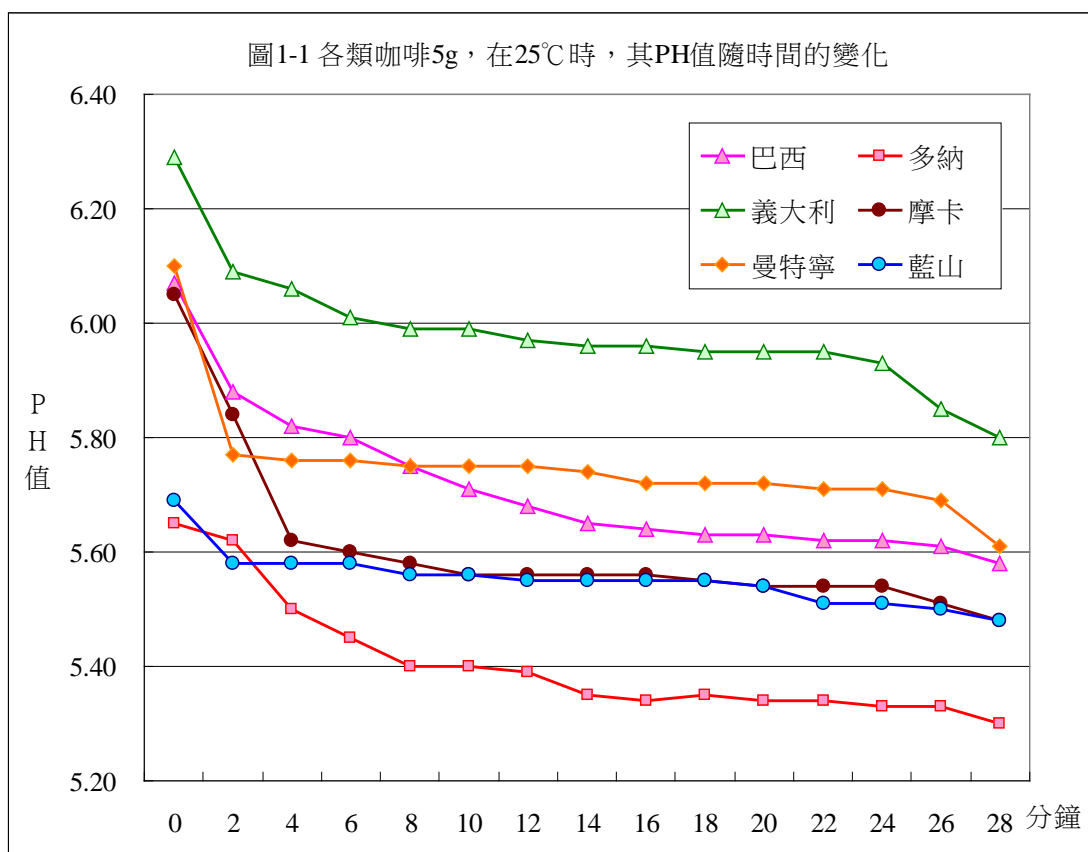


圖1-3 各類咖啡5g，在100°C時，其PH值隨時間的變化

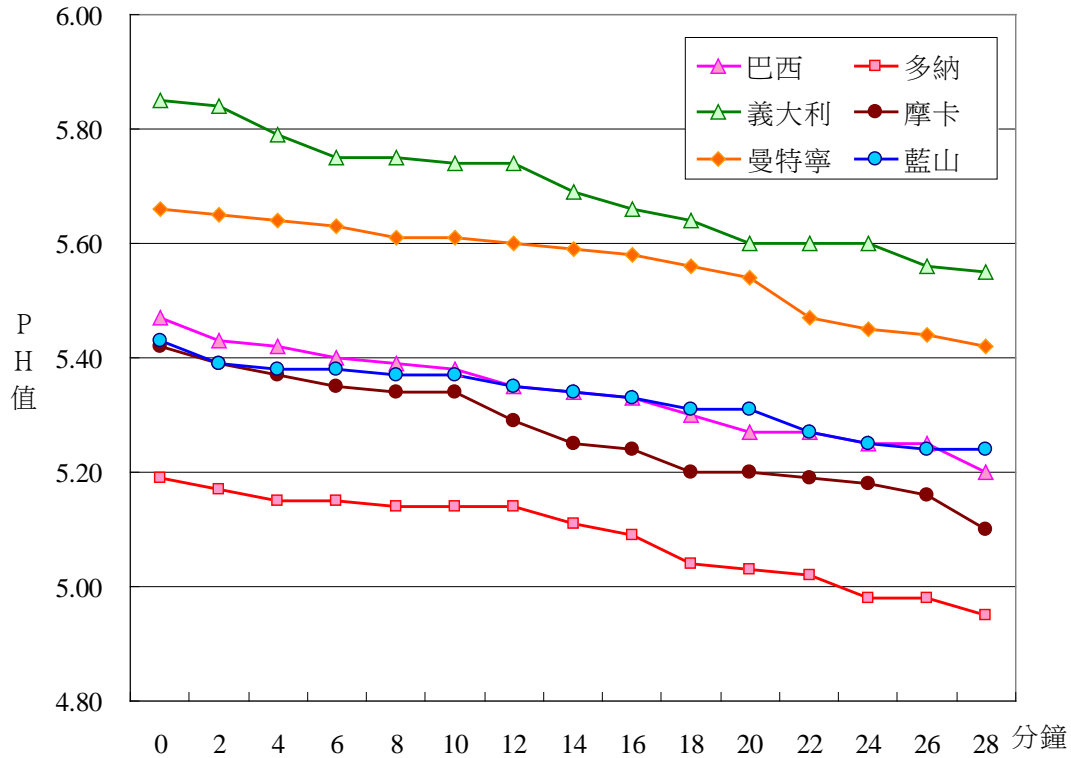


圖1-4 巴西咖啡5g，在不同溫度時，其PH值隨時間的變化

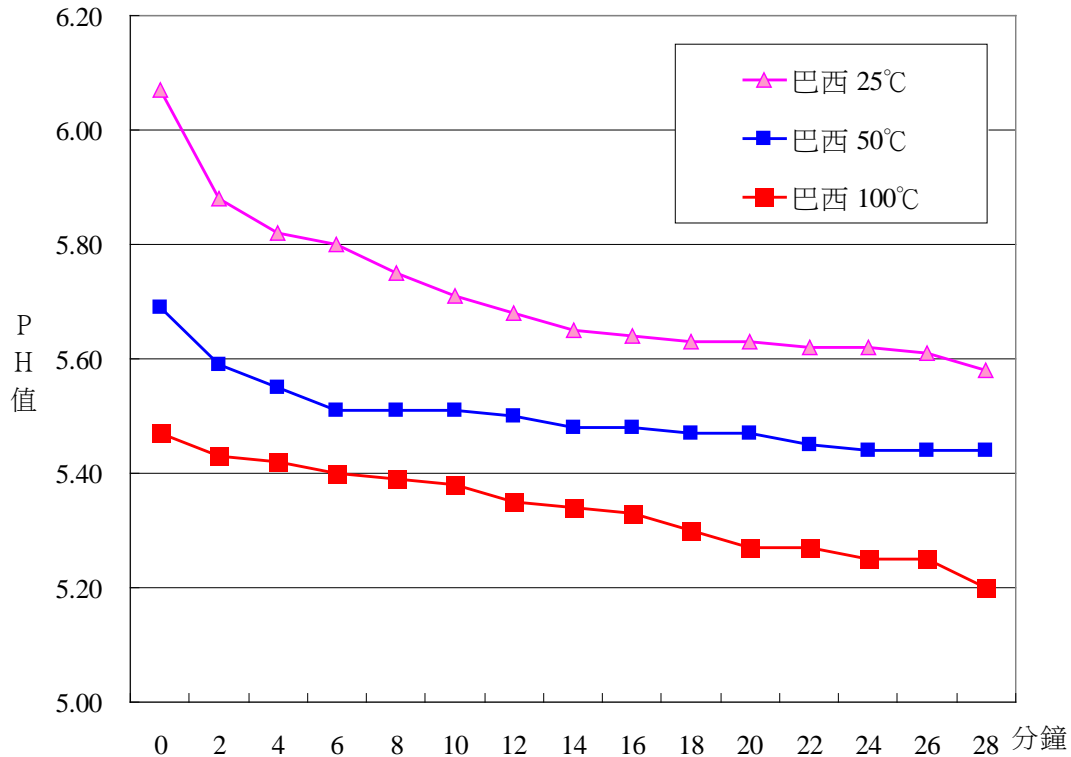


圖1-5 多納咖啡5g，在不同溫度時，其PH值隨時間的變化

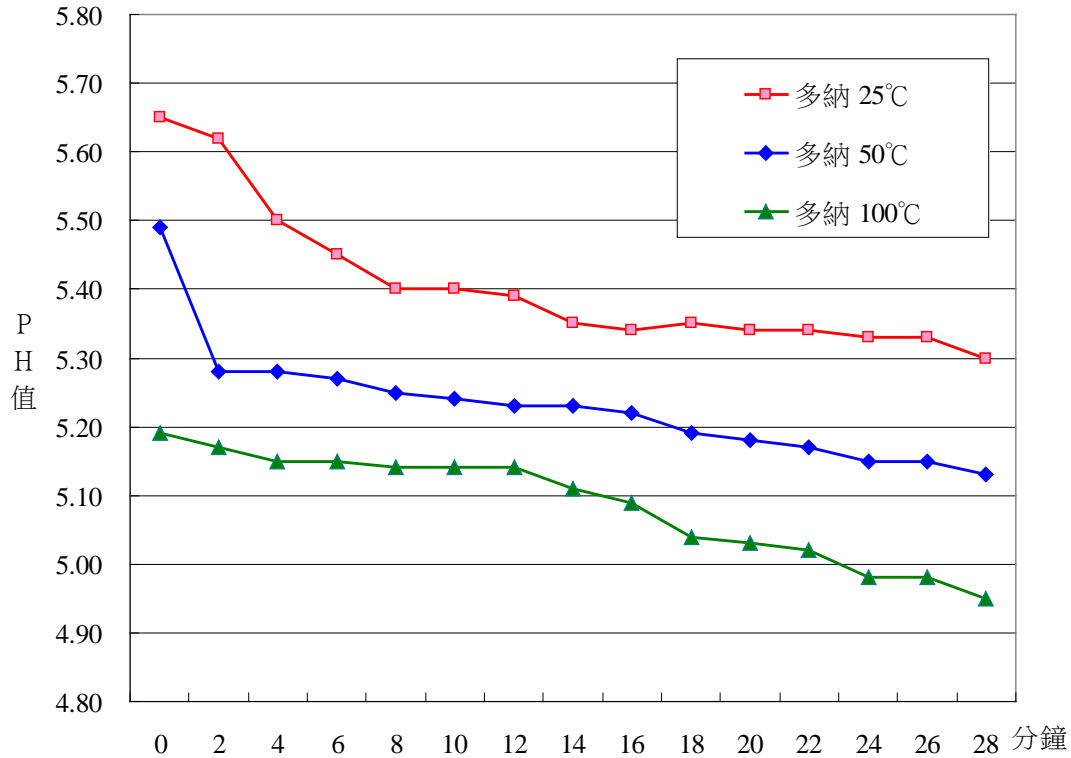


圖1-6 義大利咖啡5g，在不同溫度時，其PH值隨時間的變化

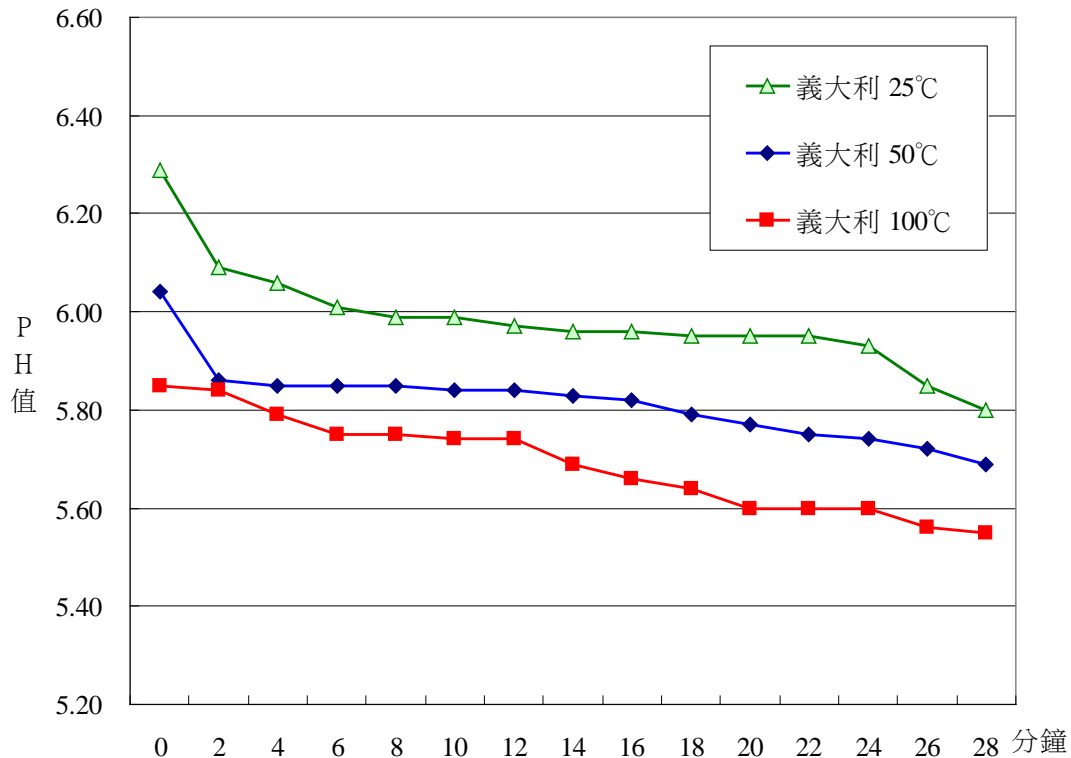


圖1-7 摩卡咖啡5g，在不同溫度時，其PH值隨時間的變化

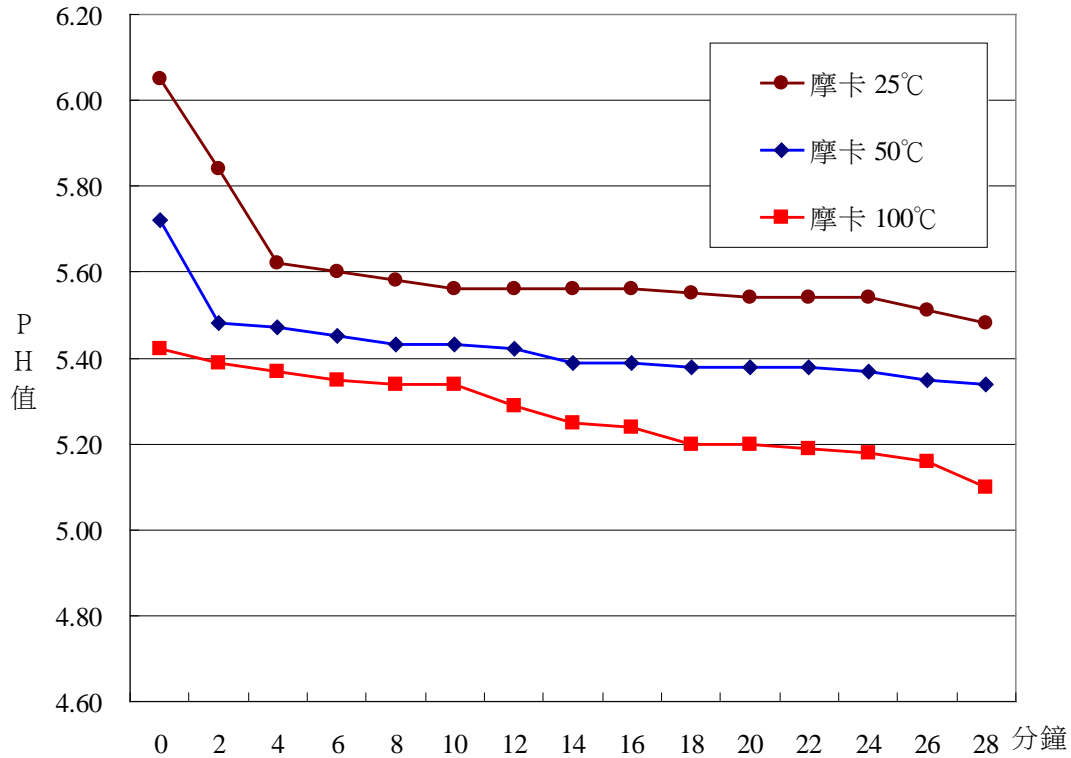


圖1-8 曼特寧咖啡5g，在不同溫度時，其PH值隨時間的變化

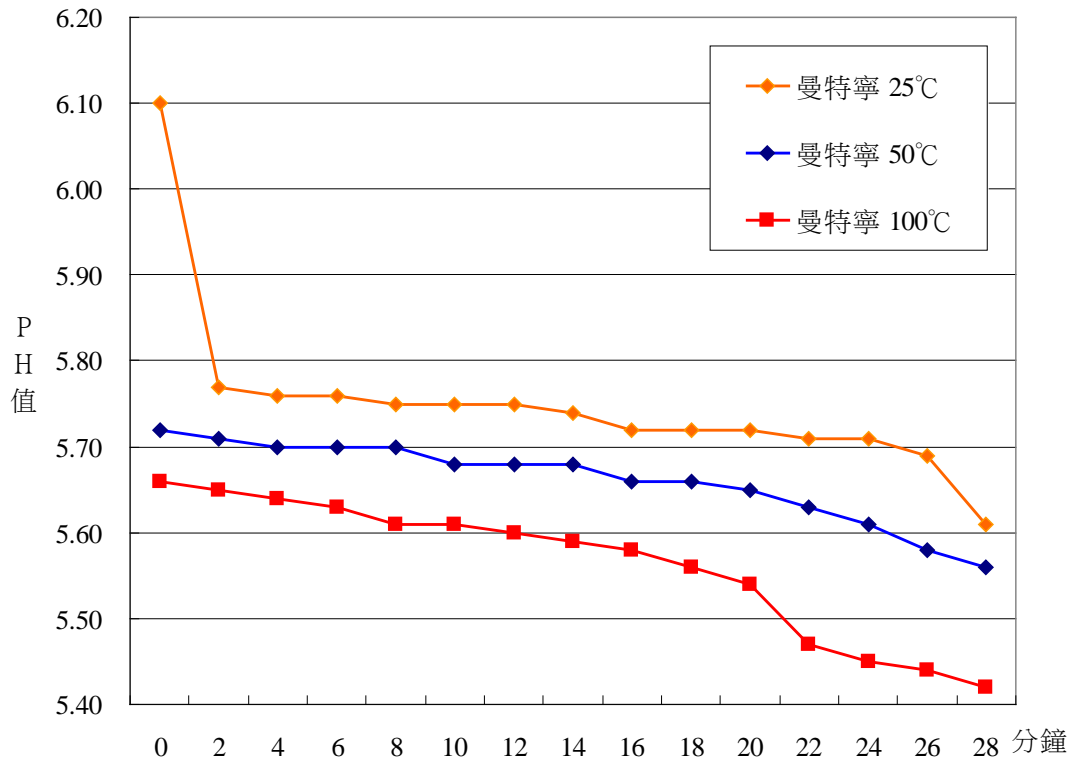


圖2-1 各類咖啡 2g、100°C時，鐵金屬氧化情形

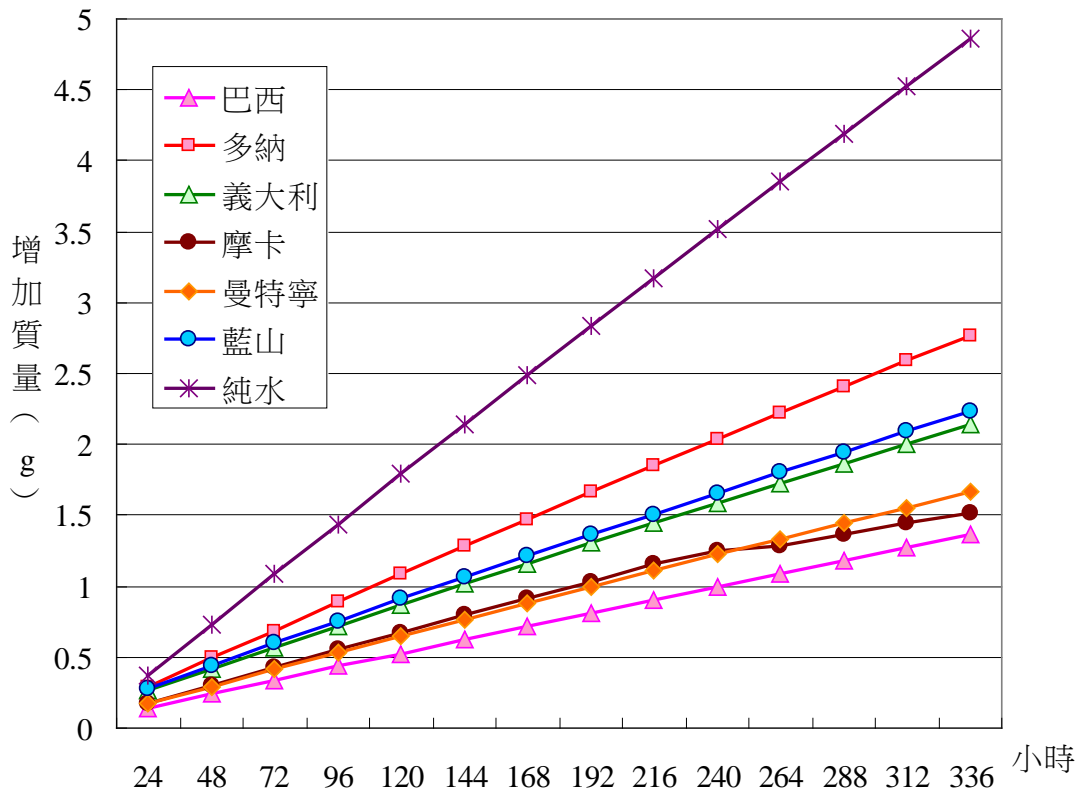


圖2-2 各類咖啡 5g、100°C時，鐵金屬氧化情形

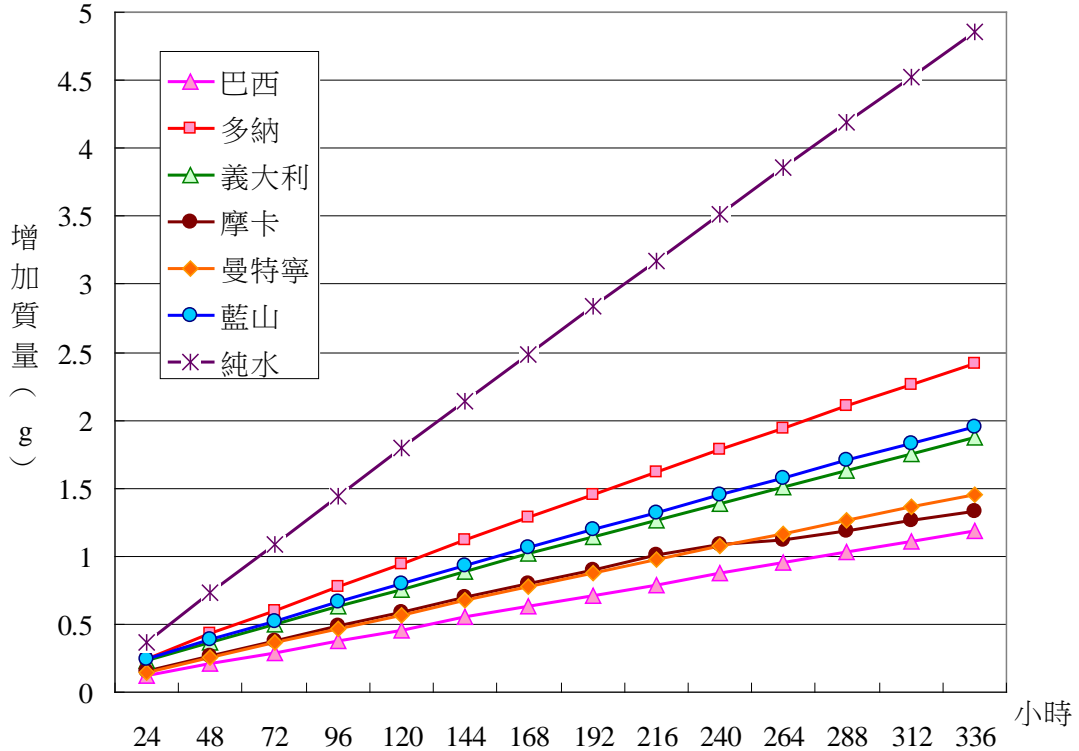


圖2-3 各類咖啡 10g、100°C時，鐵金屬氧化情形

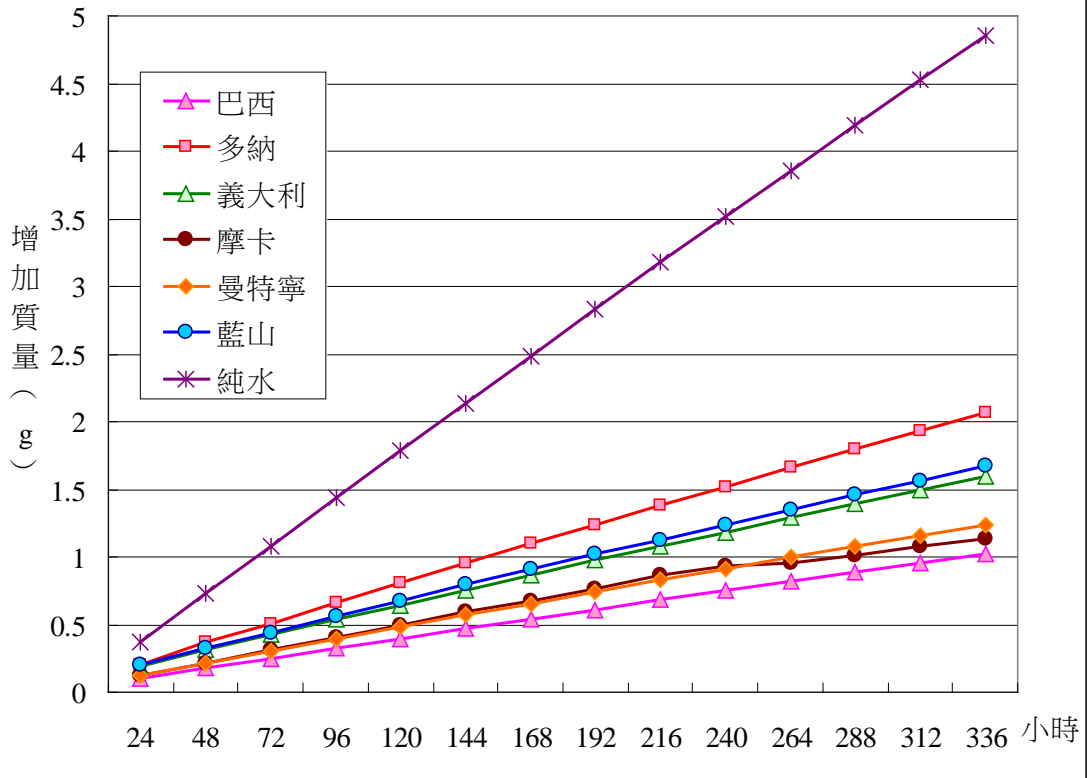


圖2-4 不同質量的巴西咖啡在攝氏100度時，鐵金屬氧化情形

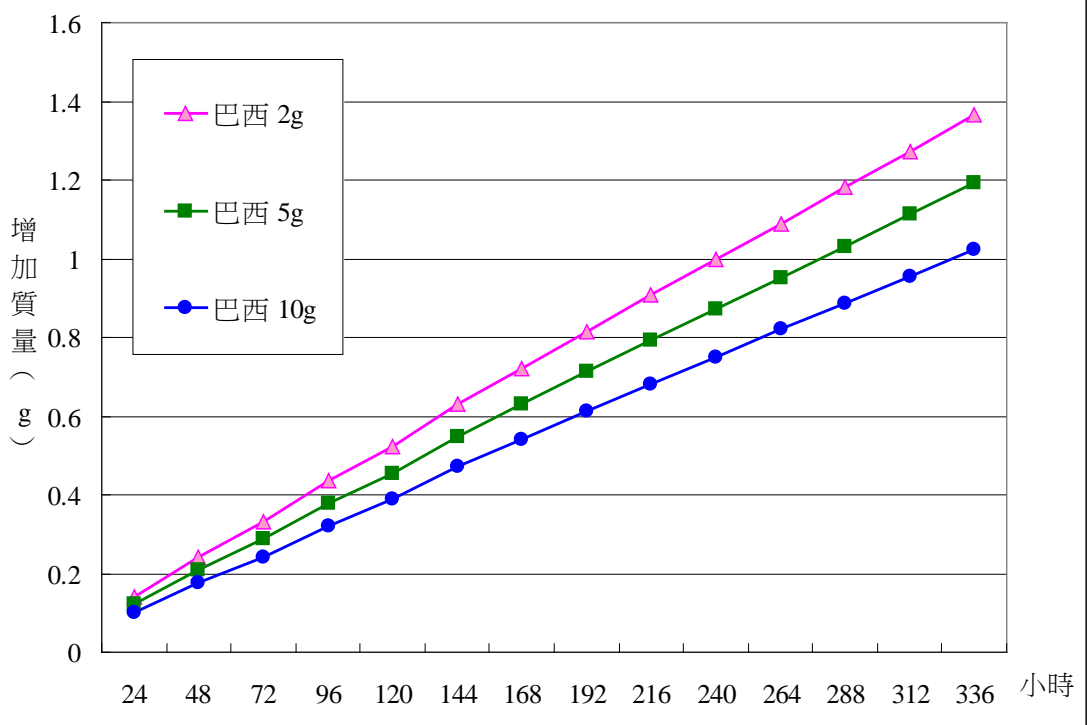


圖2-5 不同質量的多納咖啡在攝氏100度時，鐵金屬氧化情形

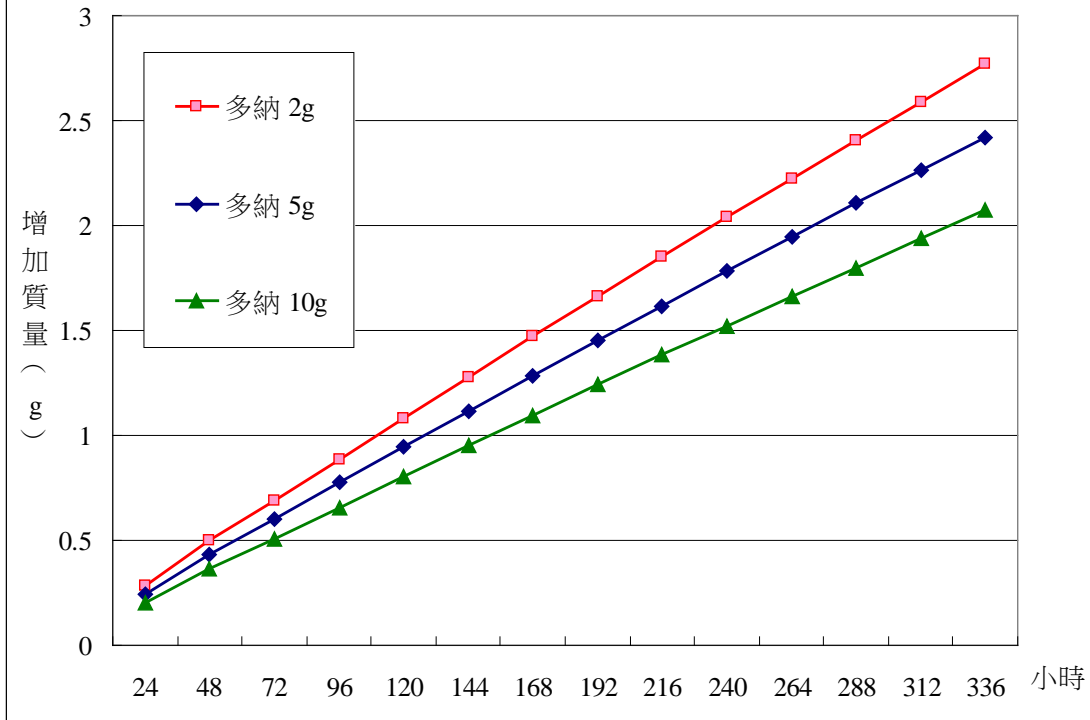


圖2-6 不同質量的義大利咖啡在攝氏100度時，鐵金屬氧化情形

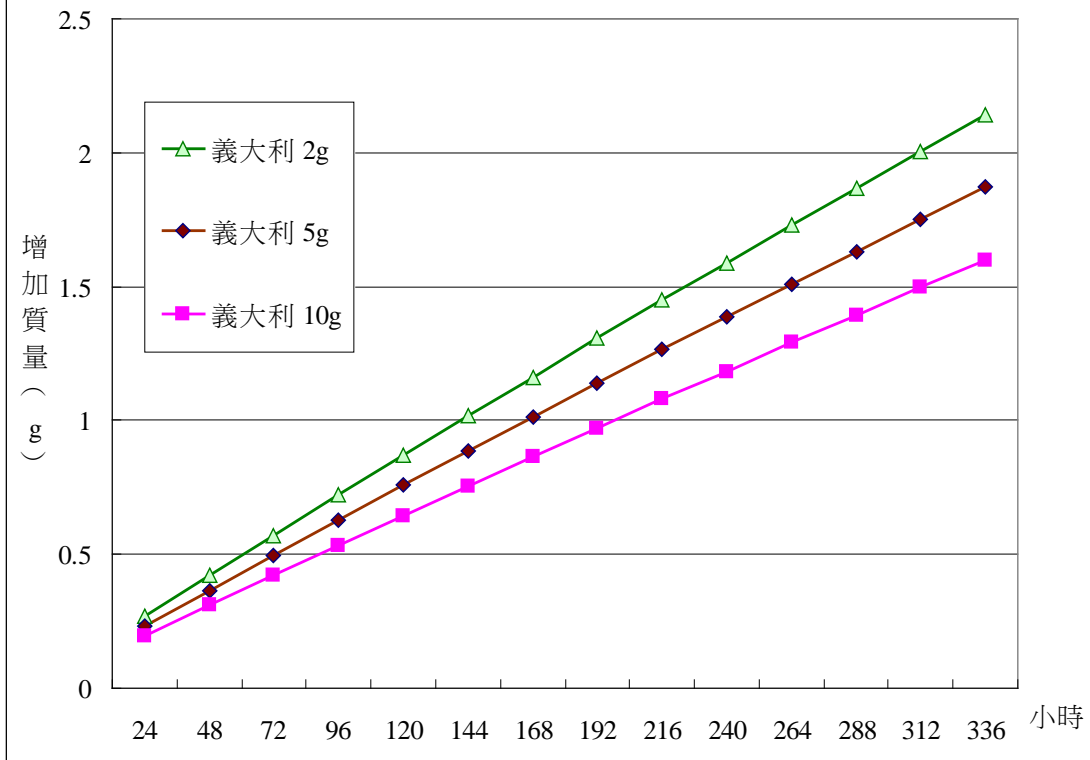


圖2-7 不同質量的摩卡咖啡在攝氏100度時，鐵金屬氧化情形

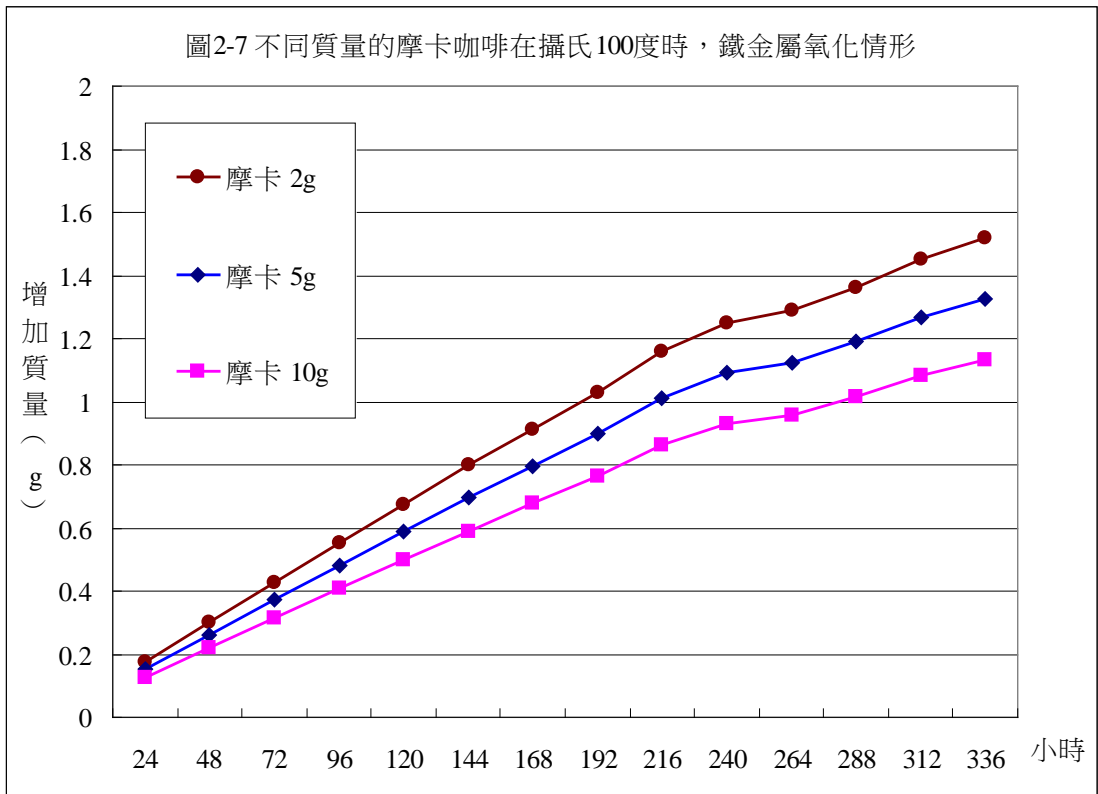


圖2-8 不同質量的曼特寧咖啡在攝氏100度時，鐵金屬氧化情形

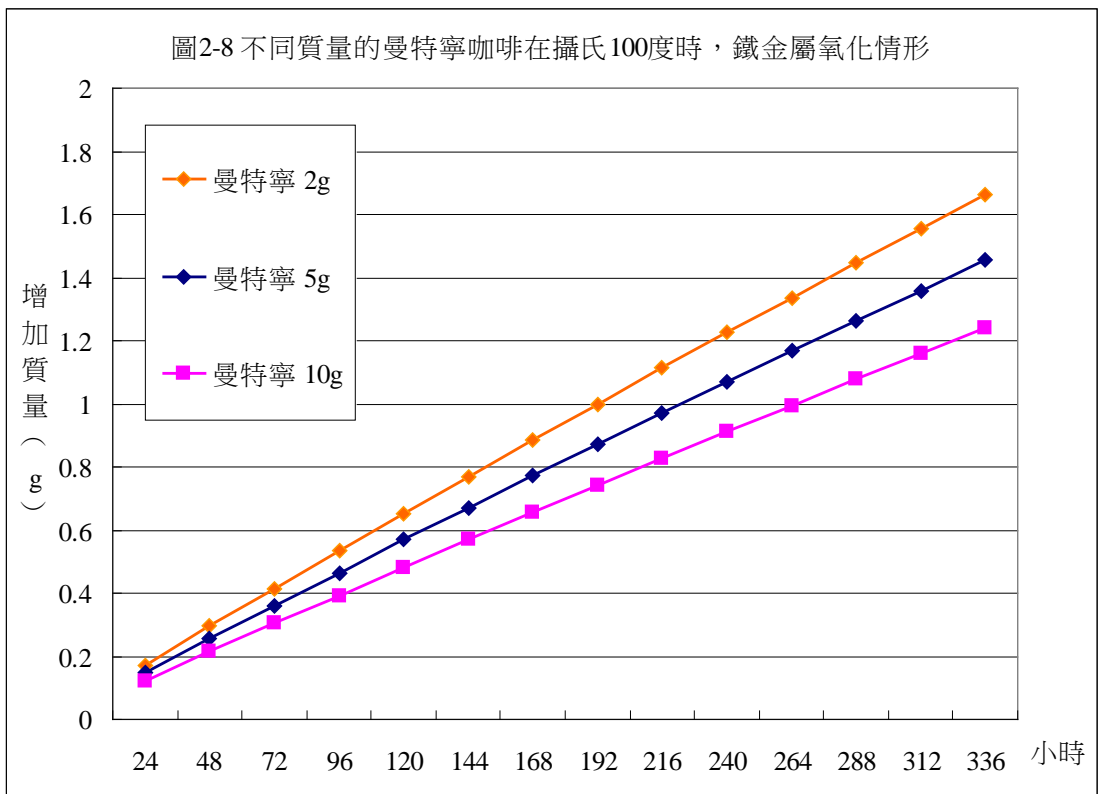


圖2-9 不同質量的藍山咖啡在攝氏100度時，鐵金屬氧化情形

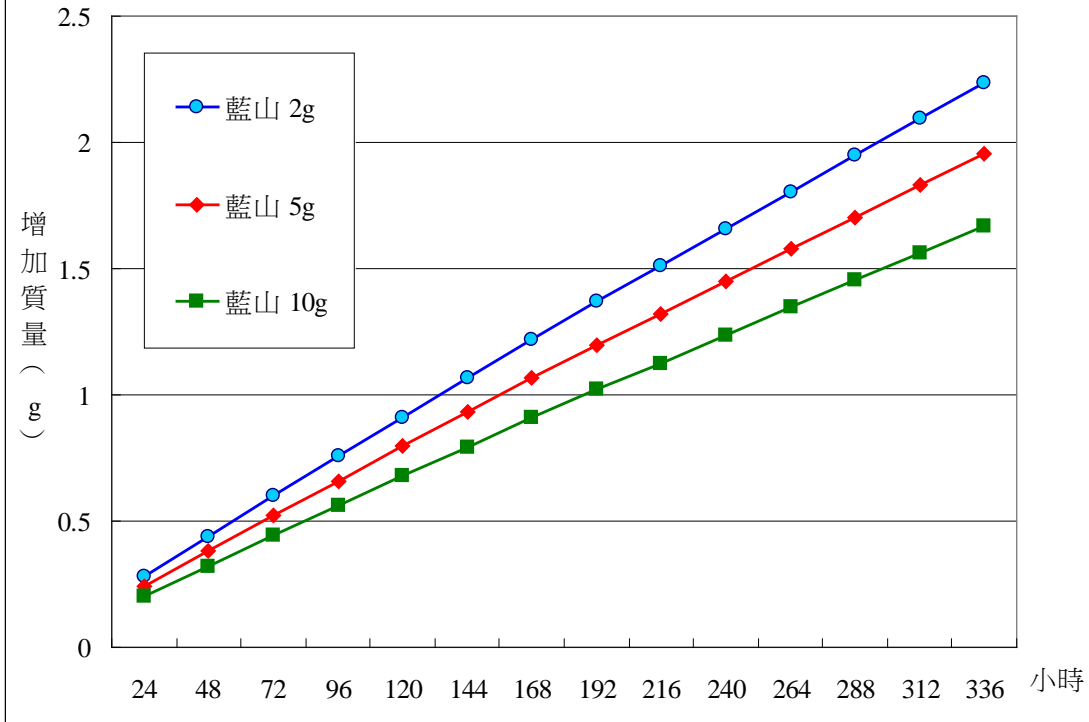


