

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030202

這“膜”厲害~探討海藻酸鈉水球保存及包覆的
種種特性~

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者： 國二 吳珈彤 國二 侯雅晴 國二 王子芸	指導老師： 沈 驗 陳盈吉
---	-----------------------------

關鍵詞：環保水球、海藻酸鈉、酵素

◎摘要

經本實驗發現水球膜可保存水分、包覆物質、通過強酸考驗，並將所包裹的分子緩慢釋放，研究成果：

- 一、保存水球的最佳溫度是 30°C，酸或中性的環境比鹼性好。
- 二、碘分子進出水球的速度受溫度和酸鹼的影響，0°C 時，反應時間最短，20~30°C 最長；中性環境的反應時間最短，酸和鹼性溶液中，反應時間都是先慢後快。
- 三、水球膜可讓分子量約 10000 以下的分子通過，並且隨時間緩慢擴散。
- 四、水球膜包裹下的酵母菌、唾液澱粉酶和香蕉酵素，在通過模擬消化道的酸鹼和蠕動後仍具有活性，推測應可通過胃酸的考驗，順利到達小腸。
- 五、水球膜包裹下的酵母菌通過模擬消化道後，37°C 活性較 25°C 差，但唾液澱粉酶和香蕉酵素則較好。



酵母菌水球



香蕉晶球



蝶豆花晶球



晶球



水球



經過酸鹼的蝶豆花晶球

壹、研究動機

前陣子看到一篇報導指出，全球每分鐘售出 100 萬個寶特瓶，2016 年總共用了 4800 億個寶特瓶，比十年前暴增 3000 億個，這些龐大的數值，令人擔心未來會變成「塑膠地球」，生物課時，在人類與環境的單元，老師提到人類製造的塑膠污染問題嚴重，除了影響人類的健康，當污染物隨著海流漂到世界各地，也造成海龜、海鳥、、、等海洋生物的死亡，塑膠造成的生態浩劫若不想辦法解決，人類將面臨嚴苛的生存危機。

塑膠的代替品的研究及減塑運動在環保團體的努力，漸漸受到重視，例如有人研究代替寶特瓶的材料，他們以「分子料理」的概念，以天然褐藻及氯化鈣製成袋狀雙層凝膠狀化合物，將液體塑成球形的技術，製成可隨身攜帶的 100% 無污染、環保且可以吃的「水球」，讓飲用水容器不再像塑膠一樣成為地球環境的負擔。

我們十分好奇這種水球的性質，想進一步了解及探討，例如：水球最佳的保存溫度為何？水球的膜可讓多大的分子通過？水球能忍受酸鹼的洗禮嗎？有了球膜保護的溶液保存會不會比較好？如果水球膜經得起酸鹼的考驗，那通過人體消化道時，在胃酸的作用幾個小時後，到小腸才被破壞的話，那麼環保水球在醫藥和食品上的應用將更廣大，對人類的貢獻也不只是環保而已，何況有些物質需要慢慢釋放才能發揮其持久性又不浪費，例如某些藥物、營養補給品、植物的肥料、殺蟲劑、、、等等，想到此，我們發現這膜可能真的很厲害，於是就迫不及待的想開始作實驗，來解開我們的種種疑惑。

水球膜可包覆許多食材，取代不易取得的食物，顛覆你的想像，豐富你的餐桌



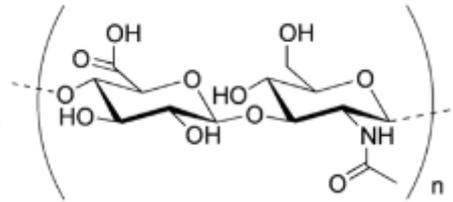
貳、文獻探討及名詞解釋

一. oooho 的來源—環保水球 (參考一)

這是一種將液體塑成球形的技術，其原理近似蛋黃，三名 RCA 學生以天然褐藻及氯化鈣製成袋狀雙層凝膠狀化合物，製作時先將氯化鈣水凍成冰，再用雙層凝膜把冰塊包住，冰塊融化後就成了可隨身攜帶的水球，這種外膜環保無害，具備生物可分解性，即便將之隨意丟棄，它也會在 4~6 週內自然分解，不會對環境造成威脅。**實驗中我們把這種水球通稱為「環保水球」**

二. 海藻酸鈉 (Sodium alginate) (參考二)

海藻酸鈉，白色或淡黃色粉末，分子式 $(C_6H_7NaO_6)_x$ ，結構如右圖。它是一種天然多糖，具有藥物制劑輔料所需的穩定性、溶解性、黏性和安全性。用於食品工業，剩下的用於其它工業、製藥業和牙科。

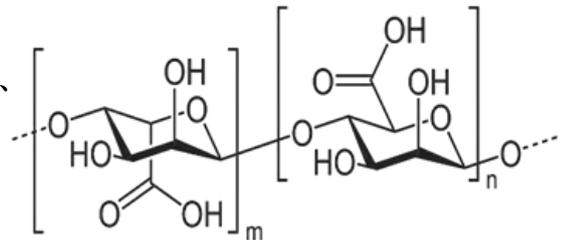


三. 乳酸鈣 (參考三)

