

第六屆 原住民華碩雲端科展

愛玉中的科學



團隊名稱：Teldreka 潛能開發團隊

團隊成員：馬睿啟、簡雅鳳、江冠蕙、鍾婉君

指導老師：鍾志華、張雅玲、曾家暉

壹、研究緣起

炎熱的夏季裡，我們喝著部落裡盛產的愛玉，既好喝，又清涼消暑。仔細想想，我們雖然看過家人和部落人們在洗愛玉，卻沒有仔細了解過愛玉的生長。另外，我們也好奇自己的魯凱文化和部落對愛玉有什麼看法呢？！

另外，部落人們告訴我們，使用村裡的冰涼的山泉水較能使愛玉凝結，變得又Q又好吃。這讓我們很好奇，為什麼一定要用冰涼的山泉水？難道，水質和溫度會影響愛玉的凝結嗎？希望能由實驗讓我們瞭解道水質和溫度對愛玉凝結的影響差異。

根據資料，我們知道水質中的鈣離子會使愛玉的凝結。於是，我們又想到另一個主意——用愛玉的凝結狀況來測試「奶粉中的鈣含量」！

貳、研究目的

- 一、 研究不同水質（蒸餾水、逆滲透水、山泉水、自來水、礦泉水）對於愛玉凝結率的影響
- 二、 不同質量愛玉（4g、8g、12g）對於凝結率的影響
- 三、 不同溫度（5°C、25°C、100°C）對於凝結率的影響
- 四、 利用愛玉的凝結率來檢測不同品牌、種類的奶粉含鈣離子的多寡
- 五、 了解部落文化與愛玉

參、研究設備

編號	名稱	廠牌	規格	備註
1	電導度計	Lutron	CD-4301	
2	電子天平	AND	HL-400	
3	篩網	永原儀器		
4	愛玉			部落商店購買野生愛玉子
5	蒸餾水	福歌化工廠		
6	逆滲透水			學校 RO 水
7	山泉水			茂林里山泉水
8	自來水			學校自來水
9	礦泉水			某牌礦泉水
10	奶粉			A（全脂、低脂、脫脂）、B（全脂）、C 牌（全脂）

肆、研究過程

一、研究不同水質（蒸餾水、逆滲透水、山泉水、自來水、礦泉水）、不同質量對於愛玉凝結率的影響

- (一) 取不同水質（蒸餾水、逆滲透水、山泉水、自來水、礦泉水）200ml
- (二) 使用電導度計測量不同水質的電導度，並紀錄之
- (三) 加入 4g 的愛玉子，並覆蓋保鮮膜以防止水分散失
- (四) 每隔 24 小時使用篩網過濾，並量測凝結於篩網的愛玉凍質量

(五) 計算不同實驗組的愛玉凝結率 $\frac{\text{質量}_{\text{留在篩網上}}}{\text{質量}_{\text{未過濾前的質量}}} \times 100\%$

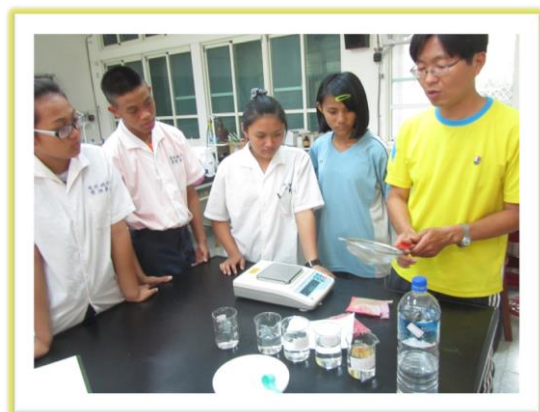
- (六) 量測溶液電導度
- (七) 重覆上述步驟，直至 120 小時為止
- (八) 重覆上述步驟，分別測量 8g、12g 愛玉子的凝結率

二、不同溫度(5°C、25°C、100°C)對於愛玉凝結率的影響

- (一) 取不同水質（蒸餾水、逆滲透水、山泉水、自來水、礦泉水）200ml
- (二) 使用電導度計測量不同水質的電導度，並紀錄之
- (三) 加入 4g 的愛玉子，並覆蓋保鮮膜以防止水分散失
- (四) 每隔 24 小時使用篩網過濾，並量測凝結於篩網的愛玉凍質量

(五) 計算不同實驗組的愛玉凝結率 $\frac{\text{質量}_{\text{留在篩網上}}}{\text{質量}_{\text{未過濾前的質量}}} \times 100\%$

- (六) 量測溶液電導度
- (七) 重覆上述步驟，直至 120 小時為止
- (八) 重覆上述步驟，分別測量 8g、12g 愛玉子的凝結率
- (九) 使用 5°C、100°C 不同水質浸泡，並重複上述步驟



三、利用愛玉的凝結率來檢測不同品牌、不同種類的奶粉含鈣離子的多寡

- (一) 取蒸餾水 200ml 至燒杯中
- (二) 加入不同品牌，調調不同重量百分濃度（1%、2%、3%）的奶粉溶液（即加入 2g、4g、6g 奶粉）
- (三) 測量其電導度
- (四) 加入 4g 的愛玉，並覆蓋保鮮膜以防止水分散失
- (五) 每隔 24 小時使用篩網過濾，並量測凝結於篩網的愛玉凍質量

- (六) 計算不同實驗組的愛玉凝結率 $\frac{\text{質量}_{\text{留在篩網上}}}{\text{質量}_{\text{未過濾前的質量}}} \times 100$ %。
- (七) 量測溶液電導度
- (八) 重覆上述的步驟，直至 120 小時為止

四、找尋文獻資料，並訪談部落耆老與愛玉農

- (一) 搜集並整理有關愛玉的資料
- (二) 訪談部落耆老，以了解愛玉與魯凱族文化的相關
- (三) 訪談愛玉農，以了解愛玉的特色與部落愛玉產業的發展



▲訪談多納部落的愛玉農

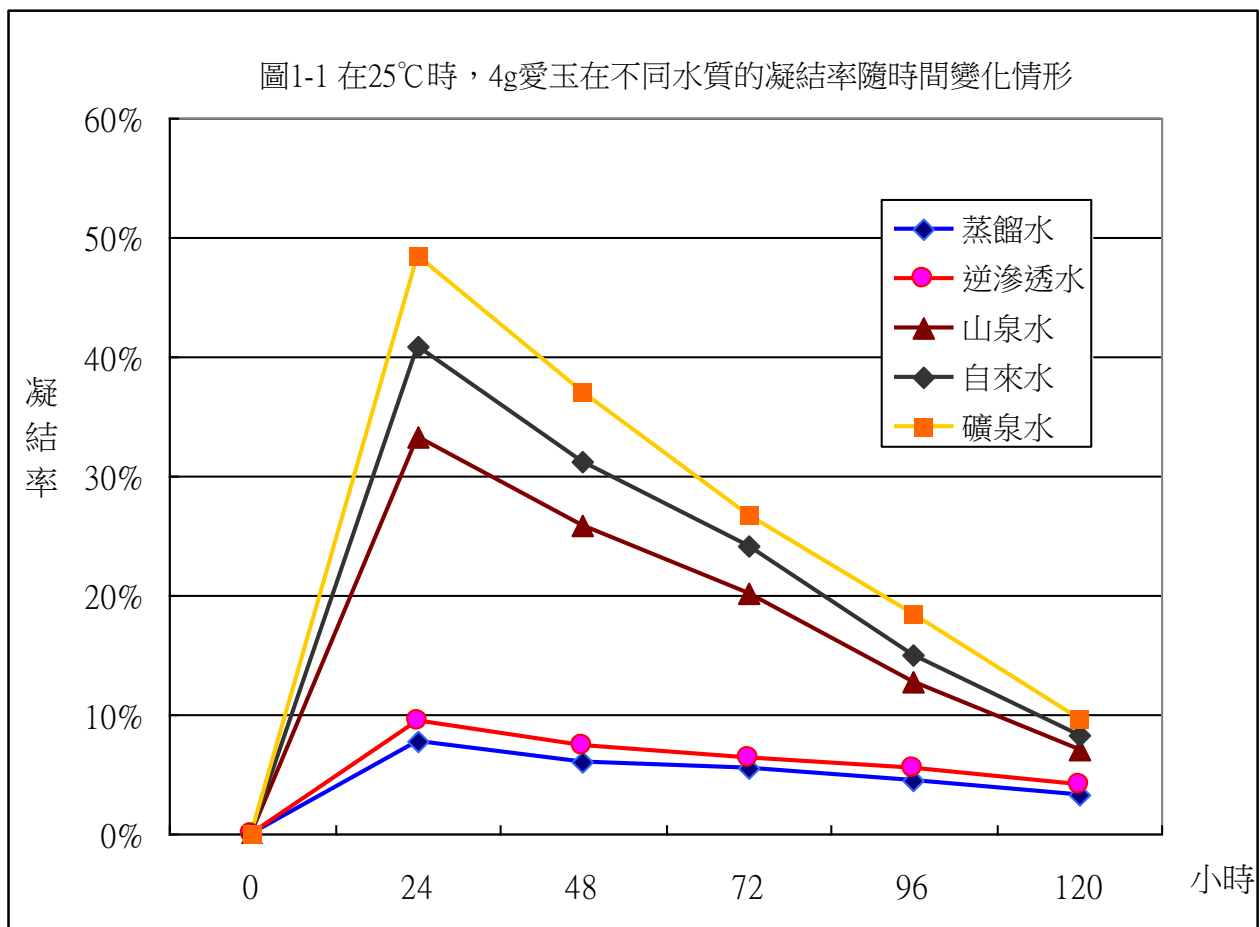
伍、愛玉中的科學

一. 水質與凝結率的關係

我們使用不同的水質（蒸餾水、逆滲透水、山泉水、自來水、礦泉水），加入 4g 的愛玉子做凝結實驗。本實驗的凝結率的計算方式為： $(\text{留在篩網上的愛玉凍質量} \div \text{未過濾前的質量}) \times 100\%$ 。我們將實驗結果整理為表一，和圖 1-1。