圖2-10 各類咖啡 5g、25°C時，鐵金屬氧化情形

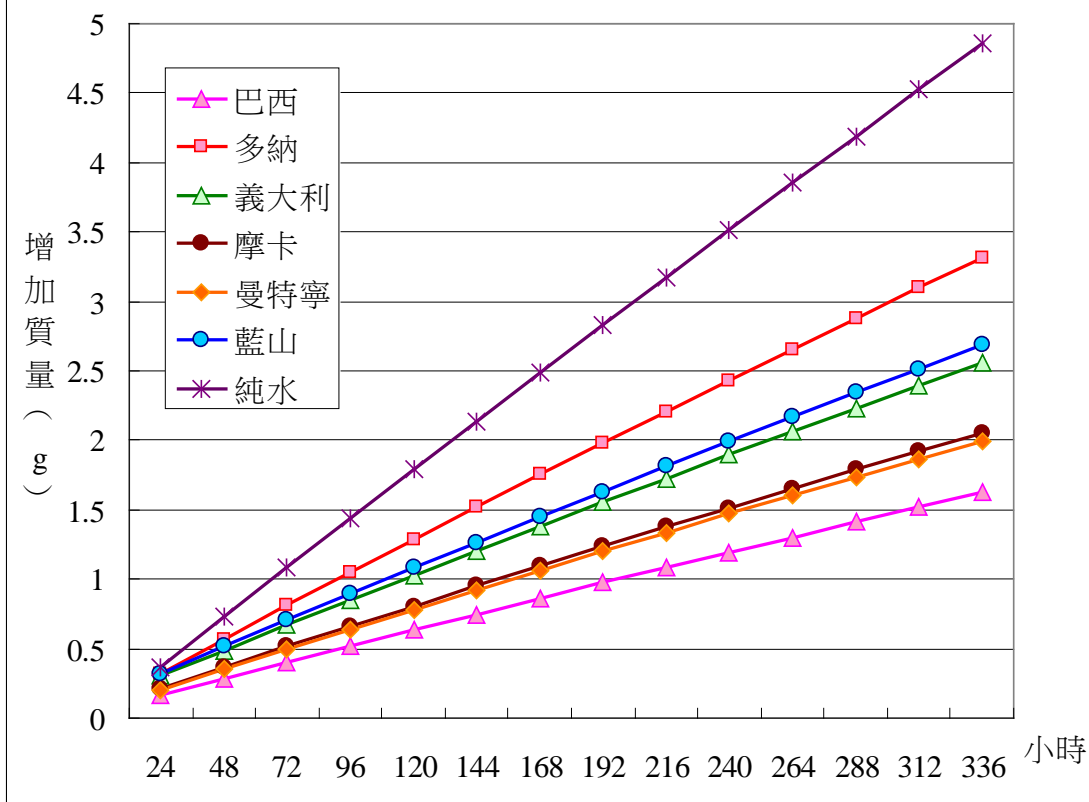


圖2-11 各類咖啡 5g、50°C時，鐵金屬氧化情形

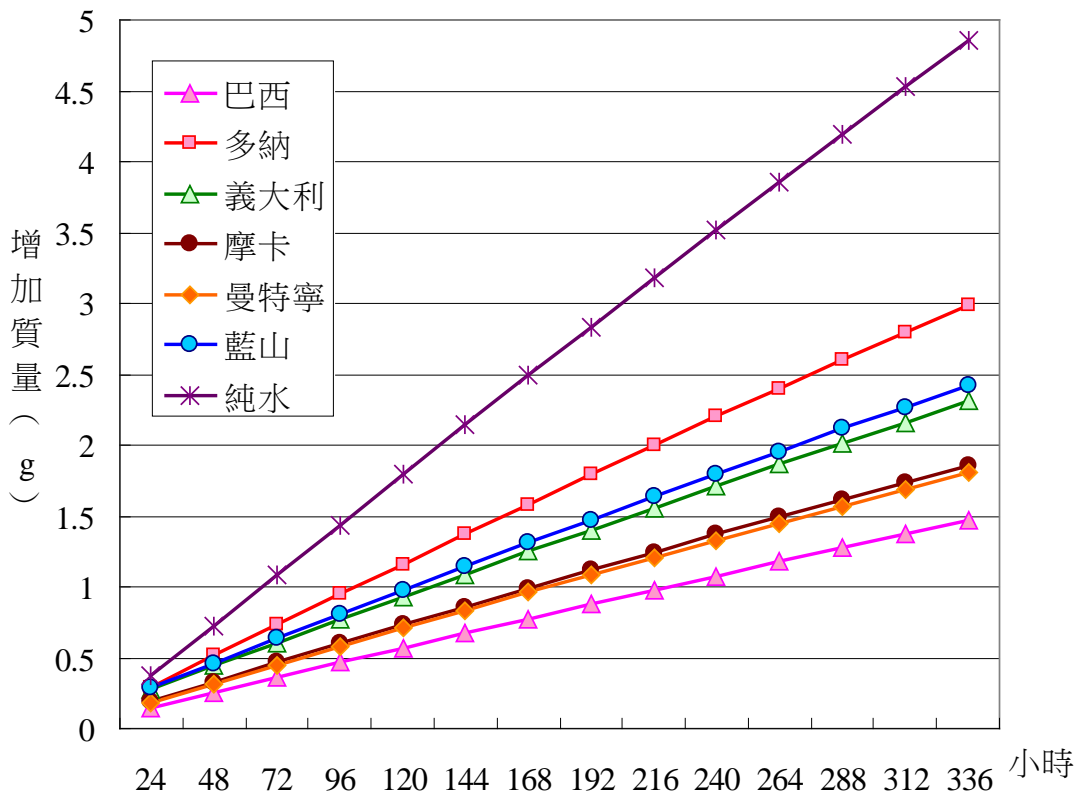


圖2-12 巴西咖啡 5g，在不同溫度時，鐵金屬氧化情形

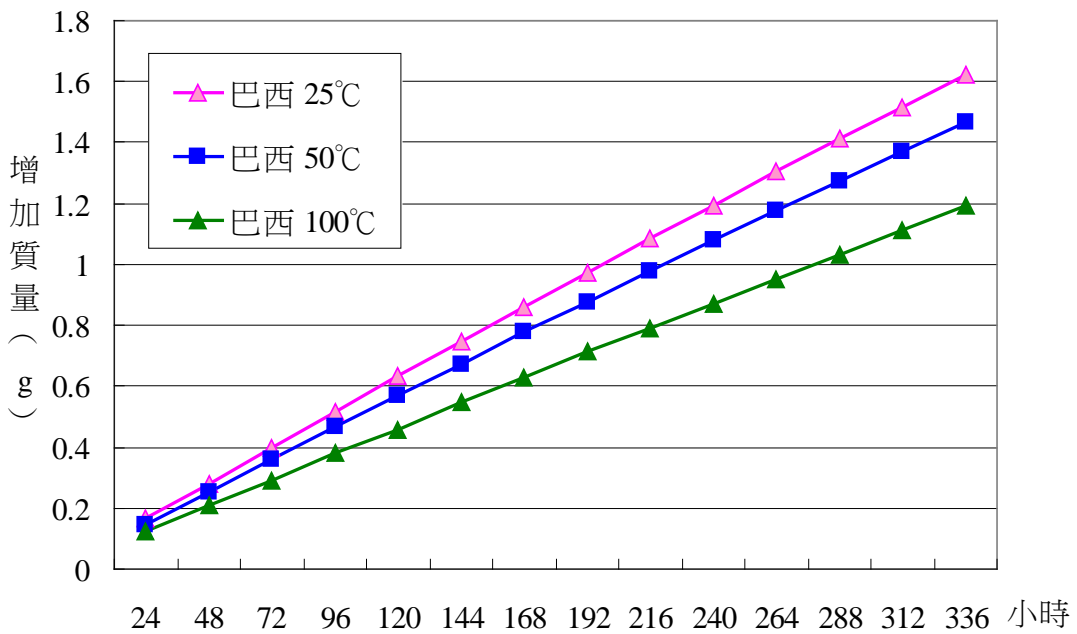


圖2-13 多納咖啡 5g，在不同溫度時，鐵金屬氧化情形

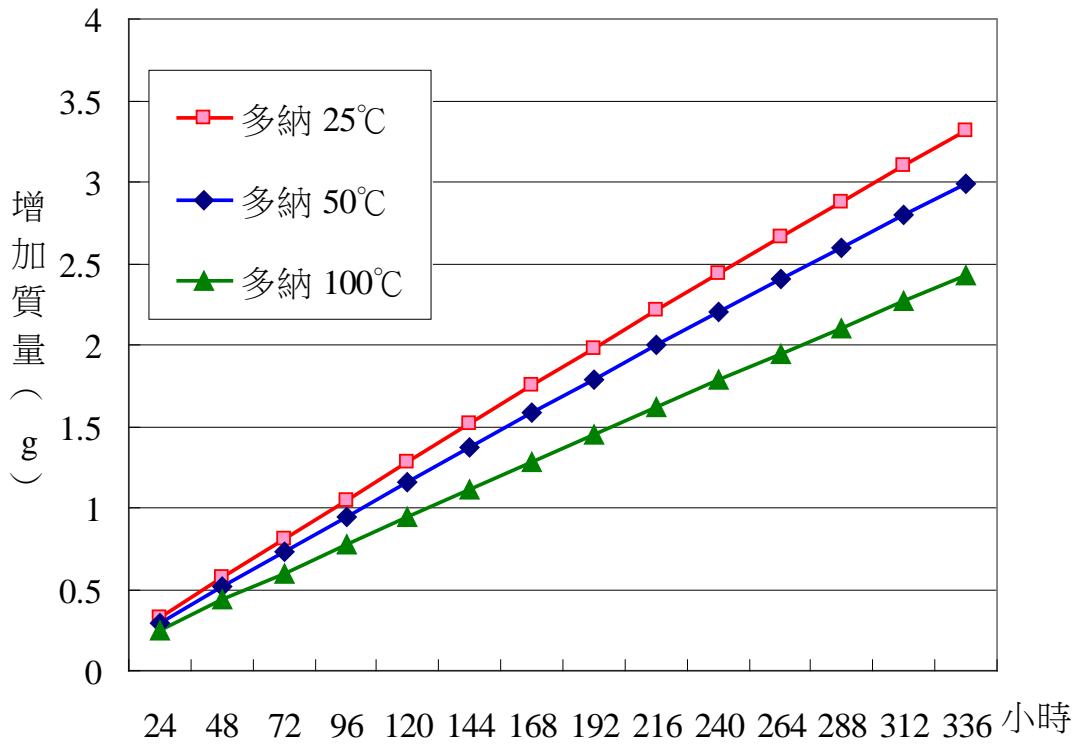


圖2-14 義大利咖啡 5g，在不同溫度時，鐵金屬氧化情形

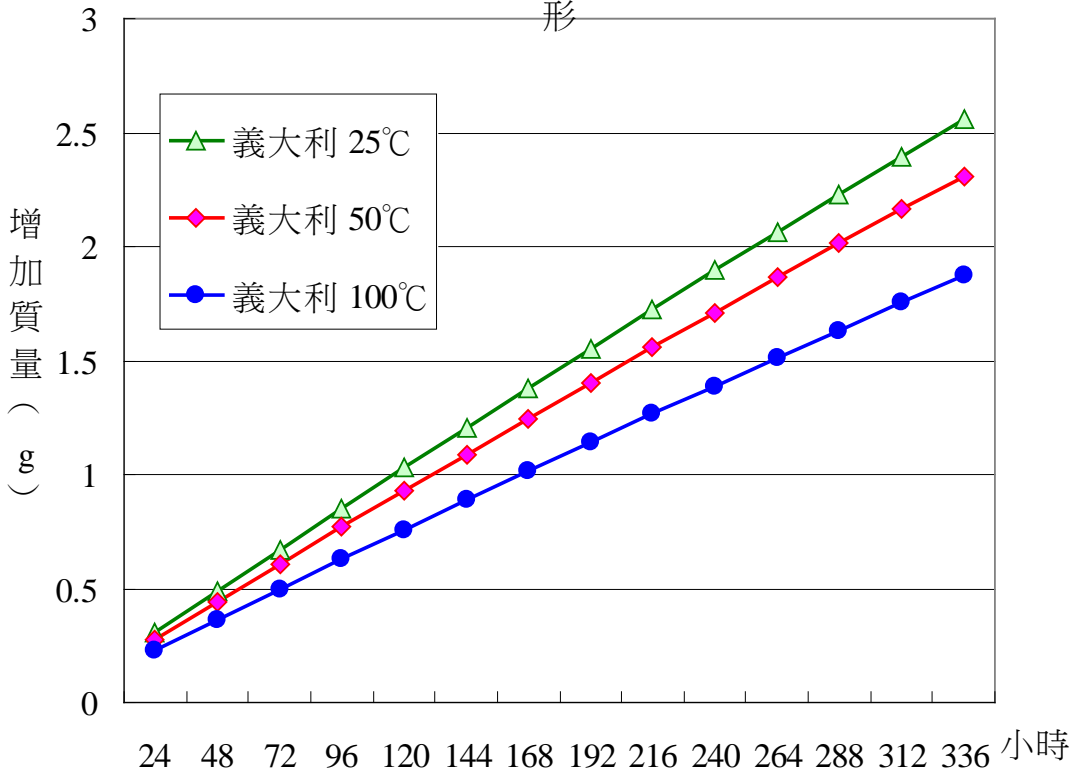


圖2-15 摩卡咖啡 5g，在不同溫度時，鐵金屬氧化情形

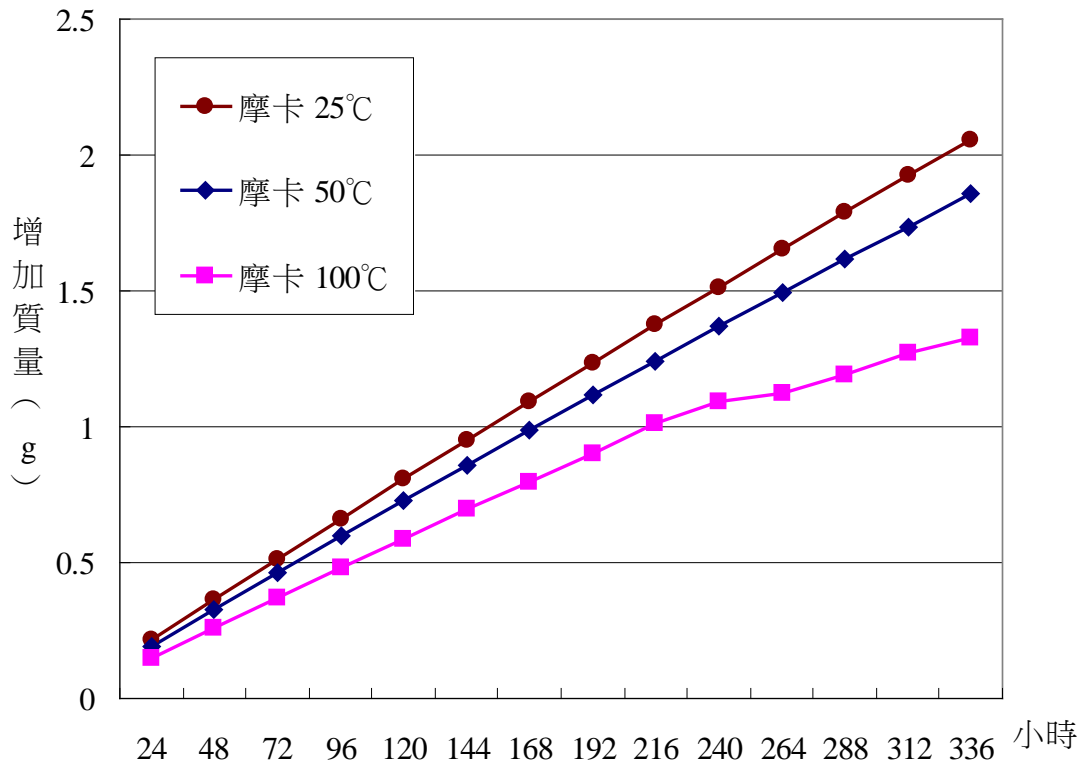


圖2-16 曼特寧咖啡 5g，在不同溫度時，鐵金屬氧化情形

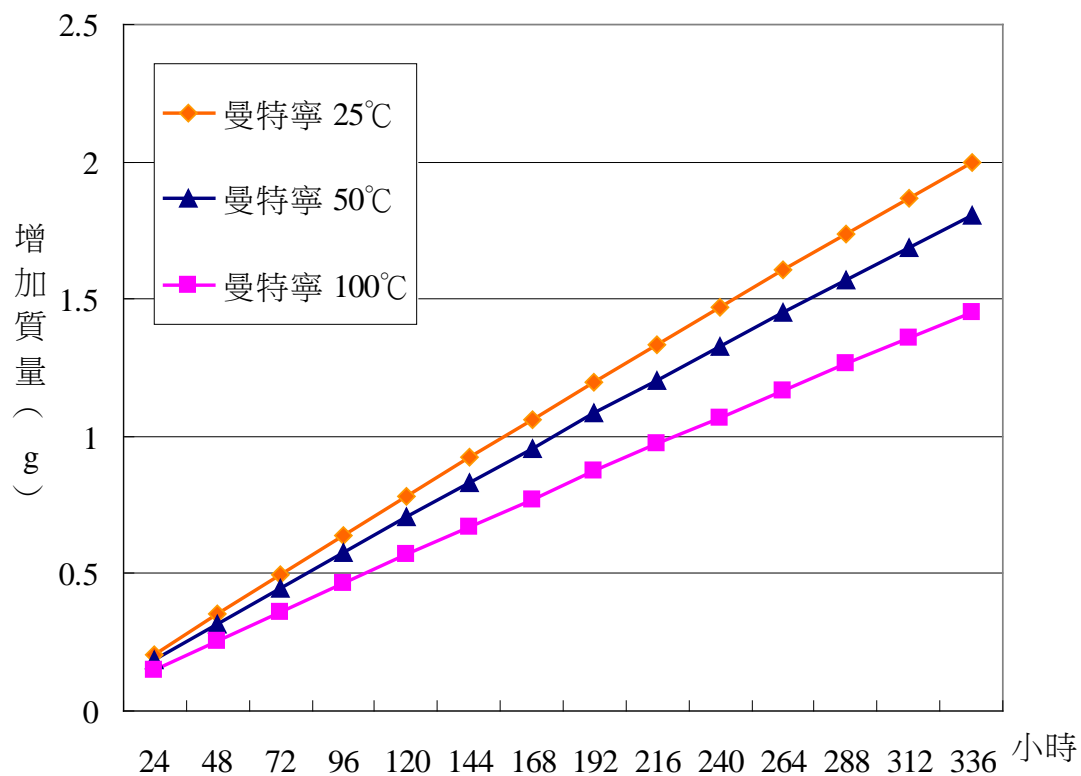


圖3-1 靜置各類咖啡，其吸收水氣後的累積之質量變化

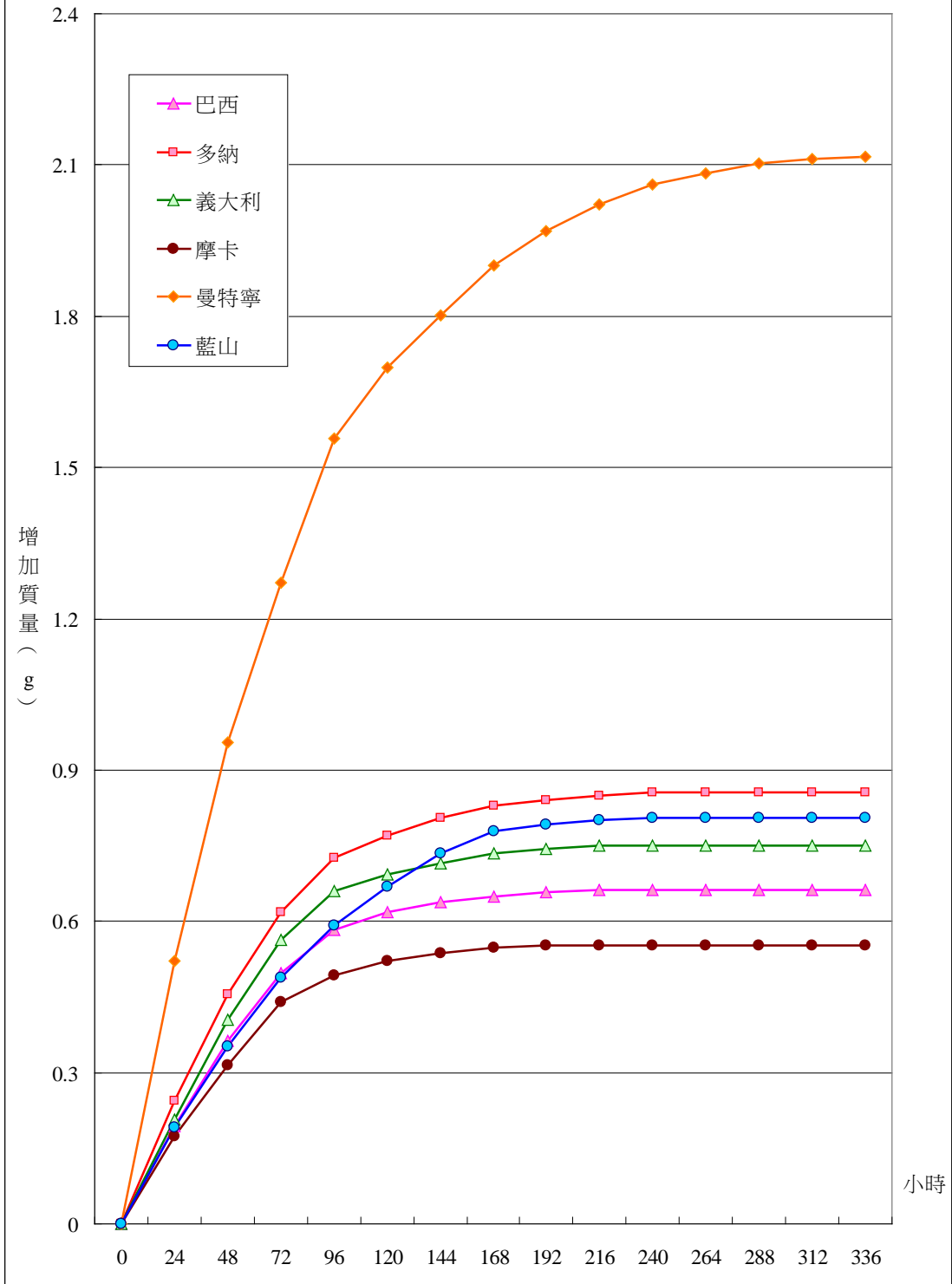


圖4-1 各類咖啡 2g、25°C 時，其電導度隨時間的變化

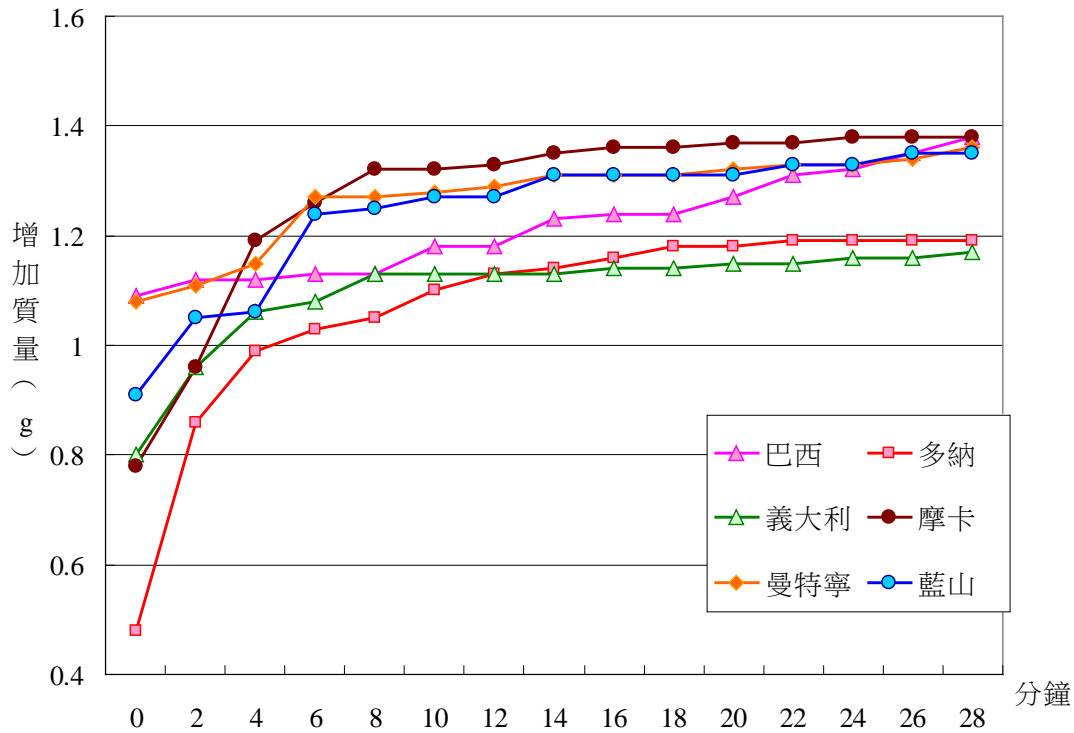


圖4-2 各類咖啡 2g、50°C 時，其電導度隨時間的變化

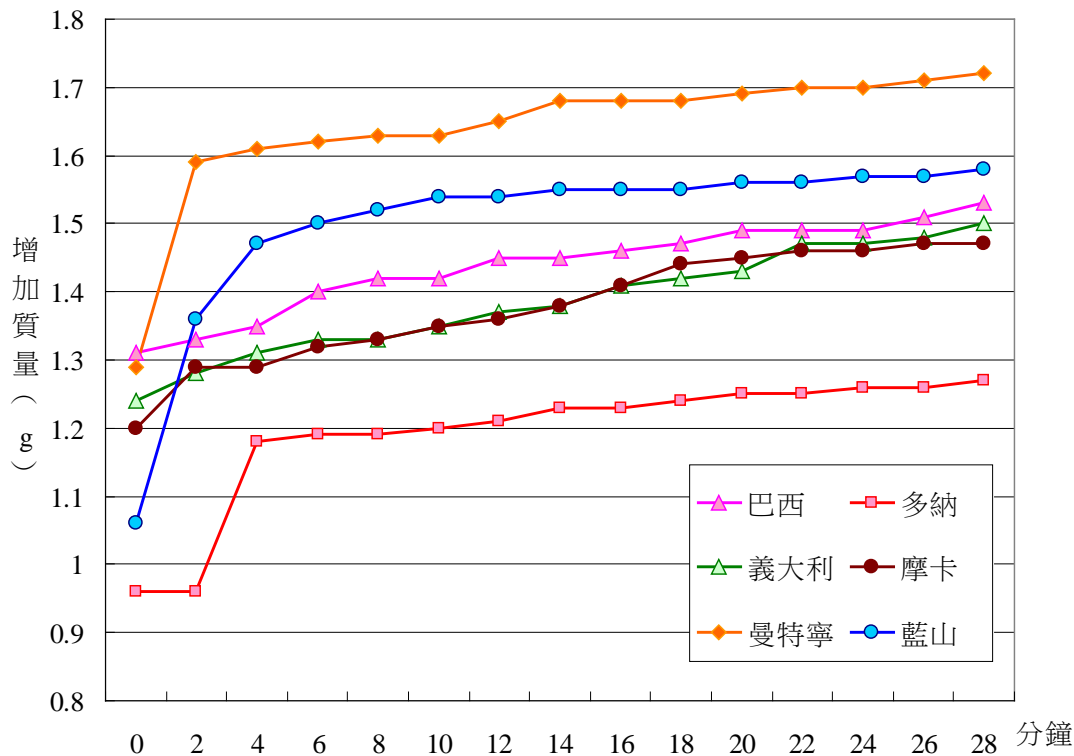


圖4-3 各類咖啡 2g、100°C時，其電導度隨時間的變化

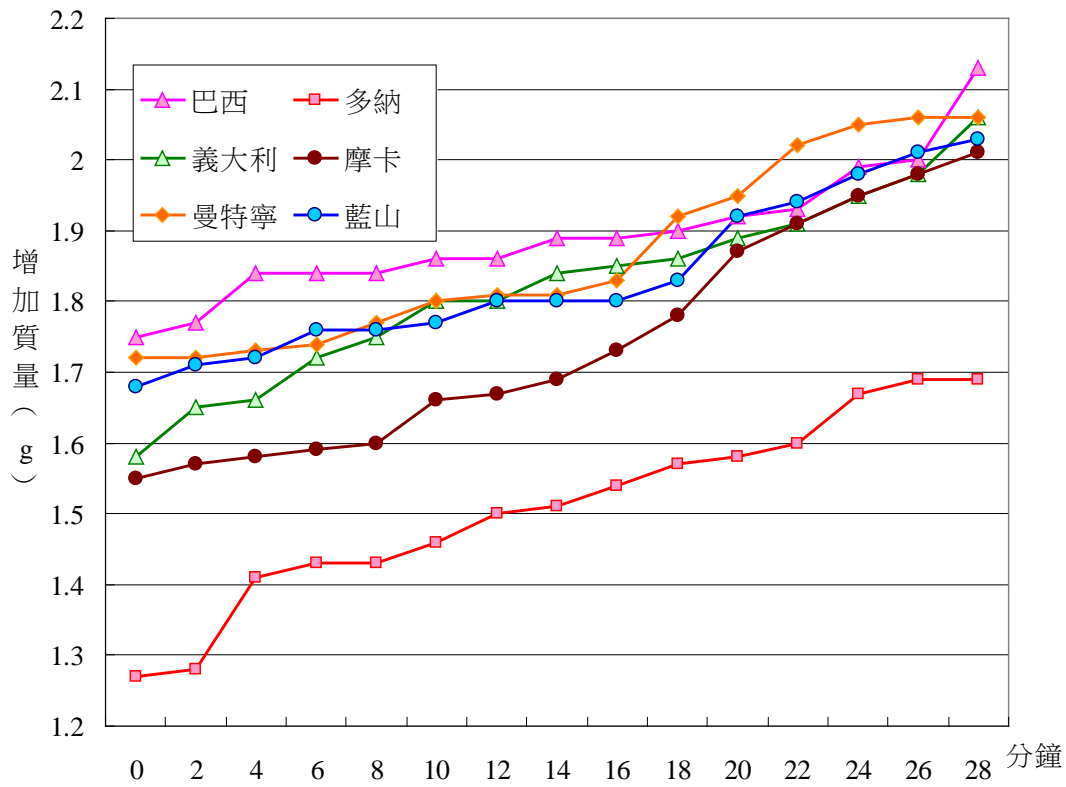


圖4-4 巴西咖啡 2g，在不同溫度時的電導度變化

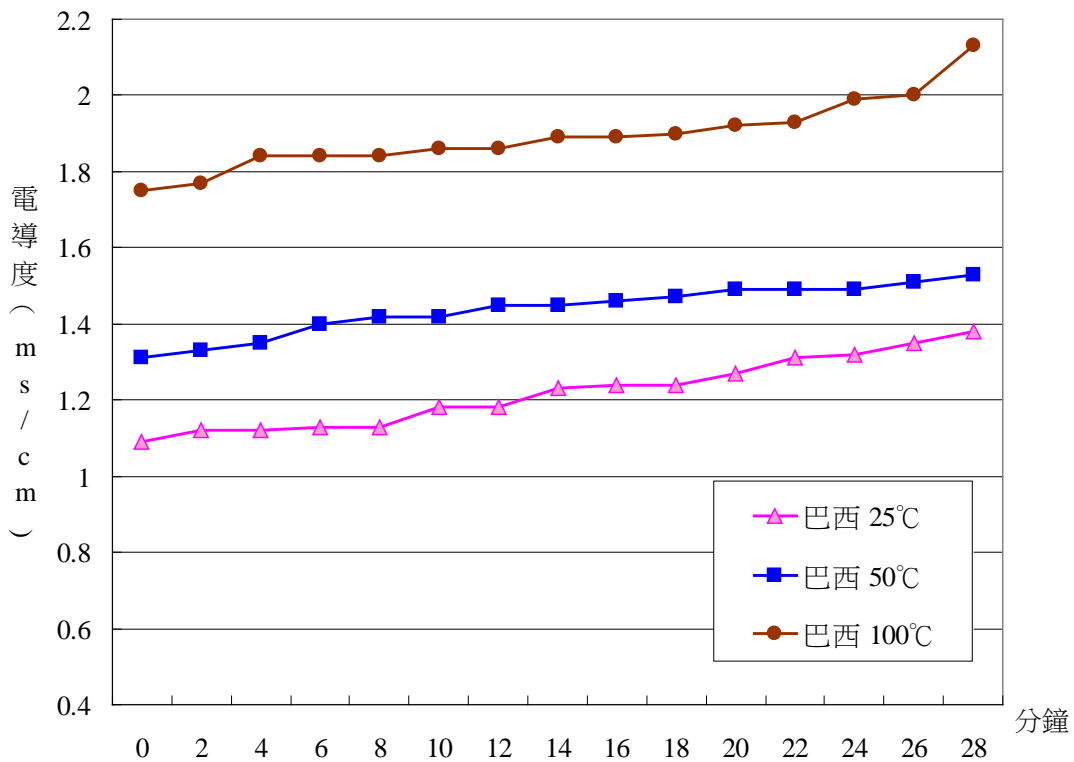


圖4-5 多納咖啡2g，在不同溫度時的電導度變化

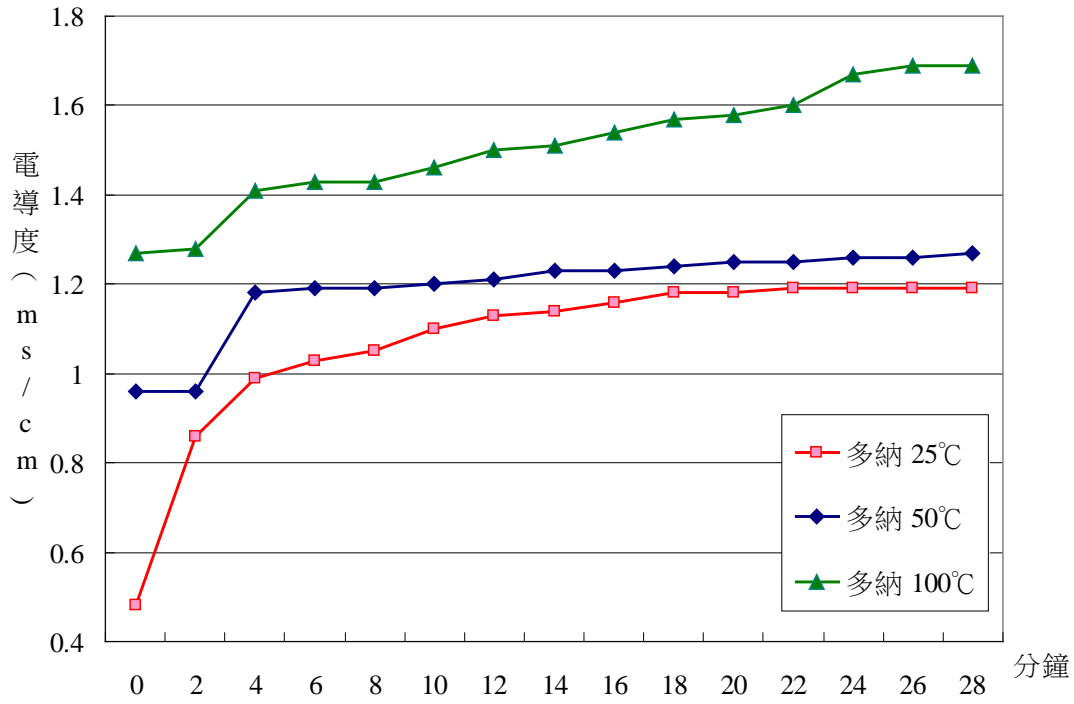


圖4-6 義大利咖啡2g，在不同溫度時的電導度變化

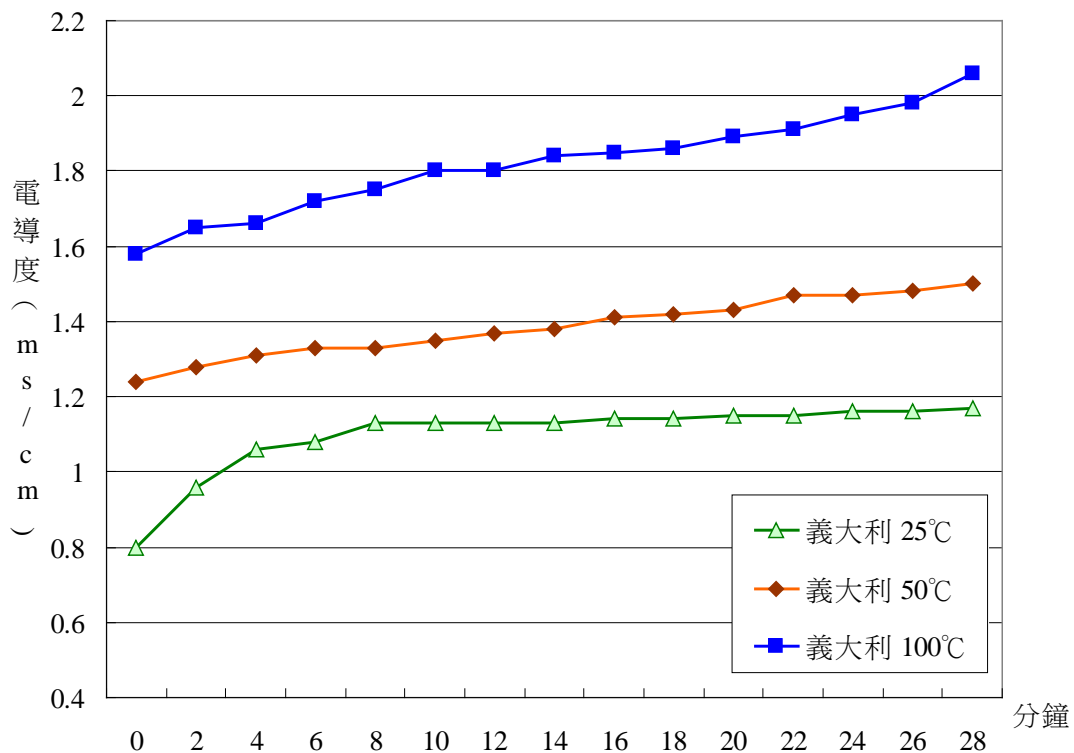


圖4-7 摩卡咖啡2g，在不同溫度時的電導度變化

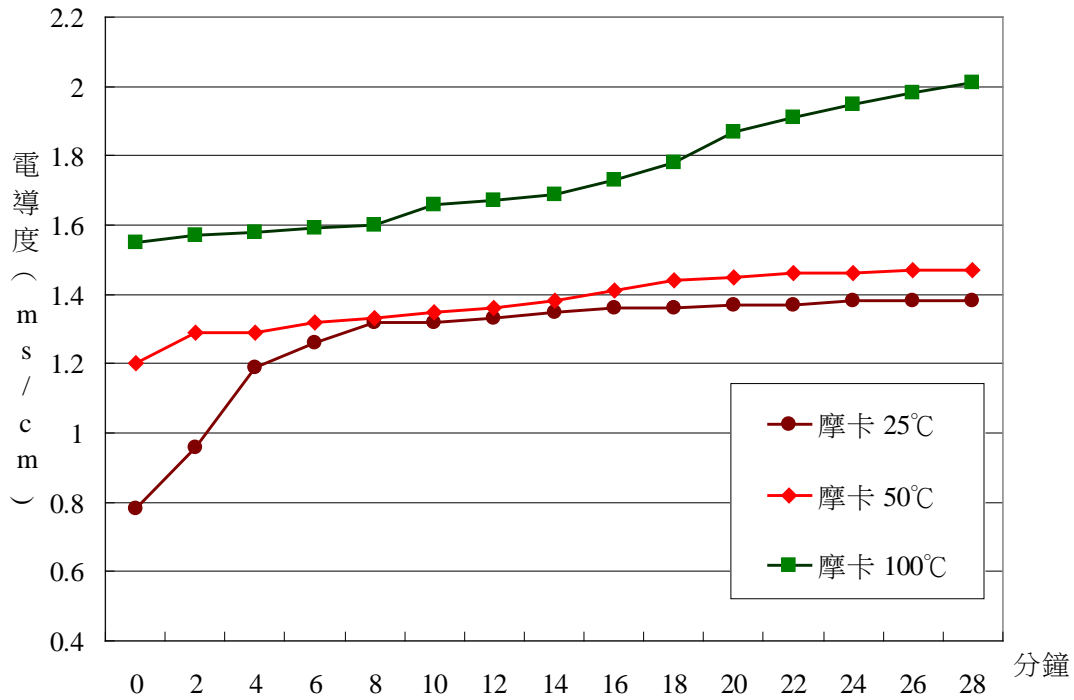
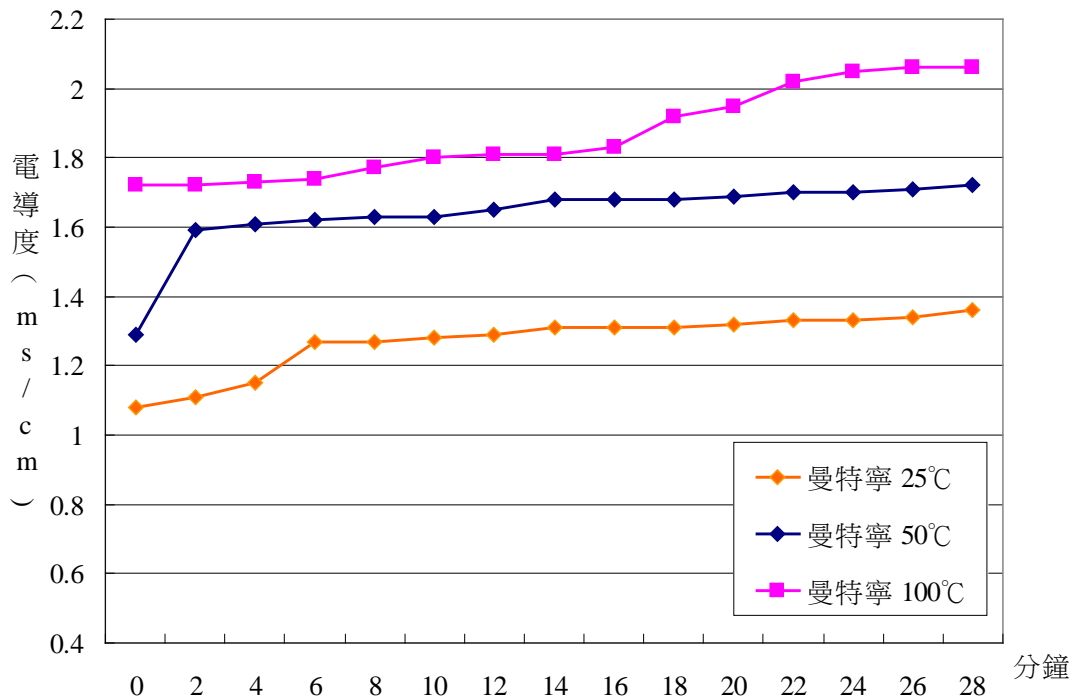


