

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

080204

驚天「凍」地～探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠
機制之影響與感官品評接受度

學校名稱：新北市永和區永和國民小學

作者： 小六 游心瑜 小六 江選任 小五 陳梓皓 小五 莊承諺	指導老師： 劉秋燕 張 虹
---	---------------------

關鍵詞：凝膠現象、離水率、親性膠體

摘要

蒟蒻果凍是具有膳食纖維的美食點心，為了瞭解其凝膠特性與品質變化，操縱變因包含「加熱條件」、「添加糖類」、「改變酸鹼值」、「添加鹽巴」、「其它添加物」、「貯存溫度」等來進行硬度、耐壓力、離水率、切割力、凝膠速度、油脂包覆能力、貯存方式等實驗，並透過「感官品評單」進行嗜好性調查，最後根據實驗結果提出製作建議。實驗結果顯示：

- 1.內部凝膠最佳的酸鹼值落在 pH3~4。
- 2.糖的添加有助於凝膠作用，而鹽巴卻有抑制作用。
- 3.醋和酒精可以延長其貯存期限。
- 4.貯存方式不宜放置冷凍庫因為水分析出的離水現象最明顯。
- 5.大眾喜愛的凝膠性是製作比例為「凍粉：水=1:20~30」；凍飲則為「凍粉：水=1:70~80」較佳。

壹、研究動機

我們是一群愛吃 QQ 果凍的小孩，新聞說：統一和愛之味 2 家食品廠竟為了省成本，添加可能有害人體的工業用凝固劑，太可怕了！期末考後自然老師允許我們動手做果凍來吃，同學們帶來的果凍凝膠粉末各有不同，大家分享品嚐後發現蒟蒻果凍最 Q 彈。碰巧，在資優課程中我們要做專題研究，討論後我們就選擇了低糖蒟蒻果凍為主題。而我們也向烘焙師及鄰近的 85°C 請益，他們均建議我們可以使用學校附近最大型的「艾佳烘焙坊」所販售的蒟蒻果凍粉，此款內含物單純，簡單方便易上手，許多初學者都以這款為入門款。在我們詢問廠商相關成分後，除確認裡面的成分是蒟蒻、海藻膠，而且無色素、無香料、無防腐劑的天然原料外，我們想更深入瞭解時，廠商卻說是機密。我們對它實在太好奇了，於是就開啟了我們想一探究竟的求知之旅。

★與課程相關單元：

自然與生活科技三上第四單元廚房裡的科學（康軒版）

自然與生活科技五上第三單元水溶液（康軒版）

自然與生活科技六下第二單元物質的變化（康軒版）

貳、研究目的

- 一、瞭解市面上常見的親水性膠體果凍的風味、組成與官能品評
- 二、觀察製作時的**膠體溶液溫度**對蒟蒻果凍製作過程的凝膠現象
- 三、探討**酸性**水溶液對蒟蒻果凍凝膠與離水現象的影響性
- 四、探討**鹼性**水溶液對蒟蒻果凍凝膠與離水現象的影響性
- 五、找出凝膠特性最強的 **pH 值**
- 六、探討**糖**對蒟蒻果凍凝膠特性的影響性
- 七、探討**鹽**對蒟蒻果凍凝膠特性的影響性
- 八、探討**貯存溫度**對蒟蒻果凍凝膠特性的影響
- 九、**創意蒟蒻果凍**(酵素與其它有機質)的應用與建議

參、研究設備與器材

一、基本材料：

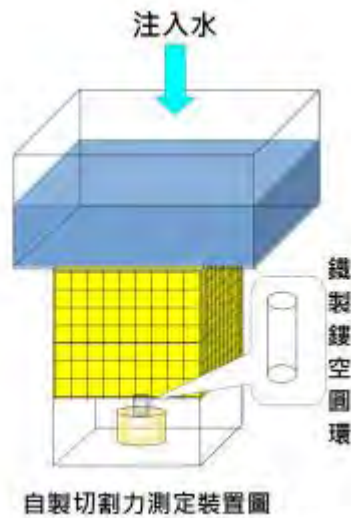
1. 本研究主體：蒟蒻果凍粉 (選購自艾佳烘焙坊，廠牌：普羅貝爾公司)
2. 化學藥品：氫氧化鈉、醋酸、小蘇打粉，海藻酸鈉，鹿角菜膠，刺槐豆膠
3. 添加物：鹽巴、各種糖類、沙拉油
4. 其他親水性膠體的種類：洋菜、吉利丁、吉利 T、寒天
5. 創意蒟蒻果凍添加物：鮮奶、料理米酒 (台灣菸酒公司酒精度 34%)、蘋果醋、豆漿、咖啡、膠原蛋白粉、小魚干貝、洛神花、枸杞、蜂蜜、胃乳、奇異果、鳳梨、各式水果……

二、器具：

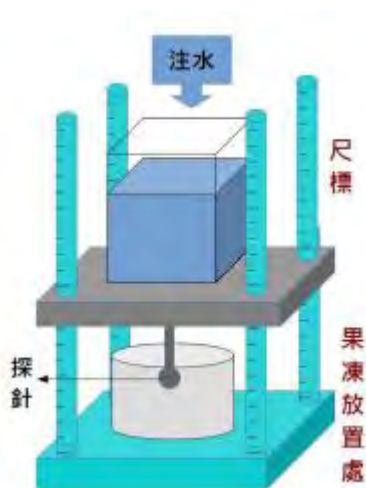
1. 電鍋(大同牌)
2. 烘焙電子秤與微量電子秤
3. 自製量測切割力的器具
4. 自製量測凝膠耐壓度的器具
5. 自製量測硬度器具
6. 定溫器
7. 加熱鍋具
8. 電子式酸鹼計

9. 其他：

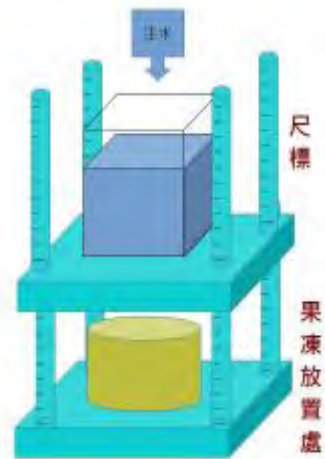
溫度計、方形壓克力盒（1000ml）、圓形中空鐵模具、計時器、標籤紙、燒杯（250ml）、燒杯（1000ml）、篩網、攪拌棒、湯匙、相機、試管、螺帽、布丁杯（100ml）、滴管、小保險絲、三種口徑吸管(3mm、7mm、10 mm)。



圖一 自製切割力測試器具



圖二 自製的硬度(表面韌度)測量器



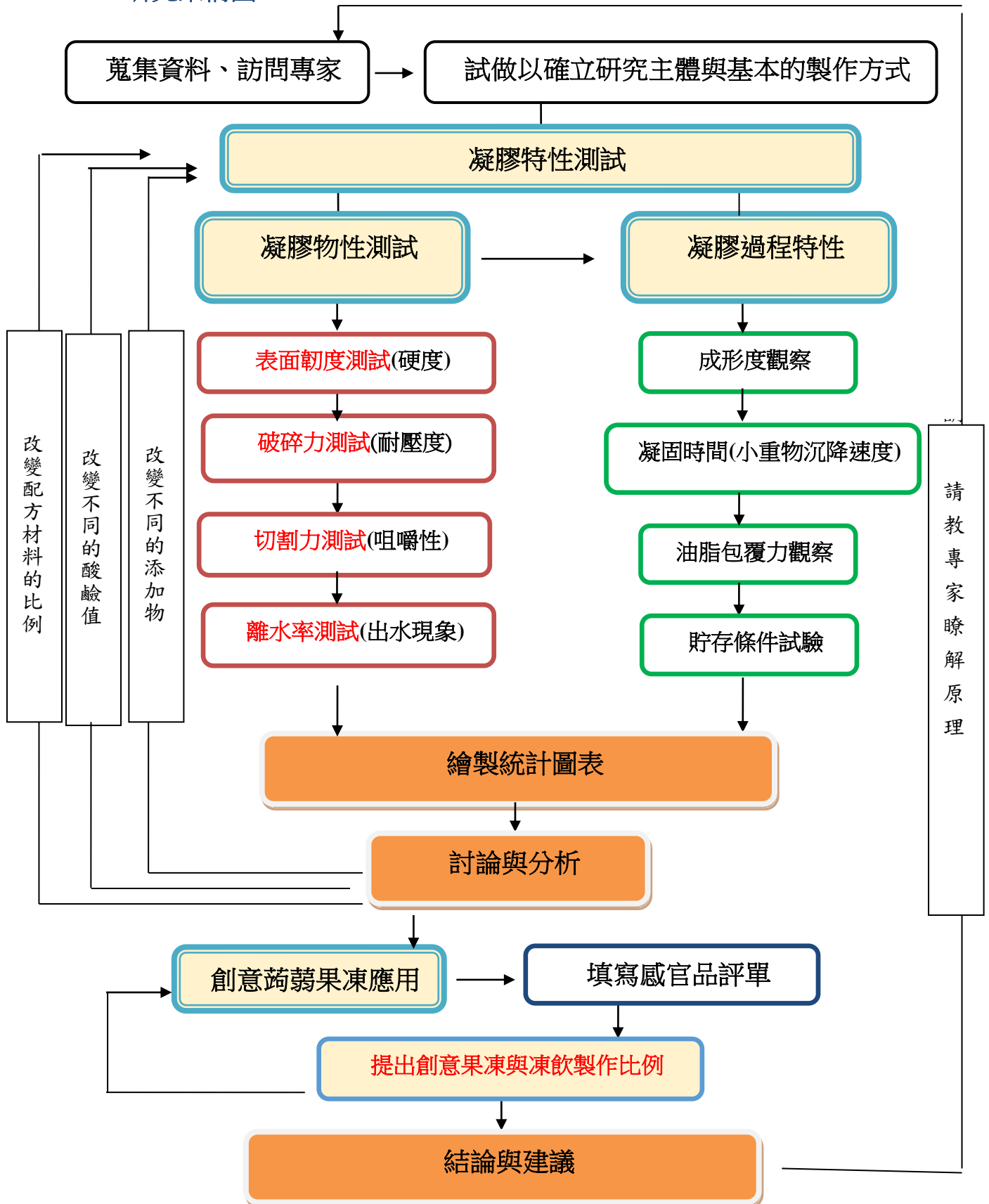
圖三 自製的耐壓力測量器

表一 試驗過程照片

		
破碎力測試(耐壓力測試)	小重物沉降測試	表層堅韌度測試(硬度測試)
		
定溫裝置	切割力測試(咀嚼性)	器具
創意蒟蒻果凍照片 (請看現場檔案夾)		

肆、研究過程與方法

一、研究架構圖：



圖四 研究架構圖

二、測定方法：

(一) 硬度測試(表面韌度)

1. 完成後放置室溫冷卻 3 小時後移入冰箱冷藏。
2. 在一天、兩天、三天後各取出三個果凍測量。(統一底部朝上)
3. 在模型上方定速緩慢注入水量，直至探頭陷入果凍內 1 公分時停止注水，量測壓在上方的重物與水的重量。
4. 每次以三個果凍測量後求平均值，重量愈大，表示表面韌度越大。

★表面韌度

模擬表面的觸感
「點」的承受力

(二) 耐壓度測試(破碎力測試)

1. 完成後放置室溫冷卻 3 小時後移入冰箱冷藏。
2. 在一天、兩天、三天後各取出三個果凍測量。(統一底部朝上)
3. 在模型上方定速緩慢注入水量，直至果凍出現裂痕或破碎時停止注水，量測壓在上方的重物與水的重量。
4. 每次以三個果凍測量後求平均值，重量愈大，表示可承受重力越大。

★破碎力測試

模擬側面延展力
「面」的承受力

(三) 切割力測試(咀嚼性)

1. 利用自製的測量器具於上方穩定注入水量直至果凍被圓形鐵製縷空器具由上而下完全切斷為止。
2. 測量上方總重量即為切割力，用來模擬嘴巴咀嚼的力量。
3. 取三個果凍測量後求平均值，重量愈大，表示內部組織愈堅實，咀嚼時較用力。

★咀嚼性

模擬牙齒咀嚼口感
「線」的承受力

(四) 離水率：

1. 先取每一種樣品秤重，並於一天後，兩天後，三天後將果凍溢出的水分去除後再秤一次。
2. 算出溢出的水分，再除以原來的重量，即為樣品出水的離水率。
3. 離水率= $\frac{\text{原樣重}-\text{出水}}{\text{原樣重}} \times 100\%$

★出水現象

瞭解脫水情況

(五) 小重物的沉降測試：(表面凝膠)

1. 將剛煮好的果凍溶液倒入試管中。
2. 接著以每隔兩分鐘的間隔投入小重物，觀察小重物的沉降。
3. 如果小重物的沉降位置越高，代表表層凝凍速度最快；
如果小重物的沉降位置越低，代表表層凝凍速度最慢。