表一、在 25°C 時，4g 愛玉在不同水質的凝結率隨時間的變化情形

水質 \ 時間 (hr)	0	24	48	72	96	120
蒸餾水	0	7.70%	6.00%	5.60%	4.50%	3.20%
逆滲透水	0	9.40%	7.50%	6.30%	5.60%	4.20%
山泉水	0	33.30%	25.80%	20.20%	12.70%	7.10%
自來水	0	40.80%	31.20%	24.10%	15.00%	8.30%
礦泉水	0	48.40%	37.10%	26.70%	18.40%	9.60%



由實驗結果發現，不同水質的愛玉凝結率依大小排序為：礦泉水>自來水>（茂林）山泉水>逆滲透水>蒸餾水。

雖然，我們族人說山泉水來洗愛玉的凝結效果最好，但實驗結果卻顯示對愛玉的凝結效果來說，礦泉水>自來水>（茂林）山泉水。待實驗結束後，我們有再度詢問店家，並且檢視各項資料，得到以下的解釋：

1. 我們村人說「用山泉水洗愛玉的效果會比較好」！細查，我們實驗所使用的礦泉水也是山泉水的一種，可見，族人的說法並沒有錯誤。本實驗的礦泉水的水源地是「雪山」，而且經過加工製造，也許就是造成礦物質和鈣含量會比較多的原因。我們也曾聽過，有人用更深山裡的鬼湖水來做愛玉，效果與口感更不同。
2. 根據我們訪查，店家表示「如果山泉水不夠，用煮沸後冷卻的自來水也可以用來洗愛玉」。這點和我們的實驗結果相同，也跟我們找到的資料相符¹—自來水也能使愛玉凝結。
3. 店家是用多納山區（較高海拔）的山泉水，但本實驗為了取用上的安全，使用茂林山區的山泉水（較低海拔）。山區取水位置的不同，導致鈣離子含量的差異。另外，在我們茂林里取用的山泉水，煮沸後，幾乎沒有茶垢，可見鈣離子含量並不高。

在本實驗中，我們有量測各溶液的電導度，可證明我們上述3的解釋（茂林山泉水的鈣離子含量並不高²）。為什麼電導度可以測試水質 Ca^{2+} 離子的多寡呢？這是因為在溶液中插入一對通電的電極，在電場作用下，陰離子移向陽極，陽離子移向陰極，產生導電作用，而導電作用的強弱即為電導度。因此，當電導度愈高，表示溶液中的離子量越多。表二，是我們測得各水質的電導度。

表二、各水質的電導度

水質	礦泉水 （雪山山泉水）	自來水	山泉水 （茂林）	逆滲透水	蒸餾水
電導度 (ms/cm)	0.255	0.119	0.084	0.013	0

各水質電導度依大小依序是 礦泉水>自來水>山泉水>逆滲透水>蒸餾水，這和我們實驗的水質對愛玉凝結率的排序結果相同。

¹ <https://zh-tw.facebook.com/clock821/posts/507775882571310> 斗南小輝俠手工愛玉（阿里山野生愛玉）

² 愛玉會凝結是雌性隱花瘦果中果膠的 COO^- 基與 Ca^{2+} 離子結合，因此，不同水質中 Ca^{2+} 離子的多寡是決定愛玉凝結率的關鍵因素。

另外，分析實驗所得的 24 小時後各溶液的愛玉凝結率資料，我們發現凝結率表現較差的蒸餾水凝結率為 7.7%，而表現最好的礦泉水為 48.4%，兩者差距可以達到 40.7%，可見，不同水質對於愛玉的凝結率有關鍵性的影響。

二. 愛玉質量與凝結率的關係

我們想要瞭解，加入愈多的愛玉子，對於愛玉凝結的影響，所以，我們在 200ml 的不同水質中，加入了不同質量（4g、8g、12g）的愛玉。我們將實驗結果記錄整理如表三，再繪製成圖 2-1、圖 2-2 和圖 2-3。

表三、不同水質，加入不同質量的愛玉子，經 24 小時後的凝結率

		4g 愛玉子	8g 愛玉子	12g 愛玉子
蒸餾水	5°C	10.2%	15.1%	33.5%
	25°C	7.7%	11.7%	25.8%
	100°C	2.2%	3.1%	9.3%
逆滲透水	5°C	13.2%	22.6%	42.7%
	25°C	9.4%	17.1%	33.7%
	100°C	3.2%	4.3%	10.4%
山泉水 (茂林)	5°C	43.4%	50.5%	61.7%
	25°C	33.3%	39.1%	47.5%
	100°C	10.6%	12.7%	15.7%
自來水	5°C	51.9%	57.2%	62.8%
	25°C	40.8%	45.6%	51.0%
	100°C	13.1%	15.7%	17.6%
礦泉水	5°C	60.6%	67.8%	78.1%
	25°C	48.4%	56.1%	64.4%
	100°C	15.7%	18.1%	20.5%

圖2-1 以5°C水浸泡24小時後，不同水質和質量的愛玉凝結率

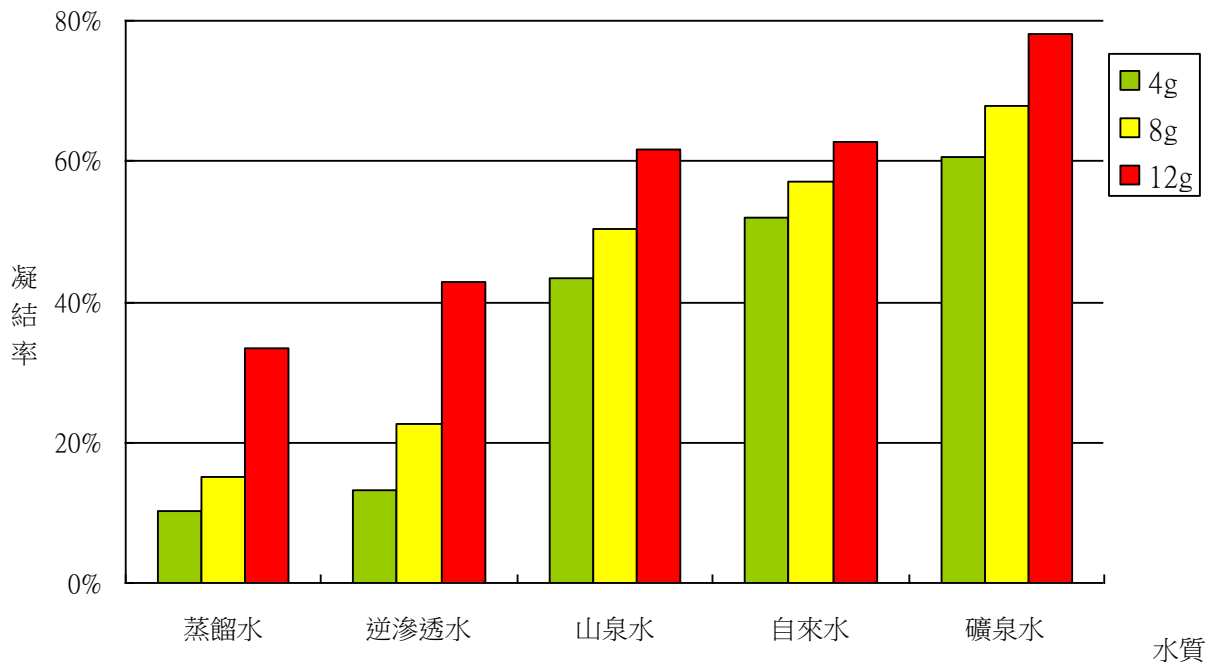
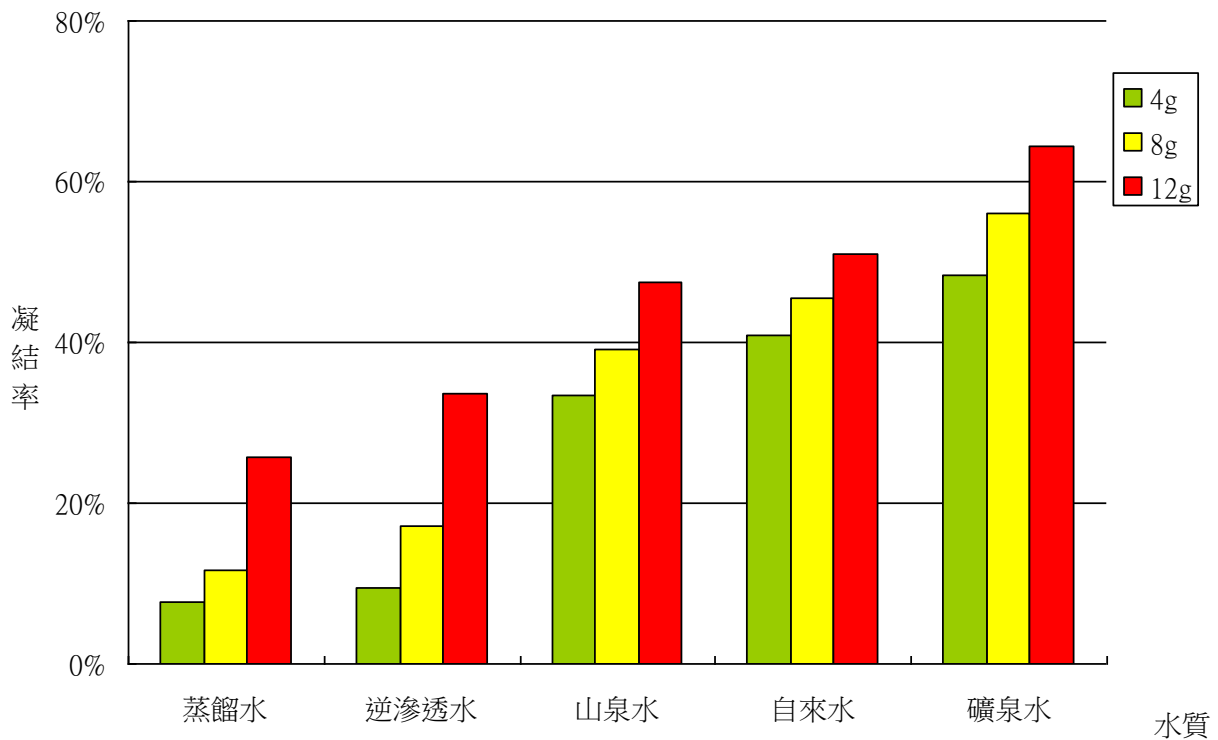
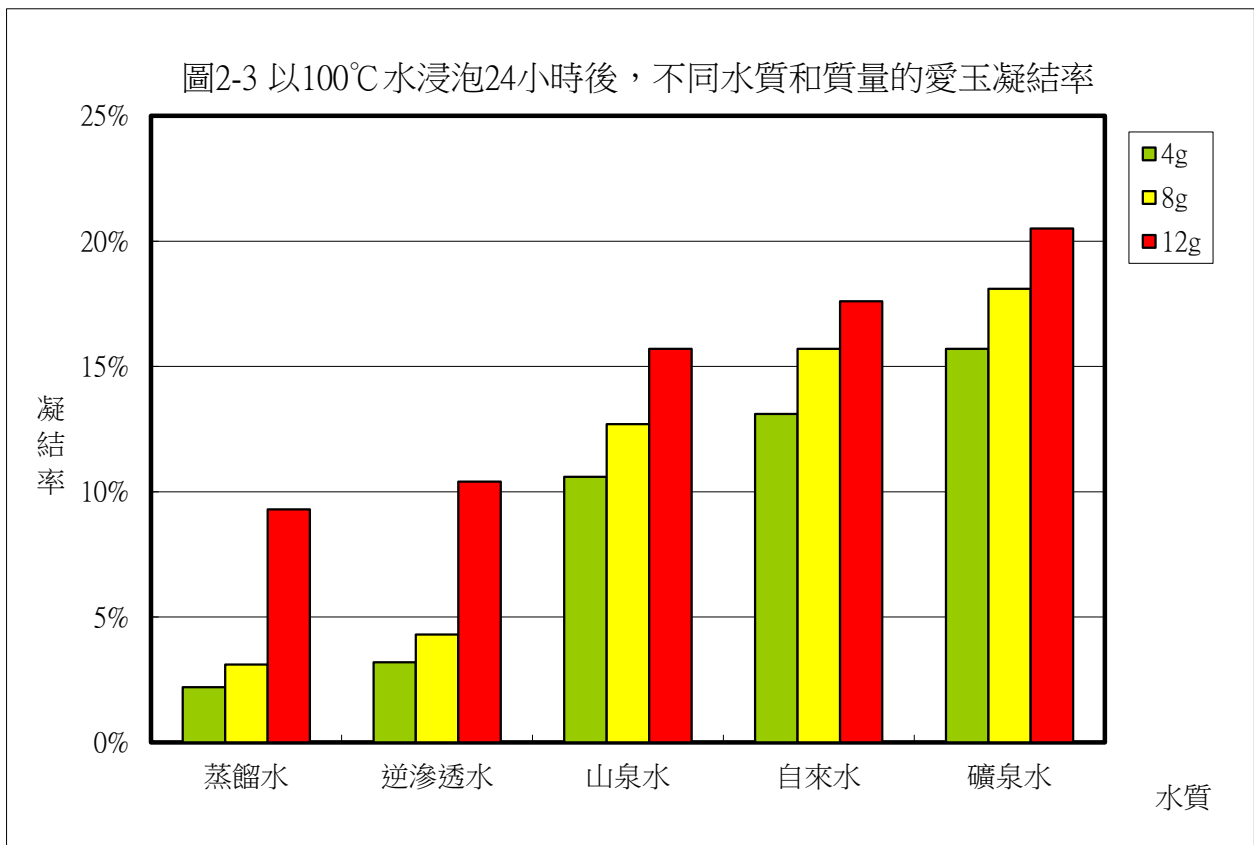