圖4-8 曼特寧咖啡2g，在不同溫度時的電導度變化



柒、討論

一、pH 值的變化

(一)、不同種類咖啡的影響

我們研究各種咖啡的 pH 值，我們發現本次實驗所用的各種咖啡皆呈現酸性，其 pH 值大小依序為 義大利 > 曼特寧 > 巴西 > 摩卡 > 藍山 > 多納。但是隨著沖泡溫度與靜置時間的增加，各種咖啡的 pH 值會隨著而下降，這時，多納咖啡的酸味反而最高，義大利咖啡則變成酸味最低。以 100 泡為例，剛沖泡時義大利咖啡和多納咖啡之間的 pH 值差距為 0.66，也就是說其氫離子濃度相差 4.57M。

根據我們查到的資料³，咖啡的成分是咖啡因、丹寧酸、脂肪（酸性脂肪和揮發性脂肪）、蛋白質、糖份、礦物質和粗纖維等。當咖啡經過沖煮後，丹寧酸和酸性脂肪會使咖啡呈現酸性，而咖啡因、粗纖維、蛋白質和糖份則會帶出苦味，這也就是我們在區分各種咖啡風味時，大多是用酸性和苦味的強弱來分。當咖啡的烘焙時，隨著烘焙時間愈長，咖啡的焦糖化程度愈高，酸性物質被破壞愈多，就愈不容易有酸味；反之，烘焙時間愈短，焦糖化程度愈低，咖啡豆中還保留有機酸，因此很容易產生酸味。我們訪問本地店家後，得知多納咖啡大部份都是用日曬方式，加上烘焙設備還沒有很繁複，因此，多納咖啡的 pH 值最低。



▲在自然陽光下曝曬的多納咖啡



▲先水洗（挑掉不好的咖啡豆），在曬乾

³ Kohikan 咖啡館 <http://www.kohikan.com/culture/breed/breed4.htm>
<https://www.facebook.com/notes/哥斯大黎加咖啡/咖啡為什麼會酸/225138427500277>

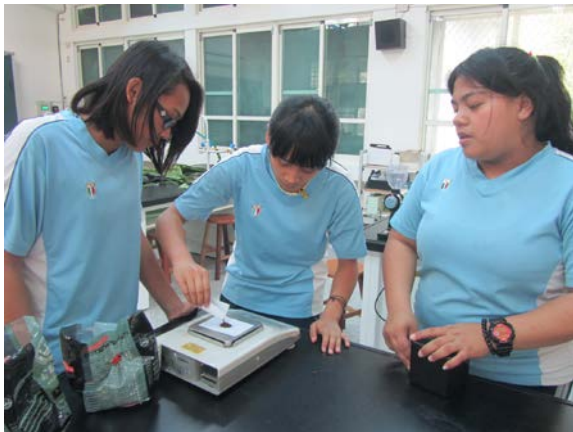
(二) 不同沖泡溫度的影響

我們研究使用不同的溫度（25°C、50°C、100°C）沖泡咖啡對於 pH 值的影響，其結果如下：

表一、各種咖啡用不同溫度浸泡，其 pH 值的差異

咖啡種類 \ 沖泡溫度	巴西	多納	義大利	摩卡	曼特寧	藍山
25 °C	6.07	5.65	6.29	6.05	6.1	5.69
50 °C	5.69	5.49	6.04	5.72	5.72	5.55
100 °C	5.47	5.19	5.85	5.42	5.66	5.43
25 與 100 的差異	0.6	0.46	0.44	0.63	0.44	0.26

由上表可知，溫度變化對摩卡、巴西咖啡的 pH 值影響較大，將 100°C 與 25°C 比較，其 pH 值相差了 0.63、0.6，換算成氫離子濃度約增加了 4.27M、3.98M；溫度變化對藍山咖啡的 pH 值影響較小，將 100 與 25 比較，其 pH 值只相差了 0.26，換算成氫離子濃度約增加了 3.98M，對此，我們提出以下的解釋：溫度越高，咖啡豆成份越容易溶解，因為其組成成分酸性比鹼性多，所以增加溶解度後，整個溶液的酸度就提高了。