★表面凝膠速度

測試表面凝膠速度
的快慢

(六) 油脂包覆能力測試

1. 取兩支試管分別於底部滴入 1c.c 的沙拉油，然後分別注入 45℃、85℃的蒟蒻果凍凝膠液，靜置完全冷卻凝固備用。
2. 另外模擬在腸胃道內果凍遇到油脂混和情形，當膠體凝凍後(25℃)我們將其攪碎，再與油脂混和。
3. 分別注入 10c.c 的水，觀察是否有油脂漂浮至水面。

★油脂包覆力
模擬凝膠吸附油脂的能力

(七) 感官品評：(詳見附件)

1. 採評分制，是一種「嗜好性」品評的方式，請家人、老師、同學... 進行評分，主要是透過試吃者喜好，填寫試吃單，品評項目以含外觀及色澤、硬度、滑順度、咀嚼性、Q 彈性等來評分。
2. 採用五分制，每次樣品品評間隔 15 秒，並以溫水為消味劑。
3. 針對大眾喜好度做為參考依據。

★嗜好性
調查高年級學生的喜好度

伍、結果

研究一、探討蒟蒻果凍的凝膠機制與離水現象

【實驗一】正式實驗前的試做

一、認識親水性膠體

我們從眾多凝膠種類中選定五種最常在烘焙坊出現的產品進行初步試做與試吃，試吃品評的項目包含外觀、色澤、硬度、滑順度、咀嚼性與整體接收度等的喜好來評分。

結果分析如下：

1. 口感 Q 韌度：蒟蒻果凍粉>吉利丁>吉利 T>寒天>洋菜。
2. 從冰箱取出 30 分鐘後都有輕微出水狀況。
3. 洋菜口感硬脆，寒天次之，其餘三種皆又彈又有韌性。
4. 從小重物沉降實驗可看到膠體在凝膠過程中似乎受添加物的影響，凝固的速度和膠體組織內部的結構都有些差異，是和酸鹼性或糖、鹽、酒精、酵素等添加物有關嗎？值得我們深入研究。



二、.選定「蒟蒻果凍粉」為研究主題

◎成分：蒟蒻粉、海藻膠萃取物(鹿角菜膠、刺槐豆膠)

◎簡介：

台大醫院營養室主任鄭金寶說：蒟蒻是一種稱為「蒟蒻芋」的地下塊莖，經過切磨碎成粉，再混合水份等製造而成，蒟蒻還常被稱為「胃腸清道夫」內含蛋白質、醣類、胺基酸、礦物質及纖維質，蒟蒻還有控制「高血糖、高血脂、高血壓」三高的功能。(全民健康保險雙月刊第97期)

海藻膠是由海藻中的紅藻所提煉而成的一種多醣類，具高度親水性，pH 值中性穩定。海藻膠已被用以製作牛奶布丁、冰淇淋、醬料、果凍與藥品等數百種產品。

我們所使用的蒟蒻果凍粉以鹿角菜膠和刺槐豆膠為主要成分。

◎原理：

蒟蒻膠與其他膠體的混合應用，以鹿角菜膠或三仙膠較為普遍。蒟蒻膠與鹿角菜膠作用均有一適當比例混合，可以提高鹿角菜膠之膠強度及透明度。鹿角菜膠成膠形成需有特殊陽離子存在，如鉀、鈣、銨或其它特殊離子。

【實驗二】探討製作時的溫度對蒟蒻果凍粉溶解有何影響？

1. 在三年級的「廚房裡的魔術師」單元，我們發現果凍粉在冷水中是無法溶解的，溫度愈高愈易溶解而且很快速，溶解度隨溫度升高而增加。
2. 蒟蒻果凍當天出水情形不明顯，第二天才比較多些。凝膠過程也不能一直搖晃或攪拌，以免影響膠結的形成。
3. 溫度會影響溶解的狀況嗎？結果如下表二，因此我們製作時以加熱至 90°C 為原則。

表二 膠體溫度變化的凝膠溶解紀錄觀察紀錄表

膠體溫度	成形度	透明度	溶解情況
100°C	完成凝固有完整固體型態	透明	快速溶解
90°C	完成凝固有完整固體型態	透明	
80°C	完成凝固有完整固體型態	透明	需攪拌
70°C	完成凝固有完整固體型態	透明	且溫度低所花
60°C	完成凝固有完整固體型態	透明	的攪拌時間愈
50°C	有凝固但是倒出後形體外斜	透明	久
40°C	輕微凝結成膠狀，倒出會癱軟外擴	半透明	
30°C	糊狀黏稠	霧霧的	無法完全溶解
20°C	糊狀黏稠	有懸浮物	
10°C	液態狀		

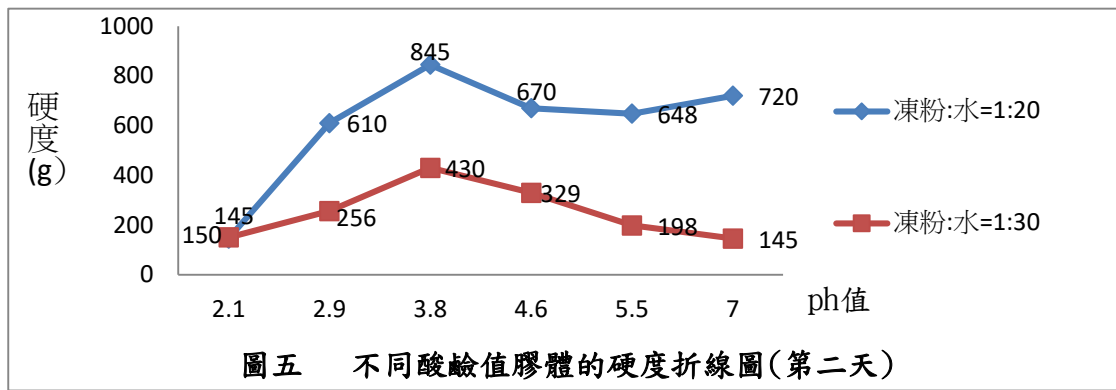
結論

溫度越高，果凍粉越容易溶解，而且透明度也越佳。

【實驗三】酸性添加物對蒟蒻果凍的凝膠機制有何影響？

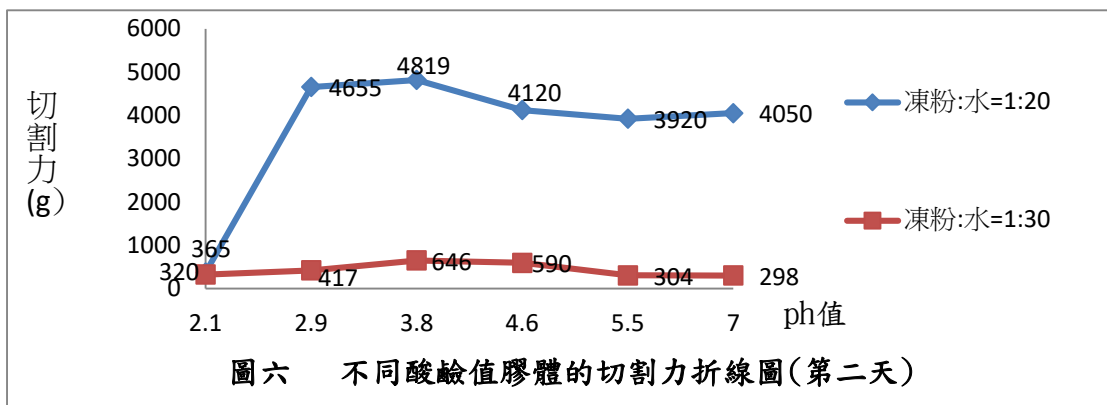
(一) 硬度分析

1. 依據實驗圖五可以發現蒟蒻凝膠凍的硬度最高點，大約出現在 pH3~4。
2. 當凍粉：水=1：20，pH 值大於 4 時(弱酸)，硬度無明顯差異；當凍粉：水=1：30 時，硬度會下降。
3. 硬度會隨蒟蒻凍粉添加量的增加而增加。
4. 當蒟蒻凝凍 pH 值從 2.9 降為 2.1 時，成形度比較差，硬度此時呈現陡降的現象。



(二) 切割力分析

1. 切割力會隨時間延長至隔天而有所增加，凍粉：水=1：20的切割力比1:30強很多。
2. 從切割力的折線圖也可看出，切割力最大值也是出現在 pH3.0~pH4.0 之間，此結果和硬度互相呼應。
3. 當凍粉：水=1：20，若 pH 值大於 4 時，切割力的差異不大。但若 pH 值從 2.9 到 2.1 會出現陡降的情況，即酸性過強切割力會下降，代表凝膠性比較弱。此結論與硬度測試一致。



(三) 耐壓度分析

1. 在酸性的膠體成品中，實驗結果發現都是可以承受 11 公斤的重物重壓而不破裂。此時果凍高度已從 5 公分壓至 1.5 公分，果凍向外延展，但都沒破裂，足見延展性極佳。
2. 將蒟蒻凍粉的量減少比例為凍粉：水=1：30，此時凍體變得更加軟 Q，但是依然在 11 公斤的重物重壓下，還是不會破裂。

(四) 凝凍速度與時間

1. 膠體是由上層先凝凍，膠體在室溫放置 40 分鐘後，我們以硬吸管插入試管底部，可以感受到上層凝凍，而下層此時並未完全凝凍。

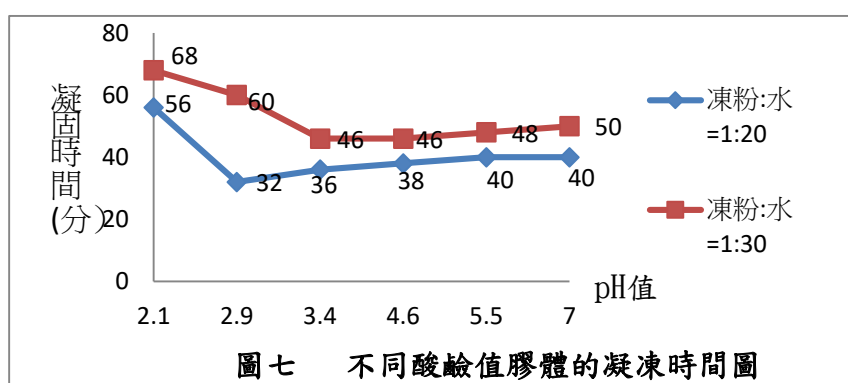
2. 小重物沉降試驗：

- (1) 放室溫 30 分鐘後膠體溫度降至 40°C 時，此時投入小保險絲，從保險絲沉降情形可知，酸性 pH2.9 和 pH2.1 兩組，小保險絲快速沉入試管底部，代表酸性太強，凝凍速度略慢。
- (2) 沉降的速度最快的是 pH2.1，其次是 pH2.9，再依序為 pH3.4、pH4.6、pH5.5。尤其 pH5.5，此時小重物會卡在最上層表面，代表此時表面已凝凍。



3. 凝凍時間之比較：

- (1) 從折線圖可知，酸性太強，膠體溶液不容易凝凍，實驗中以 pH2.1 最明顯，其他各組雖有差異但都在 10 分鐘之內完成凝凍。
- (2) 當果凍粉所占比例愈多時，膠體所需凝凍時間愈短。



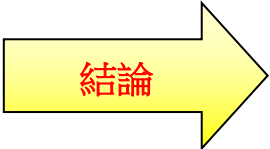
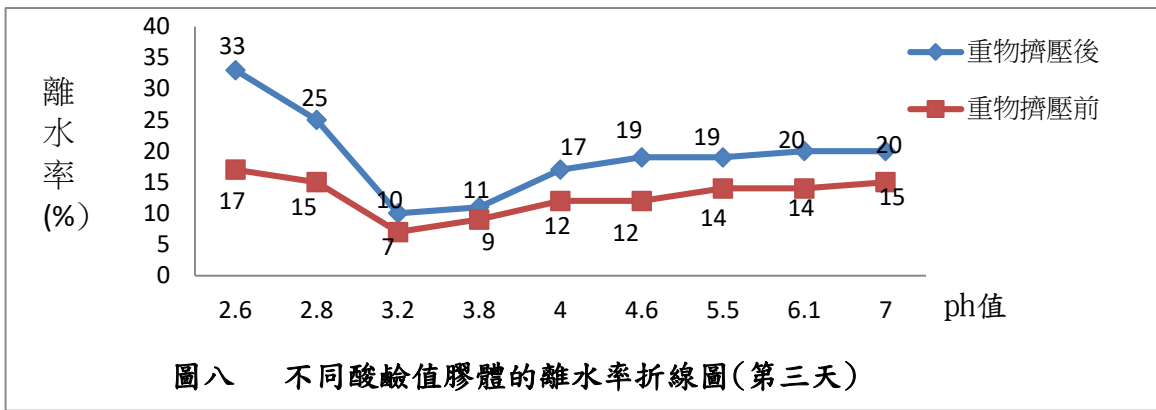
圖七 不同酸鹼值膠體的凝凍時間圖

