

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

第三名

081529

愛玉~愛在凍結時

臺南縣鹽水鎮鹽水國民小學

作者姓名：

小六 莊子瑩 小六 李明娟 小六 戴惠敏

指導老師：

沈冠君 劉育菁

壹、摘要

愛玉製作的建議比例是【愛玉子：水=1：100】，此比例於常溫下約放置 30 分就可達到不錯的凝結效果。低溫不利於愛玉的凝結，搓揉後置放地點的溫度越高，愛玉凝結的速度越快，且搓揉後置放地點的溫度高低對愛玉凝結速度的影響大於搓揉時水的溫度高低。搓揉時間會影響愛玉的凝結速度，但對彈性影響不大，最多搓揉時間不要超過 15 分鐘。愛玉放置越久，化出來的水會越來越多，須儘早食用。用雙手搓揉是製作愛玉最好的方法。用白開水、糖水、綠茶也可以達到不錯的凝結效果。利用肥皂水測試所用的水的硬度，鈣、鎂含量最多的是~枕頭山水火同源、枕頭山標高 300M 的水，這些水來自石灰岩地區，所含礦物質十分豐厚，因此愛玉能在 2-5 分鐘就馬上凝結了。在蒸餾水中添加不同劑量的氯化鈣、氯化鎂、氫氧化鈣，結果中性的氯化鈣、氯化鎂溶液無法使愛玉凝結；但是若加入適量的飽和澄清氫氧化鈣溶液是可以使愛玉達到很不錯的凝結效果的，過量或不足都會讓愛玉顯得太軟或根本無法整片凝結。我們無法由溶液原本的 pH 值來判別是否能使愛玉凝結，但愛玉在經過搓揉後會使水溶液的 pH 值降低，等到完全凝結後的 pH 值會更低。

關鍵字：pH 值、硬水、礦物質

貳、研究動機

夏天到了，飲料店的檸檬愛玉賣得很好，冰涼的愛玉真是我的最愛！媽媽爲了安全衛生起見，總是親手做愛玉給我吃，我原本以爲愛玉是像仙草一樣用煮的，或是像洋菜粉一樣攪拌攪拌就行了，結果出乎意料的是「用揉的」！而且還是用「自來水」，傑克這真是太神奇了！於是我去翻了百科，才知道是水中的礦物質使愛玉凝結，「礦物質」這個名詞我在五年級的「山河大地」曾學過耶！愛玉果然是個好吃又神祕的食品，激起我對它的研究興趣！

參、研究目的

- 一、愛玉瘦果與水的比例及時間對愛玉凝結的影響
- 二、溫度對愛玉凝結的影響
- 三、不同製作方式對愛玉凝結的影響
- 四、愛玉在不同硬度的水中的反應及探討
- 五、試著找出使愛玉凝結的主要礦物質

肆、實驗器材

實驗器具：酒精燈、石棉網、燒杯、試管、滴管、果汁機、保特瓶、攪拌用玻璃棒、電子秤、溫度計、酸鹼測試紙、棉布濾袋、塑膠杯、計時器、標籤紙、記錄紙。

實驗材料：愛玉子瘦果粒、逆滲透水、蒸餾水、金字塔能量水、礦泉水、地層水、山泉水、石灰岩水、雨水、綠茶、檸檬水、糖、肥皂、氯化鈣、氯化鎂、氫氧化鈣。

伍、研究歷程與方法

【資料整理及名詞定義】

一、水的硬度

水之硬度是影響水質的因素之一，而水之硬度定義爲水中多少鈣或鎂離子的含量。由於分析方法無法區分 Ca^{2+} 及 Mg^{2+} ，而且硬質大多以碳酸鹽形式沉澱，所以水硬度通常以每一百萬克含有多少碳酸鈣之量(ppm, part per million)來決定，假如含量爲 100 ppm 之硬水即是在一百萬克水中含有一百克之碳酸鈣，或是一升水中含有 0.1 克之碳酸鈣。當人們利用肥皂洗衣服或在浴盆中沐浴，此現象會更明顯被看出，鈣離子或鎂離子能和肥皂形成非溶解性之鹽類浮渣而附著在衣服或浴盆上。