圖2-2 以25°C水浸泡24小時後，不同水質和質量的愛玉凝結率





由上述圖表可以發現，不論是 5°C、25°C 或 100°C 時，增加愛玉子的質量，凝結率也會增加。

不過，愛玉凝結率和愛玉子質量的增加並非成正比。觀察上述圖 2-1、圖 2-2，和圖 2-3 可以發現，當我們增加了 2 倍、3 倍的愛玉子質量時，礦泉水、自來水和山泉水的凝結率增加幅度不大；反而，蒸餾水和逆滲透水的凝結率上升幅度較其他三者為多。對於這樣的結果我們提出以下的解釋：

1. 蒸餾水的電導度為零，表示水中無 Ca^{2+} 離子的存在，但不論是浸泡於何種溫度，溶液仍然出現凝結現象，只是數據比較低。由此可推論，愛玉子浸泡於水中也會釋出 Ca^{2+} 離子造成凝結。
2. 根據我們對電導度的實驗結果，各種水質的電導度皆會隨著浸泡時間而增加，由此可再次證明浸泡於水中也會釋出 Ca^{2+} 離子。

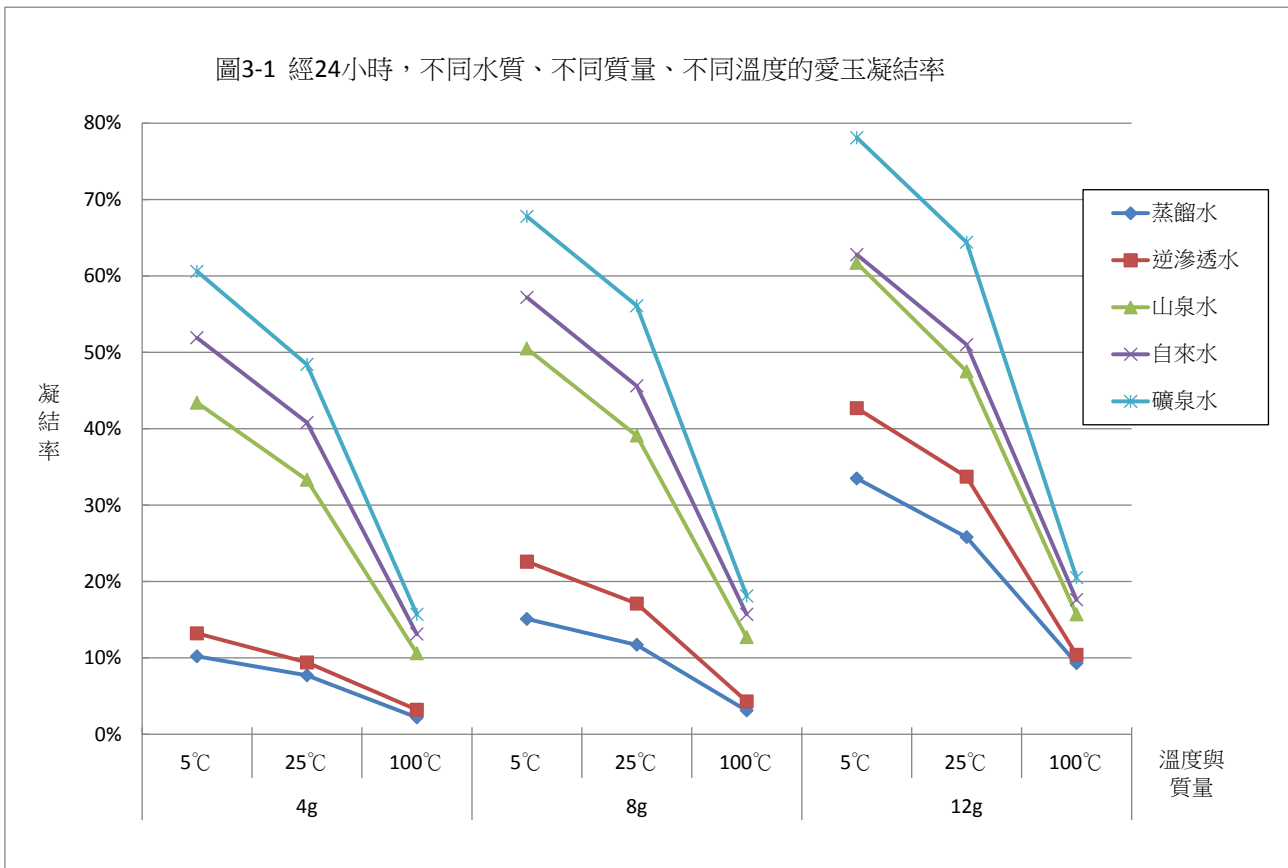
即然如此，當我們將愛玉子質量由 4g 提升為 8g 和 12g 後，對於原本沒有 Ca^{2+} 離子的蒸餾水，以及 Ca^{2+} 離子較低的逆滲透水就會出現較顯著的影響。

部落裡的愛玉農也說，他們洗愛玉大約用 50g 的愛玉子加上 4500c.c 的水，如果要愛玉凍 Q 一點，就用 4000ml 的水。加太多愛玉，並不見得會洗出更多的愛玉凍。我們實驗結果也符合上述說法。