(五) 成形度觀察

1. pH2.1 的果凍取出後，外型歪斜又有點癱軟。
2. 其餘皆有完全凝固，有固定形狀，pH2.6 有凝凍但形體有輕微歪斜。
3. 可見酸性太強會影響膠體成形。

(六) 離水率

1. 圖八顯示，離水率最低約是在 pH3.2 左右，討論後認為應與硬度有關。當硬度愈大，切割力也就愈大，表示此時凝膠性比較強，出水現象比較和緩，出水量當然也就少了。
2. 當酸性太強時凝膠性比較弱，不容易凝凍，因此 pH2.6 出水狀況比較嚴重，離水率上升。
3. 經過 10 公斤重物擠壓後，出水狀況更加嚴重。

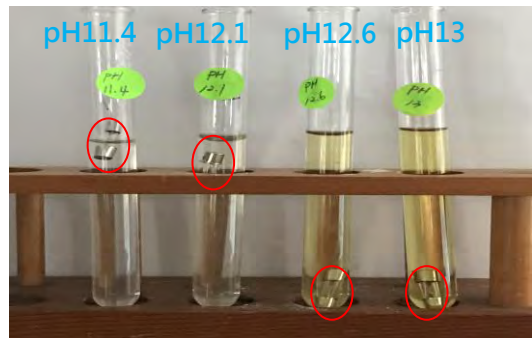


pH 值在 3 以下時，會嚴重破壞蒟蒻果凍的凝膠機制，而且擠壓或搖晃會增加出水狀況。在 pH3.0~pH4.0 之間時，凝膠性表現佳。

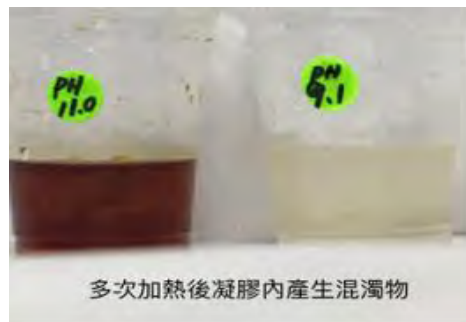
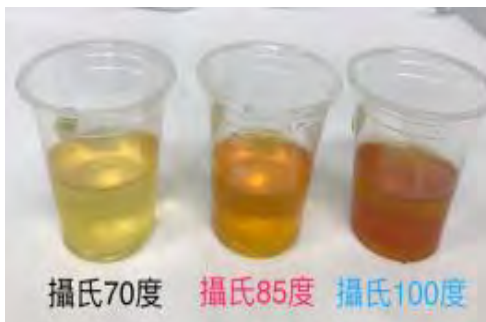
【實驗四】探討鹼性添加物對蒟蒻果凍的凝膠機制有何影響？

(一) 外觀與凝凍速度

1. 隨 pH 值的鹼性增強，果凍會產生褐變現象，呈現黃褐色。
2. 凝凍成形度受 pH 值影響，鹼性太強無法凝固，臨界值在 pH12.5 左右，右圖為放置室溫 40 分鐘時的小重物沉降試驗圖，pH12.6 和 pH13 都未凝凍。



3. 蒟蒻果凍褐變後若繼續加溫至 100°C 褐色會更加深，煮愈久顏色越深。而且若放室溫三天後重新回溫加熱，因多次加熱凝膠內有混濁物生成，久煮也不會溶化，應該是表面凝成一層硬膜所致。

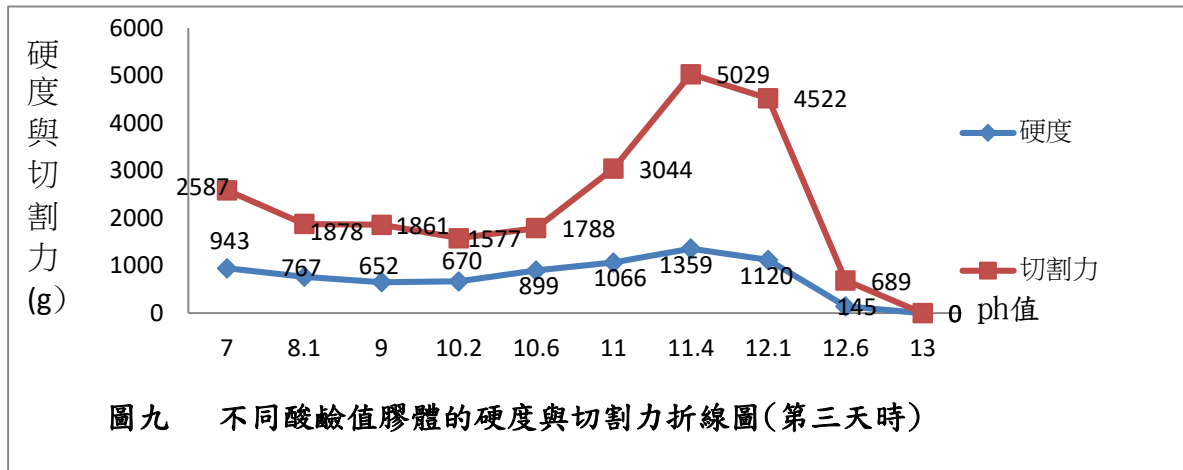


(二) 耐壓力測試

pH 值在 12 以下已經凝凍的果凍都可以耐壓 11 公斤的重物而不破裂，彈性及延展性極佳，直至壓到 0.5 公分時才瞬間破碎。

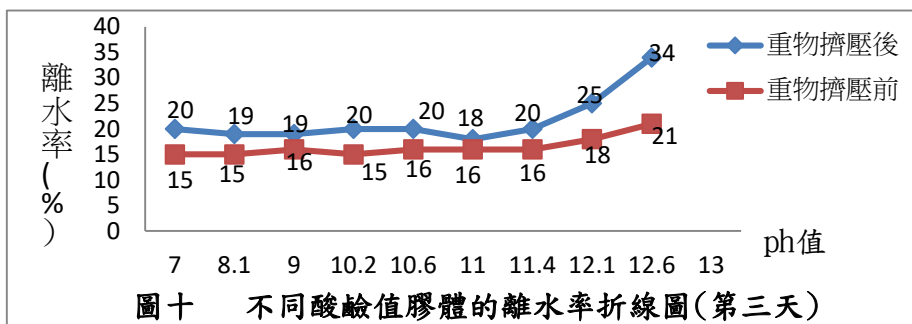
(三) 硬度與切割力分析

1. pH 值在 12 以下的硬度並無明顯差異，但 pH12.6、pH13 兩組皆無法凝凍成型。
2. 當凝膠溶液鹼性太強，褐變愈明顯，硬度也會隨著下降。
3. 隨鹼性增強，切割力略有增加但差異不大。
4. 當凝膠溶液鹼性太強則無法凝固，實驗顯示 pH12.6、pH13 都未凝固。



(四) 離水率分析

1. pH11 以下出水現象差異不大，但是 pH12 以上就發現離水率迅速上升。
2. 探討出水嚴重的原因可能跟組織被破壞有關係，鹼性太強凝膠性變差，所以出水現象也跟著變嚴重。
3. 經過 10kg 重物擠壓後，出水現象更加嚴重，這和酸性影響凝膠機制的結論一致。



結論

pH 值超過 11 時，會嚴重破壞蒟蒻果凍的凝膠機制，且產生褐變現象。

【實驗五】探討糖對蒟蒻果凍的凝膠作用與離水現象有何影響？

一、實驗設計：

操縱變因：六種糖(紅糖、白糖、黑糖、黃糖、冰糖、果糖)

控制變因：凍粉:水：糖=1：20：2

對照組：不添加糖

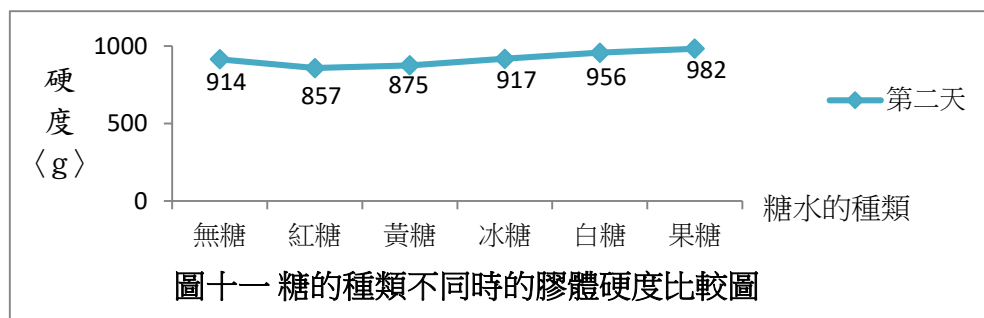
實驗步驟：

- 1.凍粉和糖混合後倒入水中再利用加熱器加熱至 90°C 並不斷攪拌。
- 2.分裝至小試管中，並放入隔水定溫鍋中定溫。
- 3.待全數完成所有的作業，統一取出放在試管架中進行凝膠試驗。
- 4.於 20 分鐘、25 分鐘、30 分鐘、35 分鐘、40 分鐘時分別取一支試管投入小保險絲，觀察小重物沉降的情況，來瞭解凝凍過程的些微差異。
- 5.另外各種溶液再個別分裝成 4 杯，一杯於三十分鐘時倒出，觀察成形的狀況。另 3 杯於完全凝凍後放入冰箱，次日進行硬度、切割力和破裂力測量。
- 6.硬度、切割力、破裂力試驗皆需重複三次求平均。

結果：

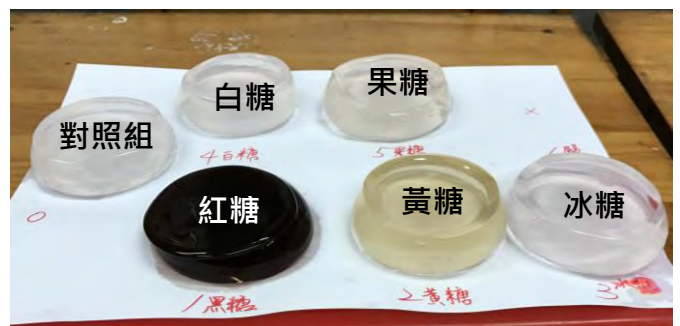
(一) 硬度與切割力測試

從圖可知：添加不同種類的糖對膠體硬度的影響不大。切割力試驗結果與硬度測試相似。



(二) 耐壓力測試：

1. 不論是否添加糖其蒟蒻果凍的耐壓破裂承受力都可承受 11 公斤重物的壓力，此時果凍體已經由 4.5 公分壓成 1 公分了，依然沒破碎。
2. 果凍受重物 11 公斤重壓後，經過 2 小時後發現回彈效果不錯，大多回彈原高度的四~五成左右，如圖。