▲使用電子天平量測各類咖啡的重量



▲將咖啡加入溫水中

(三) 不同質量的影響

我們使用不同的咖啡質量 (2g、5g、10g)，來研究各咖啡質量增加對於 pH 值的影響。我們將實驗記錄製成圖 1-1、1-2 和 1-3。以下是我們用 100°C 沖泡不同類咖啡的結果。

表二、用 100°C 沖泡不同質量咖啡，其 pH 值的差異

咖啡種類 \ 咖啡的質量	巴西	多納	義大利	摩卡	曼特寧	藍山
2g	5.72	5.41	5.14	5.66	5.89	5.68
5g	5.47	5.19	4.93	5.42	5.66	5.43
10 g	5.17	4.93	4.68	5.14	5.38	5.13
2g 與 10 g 的差異	0.55	0.48	0.46	0.52	0.51	0.55

對照 2g 和 10g 咖啡量的 pH 值實驗，當各種咖啡從 2g 增加到 10g，即質量增加 5 倍時，各種咖啡的 pH 值大約降低 0.5 左右，而氫離子濃度增加 3.16 M，這是因為咖啡的質量越多，溶解出的成份就越多所導致。



▲量測各咖啡溶液的 pH 值變化



▲討論並記錄各咖啡溶液 pH 值的變化

(四) 靜置時間的影響

我們就研究各咖啡溶液在靜置不同時間（2~28 分鐘）後，pH 值的變化。由我們實驗數據（附錄一）可以發現，隨著靜置時間的增加，各類咖啡 pH 值都會下降，換句話說，靜置時間愈久，各類咖啡的口感都會變得愈酸。

對於以上現象，我們討論後提出的看法如下：咖啡的 pH 值變化可視為咖啡豆內的成份擴散到純水的結果。隨著時間越長，成分就會擴散愈多，而且溫度越高，分子運動越激烈，更有利於擴散反應。因此，當我們用熱水沖泡各類咖啡，一開始各咖啡的成份就會大量釋放出來，使各類咖啡的 pH 值到 5~6 之間，不過，隨著靜置時間拉長，水溫慢慢降低，咖啡內酸性物質的擴散變得較慢，pH 值變化幅度就不大了。

我們以下降幅度⁴來表示，並整理為表三。

表三、各類咖啡 5g，靜置時間對於各種咖啡 pH 值的下降幅度

靜置時間 (min)		下降幅度 (%)													
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
巴西	25 °C	-3.1%	-4.1%	-4.4%	-5.3%	-5.9%	-5.9%	-5.9%	-5.9%	-5.9%	-5.9%	-5.9%	-5.9%	-5.9%	-5.9%