分子式為 $[CH_3CHOHC(OO)]_2Ca \cdot 5H_2O$ 。為白色顆粒或粉末，無異味，微有風化性，易溶於熱水，不溶於乙醇、乙醚和氯仿。具有溶解度高、溶解速度快、生物利用率高、口感好，廣泛應用於乳製品、飲料、食品保健品等領域。常用作營養強化劑的鈣劑，作麵包、糕點等的緩衝劑、膨鬆劑。作為藥物使用，可防治缺鈣症，如佝僂病、手足搐搦症，以及婦女妊娠、哺乳期所需鈣的補充。

四. 玻尿酸 (參考四)

透明質酸 (Hyaluronan、hyaluronic acid、又稱醣醛酸、玻尿酸、琉璃醣碳基酸)，是一種是由雙糖 (D-葡萄糖醛酸及 N-乙醯葡糖胺) 基本結構組成的糖胺聚糖。透明

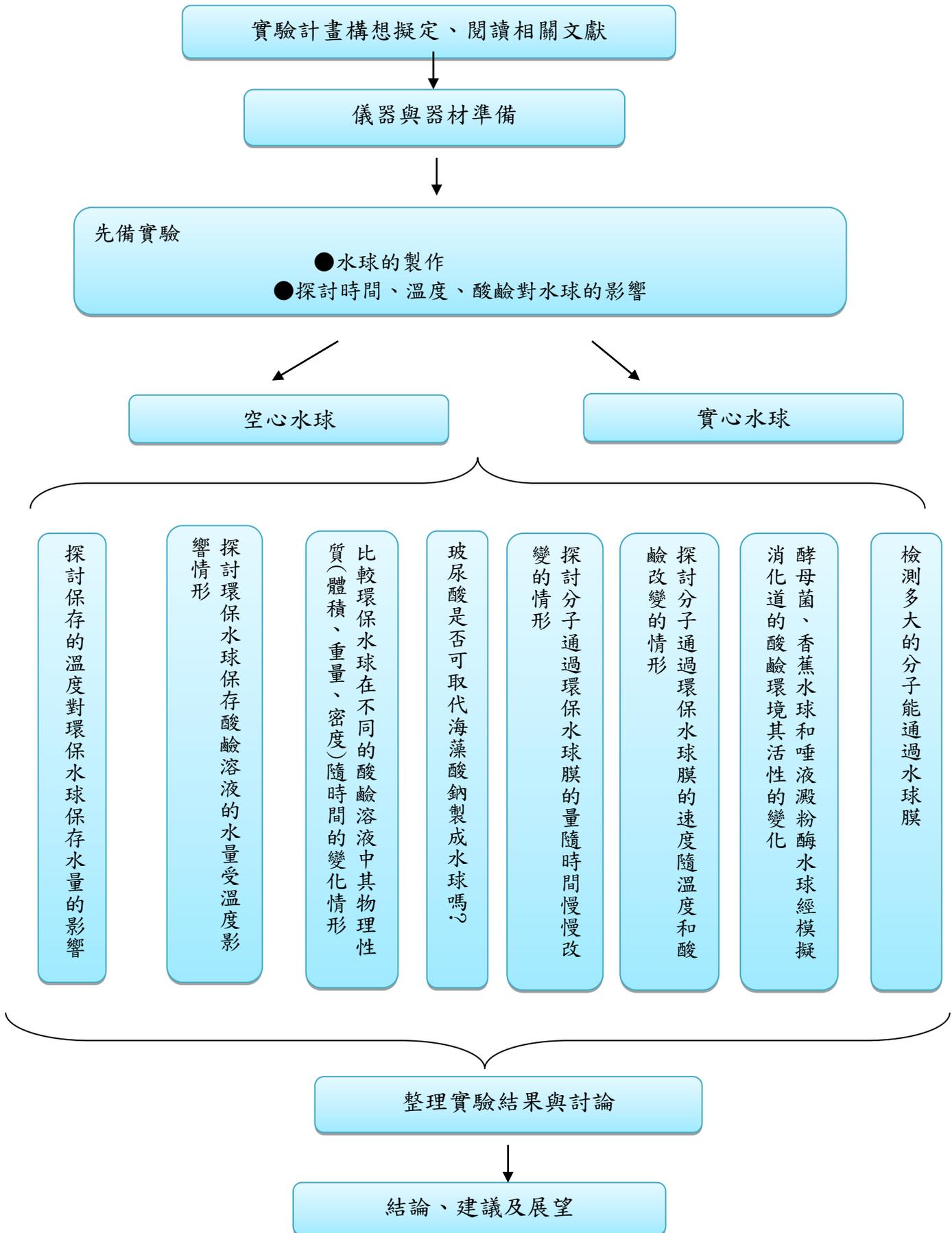


質酸廣泛存在於結締組織、上皮組織和神經組織中。與多數糖胺聚糖不同，透明質酸不含硫，並在細胞膜而非高基氏體中形成。其相對分子質量可達 10^6 量級。透明質酸是細胞外基質的主要成分之一。