二、愛玉凝結所需礦物質

水中的鈣、鎂等陽離子是愛玉凝結的要素。

【研究一】愛玉瘦果與水的比例及時間對愛玉凝結的影響

【1-1】找出最適合凝結的愛玉瘦果與水的比例及凝固時間

實驗方法

1. 取不同重量（2g、3g、4g、5g、6g、7g）的愛玉瘦果，以棉布袋裝著。
2. 分別在 500g 的自來水中搓揉五分鐘，倒入飲料杯中，在不同的時間觀察其凝結情形。
3. 自來水溫 29°C。
4. 以長 24cm 的吸管上面貼標籤（高 0.6cm）陷入的深度來測試其凝結程度。記錄如表：

表 1-1

瘦果重		2g	3g	4g	5g	6g	7g
15 分鐘	觀察	水水的，有破碎的凝結	水水的，有破碎的凝結	水水的，有破碎的凝結	表面凝結，但容易裂	有不錯程度的凝結，但稍嫌軟	凝結得較完整，整個凝結效果不錯
	吸管	陷入到底	陷入到底	陷入超過半支，>12cm	陷入約 1/2 支，12cm	陷入 1/3 支，8cm	陷入 9 個標籤紙，5.4cm
30 分鐘	觀察	表面凝結，但是搖晃後會碎裂	表面凝結，非常軟，易破	有比較 Q 一點，易破	整個凝結	整個凝結，搖起來 QQ 的	完整凝結，搖起來 QQ 的
	吸管	陷入超過半支，>12cm	陷入約 1/3，8cm	陷入 4 個標籤紙，2.4cm	陷入 0.5 個標籤紙，0.3cm	完全不陷入	完全不陷入
45 分鐘	觀察	有凝結現象，但是緊度還差很遠	有凝結現象，但是緊度還不夠	凝結程度不錯了	完整凝結，有彈性	完整凝結，彈性十足	完整凝結，彈性十足
	吸管	陷入 9 個標籤紙	陷入 5 個標籤紙	陷入一個標籤紙	完全不陷入	完全不陷入	完全不陷入
一小時	觀察	凝結程度仍嫌不足，太軟	凝結程度仍嫌不足，太軟	仍是太軟，彈力不夠 Q	完整凝結，彈性不錯	完整凝結，彈性十足	完整凝結，彈性十足
	吸管	陷入 2 個標籤紙	陷入 1 個標籤紙	完全不陷入	完全不陷入	完全不陷入	完全不陷入
吃吃看		水水軟軟的，含在口中會自己化開，可輕易吞下	比 2:500 口感 Q 一點，但仍舊沒什麼味道，可輕易吞下	更 Q 了，但無法輕易吞下，要嚼過	QQ 的，吃起來像果凍，難以吞下，有淡淡的愛玉味道	很 Q，有嚼勁，愛玉味道更重	太硬，味道最重，吃完口中會有澀澀的感覺

結果：凝結的速度與愛玉瘦果：水的比例有關，最適合凝結的比例是 5：500，比例過高嚐起來會太乾澀，口感也太硬。也就是說愛玉瘦果與水的比例是 1：100 最適合。且這樣的濃度約放置 30~45 分左右就可以達到凝結效果。

討論：因為愛玉瘦果不便宜，第一次實驗就浪費掉不少，為了節省成本，我們將依固定比例降低使用量。



用電子秤取愛玉瘦果重量



搓揉愛玉瘦果



用吸管測試愛玉凝結硬度夠不夠



觀察、嚐嚐看 Q 不 Q

【1-2】愛玉凝結程度的測試

實驗方法

1. 我們採用 1 : 100 的比例，取 200g 的自來水製作愛玉。
2. 自來水溫 30°C。
3. 加入色料方便觀察。
4. 均分倒入 6 個飲料杯中。
5. 墊著白色紙張，從第十五分鐘開始，每隔五分鐘在同一高度讓愛玉由 20 公分高處由上而下掉落。
6. 比較落到白紙上的面積大小。



35 分、40 分、45 分落體比較

表 1-2

時間	觀察說明
15 分鐘	散落面積頗大，因尚未完全凝結，故掉下來後都碎裂了，液體也流出來滿多的。
20 分鐘	掉下來後發現已經差不多都凝結，不過很軟，有破掉，但沒有 15 分的破得多，面積明顯比 15 分的小，有液體流出。
25 分鐘	有稍微破掉一些。
30 分鐘	有稍微破掉一些。
35 分鐘	完整沒有破掉，面積更小了。
40 分鐘	面積是目前為止最小的，QQ 的。
45 分鐘	與 40 分鐘的差不多。