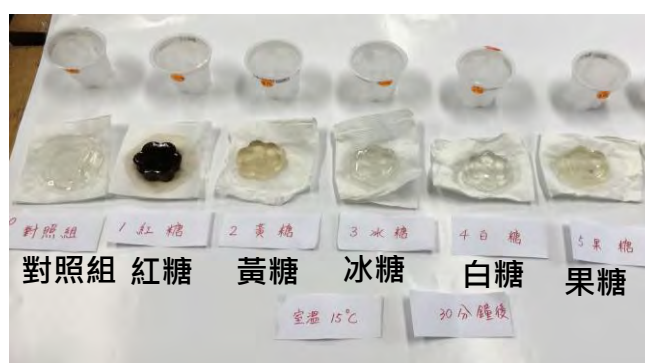
(三) 小重物沉降試驗：

有加糖的實驗組都比無糖的對照組表層凝凍速度快些，唯獨白糖略慢些，但差異不大。



(四) 成形過程觀察：

30分鐘後含糖的果凍幾乎都快成形了，為了觀察內部狀況，我們將果凍取出，實驗組所有種類的糖都比未添加糖的果凍成形度更好些。



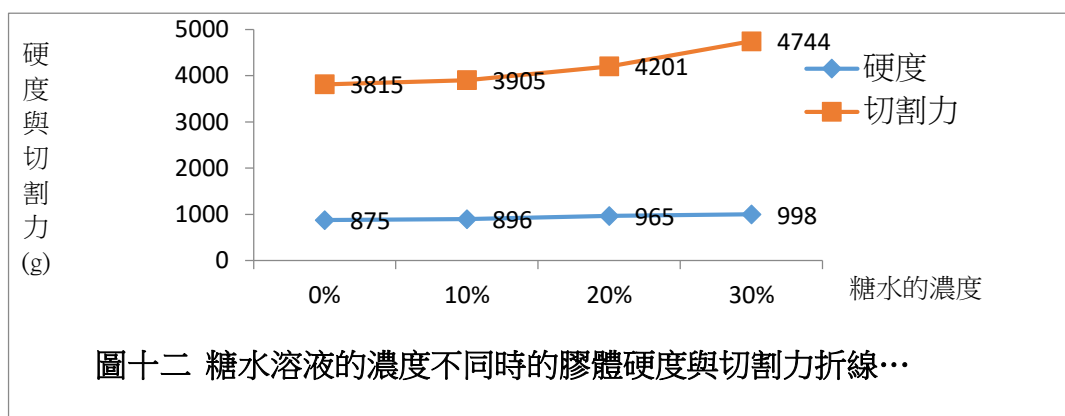
二、修改膠體溶液糖份的濃度：

實驗設計：我們模擬兩種製作比例，一組為凍粉:水=1：20，另一組為凍粉:水=1：40，來瞭解硬果凍和軟嫩果凍的差異性。

A、凍粉:水=1：20時：

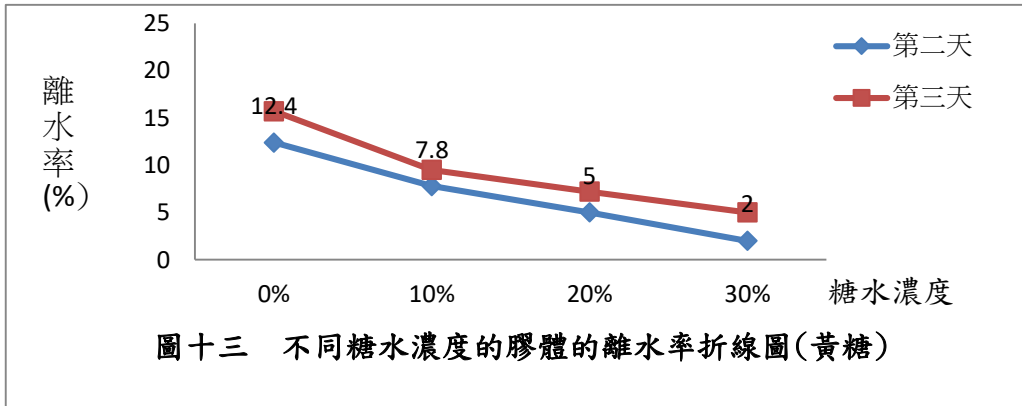
(一) 硬度與切割力測試

利用自製量測硬度的器具測量，皆出現蒟蒻果凍硬度和切割力皆隨糖水濃度的增加而略為增大，代表硬度隨糖量增加而呈現提昇，換句話說，就是糖添加量愈多會使蒟蒻果凍略硬，即凝膠性略為增強的意思，但差異不大。



(二) 離水率：

1. 無糖組在 2 天後從冷藏室取出 1 小時後發現出水現象略為嚴重，有添加糖則比較沒有出水的情況，代表糖具有保水功能，有助蒟蒻果凍凝膠安定。
2. 出水狀況隨糖的濃度增加而下降。



B、凍粉:水=1：40 時：

若在少量果凍粉的條件下添加不同濃度的糖量是否可使膠體由未成形變成可成形？修改比例凍粉:水=1:40，並添加黃糖量為蒟蒻果凍粉的 2 倍、4 倍。

1. 從表三可看出硬度和切割力測試都顯示會隨糖量增加而上升。
2. 當凍粉:水=1：40 時無法成形，但增加糖量有助於成形。

表三 糖水濃度增加對蒟蒻果凍凝膠特性的實驗紀錄表

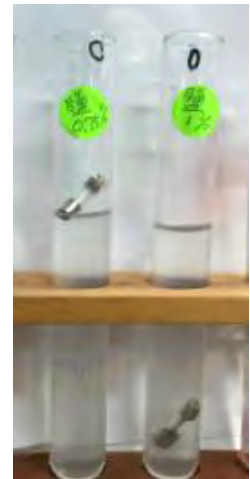
	成分重量(g)			結果				
	水量	糖量	蒟蒻 凍粉	成形	成形描述	表面 韌度	切割 力	耐壓 力
對照組	380	20	10	×	輕微凝凍 無固定形狀	×	×	×
糖(兩倍)	360	40	10	○	有凝凍 但形體歪斜	145	211	348
糖(四倍)	320	80	10	○	完全凝凍有固 體完整的形狀	256	362	506

結論

糖具有保水功能，有助蒟蒻果凍凝膠安定。

【實驗六】探討鹽巴對蒟蒻果凍的凝膠作用與離水現象有何影響？

1. 鹽巴的添加會使凝膠現象被抑制，不容易凝凍。當鹽水濃度為 1% 時，使用凍粉：鹽水 = 1：20 的比例來製作時，無法凝凍。而 0.25%、0.5% 和 0.75% 皆可以凝固成凍狀。
2. 右圖是冷卻三小時後小重物沉降實驗，可以明顯看出鹽水濃度 1% 的溶液根本未凝凍，而鹽水濃度為 0.75% 以下的溶液卻可以凝凍。
3. 加鹽巴的蒟蒻果凍，其凝凍時間會隨著鹽巴添加量的增加而增長，但鹽巴濃度仍不可以超過 1%，否則依然是液態濃稠狀，不會變硬成果凍狀。
4. 氯化鈉的濃度會影響凝膠機制，經推論因為在凝膠機制中氯化鉀有助於果凍凝膠的穩定性，但鈉沒有。添加氯化鈉後就會取代氯化鉀的位置，所以加入鈉後，會破壞凝膠機制。



結論

鹽巴的添加會使凝膠現象被抑制，不容易凝凍。

【實驗七】探討蒟蒻果凍的油脂包覆能力會受溫度與酸鹼性的影響嗎？

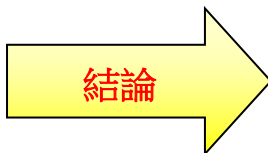
(一) 膠體溶液溫度不同時：

1. 蒟蒻果凍凝凍前，當果凍膠體溫度在 85°C 和 45°C 時，遇到油脂時其油脂包覆力存在差異性。為了易於觀察我們滴入有紅色素的清水，發現當果凍膠體溫度在 85°C 時，油脂包覆力不佳，油浮在紅水之上。
2. 當膠體凝凍後我們將其攪碎，再與油脂混和，來模擬在腸胃道內果凍遇到油脂混和情形。我們發現膠體依然具有油脂包覆力，如右圖所示(25°C)，浮上來的油很少。
3. 蒟蒻果凍膠體溫度在 85°C 未凝凍的膠質溶液時，此時注入含有沙拉油的試管中，發現油脂密度比較小全都浮上來了。
4. 油脂遇到 45°C 的膠質溶液，因為快達開始凝凍的溫度，所以油脂在浮起來時被包覆在膠體中(如右圖照片)，而在 25°C 凝膠完成加入油混和，發現其包覆力更好。
5. 完全凝凍後，為了更清楚觀察，將 10cc 水加入試管中，可以發現 45°C 膠質溶液的油脂包覆能力優於 85°C。



(二) 酸鹼性不同時：

1. 不同酸鹼值的膠體在凝凍前，若果凍膠體溫度在 85°C 和 45°C 時，遇到油脂，其油脂包覆力以 45°C 比較好，80°C 比較無包覆力。
2. 討論後覺得 45°C 油脂包覆力比較好的原因是膠體已經快要開始凝結成固態，膠體溶液變得濃稠了，此時遇到油脂時，油脂無法向上浮出表面而被包覆在膠體中。



蒟蒻果凍凝凍後攪碎依然具有油脂包覆力，而凝凍前則以凝膠溫度 45°C 優於 85°C。

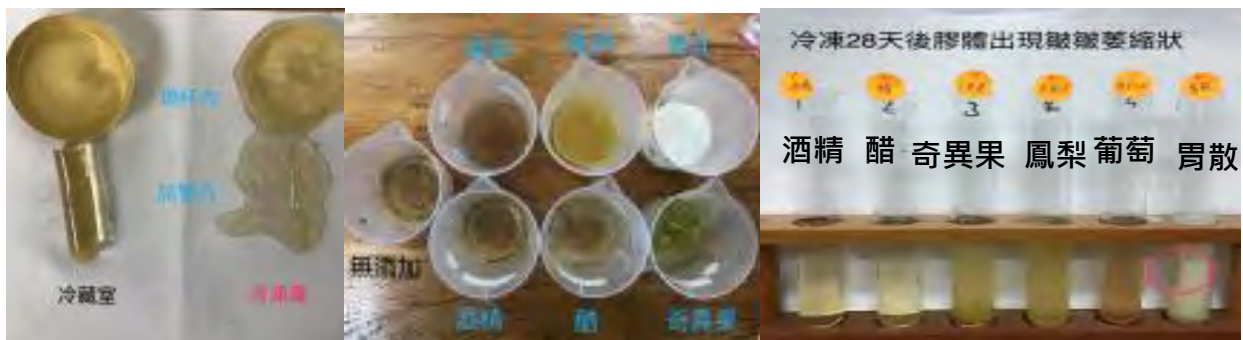
【實驗八】探討貯存溫度對蒟蒻果凍的凝膠作用與離水現象有何影響？

操縱變因：1. 室溫組(15-25°C) 2. 冷凍室(-5°C)
3. 冷藏室(5°C) 4. 保溫箱(40°C)

結果與分析：

(一) 外觀分析

1. 凝膠果凍放在室溫 15-25°C 和冷藏室 14 日內凝膠的變化並無很大的差異。
2. 但是 40°C 溫度下就會有融化較嚴重的情況，使凝膠性下降，不再 Q 硬，變成癱軟的現象，無法量測硬度。
3. 冷凍組放室溫 3 小時後產生皺皺的脫水現象。(如下圖)



(二) 凝膠特性分析

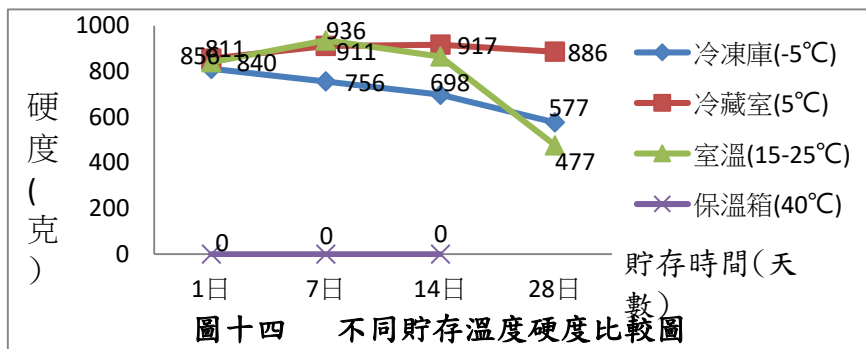
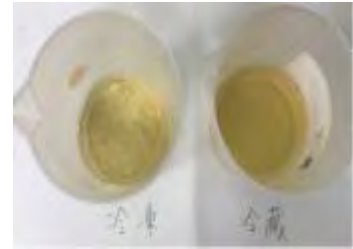
1. 硬度與切割力測試

(1) 14 天以內，室溫組與冷藏組差異不明顯，但是 14 天後室溫組硬度急遽下降，推測可能與發霉有關。

(2) 果凍的凝膠性受溫度影響很大。放置保溫箱 40°C 以上凝膠開始有融化現象，硬度與切割力皆無法測試。

(3) 在冷凍室裡(-5°C)儲存 14 日時，發現凝膠有輕微下降趨勢，推測是因為有脫水現象導致凝膠破壞，但幅度沒有很大。而冷藏組也有出水現象但情況不如冷凍組嚴重，脫水狀況以冷凍庫取出退冰後最嚴重。

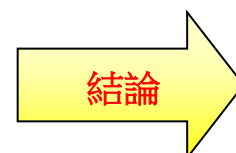
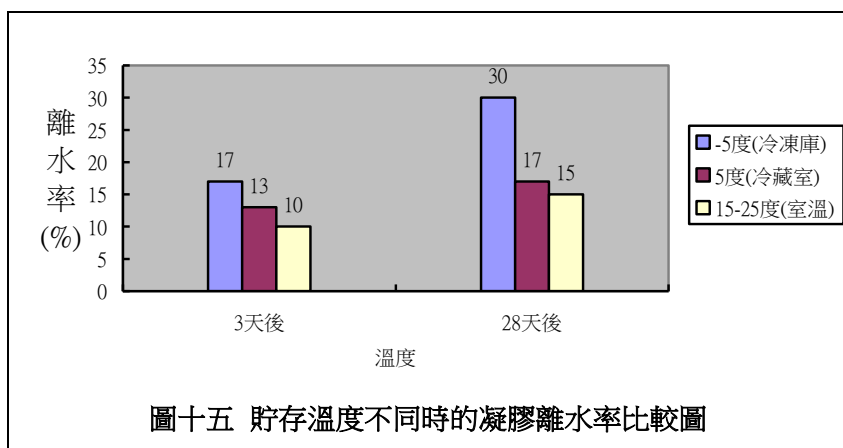
(4) 室溫組 28 日時出現陡降的現象，討論後認為和黴菌滋生有關，微生物滋生破壞凝膠體的硬度，不適宜在常溫中放置過久。