	50 °C	-1.8%	-2.5%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%	-3.2%
	100 °C	-0.7%	-0.9%	-1.3%	-1.5%	-1.6%	-1.6%	-1.6%	-1.6%	-1.6%	-1.6%	-1.6%	-1.6%	-1.6%	-1.6%
多納	25 °C	-0.5%	-2.7%	-3.5%	-4.4%	-4.4%	-4.6%	-5.3%	-5.5%	-5.3%	-5.5%	-5.5%	-5.7%	-5.7%	-6.2%
	50 °C	-3.8%	-3.8%	-4.0%	-4.4%	-4.6%	-4.7%	-4.7%	-4.9%	-5.5%	-5.6%	-5.8%	-6.2%	-6.2%	-6.6%
	100 °C	-0.4%	-0.8%	-0.8%	-1.0%	-1.0%	-1.0%	-1.5%	-1.9%	-2.9%	-3.1%	-3.3%	-4.0%	-4.0%	-4.6%
義大利	25 °C	-3.2%	-3.7%	-4.5%	-4.8%	-4.8%	-5.1%	-5.2%	-5.2%	-5.4%	-5.4%	-5.4%	-5.7%	-7.0%	-7.8%
	50 °C	-3.0%	-3.1%	-3.1%	-3.1%	-3.3%	-3.3%	-3.5%	-3.6%	-4.1%	-4.5%	-4.8%	-5.0%	-5.3%	-5.8%
	100 °C	-0.2%	-1.0%	-1.7%	-1.7%	-1.9%	-1.9%	-2.7%	-3.2%	-3.6%	-4.3%	-4.3%	-4.3%	-5.0%	-5.1%
摩卡	25 °C	-3.5%	-7.1%	-7.4%	-7.8%	-8.1%	-8.1%	-8.1%	-8.1%	-8.3%	-8.4%	-8.4%	-8.4%	-8.9%	-9.4%
	50 °C	-4.2%	-4.4%	-4.7%	-5.1%	-5.1%	-5.2%	-5.8%	-5.8%	-5.9%	-5.9%	-5.9%	-6.1%	-6.5%	-6.6%
	100 °C	-0.6%	-0.9%	-1.3%	-1.5%	-1.5%	-2.4%	-3.1%	-3.3%	-4.1%	-4.1%	-4.2%	-4.4%	-4.8%	-5.9%
曼特寧	25 °C	-5.4%	-5.6%	-5.6%	-5.7%	-5.7%	-5.7%	-5.9%	-6.2%	-6.2%	-6.2%	-6.4%	-6.4%	-6.7%	-8.0%