結果：凝結程度較佳的時間是 35~40 分。

【1-3】找出愛玉在水中最恰當的搓揉時間

實驗方法

- 1.【1-1】已經知道最適合的比例是 1：100，現在分別將愛玉瘦果在自來水中搓揉不同的時間。
2. 自來水溫 30°C。

表 1-3

	搓揉五分鐘	搓揉十分鐘	搓揉十五分鐘
凝結所需時間	30 分	13 分	搓揉至 15 分已有凝結成小塊狀了

結果：搓揉時間會影響愛玉的凝結速度，最多搓揉時間不要超過 15 分鐘；凝結完成的愛玉並沒有因為搓揉時間的不同而在彈性方面有所差別。

【研究二】溫度對愛玉凝結的影響

【2-1】搓揉時自來水的溫度對愛玉凝結過程的影響

實驗方法

1. 準備五種不同溫度各 200g 的自來水，以 1：100 的比例製作。
2. 0°C、10°C 及 20°C 部分採隔水降溫，用臉盆裝冰水，邊搓邊在臉盆中加入冰塊以維持低溫；當時自來水的常溫約 31°C，我們將水溫調整為 30°C。
3. 40°C 部分採用隔水加熱，用臉盆裝溫水，邊搓邊在臉盆中加入熱水以維持溫度。
4. 搓揉五分鐘後分別倒入飲料杯中。

表 2-1

水的溫度	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
凝結所需時間	超過二小時	一小時 35 分	55 分	30~35 分	20~25 分
補充說明	凝結程度沒有很好，水很多，愛玉又軟	雖已凝結，但表面的液體挺多的。	完全凝結	完全凝結，Q	完全凝結，Q

愛玉~愛在凍結時

結果：搓揉時自來水的溫度較高一點，凝結的速度也會快一點，低溫不利於愛玉的凝結。

討論：這個實驗我們因為考慮到人體無法承受過低或過高的溫度，所以只做了 0~40°C 的實驗，所以 40°C 以上高溫的自來水是否有助於愛玉的凝結速度則不得而知。但是其實要邊揉愛玉邊將溫度控制在固定的溫度不是一件簡單的事情，即使我們已經採用隔水降溫、隔水加熱的方式盡量保持差不多的溫度，但是誤差仍難免。尤其在 0°C 的冰水中搓揉愛玉真是一件苦差事，凍僵的手無法使力搓揉，只好用單手揉，受不了時再換手揉。



隔水加冰塊降溫



隔水加熱水保溫

【2-2】搓揉後置放地點的溫度對愛玉凝結過程的影響

實驗方法

1. 以 1：100 的濃度，以 800g 的自來水製作愛玉，搓揉五分鐘。
2. 自來水溫約 31°C。
3. 均分倒入 4 個飲料杯中。
4. 將它們放入冰箱冷藏、常溫、40°C、85°C。
5. 40°C 部份採用隔水加熱保持溫度，85°C 採用電磁爐保溫功能維持溫度。
6. 每五分鐘觀察一次。