不過，對於愛玉與水的比例，各有不同看法。依我們部落的愛玉農所言，愛玉子與水的比例大約為 1：80 或 1：90，但也人用 1：40~60³來洗愛玉。

三. 溫度與凝結率的關係

部落村人說，洗愛玉子要用冰涼的山泉水，所以，我們就改變溶液溫度。一般而言，室溫溶液定為 25°C，我們嘗試用 5°C 的冰水，以及 100°C 來做為比較。經過我們實驗，數據呈現於前述表三，為方便觀察水質、質量和溫度對於愛玉凝結率的影響，我們將實驗數據繪製為圖 3-1。



觀察圖 3-1 可以發現，不論是何種水質，當溫度上升時，凝結率均呈現下降趨勢。實驗結果符合部落族人和愛玉農的說法，要用「冰涼」的水來洗愛玉會比較好。

對於實驗結果顯示冰水較有助於愛玉凝結的現象，我們提出的解釋為：愛玉果膠中的 COO^- 基與 Ca^{2+} 離子會包埋水而行成凝膠狀，這種交互聯結反應為放熱反應，因此，當溶液的溫度愈高，越不利進行聯結反應。

³第 45 屆 (1996) 全國中小學科展作品「愛玉～愛在凍結時」，提出以 1：100 的比例，用自來水來洗愛玉的效果佳。但依據我們訪談愛玉農與耆老，太多水也可洗出愛玉，但愛玉凍會比較軟。

第 50 屆 (2000) 全國中小學科展作品「凍」裡乾坤—愛玉凝膠因子之探討，提出 1：40~60 來洗愛玉。

四. 時間與凝結率的關係

我們比較浸泡在不同水質、質量和溫度時，愛玉經 24 小時和 120 小時的凝結率，整理數據為表四，並繪製為圖 4-1、圖 4-2，和圖 4-3。

表四、浸泡在不同水質、質量和溫度時，愛玉經 24 小時和 120 小時的凝結率

水質	浸泡溫度	4g 愛玉子		8g 愛玉子		12g 愛玉子	
		24 小時	120 小時	24 小時	120 小時	24 小時	120 小時
蒸餾水	5°C	10.2%	5.1%	15.1%	8.3%	33.5%	13.1%
	25°C	7.7%	3.2%	11.7%	5.2%	25.8%	9.7%
	100°C	2.2%	0.8%	3.1%	1.2%	9.3%	2.1%
逆滲透水	5°C	13.2%	7.6%	22.6%	13.6%	42.7%	21.5%
	25°C	9.4%	4.2%	17.1%	8.1%	33.7%	16.2%
	100°C	3.2%	1.1%	4.3%	1.6%	10.4%	3.5%
山泉水	5°C	43.4%	10.2%	50.5%	28.7%	61.7%	37.1%
	25°C	33.3%	7.1%	39.1%	20.8%	47.5%	26.8%
	100°C	10.6%	1.3%	12.7%	4.1%	15.7%	5.1%
自來水	5°C	51.9%	11.9%	57.2%	33.7%	62.8%	45.7%
	25°C	40.8%	8.3%	45.6%	26.2%	51.0%	34.4%
	100°C	13.1%	1.6%	15.7%	5.3%	17.6%	7.1%
礦泉水	5°C	60.6%	13.6%	67.8%	46.4%	78.1%	53.7%
	25°C	48.4%	9.6%	56.1%	35.4%	64.4%	38.3%
	100°C	15.7%	1.7%	18.1%	7.1%	20.5%	8.4%

圖4-1 4g愛玉在24小時和120小時，其凝結率變化

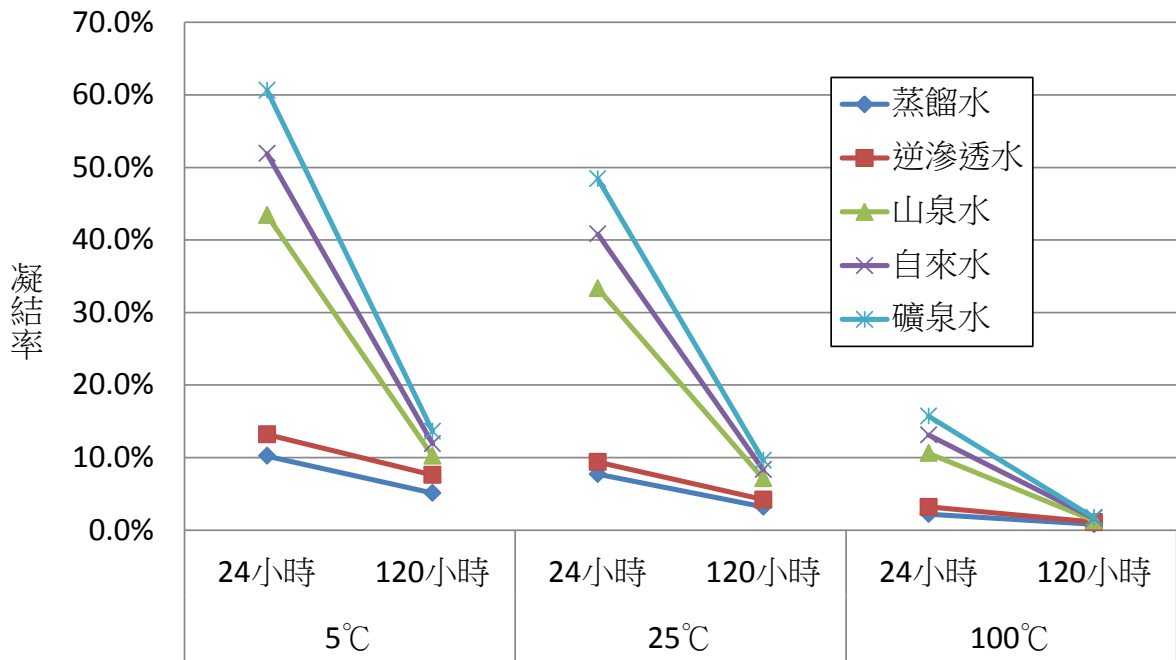


圖4-2 8g愛玉在24小時和120小時，其凝結率變化

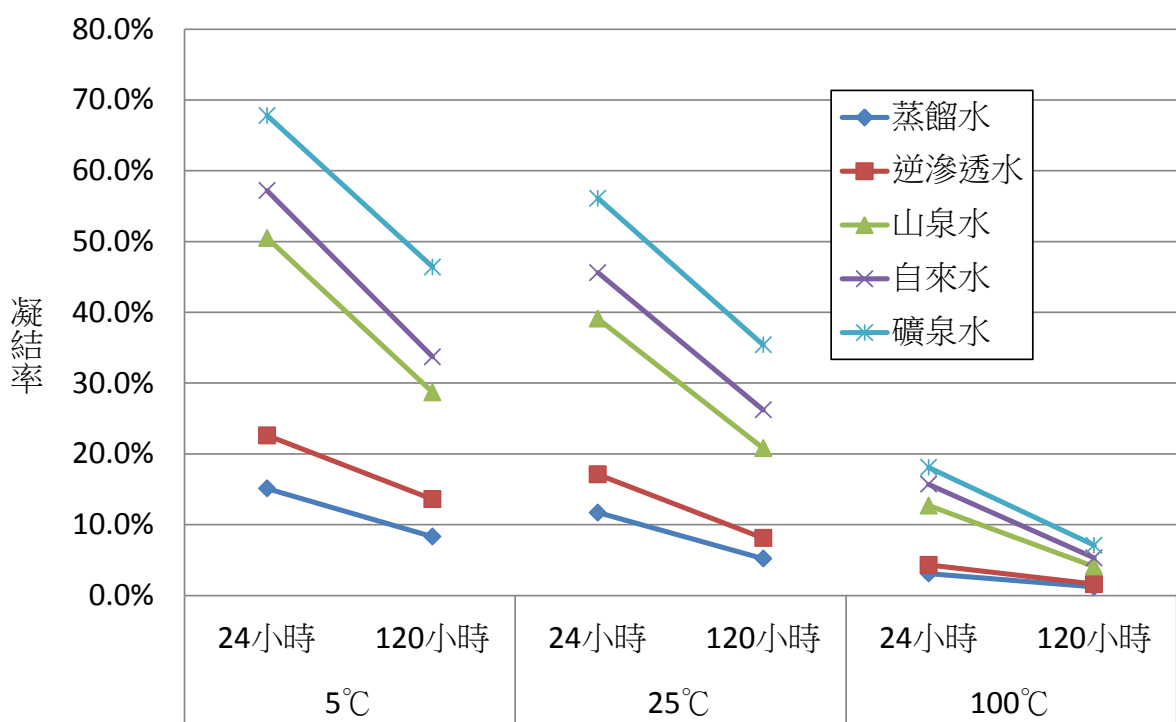
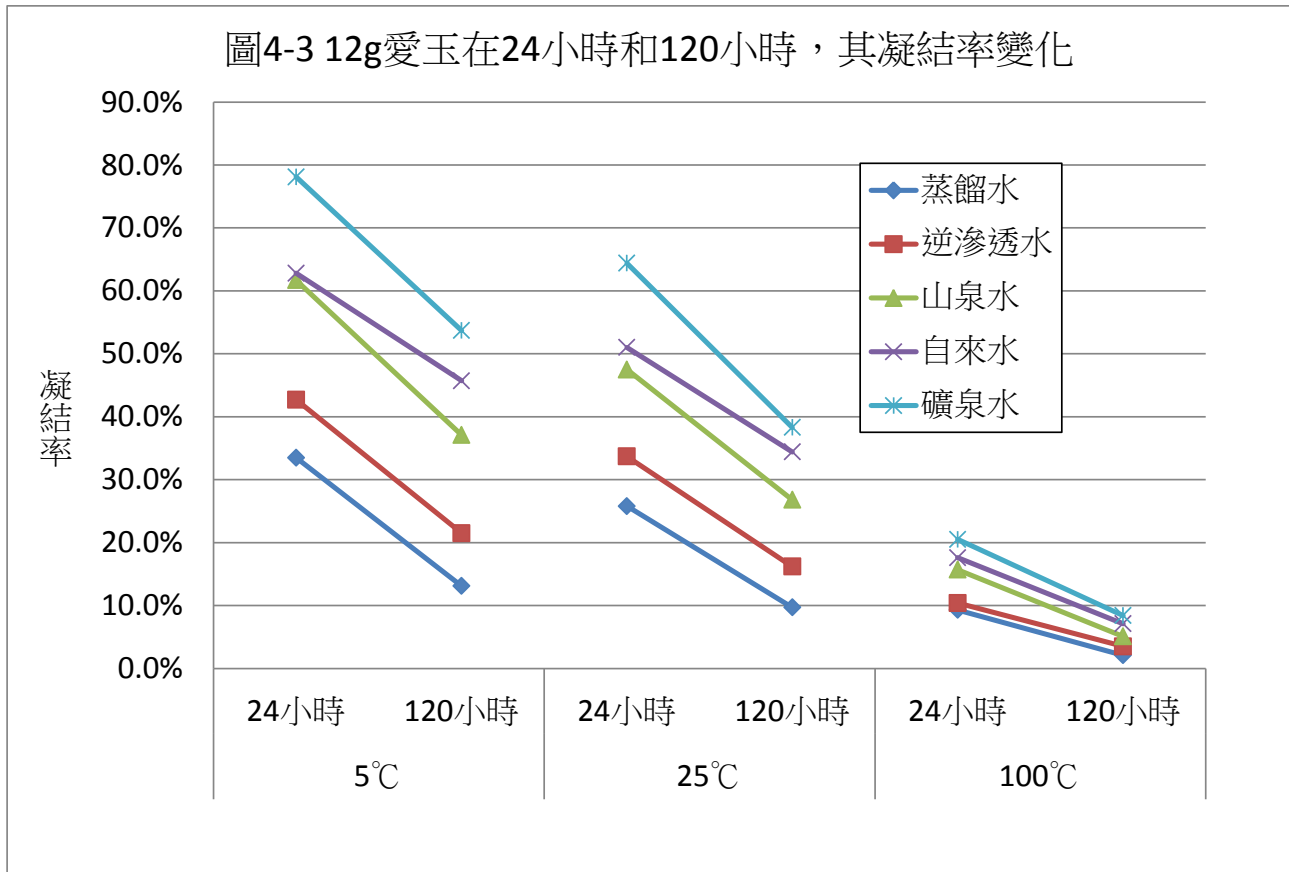