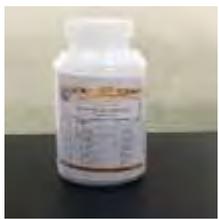
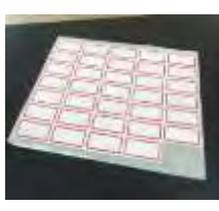
參、研究目的

- 一、探討實心和空心水球的最佳製造材料及方法，嘗試玻尿酸代替海藻酸鈉製作環保水球的可行性。
- 二、探討保存環保水球的最佳環境條件：
 - (一)探討環保水球保存的水量受溫度影響情形。
 - (二)探討環保水球的物理性質會受酸鹼影響情形。
 - (三)探討環保水球保存酸鹼溶液的水量受溫度影響情形。
- 三、探討哪些物質可以通過環保水球的膜？
 - (一)檢測不同分子大小的物質通過水球膜的情形。
 - (二)了解唾液澱粉酶擴散出水球膜的量隨時間的變化情形。
- 四、探討物質通過水球膜的速度隨溫度和酸鹼改變的情形。
- 五、探討水球膜是否可能包著酵素到達人體的小腸？
 - (一)了解酵母菌水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形。
 - (二)了解酵母菌水球到達人體小腸的過程，其活性是否受溫度影響。
 - (三)了解唾液澱粉酶水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形。
 - (四)了解唾液澱粉酶水球到達人體小腸的過程，其活性是否受溫度影響。
 - (五)了解香蕉酵素水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形。
 - (六)了解香蕉酵素水球到達人體小腸的過程，其活性是否受溫度影響。