搓揉完成在溫水中隔水保溫

表 2-2

	冷藏	常溫	40°C	85°C
凝結所需時間	1 小時後仍未完全凝結	30~35 分	15~20 分	10~15 分

結果：搓揉後置放地點的溫度越高，愛玉凝結的速度越快。

討論：因為沒有恆溫箱，所以我們只能想盡辦法用最簡便的方式保持溫度。

【研究三】不同製作方式對愛玉凝結的影響

【3-1】搓揉愛玉子的方式會影響嗎

實驗方法

1. 採兩份自來水 200g，以 1：100 的比例，分別用果汁機打五分鐘、保特瓶搖晃五分鐘。
2. 以紗布過濾雜質。

表 3-1

	用果汁機打	保特瓶搖晃
凝結所需時間	無法凝結	無法凝結
狀況描述	呈現濃稠芎芘狀態，顏色較深	水水的，顏色淡

結果：用果汁機打或是用保特瓶搖晃均無法使愛玉凝結。

討論：用果汁機打愛玉子，我們發現愛玉瘦果都被打得粉碎，如果愛玉子沒有被打碎的話會不會有不同的結果呢？以下我們就縮短用果汁機打愛玉子的時間。



左為保特瓶搖晃、右為果汁機打碎



過濾後所剩的顆粒

【3-2】使用果汁機打愛玉子的時間有影響嗎

實驗方法

1. 用四份自來水 200g，以 1：100 的比例，用果汁機打一分鐘、兩分鐘、三分鐘、四分鐘。
2. 這次不過濾，可以順便觀察愛玉瘦果的顆粒在凝結過程的狀況。

表 3-2

	打一分鐘	打兩分鐘	打三分鐘	打四分鐘
凝結所需時間	約 50 分	約 45 分	約 50 分鐘	沒有凝結
狀況描述	很軟很軟，愛玉子顆粒完整	很軟，愛玉子顆粒完整，呈現一小片一小片聚集凝結的情況	很軟很軟，愛玉子顆粒呈現一小片一小片聚集凝結的情況，且有部分愛玉子已被打碎	愛玉子顆粒整個都被打碎了

結果：只要在愛玉顆粒沒有被打到粉碎的前提下，用果汁機打是可以凝結成很軟的愛玉；時間大約兩分鐘即可，但是效果並不是很好。

【研究四】愛玉在不同硬度的水中的反應及探討

【4-1】哪些加工過的飲用水適合做愛玉

實驗方法

1. 以各種生活中可取得的人工可飲用水，同樣以比例 1：100，各用 200g 溶液製作愛玉，常溫下搓揉 5 分鐘。
2. 溶液的溫度約控制在 31°C。
3. 檸檬水及糖水濃度均為 1%。

表 4-1

	溶液 pH 值		約多久凝結	觀察記錄	嚐嚐看	彈性
	搓揉前	搓揉完				
白開水	7	5	15 分	彈性、硬度很紮實	非常的有彈性及嚼勁	1
自來水	6-7	5	19 分	彈性十足	很有彈性	1
糖水	6-7	5	19 分	很富彈性，很 Q	口感很不錯，和白開水感覺很像，只是多了甜味。	1
綠茶	6-7	5	20 分	滿 Q 的，彈力很夠	苦苦的，像綠茶凍	2
金字塔能量水	6-7	5-6	25 分	凝結速度雖然不快，但是彈性還算可以	滿 Q 的	3
礦泉水	6-7	5	26 分	凝結成很軟的愛玉，用力搖晃就會破裂。	入口即化，澀澀的	4
泰山純水	6-7	6	無法凝結	有小塊碎裂軟軟的	×	×
逆滲透水	6-7	6	無法凝結	×	×	×
檸檬水	2	1-2	無法凝結	×	×	×
蒸餾水	6-7	6	無法凝結	×	×	×

結果：凝結速度為：白開水>自來水、糖水>綠茶>金字塔能量水>礦泉水。

彈性順序為：自來水、白開水、糖水>綠茶>金字塔能量水>礦泉水。

礦泉水可以在很短的時間內凝結，但即使再放久一點也無法變得有彈性；而檸檬水則無法使愛玉凝結，因凝結速度快慢跟彈性無關；愛玉可以直接做成甜的口味；愛玉在經過搓揉後會使水溶液的 pH 值降低。

- 討論：**
1. 在我們查到的資料及其他研究中說明愛玉會凝結是因為果膠遇見礦物質的反應，但是礦泉水標示含有微量礦物質卻只能凝結成軟軟的愛玉，是否代表礦泉水所含的礦物質低於自來水或白開水？或是因為我們買的礦泉水已經有經過特別的處理？
 2. 文獻說明愛玉凝結主要需水中的礦物質，那麼我們何不在自然界中尋找富含礦物質的水來親自證實呢？

【4-2】來自大自然的水做愛玉的效果如何？

實驗方法

1. 我們到關子嶺枕頭山的水火同源和標高 300M 的地方取水，另外還有台南縣最高的山~大凍山的山泉水（標高 650M），還有鹽水地區五月某天所下的雨水。
2. 同樣以 1：100 的比例，各用 200g 水溶液製作愛玉，常溫下搓揉 5 分鐘。