圖4-3 12g愛玉在24小時和120小時，其凝結率變化



由表四、圖 4-1、圖 4-2，和圖 4-3 可知，隨著時間愈長，愛玉的凝結率反而變低。對此，我們提出以下的解釋：愛玉中的果膠凝固後經一段時間因為濃度擴散原理水分子會從果膠中擴散出，體積變小使促使凝結現象下降。

對照部落耆老和愛玉農講起他們洗愛玉的經驗，他們搓洗幾下，愛玉凍就會慢慢在水中凝結，但不會一直搓洗就會有愛玉，大約 10 分鐘後就沒有新的愛玉凝結出來了。上述現象也符合本次實驗的結果。⁴

⁴本實驗使用浸泡的方式測量凝結率，一則是為了避免不同搓洗的力量影響到結果，二則是為了探求愛玉子本身的果膠量。少了搓揉力量，我們才會將實驗浸泡時間拉長，讓果膠能慢慢的釋出。

五. 用愛玉檢測奶粉中鈣離子含量高低

本實驗可證明愛玉的凝結率和鈣離子含量有關，所以，我們以愛玉的凝結率來測試市售奶粉—A牌（全脂、低脂、脫脂）、B牌（全脂），和C牌（全脂）的鈣離子含量多寡。

研究方法是以前200ml的蒸餾水（蒸餾水才能避免水中的鈣離子影響實驗），各加入2g、4g和6g的各牌奶粉，調製出重量百分濃度1%、2%，和3%的奶粉溶液，再倒入4g愛玉。實驗數據整理為表五，圖5-1、圖5-2和圖5-3。

表五、不同品牌奶粉對愛玉凝結率的影響

		24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時	144 小時	168 小時	192 小時
A牌 全脂	2g	4.8%	5.7%	8.5%	11.3%	14.1%	17.0%	19.8%	22.6%
	4g	5.4%	6.8%	10.2%	13.6%	17.0%	20.4%	23.8%	27.2%
	6g	5.9%	7.9%	11.8%	15.8%	19.7%	23.6%	27.6%	31.5%
A牌 低脂	2g	5.8%	6.1%	9.1%	12.2%	15.2%	18.2%	21.3%	24.3%
	4g	7.1%	8.3%	12.4%	16.5%	20.7%	24.8%	28.9%	32.8%
	6g	7.3%	8.7%	13.0%	17.3%	21.6%	26.0%	30.3%	34.6%
A牌 脫脂	2g	6.7%	7.4%	11.1%	14.8%	18.5%	22.2%	25.9%	29.6%
	4g	9.1%	10.2%	15.3%	20.4%	25.5%	30.6%	35.7%	40.8%
	6g	10.5%	12.9%	19.4%	25.8%	32.3%	38.7%	45.2%	51.6%
B牌 全脂	2g	5.7%	6.9%	11.0%	14.7%	18.4%	22.1%	25.7%	29.4%
	4g	8.8%	9.6%	14.4%	19.3%	24.1%	28.9%	33.7%	38.5%
	6g	8.5%	10.9%	16.4%	21.8%	27.3%	32.7%	38.2%	43.6%
C牌 全脂	2g	1.9%	4.4%	6.6%	8.8%	11.0%	13.2%	15.4%	17.6%
	4g	2.3%	4.6%	6.9%	9.1%	11.4%	13.7%	16.0%	18.3%
	6g	2.7%	5.5%	8.2%	11.0%	13.7%	16.4%	19.2%	21.9%