2. 離水率

(1) 放置第三天取出冷藏組、冷凍組退冰 3 小時後，發現離水率最高的是冷藏組，冷凍組跟室溫組差異不大。

(2) 放置 28 天後，發現冷凍庫的蒟蒻果凍出水更嚴重些，而冷藏組和室溫組差異不大。



蒟蒻果凍不適合放置在冷凍庫內，低溫會破壞凝膠強度，使離水現象變嚴重。

【實驗九】找出有利於蒟蒻果凍貯存的添加物？

1. 微生物滋生觀察：

- (1) 有蔗糖的果凍中，有添加 10%米酒頭的果凍無論在室溫 28 天或冰箱冷藏 28 天均未發生黴菌生長。但是未添加者放置室溫 14 日已有黴菌，冷藏的果凍 40 日後也發現黴菌，可見酒精可抑制黴菌生長。
- (2) 建議：未加防腐劑的果凍宜放冰箱冷藏，但也應該盡速食用比較好。



2. 貯存：

- (1) 室溫貯存時間延長，蒟蒻果凍的硬度會增加，凝集的内聚性會影響品質，而光澤度也會逐漸喪失，表面有微生物的小斑點，因此建議盡早食用為佳。
- (2) 若要長時間貯存，則放冷藏室優於放冷凍庫，如果提高糖的添加量，也有利於產品之貯存。

3. 貯存溫度對花青素的影響

- (1) 紫葡萄果凍的顏色變化在冷凍庫-5°C，冷藏 5°C，室溫 15-25°C 放置 28 天顏色變化不大，但是放置在 40°C 保溫的果凍會隨時間增長而退色越嚴重。
- (2) 建議：果凍在高溫貨櫃車的配送過程中，顏色及凝膠性都很容易受破壞，應該要注意。



- (3) 果凍在室溫的保存環境，紫葡萄汁的果凍色澤仍然穩定，應該是花青素在高酸性環境下受到保護的緣故，紫葡萄汁是一種酸鹼指示劑，五年級時我們學過，它在酸性下顯現出偏紅色性。(如右圖)
- (4) 加熱殺菌：在製作過程中，我們發現 60°C 以上的溫度即可將蒟蒻果凍粉溶解並冷卻後可成形，但是加熱至 90°C 以上的製品，若添加酸性物質，使達 pH4 以下時，室溫放置一個月都不見黴菌生長，而 60°C~80°C 的製品就發現有發黴現象，可見加熱殺菌再加上 pH4 以下的控制條件，可使蒟蒻果凍延長保存期限。

結論

酒精和 pH4 以下的酸性物質皆具有抑制黴菌生長的功能。

研究二、創意果凍製作與建議

【實驗一】透過試吃品評單找出接受度最高的低糖蒟蒻果凍粉與水的製作比例

實驗設計：

- (1) 凍粉與水的比例：1：60 和 1：70
- (2) 糖：低糖組 10%，高糖組 20%
- (3) 醋：無添加，添加 1cc

結果紀錄：

表四 凝膠凍飲實作紀錄表

說明 凍粉 比例	成分重量			觀察記錄與說明				
	糖	醋	水	PH	吸得動嗎？			描述
					細	中	粗	
凍粉： 水溶液 =1：60	6(10%)	0	54	6.8	×	○	○	1.粗吸管(口徑 10mm)可以吸取 2.中型吸管(口徑 5mm)可以吸取，但必須用力，吸取時不小心易噎到。 3.細型吸管(口徑 3mm)、中、粗吸管皆可吸取，但是細吸管必須用力才行。
	6(10%)	1	53	4.8	×	○	○	
	12(20%)	0	48	6.8	×	○	○	
	12(20%)	1	47	4.8	×	○	○	
凍粉： 水溶液 =1：70	7(10%)	0	63	6.8	○	○	○	細、中、粗吸管皆可吸取，但是細吸管必須用力才行。
	7(10%)	1	62	4.8	○	○	○	
	14(20%)	0	56	6.8	○	○	○	
	14(20%)	1	55	4.8	○	○	○	

結果分析

1. 試吃品評分析

(1) 試吃口感：

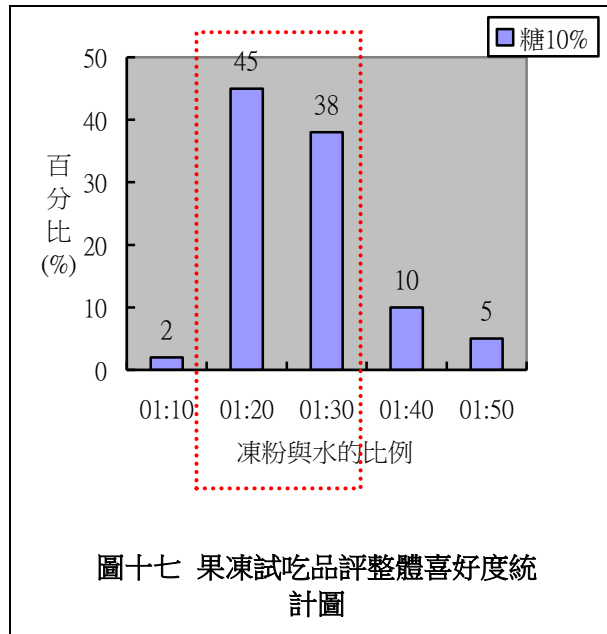
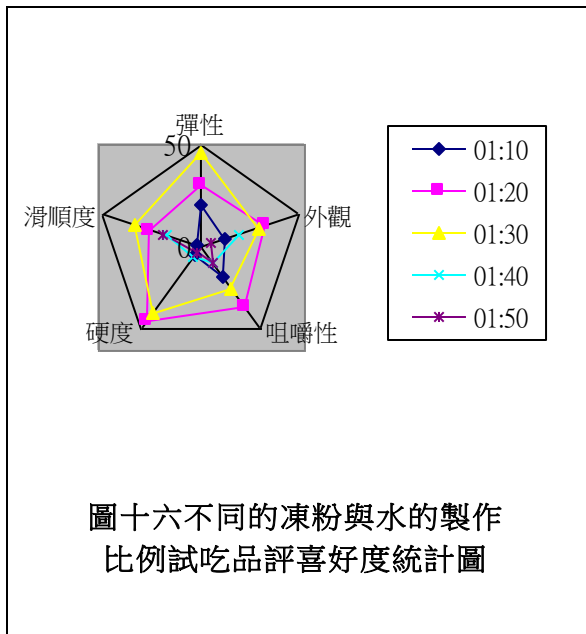
凍粉：水=1:10 比較硬，咀嚼感很大； 1:20 為 Q 彈滑順且有咀嚼感； 1:30 為軟 Q 滑順易入口；而果凍形體隨粉的量減少而變軟稀。

(2) 整體接受度：

蒟蒻果凍凝膠喜好程度的試吃品評彙整表換算出同學們的喜好，從圖十七明顯可得知同學對於蒟蒻果凍粉：水=1:20 的整體接受度比較高，其次是 1:30。

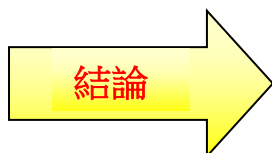
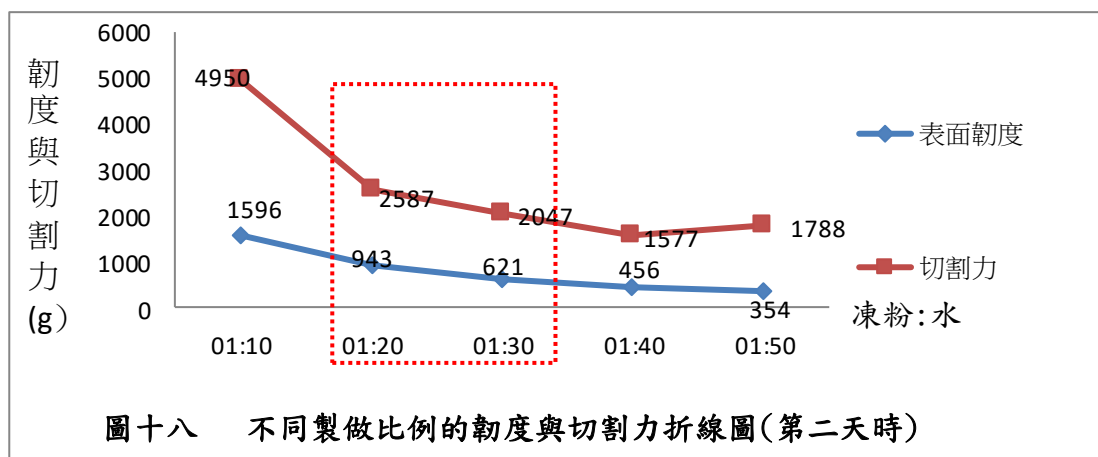
(3) 喜好度分析：

圖十六可知 1:20 的製作比例在硬度、咀嚼性、外觀、滑順度的喜好度都比較好，但 1:30 的口感喜好度比 1:20 高。



2. 試吃品評嗜好性最高的軟硬韌度與咀嚼切割力分析

從冷藏室取出後，同學對蒟蒻果凍粉：水=1:20 的整體接受度比較高，其次是 1:30，此時表面韌度約 600~1000 克之間；切割力大約是在 2000~2600 克之間。



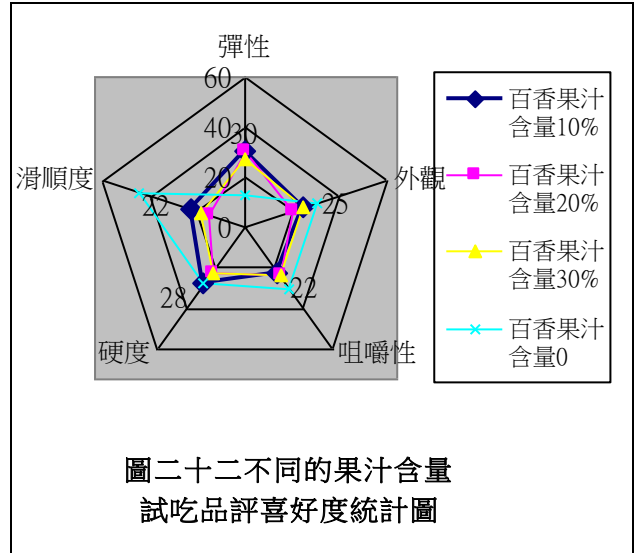
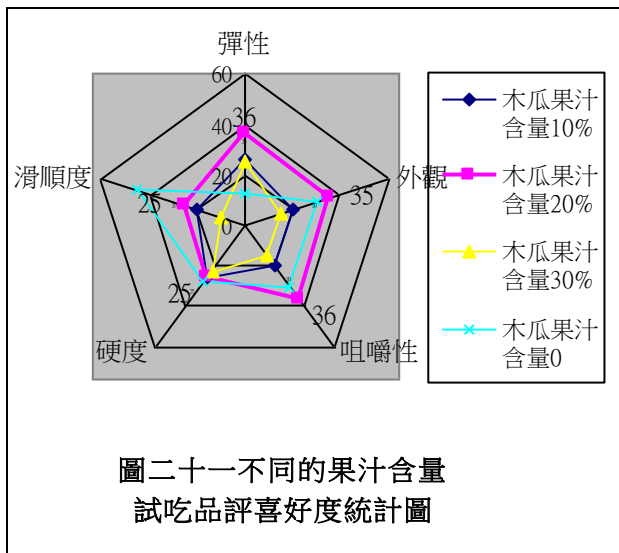
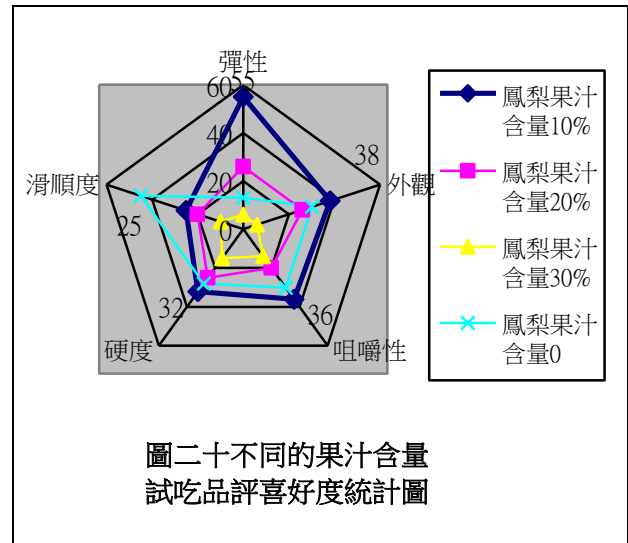
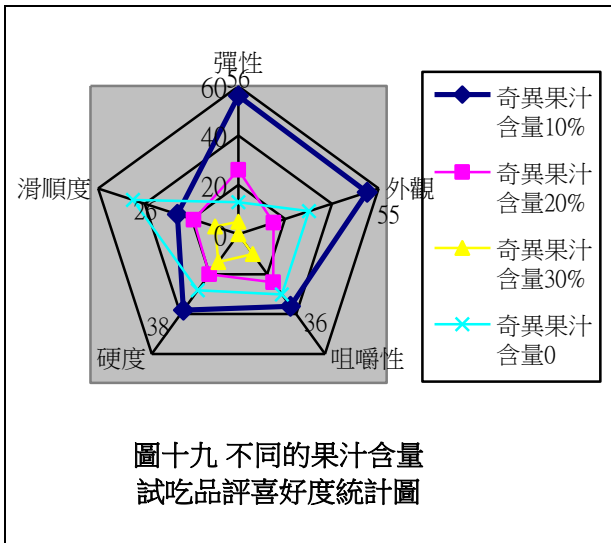
喜好度因人而異，但整體來說 Q 彈果凍的製作比例為蒟蒻果凍粉：水=1:20~30 接受度比較高；凍飲推薦 1:70~80 較好。