肆、研究流程



伍、研究藥品及設備

蝶豆花	乳酸鈣	澱粉	檸檬酸	尿素
				
清潔劑	葡萄糖	膠原蛋白粉	玻尿酸液	酵母菌
				
酒精	甘油	海藻酸鈉	碘液	燒杯
				
製冰盒	量筒	培養皿	pH 儀	坩堝
				
加熱攪拌器	保溫箱	溫度計	湯匙	電子秤
				
果汁機	標籤紙	燃燒匙	紅蘿蔔 香蕉	磁石
				

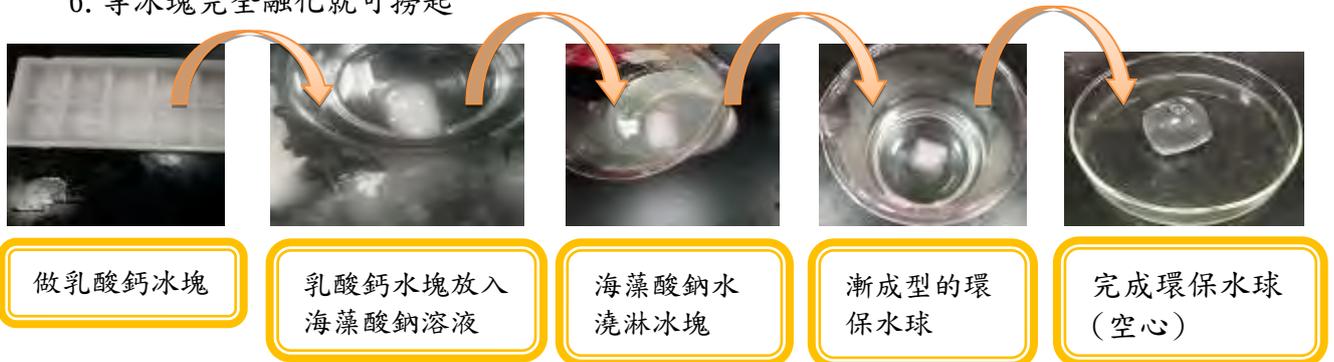
陸、研究過程及方法

一、探討實心和空心水球的最佳製造材料及方法，嘗試玻尿酸代替海藻酸鈉製作環保水球的可行性。

經過重複前人的實驗(參考5)，以下方法為我們得到最成功的配方：

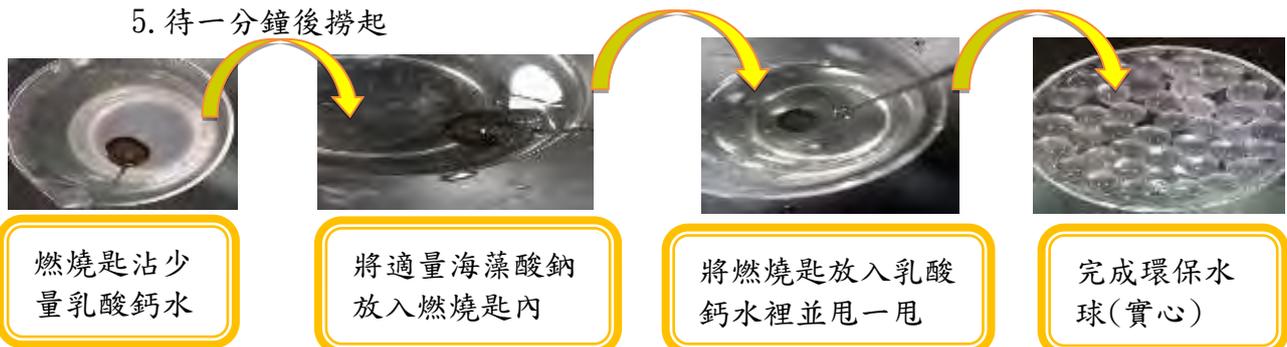
(一) 環保水球的作法(空心) - 過程如下圖。

1. 配好 2% 的乳酸鈣和 1% 海藻酸鈉溶液備用
2. 先將 2% 的乳酸鈣水倒入製冰盒中，放入冰箱冷凍
3. 將乳酸鈣水冰塊放入 1% 海藻酸鈉水中
4. 將海藻酸鈉不斷澆淋在乳酸鈣冰塊上
5. 大概 2 分鐘後，將塑型完成的水球放入熱水中
6. 等冰塊完全融化就可撈起



(二) 環保水球的作法(實心) - 過程如下圖。

1. 配好 2% 的乳酸鈣和 1% 海藻酸鈉溶液備用
2. 將燃燒匙沾少量 2% 乳酸鈣水
3. 將 1% 海藻酸鈉放入燃燒匙內(適量)
4. 將燃燒匙再放入乳酸鈣水裡並且甩一甩
5. 待一分鐘後撈起



(三). 探討玻尿酸是否可代替海藻酸鈉製作環保水球

1. 實心水球

- (1). 準備玻尿酸(0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1%)。
- (2). 分別加入乳酸鈣(0.5%、1%、2%、3%、4%)。
- (3). 觀察有無成形的實心晶球。



觀察有無成型實心水球

2. 空心水球

- (1). 準備玻尿酸(1%)溶液製成冰塊。
- (2). 將海藻酸鈉澆淋在玻尿酸冰塊上。
- (3). 觀察有無成型的空心水球。



觀察有無成型空心水球

二、探討保存環保水球的最佳環境條件:

(一) 探討環保水球保存的水量受溫度影響情形。

1. 準備 21 顆環保水球。
 2. 準備 7 個培養皿，分別放入三顆環保水球(實驗組)。
 3. 另外再準備 7 個培養皿，分別放入 20ml 的水(對照組)。
 4. 將保溫箱調到 4°C、15°C、30°C、45°C、60°C、75°C、90°C，每個溫度放入裝水和球
- 的培養皿各一個。
5. 一個半小時後，記錄各種溫度下環保水球和培養皿內水量的變化，並比較其蒸發水量。



(二) 探討環保水球物理性質受酸鹼影響情形。

1. 準備 21 顆環保水球，記錄環保水球的體積、重量、密度，並編號。
2. 準備 7 個燒杯，分別放入不同酸鹼度(pH=2、3、4、5、6、7、8)的溶液 50ml。
3. 每個燒杯各放入三顆水球。
4. 一個半小時後，記錄每顆環保水球的體積、重量、密度，並平均之。

(三) 探討環保水球保存酸鹼溶液的水量受溫度影響情形。

1. 準備 pH6、pH7、pH8 各 3 顆環保水球。
 2. 準備 3 個培養皿，分別放入 3 顆同酸鹼度環保水球(實驗組)。
 3. 另外再準備 3 個培養皿，分別放入 pH6、pH7、pH8 溶液各 20ml(對照組)。
 4. 將保溫箱調到 4°C、15°C、30°C、45°C、60°C、75°C、90°C，每個溫度放入裝三種酸鹼
- 值的水和環保水球的培養皿各一個。
5. 一個半小時後，記錄各種溫度下環保水球和培養皿內水量的變化，並比較其蒸發水量。

*水球表面積測量的作法

1. 將水球撕開後攤平。
2. 將球膜平鋪於方格紙上，並描邊。
3. 剪下方格紙上球膜的圖形，測量其重量。
4. 利用面積及重量比例關係(例:9 平方公分=0.05 公克)，計算出球膜的表面積。



球膜攤平後於方格紙上描邊



將球膜模型剪下後，秤重



利用比例關係，計算其面積

三、探討哪些物質可以通過環保水球的膜？

(一)檢測不同分子大小的物質通過水球膜的情形。

1. 準備內包有酵母菌、香蕉酵素、唾液澱粉酶、乳酸鈣、澱粉、葡萄糖、碘液、丙三醇、膠原蛋白粉、尿素、花青素、沙拉油、清潔劑、酒精的水球各三顆。
2. 分別放入裝有 100ml 清水的燒杯中，靜置一小時半。
3. 取出球，觀察並檢測清水中是否有水球內的物質。



準備各類的溶液冰塊

*檢測方法:

酵母菌:加入葡萄糖溶液，檢測溶液 pH 值的變化，酵母菌活性大時，呼吸作用產生 CO₂ 的量越多，pH 值則越小，並用顯微鏡觀察酵母菌形態的變化。



製成水球，浸泡在水中 1.5 小時

香蕉澱粉酵素:加入澱粉液，每隔半小時，取 5cc 溶液滴入碘液觀察顏色變化。

取燒杯中的水，檢測有無水球內的分子擴散出來

唾液澱粉酶: 加入澱粉液，每隔半小時，取 5cc 溶液滴入碘液觀察顏色變化。

乳酸鈣:加入海藻酸鈉，觀察有無成球。

胡蘿蔔和花青素:觀察溶液有無變色。

清潔劑:搓揉溶液觀察有無起泡。

膠原蛋白粉、尿素和葡萄糖:取部分溶液，放入蒸發皿烤乾後觀察有無結晶。

澱粉:取部分溶液，滴入碘液觀察有無變藍黑。

丙三醇(甘油): 加熱泡甘油水球的溶液，烤乾後加入濃硫酸，加熱並觀察溶液有無變黑。

(二) 了解唾液澱粉酶擴散出水球膜的量隨時間的變化情形

1. 準備唾液澱粉酶空心球 3 顆，以及澱粉溶液 2 杯。
2. 將唾液澱粉酶空心球放入澱粉溶液後，恆溫 37°C，靜置一小時。
3. 取些許水球外溶液，滴入碘液(檢測澱粉)，滴入本氏液加熱(檢測葡萄糖)。
4. 每個小時檢測一次，並比較顏色的差異。

四、探討物質通過環保水球膜的速度隨溫度和酸鹼改變的情形。

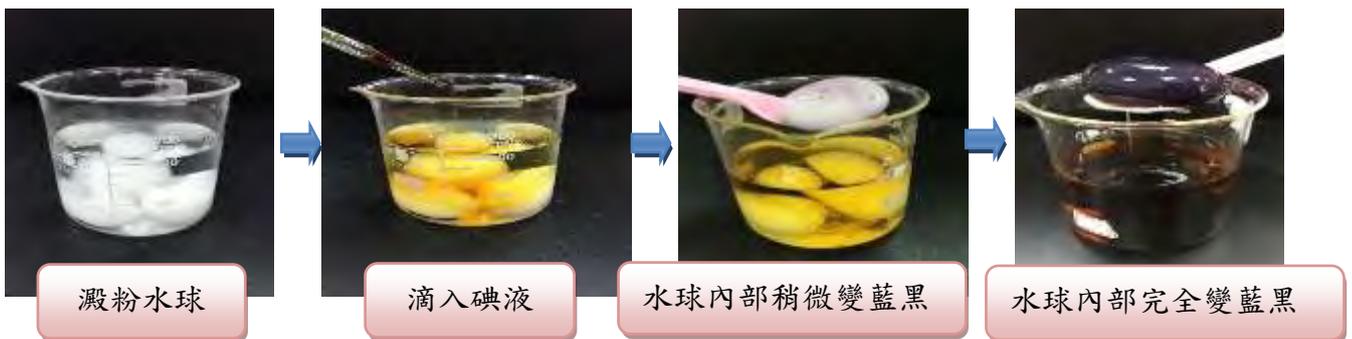
由第三個實驗發現澱粉不會通過水球的膜，而碘液可以，所以將碘液滴入裝有澱粉水球的溶液中，碘液分子進入水球，水球呈深藍色(如右圖)，因此以下的實驗使用碘液分子進入澱粉水球的例子來探討物質通過環保水球膜的速度隨溫度改變的情形。



變藍黑色的澱粉水球

(一) 物質通過環保水球膜的速度和溫度的關係

1. 準備 36 顆澱粉水球。
2. 準備 6 個燒杯，分別放入不同溫度(0°C、10°C、20°C、30°C、40°C、50°C)的水溶液 50ml，分別滴入 3 滴點液備用。
3. 裝有不同溫度水溶液的燒杯各放入 3 顆澱粉水球，分別記錄澱粉水球內開始變藍黑及完全變藍黑的時間，並平均之。



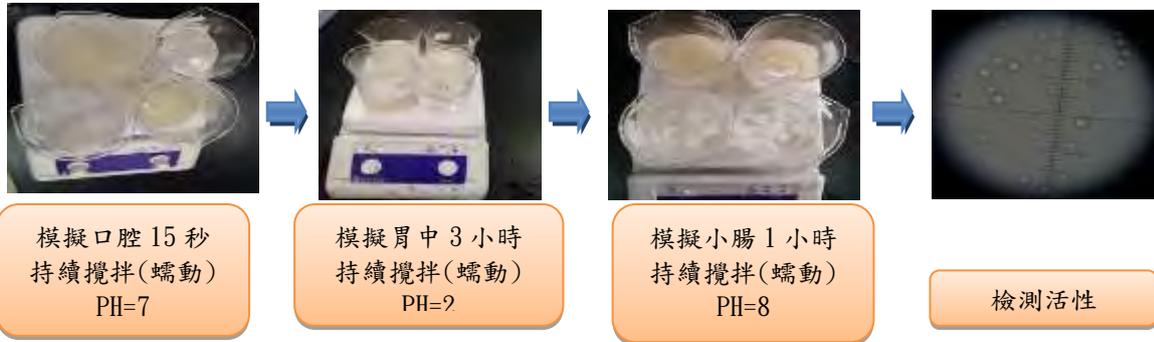
(二) 物質通過環保水球膜的速度和酸鹼的關係

1. 準備 15 顆澱粉水球。
2. 準備 5 個燒杯，分別放入不同酸鹼度(pH=3、6、7、8、9)的溶液 50ml。
3. 每杯燒杯各放入 3 顆澱粉水球。
4. 分別記錄澱粉水球內稍微變藍黑及完全變藍黑的時間，並平均之。