表 4-2

水源	A 枕頭山水火同源	B 枕頭山 300M	C 大凍山 650M	D 雨水
搓揉前 pH 值	8	8	8	7
搓揉後 pH 值	6-7	6-7	6-7	6
凝結所需時間	2 分	9 分	20 分	無法凝結
觀察記錄	大約搓揉兩分鐘後就開始有大量的膠質凝結，倒在杯中時是一塊一塊的，有氣泡。	搓完 5 分鐘後有少量的凝結，像羹的濃稠感覺，有氣泡。	和自來水的感覺差不多，彈性很好。	呈現小塊狀凝結，無法整片凝結



大凍山 650M



枕頭山水火同源

結果：用 A 水火同源的水搓揉時間不到超過 2 分鐘即可凝結，B 也同樣不必搓揉到 5 分鐘，ABC 都可以順利凝結，但是愛玉彈性差別不大；D 雨水則是只能呈現零散小塊狀凝結，而且很軟，無法整片凝結。

討論：ABC 的結果令我們驚訝，以下針對取得的水源稍作說明。

1. 枕頭山水火同源：屬於石灰岩地形，水是從地底冒出來的，我們是



枕頭山 300M

拿保特瓶在水溝中撈的水，取水的時候水質非常清澈且溫熱，有重重的硫磺味。

2. 枕頭山 300M：屬於石灰岩地形，水質混濁，平時是乾涸沒有水的，剛好這次前夜下大雨，所以有些許流水，在撈水的時候底部的石灰岩雜質也不小心撈了不少，岩石邊有不少白色堆積物。
3. 大凍山 650M：這裡的山泉水經過煮沸可以泡茶，水質清澈、清冷且甘甜，我們是拿保特瓶從水管中接水的。

【4-3】水質硬度比較

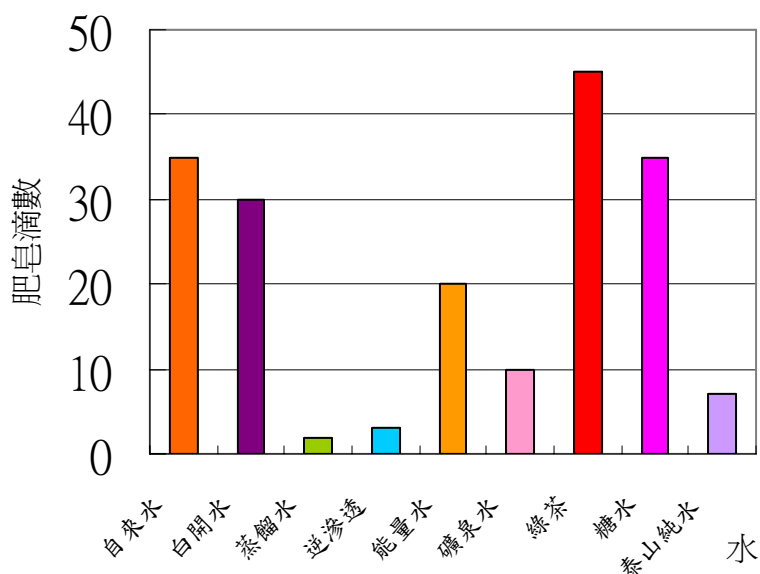
實驗（一）人工飲用水部分

實驗方法

1. 將【4-1】所使用的水質用肥皂水進行硬度測試，滴數越多代表硬度越高，硬度越高代表所含礦物質（主要為鈣、鎂離子）越多。
2. 準備飽和肥皂水 200ml。
3. 將要測試的水各裝 10ml。
4. 用滴管將肥皂水滴進試管中搖一搖，計算滴數直到搖出泡沫來。
5. 反覆進行 3 次取平均值。

表 4-3-1

水源	自來水	白開水	蒸餾水	逆滲透	能量水	礦泉水	綠茶	糖水	泰山純水
平均滴數	35	30	2	3	20	10	45	35	7



水的硬度比較表

愛玉~愛在凍結時

結果：鈣、鎂含量~綠茶>自來水、糖水>白開水>金字塔能量水>礦泉水>泰山純水>逆滲透>蒸餾水。自來水加入糖並不會影響其硬度變化。

討論：與【4-1】實驗結果，凝結速度為：白開水>自來水、糖水>綠茶>金字塔能量水>礦泉水；彈性順序為：自來水、白開水、糖水>綠茶>金字塔能量水>礦泉水做比較會有些差異的原因，應該是實驗時的誤差，如：白開水的硬度小於自來水，但為何凝結的速度比自來水快？礦泉水因為經過處理可能處理掉大部分礦物質，造成硬度比較低。