圖5-1 加入不同品牌2g奶粉後，愛玉凝結率隨時間的變

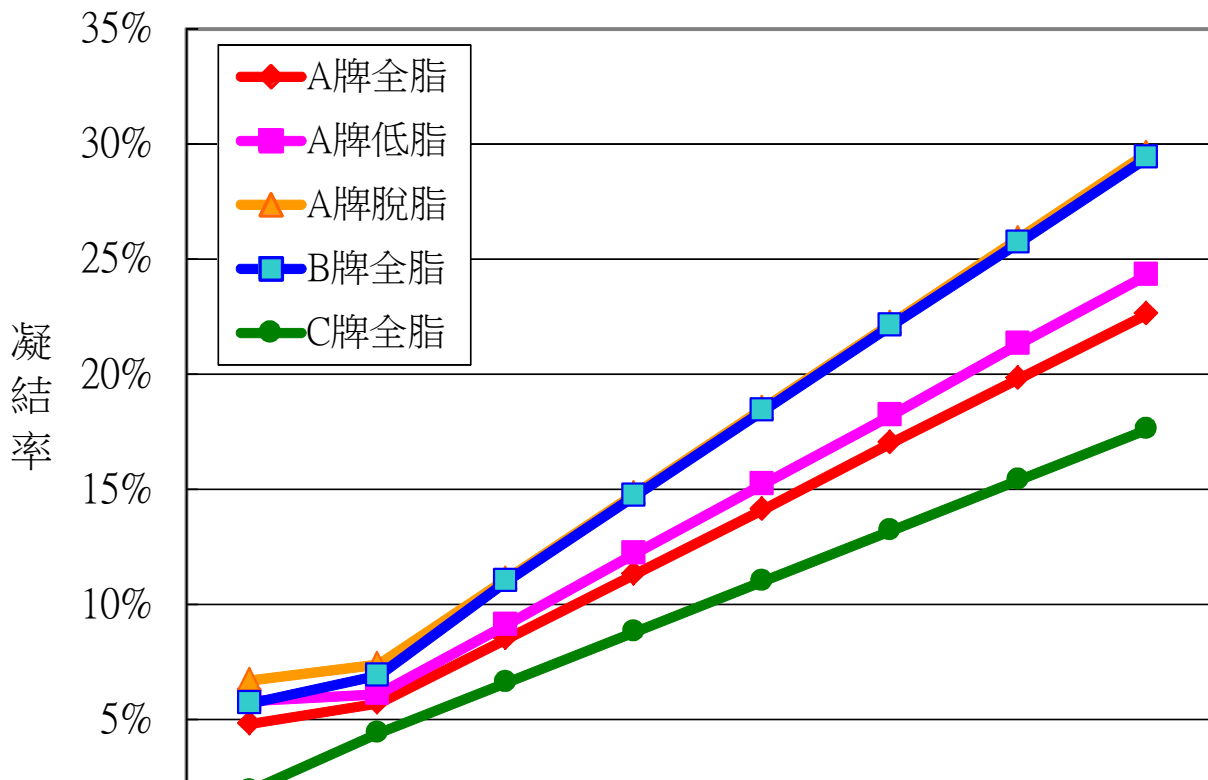


圖5-2 加入不同品牌 4g 奶粉後，愛玉凝結率隨時間的變化

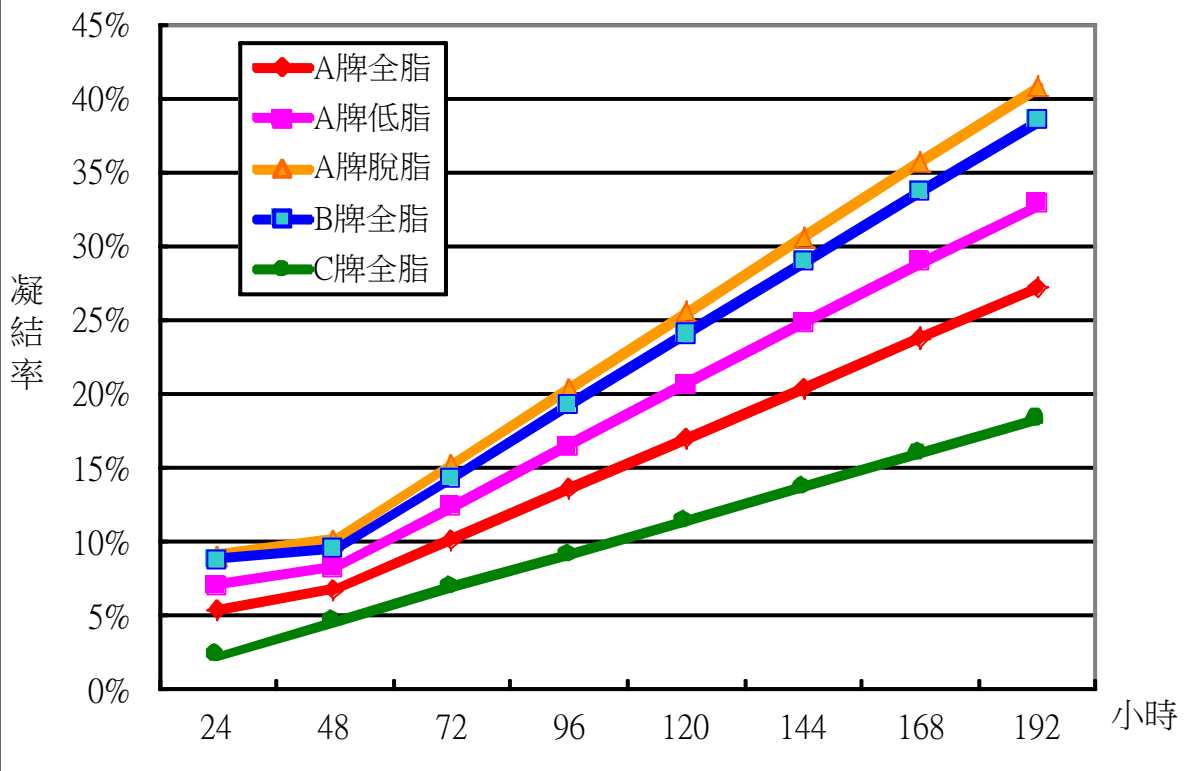
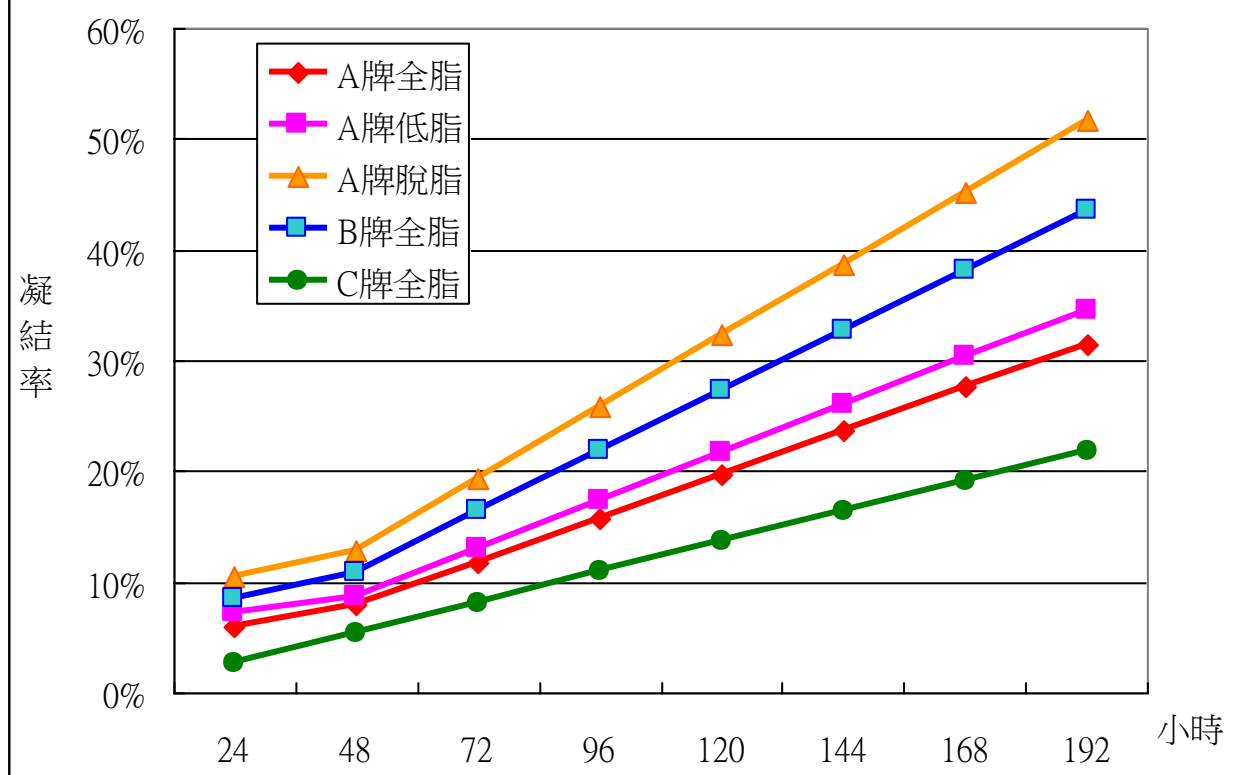


圖5-3 加入不同品牌 6g 奶粉後，愛玉凝結率隨時間的變化



由實驗結果可知，相同品牌中 Ca^{2+} 離子多寡依序為 脫脂 > 低脂 > 全脂。根據我們查得的資料，脫脂奶粉抽離了更多的脂肪，因此，相同質量的奶粉中鈣離子的比例將會提高。

即使為全脂奶粉，不同品牌間 Ca^{2+} 離子含量也有也有明顯的差異。對於研究結果，我們根據所查得資料提出以下的解釋：

1. 各牌奶粉標示成份均含有不導電的蛋白質、脂肪、維生素 (A、 D_3 、C、 B_1 、 B_2 、 B_{12})，以及會導電的離子鈉、鈣、磷、鎂、鐵，和鋅等。各種不同品牌的奶粉也有不同的添加物如菊糖、得益氏菌、果糖、香草精、大豆卵磷脂等。
2. 因此，鈣離子所含的量會隨著不同品牌添加物所含的多寡，及不同來源的乳源所製成的奶粉而略有所不同，所以也造成電導度及愛玉凝結率的差異。

我們也量測這些品牌產品在溶液中的電導度。整理數據如表六、表七。

表六、不同品牌、不同重量百分濃度所組成溶液，其電導度(ms/cm)

奶粉品牌 加入質量	A 牌全脂	A 牌低脂	A 牌脫脂	B 牌全脂	C 牌全脂
1%	0.49	0.66	0.71	0.62	0.33
2%	0.87	1.26	1.28	1.16	0.54
3%	1.11	1.61	1.83	1.55	0.72

表七、加入 4g 的愛玉子不同奶粉濃度 192 小時對於凝結率的影響

奶粉種類 加入質量	A 牌全脂	A 牌低脂	A 牌脫脂	B 牌全脂	C 牌全脂
1%	22.6%	24.3%	29.6%	29.4%	17.6%
2%	27.2%	32.8%	40.8%	38.5%	18.3%
3%	31.5%	34.6%	51.6%	43.6%	21.9%

根據我們的實驗結果，將這三種不同品牌、不同濃度全脂奶粉的電導度最高與最低作比較，增加的比例約為 69.7%~122.2%之間，而凝結率增加的比例約為 5.0%~9.6%之間。所以，當我們在選擇奶粉時，如果是要選擇鈣離子濃度高的奶粉，可以依此作為依據。

六. 增加奶粉濃度對於鈣離子含量高低的影響

我們再由實驗中得到的收據，再分析增加溶液百分濃度對愛玉的凝結率的影響，以找出增加奶粉質量對於提升鈣質的效益。

表八、增加奶粉濃度對於電導度、凝結率的影響

奶粉種類 濃度增加	A 牌全脂		B 牌全脂		C 牌全脂	
	電導度增 加比例	凝結度增 加比例	電導度增 加比例	凝結度增 加比例	電導度增 加比例	凝結度增 加比例
100%	77.6%	4.6%	87.1%	9.1%	63.6%	0.7%
200%	126.5%	8.9%	157.6%	22%	118.2%	4.3%

根據以上的數據我們也發現當提高奶粉濃度，電導度及凝結率也會增加，但不是呈現正比，而且電導度增加幅度遠比凝結率高。對於這樣的結果，我們提出以下的解釋：

1. 增加奶粉濃度會使電導度升高，這是因為奶粉中會導電的離子鈉、鈣、

磷、鎂、鐵、鋅等離子增加所影響。

2. 但這些離子中，只有鈣離子會影響愛玉的凝結率，造成電導度增加幅度遠比凝結率高。但是，我們觀察鈣離子的多寡是依據愛玉的凝結率，而實驗結果是增加奶粉濃度到 200%，各種品牌全脂奶粉的凝結率只微幅增加 4.3%~22%；而相同品牌的全脂、低脂、脫脂奶粉增加的幅度為 8.9%~22%。

由實驗結果我們可以知道「加倍奶粉的量並不會得到加倍的鈣含量」，因此，為了要吸取更多的鈣離子而沖泡更多奶粉的觀念並非完全正確。

陸、愛玉與原住民文化

(一) 愛玉的基本資料

愛玉，桑科榕屬，大型常綠攀緣性木質藤本植物。愛玉能夠沿著樹木或是岩石往上攀爬，而原始林中的愛玉甚至能爬到 50 公尺以上。

愛玉細細的分枝會呈現紅褐色，葉片互生，具有革質，長橢圓形至廣披針形，先端尖。

愛玉是台灣特有變種，廣泛分布在中南部山區 1200~1900m 的山區。野生愛玉的價值高昂，但採取不易，又可能會損害到林相，因此，有些農民在低海拔地區試種，只是，低海拔愛玉的產量低，口感也較差。