五、探討水球是否可能包著酵素到達人體的小腸？

(一)了解酵母菌水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形？

1. 準備兩杯酵母菌+乳酸鈣溶液(對照組)，數顆酵母菌實心及四顆空心球(實驗組)。
2. 準備六個燒杯，分別放入不同酸鹼度(pH=2、7、8)的溶液 150ml 各兩杯。
3. 將四組酵母菌溶液進行通過模擬消化道的考驗流程：



4. 比較有無球膜保護酵母菌活性的差異(出芽生殖情形及呼吸效率)：

分別取出經過上述步驟中的酵母菌水球和溶液，加入葡萄糖液後靜置 30 分鐘

→30 分鐘後用複式顯微鏡(倍數為 400)觀察酵母菌形態的變化(出芽生殖情形)，並測量其 pH 值(呼吸產生二氧化碳的量)，24 小時後再測量一次。

(二)了解酵母菌水球到達人體的小腸的過程，其活性是否受溫度的影響？

1. 重複實驗五-(一)的步驟，步驟 3 加熱成 37°C。
2. 利用出芽生殖狀況及 pH 值變化(呼吸產生二氧化碳的量)，比較 25°C、37°C 活性。

(三)了解唾液澱粉酶水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形？

1. 步驟如五(一)，將酵母菌改成唾液澱粉酶。
2. 分別取出經上述步驟的唾液澱粉酶水球和唾液澱粉酶溶液，加入澱粉液靜置 30 分鐘。
3. 30 分鐘後滴入碘液，觀察其顏色變化(唾液澱粉酶分解澱粉情形)，每 30 分鐘檢測一次，比較有無球膜保護澱粉酶活性。

(四)了解唾液澱粉酶水球到達人體的小腸的過程，其活性是否受溫度的影響？

1. 重複實驗五-(三)，溫度改變成 37°C，比較 25°C、37°C 活性。。

(五)了解香蕉酵素水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形。

1. 重複實驗五-(三)，並將酵母菌水球改為香蕉水球，用澱粉液測試香蕉澱粉酶的活性。

(六)了解香蕉酵素水球到達人體小腸的過程，其活性是否受溫度影響。

1. 重複實驗五-(三)，溫度改變成 37°C，比較 25°C、37°C 活性。

柒、研究結果與討論

一、探討實心和空心水球的最佳製造材料及方法，嘗試玻尿酸代替海藻酸鈉製作環保水球的可行性。

玻尿酸是保養和保健的聖品，我們發現玻尿酸 ($C_{14}H_{21}NO_{11}$)_n 和海藻酸鈉 ($C_2H_7O_6Na$)_n 的性質相似，均具有使溶液呈膠狀黏稠的作用，若能取代海藻酸鈉，那製作出來的水球更具有應用的價值，於是我們嘗試以不同濃度的玻尿酸和乳酸鈣做反應，觀察實心和空心水球有無成形，結果如下表(一)。

(表一) 不同濃度的玻尿酸和乳酸鈣反應成膜的情形

玻尿酸濃度 乳酸鈣濃度	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1%
0.5%	X	X	X	X	X
1%	X	X	X	X	X
2%	X	X	X	X	X
3%	X	X	X	X	X
4%	X	X	X	X	X

◎結果與討論：

1. 在製作空心水球的過程中，不斷用玻尿酸澆淋乳酸鈣冰塊，無法成球形，冰塊融化後仍為乳酸鈣水；製作實心水球時，玻尿酸在乳酸鈣水中雖會聚集，但撈出後卻是散開的溶液。
2. 經由上表(一)的 25 種濃度組合，無論濃度高或低，都無法做出有膜的水球。
3. 我們的實驗結果發現玻尿酸無法取代海藻酸鈉。