實驗（二）大自然的水部分

實驗方法

- 1.將【4-2】所使用的水質用肥皂水進行硬度測試。
- 2.重複實驗（一）的步驟。

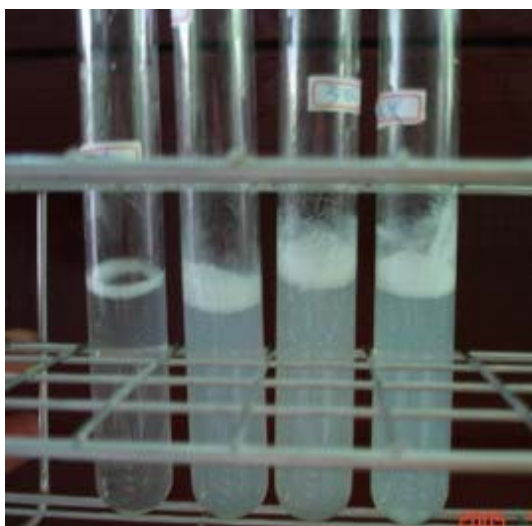
表 4-3-2

水源	A 枕頭山水火同源	B 枕頭山 300M	C 大凍山 650M	D 雨水
平均滴數	均超過 50 滴			9

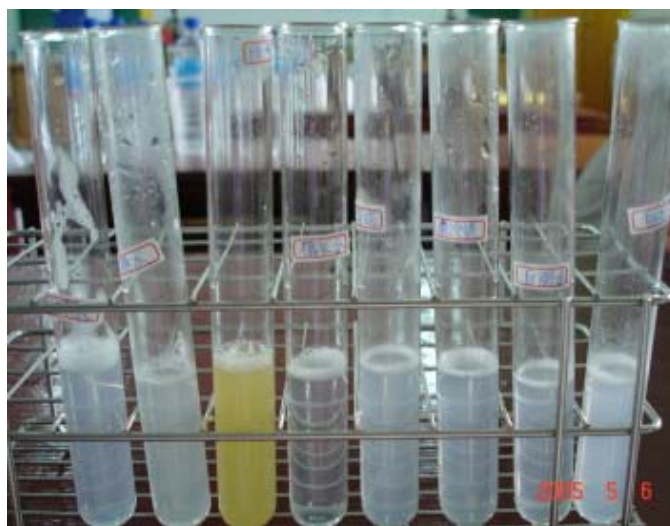
結果：雨水的硬度與實驗（一）比較只大於泰山純水。除此之外，我們並沒有將 ABC 確實起泡的滴數計算出來，但是至少確定會比實驗（一）所有的水硬度要來得大，所以鈣、鎂含量與實驗（一）結合為~

枕頭山水火同源、枕頭山 300M、大凍山 650M>綠茶>自來水、糖水>白開水>金字塔能量水>礦泉水>雨水>泰山純水>逆滲透。

ABC 試管在滴了 50 滴肥皂水搖晃以後，水質變白色混濁，有大量白色懸浮物，這些白色懸浮物高度 A>B>C



右邊 3 支試管混濁有懸浮物



加入肥皂水測試水的硬度

【研究五】試著找出使愛玉凝結的主要礦物質

在研究四中，在石灰岩（碳酸鈣）地區所取來的水會讓愛玉迅速凝結，因此鈣離子有可能是愛玉凝結過程中最重要的礦物質，在比對過文獻後，我們決定以下實驗。

【5-1】以蒸餾水添加氯化鈣、氯化鎂、氫氧化鈣

實驗方法

1.以蒸餾水調配不同的水溶液。

- (1) 100ppm 的氯化鈣溶液 200g
- (2) 1000ppm 的氯化鈣溶液 200g
- (3) 10000ppm 的氯化鈣溶液 200g
- (4) 100ppm 的氯化鎂溶液 200g
- (5) 1000ppm 的氯化鎂溶液 200g
- (6) 10000ppm 的氯化鎂溶液 200g
- (7) 190g 蒸餾水+10g 飽和澄清氫氧化鈣溶液
- (8) 195g 蒸餾水+5g 飽和澄清氫氧化鈣溶液
- (9) 198g 蒸餾水+2g 飽和澄清氫氧化鈣溶液
- (10) 199g 蒸餾水+1g 飽和澄清氫氧化鈣溶液
- (11) 199.5g 蒸餾水+0.5g 飽和澄清氫氧化鈣溶液
- (12) 199.9g 蒸餾水+0.1g 飽和澄清氫氧化鈣溶液