【實驗二】提出製作建議並實作

低糖低鹽是現在的健康取向，如何製作好吃的果凍呢？我們不斷試做和請同學品評，最後提出接受度比較高的製作比例，可做為製作參考，也可根據喜愛的口感來調整，太軟可增加粉的用量或略為增加糖量，加些微酸物質也可提升凝膠性，但切勿太酸而影響凝固。

討論：

1. Q彈低糖蒟蒻果凍比例為凍粉:水=1：20 或 1:30
2. 酵素高的水果蒟蒻果凍比例為凍粉:水=1：18
3. 凍飲比例為凍粉:水=1：60 或 1:80
4. QQ 蒟蒻果凍涼麵比例為凍粉:水=1：10，凝結成凍狀時切細條涼拌蔬菜。
5. 鹹凍比例為凍粉:水=1：18，鹽巴切勿超過 1%，以免無法凝結成凍。
6. 奇異果汁、鳳梨果汁含量越高凝膠效果越差，應該是酵素高使 Q 彈性和硬度都變差。
7. 建議高酵素果汁可作成凍粉:水=1:80 用吸吮方式。
8. 酵素高的水果若以 1:20 製作，因為會影響凝凍，所以添加的水果汁為 10% 就好，若要顧及營養素建議應該在膠體溶液稍涼半凝凍時再加入果汁或果丁，以免破壞維生素。
9. 木瓜含量為 20% 最得大家喜愛，凝凍狀況優於奇異果和鳳梨。
10. 百香果和木瓜的凝凍情況也優於奇異果和鳳梨，推測是酸性和甜度的關係。
11. 從試吃品評畫出的雷達圖可知：果汁含量為 10% 雖滑順度不如對照組，但是其餘各方面都最得大家的喜愛。



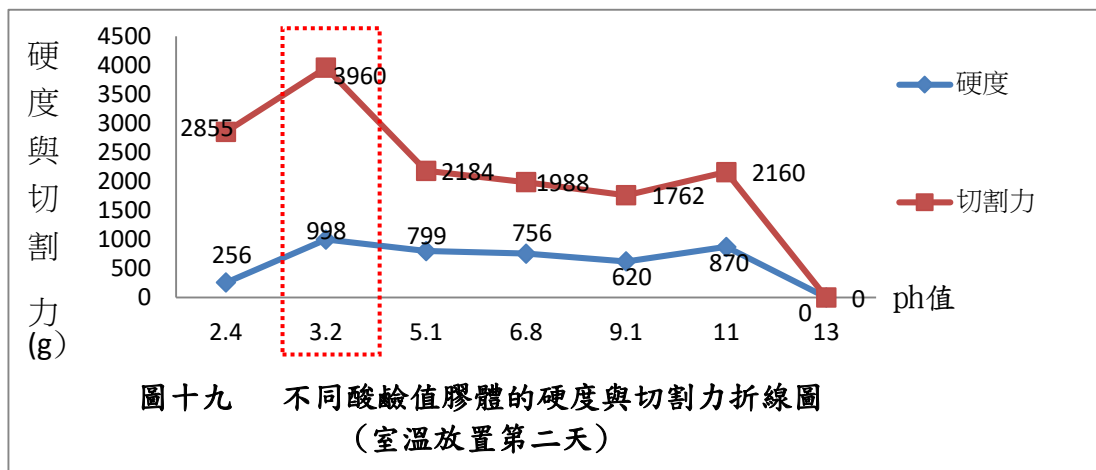
陸、討論

一、凝膠特性最強的酸鹼值是哪個區間？

(一)、從實驗的統計圖可知硬度、切割力比較大的是出現在 pH3 左右。

(二)、強酸和強鹼都會使凝膠性下降。

(三)、離水現象觀察：第二天時，從冰箱冷藏室取出 3 小時後觀察，發現鹼性膠體比較容易出水，酸性比較不會出水，推測是酸性凝膠性比較強的緣故。



二、認識市售蒟蒻果凍粉的成分

(一)、蒟蒻粉和蒟蒻果凍粉一樣嗎？

蒟蒻粉和蒟蒻果凍粉不一樣。純蒟蒻粉是不會凝固的，必須添加鹼粉，才會有凝固作用；而蒟蒻果凍粉是添加有蒟蒻粉的果凍粉，一般是鹿角菜膠和蒟蒻粉的混合粉末，我們調查了很多大賣場，發現市面上的蒟蒻果凍粉有很多額外的添加物和糖分，我們希望能買到無糖且簡單成分的蒟蒻果凍粉來製作。

(二)、鹿角菜膠的特性是什麼？

是一種易溶於水的膠質，從紅褐藻類提煉而來，可以使用在大部分食品中，而且使用量沒有上限，功能是可以被作為凝固劑、增稠劑、乳化劑、懸浮劑、澄清劑、穩定劑和持水劑，在食品和其他工業得到廣泛的使用。

我們請教台灣大學的教授，教授說：有研究指出它會抑制某些礦物質（如鉀）的吸收，並會在一些人身上產生腸胃道不適，建議勿食用太多，而且這種膠若高溫就加入酸性物質，會產生「降解」的小分子，不利人體健康，所以酸性添加物不要在高溫時加入。

(三)、一般市面上蒟蒻果凍粉內的副成分「檸檬酸鈉、氯化鉀」的功能是什麼？

廠商不願意告訴我們，所以我們請教台灣大學教授，教授說：鹿角菜膠在鉀離子存在下才能生成熱可逆凝膠，那是一種自由纏繞接著雙重螺旋的凝膠體。而檸檬酸鈉可以緩和以及降低氯化鉀所產生的苦澀味，兩者都是合法的添加物。

(四)、何為鹿角菜膠和刺槐豆膠---協同效應(交聯)？

當初我們選擇以蒟蒻果凍粉做為我們的研究對象，是因為以為它只是蒟蒻粉+果凍粉(吉利 T)。可是當實驗進行到後來，才發現果凍粉中還包含有鹿角菜膠、刺槐豆膠、氯化鉀、檸檬酸鈉等添加物。於是著手研究它們之間的關係，並測量耐壓力、硬度、切割力。

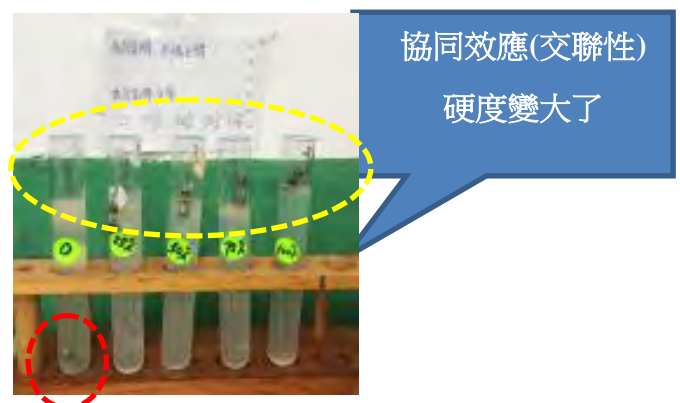
膠凝現象為親水膠體的長鏈分子相互交聯而形成能將液體纏繞固定在內的三維連續式網路，並由此獲得堅固嚴密的結構以抵制外界壓力而最終能阻止體系的流動。交聯就向是一座橋樑，將兩個聚合物連接在一起。

實驗設計：

鹿角菜膠含量	鹿角菜膠(克)	刺槐豆膠(克)	水	糖	氯化鉀
0	0	2	90 克	10 克	各加 2 克
25%	0.5	1.5			◎鹿角菜膠
50%	1	1			自己無法凝膠
75%	1.5	0.5			必須要有鈣離子或鉀離子
100%	2	0			

結果：

鹿角菜膠和刺槐豆膠混合的膠體，其凝膠能力會產生 1+1>2 的加乘效果。



柒、結論

一、蒟蒻果凍粉凝膠特性

- (一)、蒟蒻果凍粉凝膠是具有「加熱溶化」、「冷卻凝膠」的可逆性親水膠體，但是我們發現若膠體溶液是鹼性時，超過三天上層會產生硬膜久煮也不溶化。
- (二)、蒟蒻果凍膠體會受溫度、酸鹼性、鹽巴、貯存溫度等因素的影響而削減其凝膠強度，使黏度下降，甚至導致凝膠出現不安定性。
- (三)、糖的添加有助於凝膠作用也具有保水的特性，但是鹽巴的添加卻是抑制凝膠作用。
- (四)、凝膠性最佳的酸鹼值約在 pH3 左右，強酸和強鹼都會使凝膠性減弱甚至無法凝固。
- (五)、離水率以放置冷凍庫最嚴重，而且隨外力的擠壓或搖晃都會增加果凍的出水現象。

二、貯存性

- (一)、室溫組和冷藏組、冷凍組貯存 30 日時，具有花青菜之紫葡萄果凍和紫高麗菜之果凍其色澤和凝膠性都很穩定。但是高溫組(40°C)則隨時間增長而退色，且硬度下降，表示凝膠性變差。
- (二)、在製作過程中，加熱殺菌再加上 pH4 以下的控制條件，可使蒟蒻果凍延長保存期限。
- (三)、醋和酒精有助於延長貯存期限，食用白醋 1%和料理米酒 10%(台灣菸酒公司酒精度 34%)效果就有明顯差異。
- (四)、貯存溫度不宜放置冷凍庫，因為水分析出的離水現象最明顯且外觀皺皺的，色澤也會變差。

三、果凍凝膠嗜好性的官能品評

- (一)、嗜好性會先隨凝膠性的增加而增大，製作比例為凍粉：溶液=1：20 接受度最高，也就是粉量約為膠質溶液的重量百分比 5%左右。若考量幼兒和老年長者，建議可酌量減少用量約 3%~5%。低於 2%即無法成形，視覺上較不受歡迎，但可採用吸吮方式。
- (二)、果凍凝膠的安定性會受溫度而起變化，40°C 以上的貯存溫度會使凝膠特性下降而影響官能品評的結果，冷藏下貯存一個月的果凍凝膠情形並無差異，但仍建議儘早食用。
- (三)、大眾喜愛的凝膠性以硬度 500~1000 克時最佳，製作比例為粉：水=1:20~30 最受喜愛，凍飲則為 1:70~80 較佳，並應依添加物的酸鹼性來做調整。

捌、參考資料及其他

一、展望與建議：

- (一)、本研究是選定比吉利丁、吉利T 更加Q 彈的**蒟蒻果凍粉**做為研究主題，日後可以選擇其他親水性膠體或雞蛋凝膠等繼續研究，也可進一步探究蒟蒻粉與海藻膠混合比例不同時的凝膠特性。
- (二)、蒟蒻果凍凝膠後在 40°C 以上就會溶化成溶膠，是可逆性的親水膠體，但是如果放置太多天，表面會凝成一層硬膜，此時硬膜不易完全溶成液態狀，因此勿放置太久以免影響口感。
- (三)、蒟蒻果凍粉是添加了蒟蒻粉的果凍，本研究主要的凝膠物質主要是鹿角菜膠，至於其他廠牌凝膠物質若非鹿角菜膠或與果凍粉混合比例不同時則無法類推，這是本研究的研究限制。

二、參考資料

- (一)、不同膠質影響果凍品質研究

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2009/03/2009033109292688.pdf>

- (二)、解開果凍布丁的各種疑惑-完全大攻略

<http://jeanica168.pixnet.net/blog/post/355404357>

- (三)、硬不硬有關係---神奇的凝膠

w3.baps.tp.edu.tw/dbms/baps_ts/unit_5/item_32/硬不硬有關係

- (四)、食品添加資料庫

<https://www.unature.tw/blogs/unature/14814569-no-3>

- (五)、鹿角菜膠是甚麼?