愛玉是雌、雄異株的植物，而且不論雌株或雄株都會結出隱花果，所以，從愛玉的外表是看不到它開花的，只能看到一顆顆模樣像芒果的隱花果，而且果實上還布滿許多白色斑點。



▲愛玉的隱花果（翻拍自台灣民族植物圖鑑，p.403）



▲沿樹攀爬的野生愛玉
（自多納山區遠拍）



▲愛玉的雄性隱花果（未成熟）。右方果實中可見底部的雄花，和上方的蟲癭花（翻拍自 [youtube 影片](#)）

愛玉的花期在 4~9 月，未成熟的愛玉果實很難從外表判定雄果或雌果，必須剖開才能確定（一顆愛玉可結成許多隱花果喔！）。

雄株隱花果在底端近開口處有雄花和蟲癭花，而蟲癭花提供**榕果小蜂**（也有資料稱為，愛玉小蜂）出生和成長的養份，也是小蜂產卵的唯一場所。小蜂在雄果內會生活大約四個月的時間。

當雄株隱花果即將成熟時，外表顏色會由綠色轉變為紫紅色，而果實內的雄蜂也恰好到了羽化成熟階段。雄蜂比雌蜂先羽化，先行在果實內找尋雌蜂交配，之後懷孕的雌蜂再從雄果的底部飛出，身上也就自然而然沾滿了雄花的花粉。一般人很難用肉眼看到榕果小蜂，一則是小蜂的體型太小，看起來像長著翅膀的黑螞蟻，二則是小蜂的生命周期很短—雌蜂在外找尋另一顆雄性愛玉隱花果並且產卵的時間，只有短短一天。

雌性愛玉隱花果，直到成熟時，它才會在底部出現僅僅 0.1 公分的小縫，也因此只有體型極小的小蜂才能進入。小蜂飛到雌果內，也順道將身上的雄花花粉帶入雌果中，完成愛玉的授粉。雌株隱花果的花托內聚生著一至二萬朵雌花，當愈多小蜂進入到雌果中，結成瘦果的狀況愈好。藉由愛玉和小蜂的共生關係，我們才能有愛玉凍可以食用（**愛玉凍是雌性隱花果內的瘦果所釋放出來的果膠**）。

全世界只有台灣有愛玉，而榕果小蜂是唯一能幫助愛玉完成授粉的昆蟲。不過，殺蟲劑會造成小蜂的死亡，因此，愛玉的種植必須要在有機的環境。

但是，我們要如何確定雌果內瘦果的結果的狀況呢？查看資料，愛玉農要憑經驗去觀察雌果上白色斑點的變化來決定。如果等到雌性隱花果裂開，就不太適合乾燥保存，最好是盡快食用。實際上，愛玉的鮮果可以直接食用，風味甜。



▲雄株愛玉隱花果成熟後，果實轉成紫紅色，而且會裂開（[翻拍自 youtube 影片](#)）



▲剖開成熟的雄性隱花果，底部有雄花（照片上方），而蟲癭花裡一顆顆的是未出生的小蜂（[翻拍自 youtube 影片](#)）



▲生長在雄株愛玉果實裡的榕果小蜂（翻拍自 youtube 影片）



▲愛玉的雌性隱花果成熟時，會在底部出現 0.1 公分的小縫（翻拍自 youtube 影片）

愛玉會分泌黏液，因此，愛玉農採下雌果後，要先清洗、再削去果實的外皮，剖面、烘乾並翻面，最後進行曝曬。削完皮後，會在果實上剖面，進行初步的曬乾。但是，愛玉的瘦果不能直接曝曬到太陽，高溫會破壞愛玉果膠（我們本次的實驗也證明這一點，愛玉的凝結率在高溫的水質中，表現最差）。經過四、五天的曝曬（看狀況判斷），再經過 7 天乾燥熟成，最後刮下的愛玉子才易於保存與使用。



▲將收成的成熟雌果削皮（翻拍自 youtube 影片）



▲削皮、剖面，進行初步曬乾（翻拍自 youtube 影片）



▲已乾燥的剖面果實，可準備翻面（翻拍自 youtube 影片）



▲翻完面的愛玉果實，種子要向下（翻拍自 youtube 影片）



▲從愛玉果實的底部，利用湯匙就能輕鬆刮下愛玉子
(拍攝於多納部落 2015.04)



▲刮下的愛玉子
(拍攝於多納部落 2015.04)

目前，台灣的愛玉主要分布在苗栗、台中、高雄、嘉義、台東，和其他零星地區；近年來，中高海拔的地區也開始人工栽培愛玉。

至於對愛玉的研究，早期認為愛玉是薜荔的一種，直到 1904 年日本統治台灣時期，日籍學者牧野富太郎 (T.Makino) 以嘉義縣梅山鄉的愛玉子為依據，進行研究與植物分類，才將台灣的愛玉發表為新種。到了 1967 年，台大園藝系教授黃永傳首先發現酯和酵素才是促成愛玉凝結的主因，而且黃教授還發現愛玉子的酵素異常穩定與純淨，不像其他果膠要特別提煉或是煮沸，只要在常溫狀態下，就能透過酵素催化變成最天然的果凍。

（二）愛玉與歷史文化

愛玉，我們多納魯凱語稱為「**Tabakai**」。依據我們所訪查和搜集的資料，愛玉是台灣特有的變種，而且只有魯凱族、賽夏族和鄒族和愛玉有文化淵源，也有為「愛玉」命名⁵。

可惜，我們訪談茂林和多納族語的老師、多納民族文化的研究者，和部落的愛玉農，卻沒有人知道魯凱族有關於愛玉淵源。反而，愛玉農江小萍小姐提到一個愛玉的普遍說法—有位叫愛玉的女子因為偶然愛玉子會凝結，於是將愛玉凍拿到市場販售的故事。

我們找了愛玉農提到的故事資料，原來是出自於連橫《台灣通史》一書。以下依行政院農業委員會愛玉故事館的內容：一名福建同安商人，常往來與嘉義山區一帶，經營山產買賣到大陸的事宜。由於當時交通不便，常跋山涉水。一日在溪邊飲水止渴，偶爾喝到溪水裡的愛玉凍，並且觀察到這是搓揉愛玉果實產生的果膠。於是，他靈機一動，讓自己的女兒在市場販賣愛玉凍。由於女兒名叫愛玉，大家又沒吃過這種果凍，久而久之，便用愛玉來稱呼這個果實。後來，商人還把愛玉果實賣到福建、廣東一帶。

然而，經過我們的實驗以及跟老師談論後，姑且省略台灣通史一書的考究是否嚴謹，單就愛玉的故事則出現以下不合理之處：

1. 在流動的溪水中，愛玉子不可能產生大面積的凝結現象。我們實驗用4g愛玉子加入200ml的水（比例是1:50），在常溫下，靜置一天，愛玉的凝結率是33.3%~48.4%（用茂林山泉水，和雪山山泉加工成的礦泉水）。難道同時有極大量的愛玉瘦果掉入水中，而且還沒有被沖走，才能一直被溪水沖刷而使水流裡產生愛玉凍，才有機會讓商人食用？！這不太可能。
2. 愛玉是台灣原生物種，雖然現今植物學者認為愛玉是薜荔的變種。但是，薜荔以生長在低海拔為主，果膠的凝結效果較差，所以，愛玉凍仍然是台灣特有的食品。該名中國商人往來的嘉義山區（阿里山山區）正是野生愛玉盛產的地方，在商務往來的過程中，或許他已經從原住民部落中聽過、看過，或甚至吃過愛玉凍了。

⁵ <http://www.newsmarket.com.tw/blog/56203/> 重視林相豐富性與氣候變遷 守護台灣原生愛玉

3. 我們原住民文化在台灣的發展遠比平地漢人來得更早，愛玉又是台灣特有物種，原住民應該很早就發現，並且食用愛玉，為何會找不到原住民文化和愛玉的相關故事傳說呢？！
4. 依台灣民族植物圖鑑對愛玉的介紹，愛玉具有食用、藥用、編織或染料、日常生活應用材料、建材，以及裝飾等功用。愛玉有這麼多的功用，我們原住民祖先長年生活在山上，卻沒有任何運用。我們魯凱部落族人以前會用藤蔓纖維來做衣物，愛玉藤蔓的纖維應該也是我們衣物的材料之一。一直到日本統治時期，我們原住民從外地交易布料，才慢慢地少用這些植物做衣物了。

訪談耆老、村民和愛玉農的過程中，不論男女，他們都是從小就有洗愛玉來食用的經驗。他們也提到，以前小時候都會到山裡去採「野生愛玉」來吃，而茂林較少有野生愛玉的（他們都有提到，茂林的海拔不夠高），於是他們便往深山裡，或是到六龜那裡採愛玉。在訪談過程中，魏頂上先生和江小萍小姐都提到野生愛玉的價錢很高，而林務局禁止原住民採收野生愛玉，並且還會「捉人」的事情。

對照我們搜查的資料，民國 70 年代，由於愛玉凍受到大眾歡迎，很多人紛紛到山裡去採取野生愛玉。可是，野生愛玉攀附在山上的原始林裡，愛玉便成為國有土地上的附屬財產，於是，政府就禁止原住民採收愛玉。這點和上述兩位訪談者的說法一致。我們再細想，從日本統治台灣時期，政府就實施了山林國有政策，即使後來的國民政府也沿用此一政策至今。所以，我們猜想，**山林的國有政策是否是造成原住民對愛玉文化關連斷絕的原因**？現今，林務局依然禁止採收野生愛玉，野生愛玉的數量也愈漸稀少，而林務局反而透過讓原住民優先競標的方式，允許採收野生愛玉。