2.取以上溶液以比例 1：100 製作愛玉，常溫下搓揉 5 分鐘。

表 5-1

	溶液 pH 值			約多久凝結	觀察記錄
	搓揉前	搓揉完	凝結好		
(1) 100ppm 的氯化鈣溶液 200g	6-7	5-6	×	×	液體中間呈現白色混濁，只有一點點稠感
(2) 1000ppm 的氯化鈣溶液 200g	6-7	5-6	×	×	
(3) 10000ppm 的氯化鈣溶液 200g	6-7	5-6	×	×	
(4) 100ppm 的氯化鎂溶液 200g	6-7	5-6	×	×	
(5) 1000ppm 的氯化鎂溶液 200g	6-7	5-6	×	×	
(6) 10000ppm 的氯化鎂溶液 200g	6-7	5-6	×	×	
(7) 190g 蒸餾水+10g 飽和澄清氫氧化鈣溶液	9	8	7-8	50 分	很軟，有很多氣泡
(8) 195g 蒸餾水+5g 飽和澄清氫氧化鈣溶液	8-9	7-8	7	25 分	比 (7) Q 一些
(9) 198g 蒸餾水+2g 飽和澄清氫氧化鈣溶液	8	7	6	20 分	Q 感十足
(10) 199g 蒸餾水+1g 飽和澄清氫氧化鈣溶液	7-8	7	6	15 分	Q 感十足
(11) 199.5g 蒸餾水+0.5g 飽和澄清氫氧化鈣溶液	7	6	5-6	15 分	Q 度不錯
(12) 199.9g 蒸餾水+0.1g 飽和澄清氫氧化鈣溶液	7	5-6	5	40 分	塊狀凝結

結果：中性的氯化鈣、氯化鎂溶液無法使愛玉凝結，但是若加入適量的飽和澄清氫氧化鈣溶液是可以使愛玉達到很不錯的凝結效果的。

陸、研究結果

一、有關愛玉凝結速度及製作比例

凝結的速度與愛玉瘦果：水的比例有關，最適合凝結的比例是【愛玉瘦果與水的比例=1：100】最適合，比例過高凝結得快，但是嚐起來太乾澀，口感也太硬。這樣的濃度約放置 30~45 分左右就可以達到不錯的凝結效果。

二、搓揉後置放地點的溫度高低對愛玉凝結速度的影響大於搓揉時自來水的溫度高低的影響

搓揉時自來水的溫度較高一點（溫水），凝結的速度也會快一點，低溫不利於愛玉的凝結；搓揉後置放地點的溫度越高，愛玉凝結的速度越快。搓揉時間會影響愛玉的凝結速度，最多搓揉時間不要超過 15 分鐘；凝結完成的愛玉並沒有因為搓揉時間的不同，而在彈性方面有所差別。愛玉放置越久，化出來的水會越來越多，所以必須儘早食用。

三、製作愛玉最好的方法是用手搓揉

用保特瓶搖晃無法使愛玉凝結，用果汁機打只要不要把愛玉瘦果顆粒打碎，也可以凝結成軟軟的愛玉，只是效果不大好；所以最好的處理方法還是用雙手搓揉。

四、製作愛玉使用的溶液有其他選擇

用白開水、糖水、綠茶是可以達到不錯的凝結效果的，礦泉水可以在很短的時間內凝結，但即使放再久也無法變得有彈性；而檸檬水則無法使愛玉凝結，因此無法直接做成檸檬愛玉。不過愛玉是可以直接加糖做成甜的口味，並不會影響到凝結後的彈性。