二、探討保存環保水球的最佳環境條件：

(一)探討環保水球保存的水量會受溫度影響嗎？

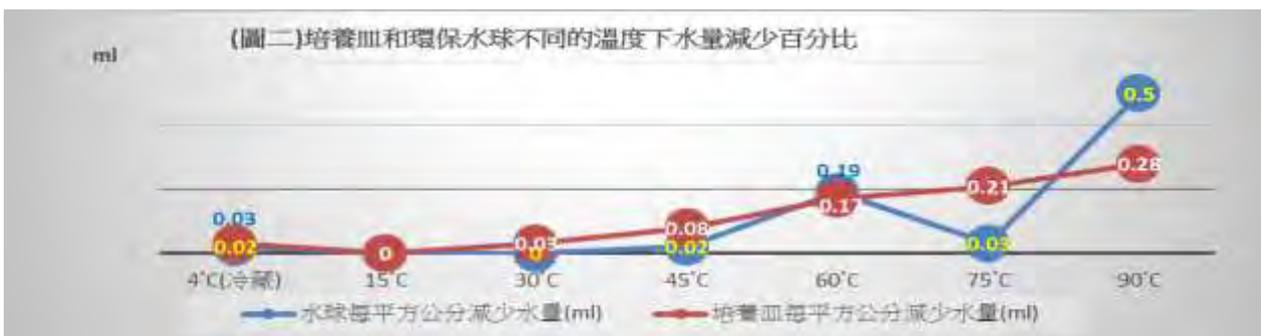
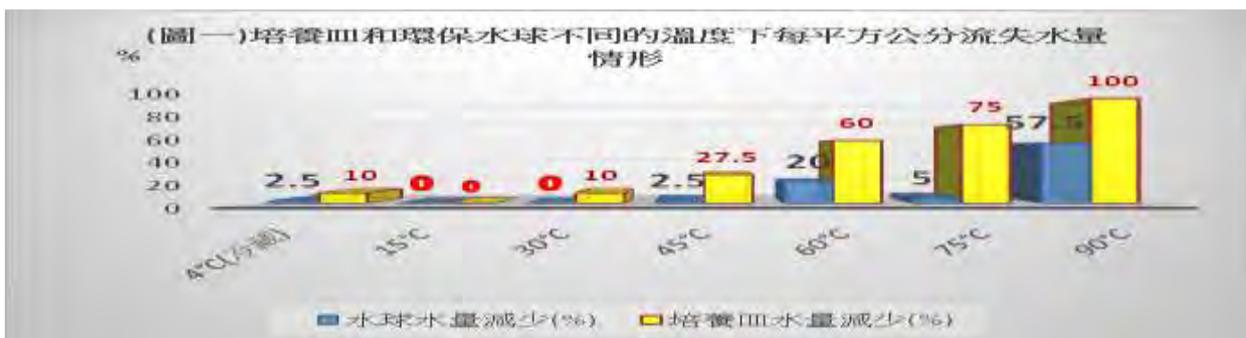
環保水球的保存是水球能否在生活普遍應用的重要課題，所以首先我們就探討環保水球在不同的溫度下水量的流失情形，結果如下表(二)：

表二：環保水球在不同的溫度下，水量流失情形的比較(紅色為水分減少最少)-實驗組

溫度	4°C(冷藏)	15°C	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
剩餘水量(ml)	19.5	20	20	19.5	16	19	8.5
水量流失(ml)	0.5	0	0	0.5	4	1	11.5
水量減少(%)	2.5	0	0	2.5	20	5	57.5
水球表面積	27	30.6	30.6	25.2	21.6	37.8	23.4
每平方公分減少水量(ml)	0.02	0	0	0.02	0.19	0.03	0.50

表三：培養皿內的水在不同的溫度下，水量減少的比較(紅色為水分減少最少)-對照組

溫度	4°C(冷藏)	15°C	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
剩餘水量(ml)	18	20	18	14.5	8	5	0
水量減少(ml)	2	0	2	5.5	12	15	20
水量減少(%)	10	0	10	27.5	60	75	100
培養皿表面積	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8
每平方公分減少水量(ml)	0.03	0	0.03	0.08	0.17	0.21	0.5



◎結果與討論：

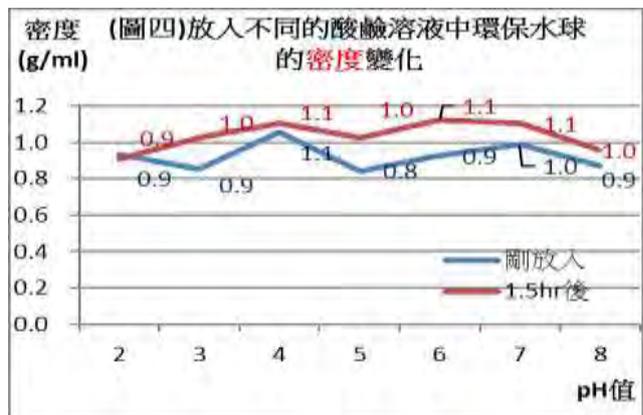
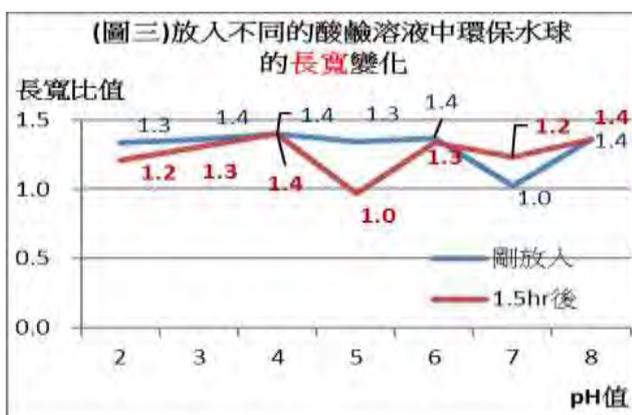
1. 有球膜保護，且在 15°C 及 30°C 的環境下，水量無減少，是保存最佳的狀態與溫度。
2. 有球膜保護，且在 4°C、15°C、30°C、45°C、75°C 的環境下，每平方公分減少水量比無球膜保護的皆來的少，代表水在這些溫度下透過球膜保護時，蒸發量較少。
3. 在 90°C 的環境下，無球膜保護的水已蒸發完，但有球膜保護的還剩些許水量，代表在 90°C 的環境下，水透過球膜保護的保存情形較佳。
4. 無論是否有球膜保護，最佳的保存溫度皆為 4°C~45°C，水量減少最少，其中在 15°C 時，水量都無減少，是最佳的保存溫度。