	50 °C	-0.2%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.7%	-0.7%	-0.7%	-1.0%	-1.0%	-1.2%	-1.6%	-1.9%	-2.4%	-2.8%
	100 °C	-0.2%	-0.4%	-0.5%	-0.9%	-0.9%	-1.1%	-1.2%	-1.4%	-1.8%	-2.1%	-3.4%	-3.7%	-3.9%	-4.2%
藍山	25 °C	-1.9%	-1.9%	-1.9%	-2.3%	-2.3%	-2.5%	-2.5%	-2.5%	-2.5%	-2.6%	-3.2%	-3.2%	-3.3%	-3.7%
	50 °C	-1.4%	-1.4%	-1.8%	-1.8%	-2.2%	-2.3%	-2.9%	-2.9%	-2.9%	-2.9%	-2.9%	-3.1%	-3.2%	-3.2%
	100 °C	-0.7%	-0.9%	-0.9%	-1.1%	-1.1%	-1.5%	-1.7%	-1.8%	-2.2%	-2.2%	-2.9%	-3.3%	-3.5%	-3.5%

⁴ 下降幅度的計算方式 = (原靜置時間的 pH 值 - 前 2 分鐘靜置時間的 pH 值) ÷ 前 2 分鐘靜置時間的 pH 值 × 100 %

表三資料中，在 100°C 時，各類咖啡 pH 值下降的幅度依序為 摩卡 > 義大利 > 多納 > 曼特寧 > 藍山 > 巴西。這由上述數據我們可以推論，沖泡摩卡和義大利等黑咖啡時，放置時間愈久，味道會較酸，而巴西咖啡的酸度比其他類咖啡要穩定一些。



▲ 討論各類咖啡實驗的 pH 值變化

二、咖啡抗氧化的功效

根據我們所查得的國內外發表的研究報告，指出脂質的氧化是人體從脂肪獲得能量的正常生理代謝之一，但近年來許多研究指出脂質過氧化所產生的自由基和氫過氧化物，對人體易產生種種不良的影響，包括老化、心血管疾病及癌症等；此外，含油脂食品的氧化酸敗亦是造成食品品質劣變與營養流失的因素之一，故為了健康著想，避免脂質過氧化實為重要的課題。在食品上，防止油脂氧化最普遍且有效的方法是直接添加抗氧化劑，但由於人工合成抗氧化劑如 BHA 與 BHT 可能造成動物肝、腎傷害及致癌性，而天然抗氧化劑 α -生育醇因價格稍嫌昂貴且溶解性及抗氧化性不如 BHA 與 BHT 等因素，所以在自然界中尋找更安全有效的新天然抗氧化劑亦成為學者們研究的重點之一。咖啡豆目前已被研究出具有抗氧化性的化學成分，包括咖啡酸、漂木酸等酚類化合物，所以具有抗氧化的效果。

在自然與生活科技課本中，曾經學過金屬、氧及空氣會產生氧化作用，使金屬質量增加，這提供了我們一個測量咖啡抗氧化效果的良好方法。於是，我們藉著鐵金屬在不同咖啡溶液中質量變化（增加）情形，作為抗氧化效果的定量研究。