<http://share.youthwant.com.tw/D62024621.html>

- (六)、「凍未條」～吉利丁與水果酵素的邂逅(中華民國第 54 屆全國中小學科展)

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080203.pdf>

- (七)、QQ 果凍--洋菜凍的彈性(中華民國第 44 屆全國中小學科展)

<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=-1&sid=1224>

- (八)、食品膠的膠凝特性及其機制

<http://www.wellwiz.com.tw/food-projects/食品膠的膠凝特性及其機制>

(九)、海藻膠

www.twword.com/wiki/海藻膠

(十)、魔芋不只「零熱量」 5 大養生功效與 5 大避忌(大世紀新聞)

<http://www.epochtimes.com/b5/17/3/13/n8905759.htm>

(十一)、海藻酸鈉

www.twword.com/wiki/海藻酸鈉

(十二)、彭翊璋(2003)。多醣類之混合膠與蛋白質之交互作用對膠體質感特性的影響，國立臺灣海洋大學食品科學系碩士學位論文。

三、附件

試吃品評單

一、品評注意事項

1. 品評方式:

- (1) 樣品請依序由左至右品評，可重複品評。
- (2) 樣品品評間請間隔 15 秒，以溫開水為消味劑。
- (3) 品評方法採(五分制)，整體接受評分依不喜歡 1→喜歡 5 做排列。

二、品評項目:

樣品編號與名稱 項目		1	2	3	4	5
		洋菜	吉利 T	蒟蒻果凍	寒天	吉利丁
視覺	外觀色澤					
味覺	硬度					
	咀嚼性					
	滑順度					
觸覺	Q 彈度					
整體接受度						

【評語】 080204

本作品在探討添加物對「蒟蒻果凍」凝膠機制之影響以及對食用者感官的接受度調查，過去科展中也多次看到以不同的添加物對膠質添加物凝結狀態的影響作為探討主題，原創性並不高，但是實驗內容完整，與學校學習的課程教材相結合，並搭配合食用者品評調查，是很完整的作品，很適合當作食品化學的示範教材。唯感官品評較主觀，可再思考如何再設計以符應科學客觀要點。

研究中以膠體凝凍後與油脂混和，來模擬在腸胃道內果凍遇到油脂混和情形，建議以 37°C 測試。凍粉與水的比例 1:60 和 1:70 實驗，得出的結論為凍飲 1:70~80 較好，實驗與結論的關係為何？鹿角菜膠和刺槐豆膠協同效應的實驗結果尚需深入交待清楚。

作品海報

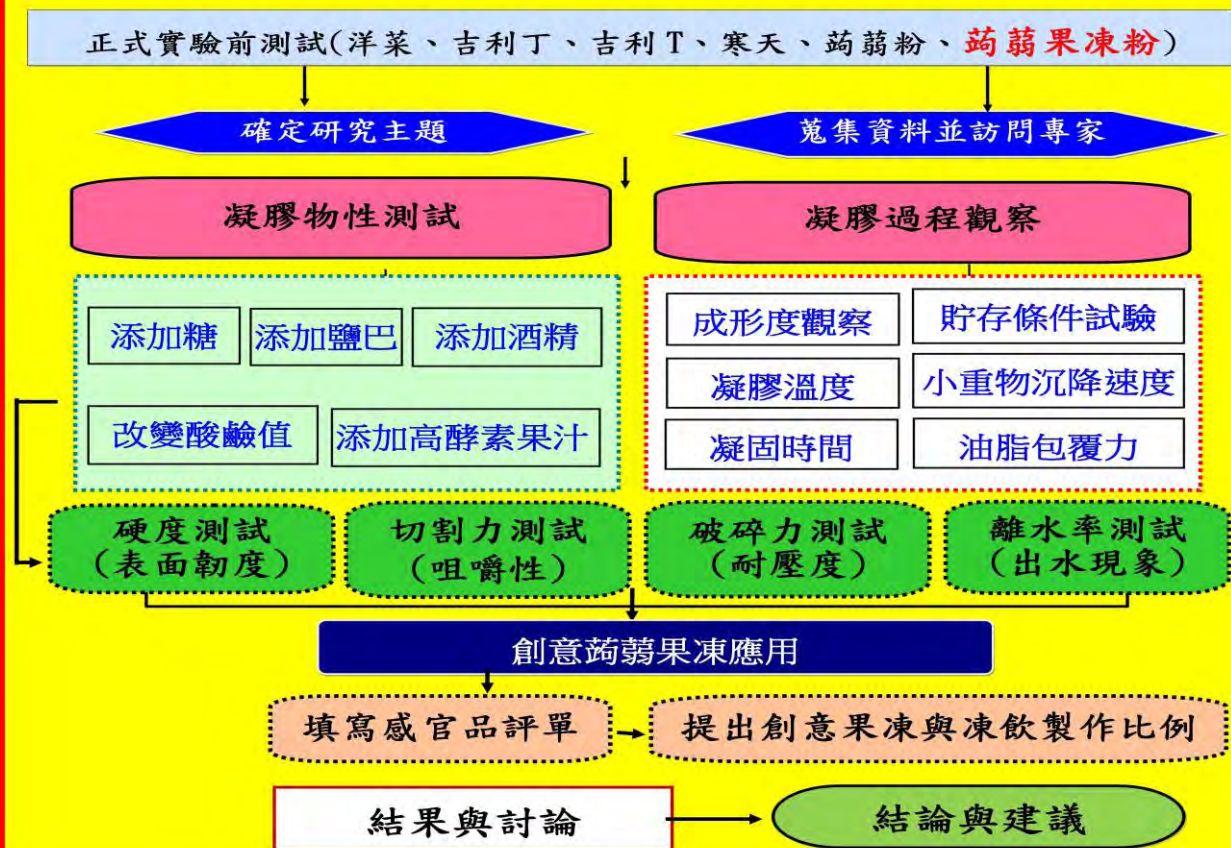
壹. 研究動機

1. 我們是一群愛吃 QQ 果凍的小孩。
2. 果凍凝膠粉末各有不同，大家分享品嚐後發現蒟蒻果凍最 Q 彈。
3. 統一和愛之味食品廠竟為了省成本，添加工業用可能有**害人體**的凝固劑。
4. 我們想更深入瞭解凝膠機制時，廠商卻說是**機密**，激發我們的好奇心。

貳. 研究目的

- 一、探討酸性與鹼性水溶液對蒟蒻果凍凝膠與離水現象的影響性，進而找出**凝膠特性最強的 pH 值**。
- 二、探討**糖、鹽巴、酒精**等物質對蒟蒻果凍凝膠機制的影響性。
- 三、探討**貯存溫度**對蒟蒻果凍凝膠特性的影響性。
- 四、根據實驗結果提出**創意蒟蒻果凍(酵素與環保概念)**的應用與建議

參. 研究過程與研究架構



硬度 = 在模型上方定速緩慢注入水量，直至探頭陷入果凍內 1 公分時停止注水，量測壓在上方的重物與水的重量。

切割力 = 利用自製的測量器具於上方穩定注入水量直至果凍被圓形鐵製鑿空器具由上而下完全切斷為止。

肆. 研究設備與器材

$$\text{離水率} = \frac{\text{果凍析出的水分重量(gw)}}{\text{果凍原來的淨量(gw)}} \times 100\%$$

實驗模型示意圖



破碎力試驗



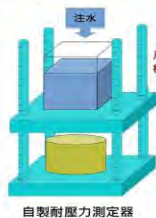
硬度試驗



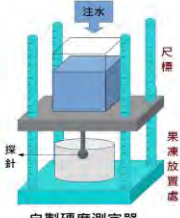
切割力實驗



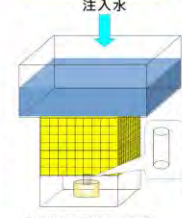
小重物沉降實驗



自製耐壓力測定器



自製硬度測定器



自製切割力測定裝置圖



定溫裝置

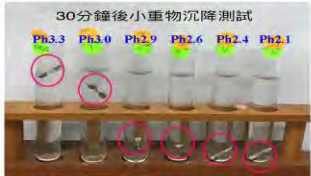
- 一、基本材料：
1. 本研究主體：蒟蒻果凍粉 (選購自艾佳烘焙坊，廠牌：普羅貝爾公司)
 2. 化學藥品：氫氧化鈉、醋酸、小蘇打粉
 3. 添加物：鹽巴、各種糖類、沙拉油
 4. 親水性膠體的種類：洋菜、吉利丁、吉利 T、寒天
 5. 創意蒟蒻果凍添加物：鮮奶、料理米酒 (台灣菸酒公司酒精度 34%)、蘋果醋、豆漿、咖啡、膠原蛋白粉、小魚干貝、洛神花、枸杞、蜂蜜、胃乳、奇異果、鳳梨、各式水果……
- 二、器具：
1. 電鍋(大同牌)
 2. 烘焙電子秤與微量電子秤
 3. 自製量測切割力的器具
 4. 自製量測凝膠耐壓度的器具
 5. 自製量測硬度器具
 6. 定溫器
 7. 加熱鍋具
 8. 電子式酸鹼計
 9. 其他：溫度計、方形壓克力盒 (1000ml)、圓形中空鐵模具、計時器、標籤紙、燒杯 (250ml)、燒杯 (1000ml)、篩網、攪拌棒、湯匙、相機、試管、螺帽、布丁杯 (100ml)、滴管、小保險絲、三種口徑吸管 (3mm、7mm、10 mm)。

三、凝膠過程觀察

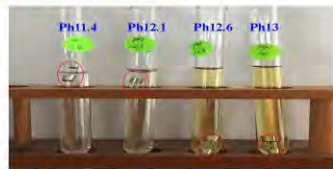
小重物沉降速度



有加糖的實驗組都比無糖的對照組表面凝凍速度快些



酸鹼值 3 以下的強酸組，隨酸度增強而凝固速度會變緩。



鹼性越強會使凝膠凝固速度減緩，甚至無法凝固，而且產生褐變現象。



添加胃乳和汽水的果凍凝膠速度比較快些，與酸度和澱粉有關。

凝膠溫度

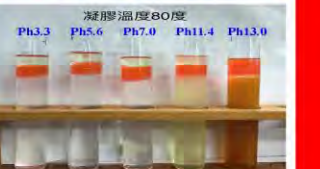


褐變時若繼續加熱至 100°C 褐色會更加深。



可逆反應但是多次加熱凝膠內卻有混濁物生成，久煮也不會溶化，應該是表面凝成一層硬膜所致。

油脂包覆力



凝膠溫度45度時



油脂包覆能力：攝氏 45 度優於 90 度。

貯存溫度

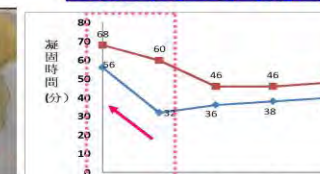


PH4 以下(加醋)的控制條件，可使鈣果凍延長保存期限。



放置在 40 度保溫的果凍，會隨時間增長而退色越嚴重

凝固時間



圖七 不同酸鹼值膠體的凝固時間圖

凝固時間：酸性太強，不容易凝固。其他各組雖有差異卻都在 10 分鐘之內。

四、創意果凍感官品評分析與應用

低糖、低鹽 Q 凍

1. 低糖低鹽 Q 凍：Q 彈低糖鈣果凍=1：20 ~ 30
2. QQ 鈣果凍涼麵：1：10，可切細絲涼拌蔬菜。
3. 酵素凍：凍飲=1：60-80

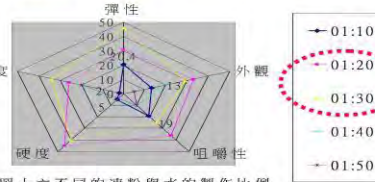
酵素凍飲

環保水球

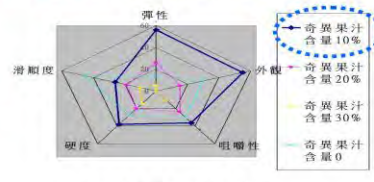
保濕凍膜

緩和冰敷袋

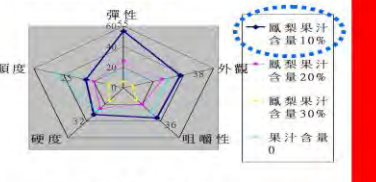
4. 環保水球：良好的延展性可以做成創意水球取代裝水容器，可吃掉非常環保。
5. 保濕凍膜：保濕性可以做成面膜減緩水分蒸發。
6. 冷藏冰敷袋：比冰塊做成的冰敷袋更加緩和，也不會太冰造成皮膚不舒服。