雖然我們沒有訪問與搜集到魯凱文化與愛玉的關連，但是，江小萍提到，以前他們吃愛玉不是當成飲品，而是把愛玉凍切成一塊塊，直接灑上黑砂糖糖粉，類似涼糕的吃法。

(三) 部落的愛玉產業

愛玉凍是夏季清涼消暑的飲品，水分含量豐富，熱量低，且營養多。單就 100 克愛玉凍的水分，只要不加入任何糖漿或蜂蜜，水份有 99.31 克、熱量才 1.07 大卡，比日本寒天 5 大卡、台灣的仙草蜜或洋菜熱量低上許多。愛玉凍的營養素有膳食纖維 0.3 克、鈉 12.6 毫克、鉀 167.4 毫克、鈣 2.58 毫克和鎂 2.02 毫克的營養素⁶。另外，曬乾的愛玉莖、葉，果皮及殼可以作藥，據說對糖尿病、血壓，以及內痔等具有功效。

由於愛玉比較喜歡生長在中高海拔（1200m~1800m），所以，在我們魯凱下三社只有多納部落的環境比較適合栽種愛玉。根據我們訪談江小萍小姐，她說以前居民會到山裡去拿愛玉，但是林務局會取締居民採收野生愛玉，她的父親就曾經因此被捉；後來，部落人士提議自己栽種愛玉。民國七十六年，台灣省原住民行政局為鼓勵原住民種植愛玉，由林試所到各地選拔果膠量多、生長快速的品系，加以培育種苗，分送各山地鄉。但是，村民仍然不知道怎麼栽種，胡亂種了很多愛玉，卻不會管理，要不然就是栽種雄株，沒有雌株，因此無法採收愛玉子，愛玉的人工栽培產業也就一直荒廢。

就算人工栽培愛玉產業沒有起色，愛玉仍然是我們茂林魯凱族人的消暑聖品之一，又能拿到市場去賣，所以，不論是茂林部落或是多納部落都有人到山上去拿愛玉。我們訪談的部落人士中，他們都提到從小就會洗愛玉來吃（魏頂上、張正妹、江小萍和武拓玉珍）。只是，現代的我們比較沒有這種生活經驗了。



▲一根一根的水泥柱就是愛玉園。水泥柱柱間距離約 100~150 公分，用來提供愛玉攀爬生長



▲愛玉呈現有點紅褐色的分支，順著水泥柱攀爬而上（人工栽培 2 年，高約 100 公分）

⁶ 資料來源：[低卡高水分-消暑愛玉最道地](#)

隨著茂林觀光業的發展，茂林里和多納里開始賣起愛玉凍，只是，愛玉子的來源大多取自六龜或屏東德文部落。到了九十年代後期，江小萍的家人開始有想要在部落發展一些農作，於是整理了自己山上的田地，插上水泥柱，還去台東拿愛玉子來試種，目前，江小萍家的愛玉園仍然是多納部落唯一的一座(位於部落上方的都巴灣)，只開始栽種2年。

多納愛玉園是用水泥柱人工栽種法，雖然少了森林濃蔭的遮蔽，但日照充足，只要授粉順利，水泥柱養出的愛玉採收期比野生種快速，愛玉子數量更多。多納愛玉園也盡量仿照自然環境，在水泥柱間有樹豆、紅藜或是一些果樹。



▲由此照片可知，多納愛玉園的海拔高度略高，也盡量仿照自然的環境



▲都巴灣這裡目前有四層，照片上的白色水泥柱是愛玉園



▲愛玉是攀藤植物，喜好多雨溼潤的環境，因此每株愛玉旁一個噴水設施



▲栽種愛玉必須有機，因此，多納愛玉農不使用肥料，純天然環境

栽種愛玉要是有機、天然的環境，否則榕果小蜂無法生存，愛玉就會無法結果。因此，多納愛玉農除了仿照自然環境，也用天然肥料（菜渣、愛玉果皮和咖啡渣等）。愛玉有些愛玉農從改良愛玉品種來栽培，多納愛玉苗則從台東或屏東德文移植過來。

目前，多納的愛玉凍產業已發展了幾年，研發出一些當地特色的風味，比如小米酒愛玉凍、紅肉李愛玉、水蜜桃愛玉、鳳梨愛玉，和紅豆愛玉等。平日零星的觀光客到部落遊玩並且購買愛玉凍，假日的人潮會比較多。



▲水泥柱上的符號代表該株愛玉為雌株，而「東」則代表該株愛玉來自台東



▲江小萍小姐接受我們的訪問



▲洗出的愛玉；愛玉在搓洗過程中，怕油污、怕酸，要保持手部清潔才能洗出果膠



▲部落裡販賣的鳳梨愛玉

柒、結論

- 一、不同水質的愛玉凝結率依大小排序為：礦泉水（雪山山泉水）>自來水>（茂林）山泉水>逆滲透水>蒸餾水。實驗結果符合訪談部落居民的資料，高山的山泉水最適合用來洗愛玉，而自來水也可以使愛玉凝結。
- 二、礦泉水（雪山山泉水）的電導度最大，我們推論其所含的 Ca^{2+} 離子最多，所以愛玉凝結率也最佳。
- 三、不同水質對於愛玉的凝結率有關鍵性的影響—凝結率最好的礦泉水有 48.4%，最差的蒸餾水有 7.7%，兩者差距可達到 40.7%。
- 四、增加愛玉子的質量會增加凝結率，但非成正比；當我們增加 2 倍、3 倍的愛玉子質量時，礦泉水、自來水和山泉水等，這些電導度高的水中凝結率增加幅度不大，反而電導度低的蒸餾水和逆滲透水增加幅度較高。
- 五、溫度會影響愛玉的凝結率，溫度越低，凝結率越高，反之，溫度愈高，凝結率愈低。研究結果符合我們訪談部落所得的資料—高溫會破壞愛玉的果膠。
- 六、相同奶粉品牌中 Ca^{2+} 離子多寡依序為 脫脂>低脂>全脂；而不同品牌間 Ca^{2+} 離子含量也有明顯的差異。
- 七、由愛玉的凝結率高低可以作為選擇鈣離子濃度較高奶粉的依據：比較各品產的全脂奶粉，將電導度最高與最低作比較，增加的比例約為 69.7%~122.2%之間，而凝結率增加的比例約為 5.0%~9.6%之間，所以當我們在選擇奶粉時，如果是要選擇鈣離子濃度高者，可以依此為依據。
- 八、「加倍奶粉的量並不會得到加倍的鈣含量」，因此，為了要吸取更多的鈣離子而沖泡更多奶粉的觀念並非完全正確：增加奶粉濃度到 200%時，各種品牌的全脂奶粉其凝結率只微幅增加 4.3%~22%；而相同品牌的全脂、低脂、脫脂奶粉增加的幅度為 8.9%~22%。
- 九、愛玉的台灣特有原生植物，屬大型常綠攀緣性木質藤本植物，魯凱族語是 Tabakai。愛玉是雌、雄異株的隱花果，因此必須靠榕果小蜂（愛玉小蜂）才能完成授粉，我們食用的愛玉子是雌果內成熟瘦果的果膠。
- 十、我們訪談族語老師、村民和愛玉農，都不知道部落裡有關愛玉的文化，但根據資料，我們魯凱族有對愛玉命名，應該會有愛玉相關文化意涵。我們猜想，是否因為野生愛玉變成國有財產，以及山林國有政策。

十一、愛玉適合生長在 1200m~1800m，首次栽培要 5 到 7 年才可採收，然後每年只能採收一次；另外，愛玉是雌、雄異株，因此愛玉園必須同時栽種雌和雄株，這樣也才能提供榕果小蜂生長的環境（雄株隱花果），讓小蜂能夠幫雌株的隱花果完成授粉。目前，我們茂林區只有多納部落有一個大型人工栽培的愛玉園。

捌、參考資料

一、訪談資料

1. 茂林里 魏頂上教導（茂林族語老師）
2. 多納里 張正妹老師（多納族語老師）
3. 多納里 潘廣雄老師（多納族語老師與社區文史工作者）
4. 多納里 江小萍小姐（多納里愛玉商家）

二、文字資料

1. 台灣民族植物圖鑑（2012），鍾明哲、楊智凱，晨星出版，台中市
2. 愛玉～愛在凍結時（1996），全國中小學科展第 45 屆，台南縣鹽水國小，莊子瑩等
<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=-1&sid=1765>
3. 「凍」裡乾坤－愛玉凝膠因子之探討（2000），全國中小學科展第 50 屆，南投縣私立普台國民中小學，陳英宇等
<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=5506>
4. [行政院農業委員會 愛玉故事館](#)
5. [台灣特有消暑聖品－愛玉子的故事](#)
6. [愛玉－卿須憐我我憐卿（2009），邱志郁，園藝文摘編輯部](#)
7. <http://www.epochtimes.com/b5/14/7/3/n4191937.htm>
8. [低卡高水分-消暑愛玉最道地](#)
9. [斗南小輝俠手工愛玉\(阿里山野生愛玉\)](#)
10. [重視林相豐富性與氣候變遷 守護台灣原生愛玉](#)
11. [台大醫院健康電子報－牛奶與鮮奶，誰較好？](#)

三、影音資料

1. [Youtube 的影片－20110307 草地狀元-凍情愛玉 1/4](#)
2. [Youtube 的影片－20110307 草地狀元-凍情愛玉 2/4](#)
3. [Youtube 的影片－20110307 草地狀元-凍情愛玉 3/4](#)
4. [射箭選手返阿里山 愛玉開創一片天](#)
5. [愛玉子的專家 阿里山雅慕伊愛玉子農園](#)
6. [20120429《蔬果廚房》愛玉子的故事，雙耳愛玉凍](#)