我們將鐵金屬浸泡於不同的咖啡溶液（巴西、多納、義大利、摩卡、曼特寧、藍山）、不同咖啡的量（2g、5g、10g）、不同浸泡溫度（25 °C、50 °C、100 °C）所組成的反應系統中，能使鐵片質量增加最少，即為抗氧化效果最佳；反之，

如果鐵片增加的質量最多，則代表抗氧化效果最差。我們也比較在不加入任何咖啡的水中，鐵片的氧化情形。

(一)、不同種類咖啡的影響

我們研究不同咖啡的抗氧化效果，並且對照蒸餾水裡鐵金屬的氧化情形。根據我們研究的結果⁵，相較於不加入咖啡蒸餾水，各種咖啡皆能有效降低鐵片氧化程度，使鐵片質量增加的幅度降低。在 100°C 時，我們發現各種咖啡抗氧化的功效由大至小依序為 巴西 > 摩卡 > 曼特寧 > 義大利 > 藍山 > 多納。另外，不論使用 25°C、50°C 或 100°C 沖泡，巴西咖啡的抗氧化效果最好，多納咖啡效果最差。

為了比較出各類咖啡氧化幅度的差異，我們使用氧化幅度來表示，並且將數據整理為表四。以 100°C 而言，抗氧化效果最好的巴西咖啡與最差的多納咖啡相差達 25%。

$$\text{氧化降低的幅度}\% = \left(\frac{G_{\text{鐵金屬浸泡於各溶質溶液中增加的質量}}}{G_{\text{鐵金屬浸泡於純水中增加的質量}}} - 1 \right) \times 100\%$$

表四、鐵金屬在各種咖啡 5 克不同溫度浸泡 336 小時後，氧化下降的幅度

咖啡種類 \ 沖泡溫度	巴西	多納	義大利	摩卡	曼特寧	藍山
25°C	-67%	-32%	-47%	-58%	-59%	-45%
50°C	-70%	-38%	-52%	-62%	-63%	-50%
100°C	-75%	-50%	-61%	-73%	-70%	-60%
25°C 與 100°C 的差異	8%	18%	14%	15%	11%	15%

為什麼各類咖啡的抗氧化效果會有差距呢？胡文青（2005）⁶指出，咖啡豆內的物質必須透過烘焙才能釋放出來的！我們多納咖啡產業目前是小規模生產，以保留咖啡豆的果香、略酸又不太苦的口感為主，因此，烘焙程度並沒有太高⁷，相較於本實驗用的其他咖啡豆，抗氧化效果就較差。



▲ 準備量測各咖啡溶液的鐵金屬變化

⁵ 實驗數據在附錄三

⁶ 胡文青（2005），台灣的咖啡，p.38

⁷ 本實驗的多納咖啡豆以水洗法製做、中度烘焙

(二) 不同沖泡溫度的影響

根據研究結果，我們發現不同沖泡溫度會影響咖啡的抗氧化效果。以抗氧化效果來看，各類咖啡溶液的抗氧化效果都是 $100^{\circ}\text{C} > 50^{\circ}\text{C} > 25^{\circ}\text{C}$ 。根據文獻資料，以及我們的討論，提出影響咖啡抗氧化效果的原因：

1. 各咖啡本身的成分與製作的方式：

本次實驗的各種咖啡均為阿拉比卡種，依烘焙方式和混合比例才調出各種風味的咖啡。烘焙的過程中，加溫或日曬的時間短，咖啡豆的顏色就淺。一開始烘焙，咖啡豆裡的二氧化碳、水分、糖分，與單寧酸物質就開始被釋放了。隨著加溫或日曬時間愈久，咖啡豆顏色就深。中度烘焙 8~9 分鐘得，咖啡豆表面還會出現油脂。重度烘焙的咖啡豆比起原先豆子的重量就減少 20%，體積也膨脹 60%⁸。總之，烘焙的時間與方式影響了豆子釋放出的物質。

2. 提高沖泡溫度會增加溶解度

沖泡溫度的增加，增加了咖啡的溶解度，使咖啡豆裡的抗氧化物質釋放的更多。

3. 沖泡溫度的上升，使水中的含氧量減少

沖泡溫度上升後，溶液裡的含氧量就因此而減少，而含氧量減少，鐵金屬的氧化反應自然就會減緩，使得抗氧化的效果增加。

不過，改變沖泡溫度後，多納咖啡的抗氧化幅度改變最多，巴西咖啡的抗氧化幅度改變最少。根據上述文獻、我們分析的理由與實驗數據來看，這是因為巴西咖啡的在 25°C 時，抗氧化成份就已經可以被溶解出來⁹，因此，再增加沖泡溫度，對於提高抗氧化的幅度就沒有那麼多；相較下，多納咖啡的抗氧化成份較難被溶解出來，增加沖泡溫度，才能增加它釋放抗氧化物質，因此溫度對於多納咖啡的抗氧化幅度影響最大。



▲老師指導學生進行量測鐵金屬質量的變化

⁸ 上述資料均取自胡文青 (2005)，台灣的咖啡，p.38-39

⁹ 請看後面研究的「電導度差異」，就可以發現，巴西咖啡溶液的電導度最大，最易被溶解出來，而多納咖啡則最差

(三) 不同質量的影響

我們研究改變各類咖啡的質量(2g、5g、10g)，加入 100°C 的溶液時，其抗氧化效果的影響，並且把數據整理為附錄四，圖為 2-4~2-9。由圖可看出，各類咖啡質量愈大時，氧化的化鐵金屬質量就愈少，也就是抗氧化效果愈好。

不過，增加咖啡質量後，抗氧化效果增加的幅度會是呈正比嗎？於是，我們又將實驗所得的數據再整理為表五。

表五、鐵金屬在各種咖啡不同質量 100°C 浸泡 336 小時後氧化下降的幅度

咖啡種類 \ 質量	巴西	多納	義大利	摩卡	曼特寧	藍山
2g	-62%	-22%	-40%	-57%	-53%	-37%
5g	-66%	-32%	-47%	-63%	-59%	-45%
10g	-71%	-42%	-55%	-68%	-65%	-53%
2g 與 10g 的差異	9%	20%	15%	11%	12%	16%

由表五我們可以發現，咖啡質量的增加和抗氧化效果之間，並非呈現等比例的關係。以 2g 與 10g 的咖啡做比較，其質量增加了 500%，對於抗氧化效果最好的巴西咖啡也只增加 9%，不過對提升多納咖啡的抗氧化效果較具成效(有 20%)。換句話說，我們可以給愛喝濃咖啡的人一個建議，即使咖啡有抗氧化效果，但想喝濃度很高的咖啡，對於再次提高抗氧化的效果並不明顯。

那為什麼增加咖啡質量會提高抗氧化的效果呢？我們請教老師後，得到的結論是，依據濃度擴散原理，增加咖啡質量，溶液中的抗氧化成份的濃度與咖啡內部的濃度差距就最小，所以擴散的速率最慢，抗氧化增加的幅度也就最小；反之，多納咖啡抗氧化成份不容易被溶解出來，當其增加咖啡質量時，溶液中的抗氧化成份的濃度與咖啡內部的濃度差距就最大，所以擴散的速率最快，抗氧化增加的幅度也就最大。



▲學生進行量測鐵金屬質量的情形

三、各種咖啡的吸水效果

在咖啡店中，常常看到店家把沖泡後的咖啡粉加以乾燥後，置於洗手間中，不但提供香味、消除異味，與達到吸溼乾燥的效果。因此，我們也研究各種咖啡渣吸水效果。我們將實驗數據整理如表六。

表六、靜置各類咖啡渣，其吸收水氣後的每日質量的變化(g)

靜置時間(hr)	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
巴西	0	0.194	0.17	0.133	0.087	0.034	0.021	0.011	0.008	0.005	0	0	0	0	0
多納	0	0.245	0.21	0.163	0.107	0.045	0.036	0.023	0.012	0.009	0.006	0	0	0	0
義大利	0	0.206	0.198	0.159	0.098	0.032	0.022	0.020	0.009	0.006	0	0	0	0	0
摩卡	0	0.173	0.142	0.125	0.053	0.028	0.016	0.010	0.005	0	0	0	0	0	0
曼特寧	0	0.522	0.432	0.318	0.285	0.142	0.103	0.098	0.068	0.053	0.041	0.022	0.018	0.009	0.006
藍山	0	0.191	0.161	0.136	0.103	0.078	0.066	0.043	0.015	0.008	0.005	0	0	0	0

由上述的結果可知，各種咖啡吸水的效果為 曼特寧 > 多納 > 義大利 > 巴西 > 藍山 > 摩卡；曼特寧的吸水效果比摩卡最高約可增加約 202%；對於以上的結果我們提出以下的解釋。

根據我們所查得的資料，咖啡渣的主要成分是碳氫化合物，和活性碳的成分相似。而活性碳的表面積每公克可達 1000 平方公尺，甚至可比籃球場還大，是一種極優良的吸附質，每克活性炭的吸附面積可相當於八個網球場之多，而其吸附作用是藉由物理性與化學性吸附力構成。其組成物質除了碳元素外，尚含有少量的氫、氮、氧及灰份，其結構則為碳形成的六環物堆積而成。由於六環碳的不規則排列，造成了活性炭多微孔體積及高表面積的特性，故可利用以吸附水分子。

由於各種咖啡混合比例的不同，吸水量就會不同。不過，根據我們實驗的結果，每種咖啡都有吸水效果，可見咖啡渣真是一種很好的資源再利用的物質。



▲把咖啡溶液放入烤箱中，烤乾

四、電導度的差異

我們研究各種咖啡的電導度其結果如下表。

表七、靜置時間對不同咖啡電導度(ms/cm)的影響

沖泡溫度		咖啡種類					
		巴西	多納	義大利	摩卡	曼特寧	藍山
25 °C	2min	1.09	0.48	0.8	0.78	1.08	0.91
	28min	1.38	1.19	1.17	1.38	1.36	1.35
50 °C	2min	1.31	0.96	1.24	1.2	1.29	1.06
	28min	1.53	1.27	1.50	1.47	1.72	1.58
100 °C	2min	1.75	1.27	1.58	1.55	1.72	1.68
	28min	2.13	1.69	2.06	2.01	2.06	2.03

我們研究不同咖啡溶液的電導度，由大而小分別為 巴西>曼特寧>藍山>義大利>摩卡>多納。對此我們提出以下的解釋：當咖啡中的鹽類被水溶解出來後，會以離子的形態存在，因此，當水中插入一對電極且通電之後，在電場的作用下，帶電的離子就會產生一定方向的移動，即水中陰離子移向陽極，陽離子移向陰極，讓溶液起導電作用。溶液導電能力的強弱程度就稱為電導度。電導度反應了溶液中含鹽量（可導電離子）的多少。當我們以電導度計來測量不同的溶液，依據所得的數值就能推估溶液含可導電離子的多寡。

我們研究結果顯示，巴西咖啡的電導度最大，而多納咖啡最小，上述結果可表示出巴西的成分較容易被溶解出來，而多納的成分最難溶解，而在前述的結果中，我們也證實了巴西咖啡有最好的抗氧化效果。



▲認識電導度計的使用



▲利用電導度計量測各咖啡溶液

五、多納咖啡產業的發展

(一) 前言

一進入多納部落，右前方立刻出現一幢我們魯凱石板屋的特色咖啡店。這是在我們多納部落自產、自銷的多納咖啡。

即使一直住在多納部落裡，我們卻直到這幾年才注意到，原來多納部落一直默默的發展咖啡產業，而這幾年變得比較有點規模，也成為了當地產業的亮點。更想不到的是，我們訪問了部落咖啡店店家江美香小姐，也問了族語老師關於多納部落和咖啡之間的關連，更加確定早在日本統治時代，部落就已經在種植咖啡了！然而，當時我們部落居民只被教「種植咖啡」，卻沒有教導村民「咖啡的後製處理技術」，所以，多納部落才一直都沒有發展咖啡產業！儘管如此，這些咖啡樹仍然散落在村落裡的田邊、路邊，甚至茂林墳墓的附近會出現幾株咖啡樹！

我們問了族語老師一張正妹和魏頂上老師，他們都說魯凱族語裡沒有咖啡的字彙，因為咖啡是外來的，以前部落也沒有喝咖啡的文化，因此要稱呼「咖啡」直接用日文就好了。只是，他們也不知道怎麼稱呼。

(二) 咖啡產業的再興—以一山沐咖啡為例

既然我們多納長者們只會種植咖啡，卻不會烘焙技術，於是，咖啡產業就這樣漸漸沒落。直到民國 70 多年鳳山市農會¹⁰推廣咖啡產業，江美香小姐又學到咖啡種植方式。只是，當年台灣沒有喝咖啡的風氣，江美香小姐又不懂行銷，使得栽種出的咖啡園又漸漸荒廢。

直到這幾年，江小姐學習了更多咖啡知識與烘焙技術，她的先生也從事咖啡業，於是他們在多納部落開設一山沐咖啡店，這成了部落裡唯一一家自產、自銷的咖啡店，更是推展部落咖啡產業的重心據點。



▲多納咖啡店（一山沐咖啡）

¹⁰ 茂林區是屬於鳳山區農會的業務管轄

1.多納咖啡的種植—有機、對生態的傳統種植方式

目前，多納咖啡的咖啡樹主要種植在往「都巴灣」的山坡上，以及自家的林班地上。都巴灣離部落有一小段距離，店主每週都會去巡視，而林班地的咖啡園則較遠，比較少去巡視。

我們魯凱族世居山中，為了適應山坡地的種植環境，以及水土保持，我們族人習慣用石塊或是石板「堆出」田地，再順著坡度一層層往上種植。這樣的種植方式雖然類似梯田，卻不是用人工「鏟」出平地，因此具有以下優點：

- (1) 不會破壞山坡地原有的地形
- (2) 可以擋住因灌溉作物而流失掉的土壤
- (3) 石塊是隨手可得的自然物，維護與抽換方便

都巴灣在栽種咖啡園之前，原本是一片荒草地，但是這片荒草地仍然看得出族人早年的這種分層堆疊栽種。因此，當店主在此栽種咖啡後，就自然的採用這種代代相傳的種植方式！另外，為了能夠讓咖啡樹能吸收足夠的陽光，咖啡樹之間會留有間隙。目前，咖啡園大致有三層。

每到假日，店主會到都巴灣那裡的咖啡園施肥。為了栽培出有機、無毒的咖啡，店主以高麗菜、山蘇或龍鬚菜等蔬菜，再加入咖啡渣（沖泡咖啡後的殘渣）或是咖啡豆皮做發酵來做堆肥。店主說，這樣的有機肥料除了健康外，對咖啡的風味也有影響。至於灌溉，店主是接山泉水到田地中，不需要額外設置灑水系統。



▲用石頭堆出一層層的平地的種植方式（本照片植物不是咖啡）



▲部落裡的咖啡田，咖啡樹之間留有間隔

2.多納咖啡的後製技術—水洗法、日曬法、蜜處理

多納咖啡的烘焙處理技術有三種，水洗、蜜處理和日曬法，而水洗的咖啡豆最便宜，日曬法的咖啡豆會比較貴。

水洗法是採收咖啡豆後，直接用機器將咖啡豆脫皮（豆皮可以做肥料），再將脫皮的咖啡豆泡水。泡了一段時間後，咖啡果肉上的膠質就會自然溶掉，再撈起來日曬。日曬一到二個月後，再用機器烘焙。水洗咖啡豆的咖啡入口後，結尾略有酸味。

蜜處理則是將收成的咖啡豆用機器脫皮，脫皮後則直接用日曬一到二個月，直到豆子曬乾。曬乾後烘焙。

日曬法則將收成的咖啡豆直接日曬一到二個月，曬乾後再脫皮，脫皮完後，再烘焙。日曬法的咖啡入口後，會先苦再略酸。這三者的風味差異，據說行家可以分得出來喔！

在日曬的過程中，店家最怕的就是連日陰雨，萬一未曬乾的咖啡豆發霉，就得整批丟掉了。

不論是水洗洗、蜜處理或日曬法，這三者的烘焙程度又分為淺焙、中焙和深焙。深焙出的口感都會比較苦，淺焙則會有酸味。不過，咖啡有酸味是正常現象，因為咖啡本身就有果酸！

多納咖啡由於生長的海拔在中低海拔，為強調果香，因此咖啡大多是淺焙，帶有微低的酸味。



▲分離出來的咖啡豆豆皮



▲水洗咖啡豆，呈現白色



▲我（左方）順便幫忙曬咖啡豆喔！



▲去年11月，剛用水洗法處理的咖啡生豆

（三）未來的展望—由點到面的推廣

既然多納部落在日本統治時期就有種植咖啡的技術，因此，當店主在多納開立咖啡店後，部落裡的咖啡觀光業就逐漸建立。比如，多納部落裡的老人家又開始栽種咖啡，並將部落裡的咖啡豆賣給店家。