五、原則上，水的硬度越高會使愛玉凝結的速度越快，但不影響彈性

用水火同源的水搓揉時間不要超過 2 分鐘即可，枕頭山標高 300M 的水也同樣不必搓揉到 5 分鐘，枕頭山與大凍山所取的三種水都可以順利凝結，但是愛玉彈性差別不大；雨水則是只能呈現零散小塊狀凝結，而且很軟，無法整片凝結。利用肥皂水測試所用的水的硬度，鈣、鎂含量為~枕頭山水火同源、枕頭山標高 300M、大凍山標高 650M > 綠茶 > 自來水、糖水 > 白開水 > 金字塔能量水 > 礦泉水 > 雨水 > 泰山純水 > 逆滲透 > 蒸餾水，大體上來看，似乎硬度越高凝結的速度越快。

六、石灰岩地區取得的水能使愛玉迅速凝結

我們去白河取水時，在岩石邊都可以看到累積厚厚一層的白色沉積物，就像是我們拿水壺燒開水壺底會沉積白色固體的碳酸鈣，而枕頭山又有大片的石灰岩，所以枕頭山水火同源、枕頭山 300M 含有不少的鈣、鎂礦物質；而大凍山 650M 的水質中的鈣、鎂礦物質雖然略少於前兩者，不過還是會比我們的自來水來得多，因此愛玉凝結會比較快。

七、蒸餾水適量加入飽和澄清氫氧化鈣溶液可使愛玉有效凝結

在蒸餾水中添加不同劑量的氯化鈣、氯化鎂、氫氧化鈣，結果中性的氯化鈣、氯化鎂溶液無法使愛玉凝結；但是若加入適量的飽和澄清氫氧化鈣溶液是可以使愛玉達到很

愛玉~愛在凍結時

不錯的凝結效果的，加入過量或不足都會讓愛玉顯得太軟或無法整片凝結。

八、pH 值與愛玉的關係

我們無法由溶液原本的 pH 值來判別是否能使愛玉凝結，但愛玉瘦果在經過搓揉後會使水溶液的 pH 值降低，等到完全凝結後的 pH 值會更低。

柒、討論建議

- 一、在溫度對愛玉凝結的影響的實驗中，因為考慮到人體無法承受過低或過高的溫度，所以只做了自來水 0~40°C 的實驗，所以 40°C 以上高溫的自來水對愛玉的凝結速度的效果待後續探討。
- 二、要邊揉愛玉邊將溫度控制在固定的溫度不是一件簡單的事情，即使我們已經採用隔水降溫、隔水加熱的方式盡量保持差不多的溫度，但是誤差仍難免。尤其在 0°C 的冰水中搓揉愛玉真是一件苦差事，凍僵的手無法使力搓揉，只好用單手揉，受不了時再換手揉。
- 三、因為國小器材簡約，我們沒有恆溫箱，所以我們只能想盡辦法用最簡便的方式來保持做好的愛玉溫度。
- 四、水的硬度實驗結果與凝結的速度做比較會有些差異的原因，應該是實驗時的誤差，如：白開水的硬度小於自來水，但為何凝結的速度比自來水快？礦泉水因為經過處理可能處理掉大部分礦物質，造成硬度變小。
- 五、一般飲料店賣的檸檬愛玉放一整天都不會化成水，有可能是假的愛玉，可將愛玉加熱融化後，觀察是否會再度凝結，真正的愛玉化成水後是不會再度凝結的。
- 六、帶有鈣離子的氯化鈣為何無法像氫氧化鈣一樣讓愛玉有效凝結呢？
- 七、因為飽和澄清氫氧化鈣溶液呈現強鹼，因此我們最高只做到 190g 蒸餾水+10g 飽和澄清氫氧化鈣溶液這樣的比例。

捌、參考文獻

牛頓科學研習百科（1993）：化學。台北：牛頓。

中正大學普通化學實驗輔助教學網頁（2005）。2005 年 5 月 2 日，取自

<http://www.chem.ccu.edu.tw/~cyhung/Web-ccu/index.htm>。

蔡仲華（2000）：凝膠植物。台北：中研院高中生命科學資優生培育計畫專題研究報告。

玖、附錄

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

第三名

081529

愛玉~愛在凍結時

臺南縣鹽水鎮鹽水國民小學

評語：

1. 材料具鄉土性，研究出材料的最佳比例、水溫、水質、添加料與 PH 值之最佳條件。
2. 表達說理能力好，合作團隊佳。