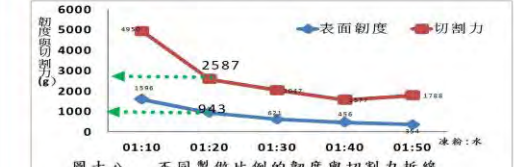
圖十六 不同的凍粉與水的製作比例 試吃品評喜好度統計圖



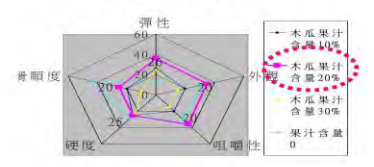
圖十九 奇異果的果汁含量 試吃品評喜好度統計圖



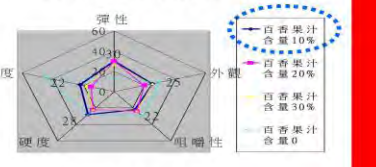
圖二十 鳳梨果汁含量 試吃品評喜好度統計圖



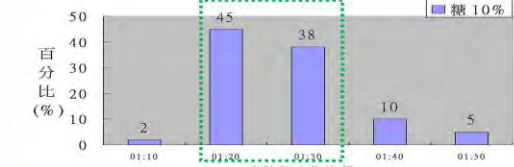
圖十八 不同製成比例的韌度與切割力折線圖 (第二天時)



圖二十一 木瓜的果汁含量 試吃品評喜好度統計圖



圖二十二 百香果的果汁含量 試吃品評喜好度統計圖



圖十七 果凍試吃品評整體喜好度圖

7. 鹹凍=1：18，鹽巴切勿超過 1%，以免無法凝結成凍。
8. 奇異果汁、鳳梨果汁含量越高凝膠效果越差，應該是**酵素高**的緣故。
9. 建議高酵素果汁可作成 1:80 用吸食方式。
10. 酵素高的水果建議添加的水果汁 10% 就好，若要顧及營養素建議應該在膠體溶液稍涼半凝固時再加入果汁或果丁，以免破壞維生素。
11. 木瓜含量 20% 最得大家喜愛，凝固狀況優於奇異果和鳳梨。
12. **百香果**和木瓜的凝固情況也優於奇異果和鳳梨，推測是**酸性和甜度的關係**。
13. 果汁含量 10% 雖滑順度不如對照組，但是其餘各方面都最得大家的喜愛。
14. 鈣果凍粉：水=1:20 的整體接受度比較高，其次是 1:30，此時表面韌度約 600-1000 克之間；切割力大約是在 2000-2600 克之間。

玖. 參考資料

(一) 不同膠質影響果凍品質研究 <http://www.shs.edu.tw/works/essay/2009/03/2009033109292688.pdf>

(二) 解開果凍布丁的各種疑惑 完全大攻略 <http://jeanica168.pixnet.net/blog/post/355040357>

(三) 酸不硬有關係——神奇凝膠 http://w3.baps.tp.edu.tw/dcms/baps_ts/unit_5/item_32/%B5%A4%A3%B5%A6%B3%C3%F6%ABY-%A4%BA%A4%B5%COMC9.doc

(四) 食品添加資料庫 <https://www.unature.tw/blogs/unature/14814569-no-3>

(五) 鹿角美膠是甚麼? <http://share.youthwant.com.tw/D6202462L.html>

(六) 「凍凍條」~ 吉利丁與水果酵素的邂逅 (中華民國第 54 屆全國中小學科展) <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080203.pdf>

(七) QQ 果凍——洋菜凍的彈性 (中華民國第 44 屆全國中小學科展) http://science.ntsec.edu.tw/Science_Content.aspx?cat=1&sid=1224

(八) 食品膠的膠凝特性及其機制 <http://www.welwilw.com.tw/food-projects/食品膠的膠凝特性及其機制>

(九) 海藻膠 <http://baike.baidu.com/item/%E6%B5%B7%E8%97%B8%E8%83%B6>

(十) 魔芋不只「零熱量」5 大養生功效與 5 大禁忌 (大紀新聞) <http://www.epochtimes.com/b5/17/3/13/n8905759.htm>

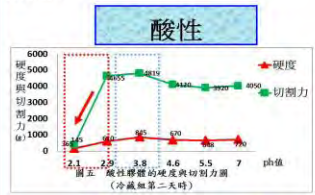
(十一) 海藻硫酸鈉 <http://www.tword.com/wiki/%E6%B5%B7%E8%97%B8%E9%85%B8%E9%88%89>

伍. 研究結果

一、硬度、切割力與耐壓力分析

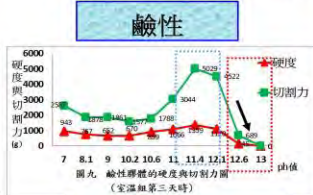
酸性值不同時

- 1.酸性: 硬度與切割力最高點大約出現在 $pH 3-4$ 。
- 2.鹼性: $pH 11-12$ 硬度與切割力較大, 鹼性太强無法凝固。
- 3.強酸和強鹼, 硬度與切割力呈現隨降的現象, 凝膠性比較弱。
- 4.耐壓力分析: 果凍向外延展直至全扁, 但都沒破裂, 是足見延展性極佳。



果凍粉濃度不同時

- 1.隨著蘋果果凍粉添加量的增加而增加。
- 2.果凍粉與水的調和比例若水量大於 1:40 時, 若又減糖則蘋果果凍會產生外觀外擴坍塌現象, 無法測試硬度。



溶質不同時

- 1.糖: 硬度和切割力皆隨糖濃度的增加而增大, 但差異不大。
- 2.鹽巴: 隨鹽巴濃度的增加而下降, 鹽 1% 時則無法凝固。
- 3.酒精: 微量酒精差異不大。
- 4.酵素: 酵素會使得膠體 Q 度下降。

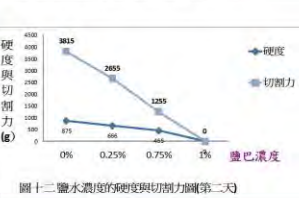
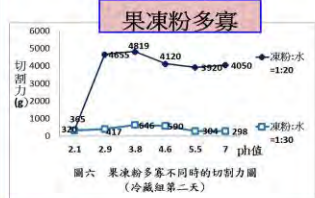
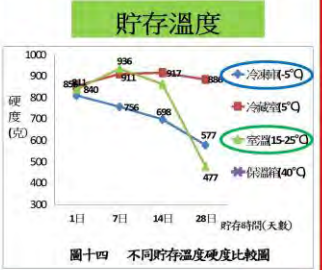


貯存時間不同時

1. 14 天以內, 差異不明顯, 只有輕微下降。
2. 當微生物滋生時會使凝膠特性變弱。(室溫組)

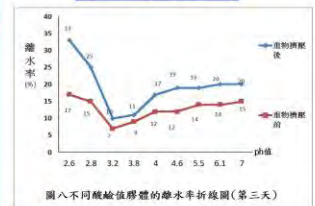
貯存溫度不同時

1. 14 天後室溫組硬度急遽下降, 推測可能與發霉有關。
2. 高溫組: 放置保溫箱 40 度以上凝膠開始有融化現象, 硬度與切割力皆無法測試。
3. 冷凍處理會造成凝膠性下降, 有出水萎縮現象。



二、分離率分析

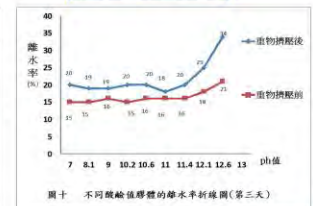
酸性



- 酸性:
1. 離水率最低的是在 $pH 3.2$ 左右。
 2. 原因: 應與硬度有關, 當硬度愈大, 切割力也就愈大, 即此時凝膠性比較強, 因此出水現象就比較緩和, 出水量當然也就少了。

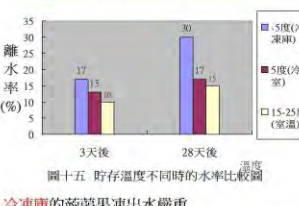
- 鹼性:
1. 酸鹼值 $pH 11$ 以下出水現象差異不大
 2. 酸鹼值 $pH 12$ 以上就發現離水率迅速上升。
 3. 出水嚴重的原因: 跟組織被破壞有關係, 鹼性太强凝膠性變差, 所以出水現象也跟著變嚴重。

鹼性



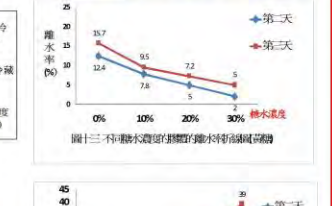
- 貯存溫度:
1. 冷凍庫的蘋果果凍出水嚴重
 2. 冷藏組和室溫組差異不大

貯存溫度

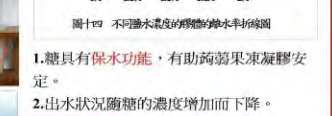


- 糖和鹽的濃度:
1. 糖具有保水功能, 有助蘋果果凍凝膠安定。
 2. 出水狀況隨糖的濃度增加而下降。

糖和鹽的濃度



- 貯存時間:
1. 糖具有保水功能, 有助蘋果果凍凝膠安定。
 2. 出水狀況隨糖的濃度增加而下降。



陸. 討論

- 一、**蒟蒻粉**和**蒟蒻果凍粉**一樣嗎? 鹿角菜膠的特性是什麼?
 1. 純蒟蒻粉是不會凝固的, 必須添加鹼粉才有凝固作用, 而蒟蒻果凍粉是添加有蒟蒻粉的果凍粉, 一般是鹿角菜膠和蒟蒻粉的混合粉末。
 2. 我們請教台灣大學的教授, 教授指出: 有研究指出它會抑制某些礦物質 (如鉀) 的吸收, 並會在一些人身上產生腸胃不適, 建議勿食用太多, 而且這種膠若高溫又加入鹼性物質, 會產生「降解」的小分子, 不利人體健康, 所以鹼性添加物不要在高溫時加入。
- 二、一般市面上蒟蒻果凍粉內的副成分「檸檬酸鈉、氯化鉀」的功能是什麼?
 1. 鹿角菜膠在鉀離子存在下才能生成熱可逆凝膠, 那是一種自由纏繞接著雙重螺旋的凝膠體。
 2. 檸檬酸鈉可以緩和以及降低氯化鉀所產生的苦澀味, 兩者都是合法的添加物。
- 三、凝膠特性最強的酸鹼值是哪個區間?
 1. 硬度、切割力比較大的是出現在 $pH 3$ 左右。
 2. 強酸和強鹼都會使凝膠性下降。離水現象觀察發現鹼性膠體比較容易出水

柒. 結論

- 一、**蒟蒻果凍粉凝膠特性**
 1. 蒟蒻果凍膠體會受溫度、鹼酸性、鹽巴、貯存溫度等因素的影響而削減其凝膠強度, 使黏度下降, 甚至導致凝膠出現不穩定性。
 2. 糖的添加有助於凝膠作用也具有保水的特性, 但是鹽巴的添加卻是抑制凝膠作用。
 3. 凝膠性最佳的酸鹼值約在 $pH 3$ 左右, 強酸和強鹼都會使凝膠性減弱甚至無法凝固
 4. 離水率以放置冷凍庫最嚴重, 而且隨外力的擠壓或搖晃都會增加果凍的出水現象。
- 二、**貯存性**
 1. 在製作過程中, 加熱殺菌再加上 $pH 4$ 以下的控制條件, 可使蒟蒻果凍延長保存期限。
 2. 醋和酒精有助於延長貯存期限
 3. 貯存溫度不宜放置冷凍庫, 因為水分析出的離水現象最明顯
- 三、**果凍凝膠嗜好性的官能品評**
 1. 大眾喜愛的凝膠性是製作比例為「粉: 水=1:20-30」; 凍飲則為「1:70-80」較佳。
 2. 果凍凝膠的安定性會受溫度而起變化, $40^{\circ}C$ 以上的貯存溫度會使凝膠特性下降而影響官能品評的結果。

捌. 展望與建議

- (一)、本研究是選定比吉利丁、吉利 T 更加 Q 彈的蒟蒻果凍粉做為研究主題, 日後可以選擇其他親水性膠體或雞蛋凝膠等繼續研究, 也可進一步探究蒟蒻粉與海藻膠混合比例不同時的凝膠特性。
- (二)、蒟蒻果凍凝膠後在 $40^{\circ}C$ 以上就會溶化成液體, 是可逆性的親水膠體, 但是如果放置太多天, 表面會凝成一層硬膜, 此時硬膜不易完全溶成液態狀, 因此勿放置太久以免影響口感。
- (三)、本研究主要的凝膠物質主要是鹿角菜膠, 至於其他廠牌凝膠物質若非鹿角菜膠或與果凍粉混合比例不同時則無法類推, 這是本研究的研究限制。