除了咖啡栽植的人數變多外，店主也做咖啡產業的推廣工作。目前，多納一山沐咖啡店除了販賣咖啡外，也有咖啡餅乾、咖啡愛玉，以及發展出咖啡手工皂。店主會教導部落裡的年青人做咖啡手工皂。不過，多納部落還是沒有喝咖啡的習慣。因此，多納一山沐咖啡店只固定在星期六、日才開放營業，那時遊客會比較多，而平日就比較少開店。不過去年開始，茂林部落產業中心也開始賣多納咖啡給外地遊客。

雖然，當我們訪問村民「多納的產業」時，大部份的村民還是先想到石板烤肉、賣石板、賣地瓜、南瓜、手工藝……等，加上咖啡的消費者都是外地人。不過，我們多納咖啡產業堅持自產、自銷，希望能成為部落的重要經濟產業之一，並且透過經濟活動，推展我們魯凱文化特色（我們多納咖啡店是魯凱傳統石板屋造型，更搭配魯凱原民風格的裝潢喔！）



▲我們與一山沐咖啡店店長

捌、結論

- 一、本次實驗中的各種咖啡皆呈現酸性，證明咖啡的確是酸性飲料，其 pH 值大小依序為 義大利 > 曼特寧 > 巴西 > 摩卡 > 藍山 > 多納。
- 二、各種咖啡的 pH 值會隨著沖泡溫度與靜置時間而下降，也就是會變酸
- 三、pH 值會隨著靜置時間而下降，以 100 為例，下降的幅度依序為 摩卡 > 義大利 > 多納 > 曼特寧 > 藍山 > 巴西。
- 四、咖啡溶液浸泡溫度的變化對摩卡、巴西咖啡的 pH 值影響較大。
- 五、隨著沖泡溫度的上升，各種咖啡 pH 值下降的幅度會變小。
- 六、各種咖啡從 2g 增加到 10g，其質量增加 5 倍，而 pH 值約降低 0.5 左右。
- 七、各類咖啡溶液的抗氧化效果都是 $100^{\circ}\text{C} > 50^{\circ}\text{C} > 25^{\circ}\text{C}$
- 八、咖啡抗氧化的功效由大至小依序為 巴西 > 摩卡 > 曼特寧 > 義大利 > 藍山 > 多納。咖啡抗氧化最好的巴西與最差的多納相差達 25%。
- 九、咖啡溶液增加沖泡溫度所增加的抗氧化幅度，最高為多納，最低為巴西。
- 十、加入的咖啡質量越大，抗氧化的效果越好，但非成等比例的關係；以 2g 與 10 g 的咖啡做比較，其質量增加了 500%，增加抗氧化效果最多的多納咖啡也只增加 20%；所以我們建議想喝咖啡來抗氧化的人不需要喝濃度很高的咖啡。
- 十一、各種咖啡吸水的效果為 曼特寧 > 多納 > 義大利 > 巴西 > 藍山 > 摩卡。
- 十二、不同咖啡溶液的電導度由大而小分別為 巴西 > 曼特寧 > 藍山 > 義大利 > 摩卡 > 多納；可見巴西咖啡的成分較容易被水溶解出來，而多納的成分最難溶解出來。
- 十三、我們多納部落目前已經種植有咖啡園，採有機種植、天然日曬，帶有淡淡蜜香，而且本次實驗也證明多納咖啡的酸度較低，咖啡渣的吸溼功效也很好。目前，部落的咖啡能自產自銷，主要販售給外地遊客，本地人尚未有喝咖啡的習慣，咖啡產業仍在發展當中。

參考資料

◎台灣咖啡 (2005), 胡文青, 遠足文化: 新北市

◎羅伯特·戴維斯 (2012), 誰說咖啡有害健康? 專家告訴你 65 則經過科學驗證的飲食真相: 台北商周出版社 p.176

◎訪談人物

1. 多納咖啡業者, 一山沐咖啡, 江美香小姐接受訪談
2. 多納里江淑婷小姐
3. 多納里江冠蕙小姐
4. 多納族語老師張正妹

◎尚品咖啡食品公司 <http://www.sanpin.com.tw>

◎Kohikan 咖啡館 <http://www.kohikan.com/culture/breed/breed4.htm>

◎<https://www.facebook.com/notes/哥斯大黎加咖啡/咖啡為什麼會酸/225138427500277>



▲我們參觀咖啡的處理過程 (感謝江冠蕙小姐)



▲我們研究團隊的合照

附錄一、各種不同咖啡 5 克之 pH 值隨浸泡溫度與靜置時間的變化

靜置時間 (min)		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
		質量														
巴西	25°C	6.07	5.88	5.82	5.8	5.75	5.71	5.68	5.65	5.64	5.63	5.63	5.62	5.62	5.61	5.58
	50°C	5.69	5.59	5.55	5.51	5.51	5.51	5.5	5.48	5.48	5.47	5.47	5.45	5.44	5.44	5.44
	100°C	5.47	5.43	5.42	5.4	5.39	5.38	5.35	5.34	5.33	5.33	5.3	5.27	5.27	5.25	5.25
多納	25°C	5.65	5.62	5.5	5.45	5.4	5.4	5.39	5.35	5.34	5.35	5.34	5.34	5.33	5.33	5.30
	50°C	5.49	5.28	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.23	5.22	5.19	5.18	5.17	5.15	5.15	5.13
	100°C	5.19	5.17	5.15	5.15	5.14	5.14	5.14	5.11	5.09	5.04	5.03	5.02	4.98	4.98	4.95
義大利	25°C	6.29	6.09	6.06	6.01	5.99	5.99	5.97	5.96	5.96	5.95	5.95	5.95	5.93	5.85	5.8
	50°C	6.04	5.86	5.85	5.85	5.85	5.84	5.84	5.83	5.82	5.79	5.77	5.75	5.74	5.72	5.69
	100°C	5.85	5.84	5.79	5.75	5.75	5.74	5.74	5.69	5.66	5.64	5.6	5.6	5.6	5.56	5.55
摩卡	25°C	6.05	5.84	5.62	5.6	5.58	5.56	5.56	5.56	5.56	5.55	5.54	5.54	5.54	5.51	5.48
	50°C	5.72	5.48	5.47	5.45	5.43	5.43	5.42	5.39	5.39	5.38	5.38	5.38	5.37	5.35	5.34
	100°C	5.42	5.39	5.37	5.35	5.34	5.34	5.29	5.25	5.24	5.2	5.2	5.19	5.18	5.16	5.1
曼特寧	25°C	6.1	5.77	5.76	5.76	5.75	5.75	5.75	5.74	5.72	5.72	5.72	5.71	5.71	5.69	5.61
	50°C	5.72	5.71	5.7	5.7	5.7	5.68	5.68	5.68	5.66	5.66	5.65	5.63	5.61	5.58	5.56
	100°C	5.66	5.65	5.64	5.63	5.61	5.61	5.6	5.59	5.58	5.56	5.54	5.47	5.45	5.44	5.42
藍山	25°C	5.69	5.58	5.58	5.58	5.56	5.56	5.55	5.55	5.55	5.55	5.54	5.51	5.51	5.5	5.48
	50°C	5.55	5.47	5.47	5.45	5.45	5.43	5.42	5.39	5.39	5.39	5.39	5.39	5.38	5.37	5.37
	100°C	5.43	5.39	5.38	5.38	5.37	5.37	5.35	5.34	5.33	5.31	5.31	5.27	5.25	5.24	5.24
純水	25°C	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00

附錄二、不同質量各種不同咖啡浸泡在 100 ml 純水中 pH 值隨時間的變化

靜置時間 (min)		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
巴西	2g	5.72	5.65	5.65	5.62	5.60	5.61	5.56	5.55	5.56	5.53	5.47	5.49	5.45	5.43	5.41
	5g	5.47	5.43	5.42	5.4	5.39	5.38	5.35	5.34	5.33	5.3	5.27	5.27	5.25	5.25	5.2
	10g	5.17	5.16	5.15	5.14	5.13	5.10	5.09	5.08	5.05	5.03	5.02	5.01	5.00	4.95	4.92
多納	2g	5.41	5.39	5.35	5.36	5.34	5.34	5.37	5.32	5.33	5.24	5.23	5.25	5.20	5.20	5.17
	5g	5.19	5.17	5.15	5.15	5.14	5.14	5.14	5.11	5.09	5.04	5.03	5.02	4.98	4.98	4.95
	10g	4.93	4.91	4.91	4.90	4.90	4.90	4.87	4.85	4.80	4.79	4.78	4.74	4.75	4.72	4.70
義大利	2g	5.14	5.09	5.10	5.08	5.08	5.11	5.07	5.08	4.99	4.98	5.00	4.92	4.96	4.94	4.92
	5g	4.93	4.91	4.91	4.90	4.90	4.90	4.87	4.85	4.80	4.79	4.78	4.74	4.75	4.72	4.70
	10g	4.68	4.68	4.67	4.67	4.67	4.64	4.62	4.57	4.57	4.56	4.52	4.52	4.49	-0.45	0.01
摩卡	2g	5.66	5.61	5.59	5.56	5.54	5.59	5.53	5.46	5.48	5.40	5.41	5.40	5.40	5.38	5.38
	5g	5.42	5.39	5.37	5.35	5.34	5.34	5.29	5.25	5.24	5.2	5.2	5.19	5.18	5.16	5.1
	10g	5.14	5.12	5.10	5.09	5.09	5.04	5.00	4.99	4.95	4.96	4.95	4.94	4.92	4.88	4.86
曼特寧	2g	5.89	5.87	5.86	5.86	5.82	5.83	5.82	5.81	5.81	5.79	5.82	5.70	5.67	5.67	5.65
	5g	5.66	5.65	5.64	5.63	5.61	5.61	5.6	5.59	5.58	5.56	5.54	5.47	5.45	5.44	5.42
	10g	5.38	5.37	5.36	5.35	5.35	5.34	5.33	5.32	5.30	5.28	5.21	5.19	5.18	5.16	5.15
藍山	2g	5.68	5.60	5.58	5.59	5.57	5.59	5.56	5.55	5.50	5.48	5.45	5.43	5.55	5.35	5.33
	5g	5.43	5.39	5.38	5.38	5.37	5.37	5.35	5.34	5.33	5.31	5.31	5.27	5.25	5.15	5.15
	10g	5.13	5.13	5.13	5.12	5.12	5.10	5.09	5.08	5.06	5.06	5.02	5.00	4.92	4.91	4.91

附錄三、鐵金屬在各種不同咖啡質量 5g 使用不同溫度浸泡鐵金屬質量增加的差異

靜置時間 (hr)		0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
		0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
巴西	25 °C	0	0.168	0.282	0.400	0.517	0.632	0.748	0.860	0.973	1.084	1.194	1.303	1.412	1.517	1.623
	50 °C	0	0.146	0.254	0.361	0.466	0.571	0.674	0.777	0.878	0.979	1.078	1.177	1.274	1.370	1.466
	100 °C	0	0.121	0.209	0.288	0.379	0.455	0.549	0.629	0.712	0.792	0.873	0.952	1.032	1.112	1.191
多納	25 °C	0	0.324	0.569	0.811	1.050	1.286	1.521	1.754	1.983	2.210	2.435	2.659	2.879	3.098	3.315
	50 °C	0	0.293	0.513	0.731	0.948	1.161	1.373	1.583	1.790	1.996	2.199	2.401	2.600	2.797	2.993
	100 °C	0	0.246	0.434	0.599	0.774	0.946	1.117	1.286	1.453	1.618	1.782	1.945	2.105	2.265	2.422
義大利	25 °C	0	0.305	0.489	0.671	0.851	1.029	1.207	1.381	1.554	1.726	1.895	2.063	2.229	2.394	2.558
	50 °C	0	0.275	0.441	0.606	0.769	0.930	1.089	1.247	1.403	1.558	1.711	1.863	2.013	2.162	2.309
	100 °C	0	0.232	0.366	0.498	0.629	0.759	0.888	1.015	1.141	1.266	1.386	1.511	1.632	1.752	1.871
摩卡	25 °C	0	0.214	0.364	0.514	0.661	0.807	0.951	1.094	1.236	1.376	1.515	1.652	1.788	1.923	2.056
	50 °C	0	0.194	0.329	0.464	0.597	0.729	0.859	0.988	1.116	1.243	1.368	1.492	1.615	1.736	1.857
	100 °C	0	0.151	0.261	0.372	0.483	0.588	0.696	0.797	0.899	1.012	1.092	1.125	1.189	1.269	1.326
曼特寧	25 °C	0	0.205	0.352	0.496	0.639	0.782	0.922	1.061	1.200	1.336	1.471	1.604	1.737	1.868	1.998
	50 °C	0	0.185	0.317	0.448	0.577	0.706	0.833	0.958	1.083	1.206	1.328	1.449	1.568	1.686	1.804
	100 °C	0	0.149	0.256	0.361	0.465	0.569	0.671	0.772	0.873	0.972	1.070	1.167	1.264	1.359	1.454
藍山	25 °C	0	0.319	0.513	0.704	0.893	1.080	1.266	1.450	1.633	1.813	1.992	2.167	2.342	2.515	2.687
	50 °C	0	0.288	0.462	0.635	0.806	0.976	1.143	1.309	1.474	1.636	1.798	1.957	2.115	2.271	2.426
	100 °C	0	0.242	0.383	0.522	0.660	0.796	0.931	1.065	1.198	1.319	1.449	1.577	1.704	1.830	1.955
純水	25 °C	0	0.368	0.727	1.084	1.439	1.791	2.140	2.488	2.833	3.176	3.517	3.855	4.192	4.526	4.857

附錄四、鐵金屬在各種不同咖啡質量 使用 100 ℃ 溫度浸泡鐵金屬質量增加的差異

靜置時間 (hr)		0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
巴西	2g	0	0.139	0.242	0.331	0.435	0.522	0.629	0.721	0.815	0.908	0.999	1.087	1.182	1.273	1.365
	5g	0	0.121	0.209	0.288	0.379	0.455	0.549	0.629	0.712	0.792	0.873	0.952	1.032	1.112	1.191
	10g	0	0.101	0.176	0.243	0.322	0.390	0.471	0.540	0.611	0.682	0.750	0.821	0.886	0.955	1.022
多納	2g	0	0.284	0.499	0.687	0.887	1.084	1.279	1.472	1.663	1.851	2.038	2.225	2.407	2.590	2.769
	5g	0	0.246	0.434	0.599	0.774	0.946	1.117	1.286	1.453	1.618	1.782	1.945	2.105	2.265	2.422
	10g	0	0.206	0.367	0.508	0.658	0.806	0.952	1.097	1.240	1.382	1.522	1.662	1.799	1.936	2.071
義大利	2g	0	0.268	0.421	0.572	0.721	0.870	1.017	1.162	1.306	1.449	1.586	1.729	1.867	2.004	2.140
	5g	0	0.232	0.366	0.498	0.629	0.759	0.888	1.015	1.141	1.266	1.386	1.511	1.632	1.752	1.871
	10g	0	0.194	0.309	0.422	0.534	0.645	0.756	0.865	0.973	1.080	1.183	1.290	1.394	1.497	1.599
摩卡	2g	0	0.175	0.301	0.428	0.555	0.675	0.798	0.913	1.030	1.159	1.250	1.288	1.361	1.452	1.518
	5g	0	0.151	0.261	0.372	0.483	0.588	0.696	0.797	0.899	1.012	1.092	1.125	1.189	1.269	1.326
	10g	0	0.124	0.219	0.314	0.409	0.499	0.591	0.678	0.765	0.862	0.931	0.959	1.014	1.083	1.131
曼特寧	2g	0	0.173	0.295	0.415	0.534	0.653	0.769	0.885	1.000	1.113	1.225	1.336	1.447	1.555	1.664
	5g	0	0.149	0.256	0.361	0.465	0.569	0.671	0.772	0.873	0.972	1.070	1.167	1.264	1.359	1.454
	10g	0	0.122	0.214	0.304	0.393	0.483	0.570	0.657	0.743	0.828	0.912	0.995	1.078	1.160	1.241
藍山	2g	0	0.279	0.440	0.599	0.757	0.912	1.066	1.219	1.371	1.510	1.658	1.804	1.949	2.093	2.236
	5g	0	0.242	0.383	0.522	0.660	0.796	0.931	1.065	1.198	1.319	1.449	1.577	1.704	1.830	1.955
	10g	0	0.203	0.323	0.442	0.561	0.677	0.793	0.908	1.022	1.125	1.237	1.347	1.456	1.564	1.671