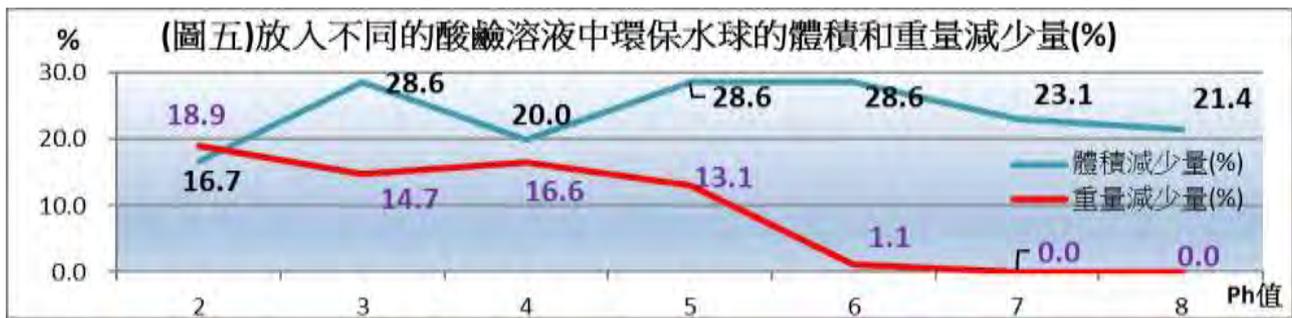
(二)探討環保水球物理性質會受酸鹼影響嗎?

由步驟一的實驗得知，溫度會影響環保水球的存水量，那保存環境的酸鹼度是否會影響水球的物理性質(體積、重量、密度)呢?以下便是我們的實驗結果:

表四：環保水球在不同的酸鹼度下，1.5 小時後，其長寬、體積、重量、密度的變化情形
紅色變化最大，藍色變化最小 (1.5hr)

pH 值		2	3	4	5	6	7	8
長寬比值 變化	放入前	1.3	1.4	1.4	1.3	1.4	1.0	1.4
	放入後	1.2	1.3	1.4	1.0	1.3	1.2	1.4
密度變化 (g/ml)	放入前	0.9	0.9	1.1	0.8	0.9	1.0	0.9
	放入後	0.9	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0
重量變化 (g)	放入前	14.0	15.0	13.2	14.8	16.2	16.0	15.3
	放入後	11.4	12.8	11.0	12.8	16.0	16.0	15.3
	重量減少%	18.9	14.7	16.6	13.1	1.1	0.0	0.0
體積變化 (ml)	放入前	15	17.5	12.5	17.5	17.5	16.25	17.5
	放入後	12.5	12.5	10	12.5	12.5	12.5	13.75
	體積減少%	16.7	28.6	20.0	28.6	28.6	23.1	21.4





◎結果與討論：

- 經過上面的實驗，整理如圖(三)，水球形狀(長/寬的比值)的變化不大(橢圓形)，pH=5時，形狀變化較大(橢圓→圓形)，pH=4和8時，形狀不變。
- 由圖(四)發現水球保存在不同酸鹼溶液中，水球密度幾乎的都變大，pH=5和6變化較大，pH=2和4時，密度不變。
- 水球體積的變化，整理如圖(五)，pH=3、5和6減少最多，pH=2時減少最少。
- 由圖(五)發現水球重量的變化pH=2減少最多，pH=6、7和8減少最少。
- 由本實驗發現，保存水球的溶液酸鹼性會影響水球的形狀、體積、重量和密度，因此推測除了水可緩慢進出水球的膜之外，酸鹼離子也可能進出水球的膜，而且水球膜或許可以與酸鹼反應而影響水球的密度。
- 本實驗亦發現環保水球可耐強酸，在pH=2的環境仍可保存一段時間，但不耐鹼(預備實驗時發現pH9以上會破裂)，或許環保水球可以發展成包住食品或藥品的膜，可以通過胃酸的考驗，到鹼性的腸液中即可分解，對於需要運送到小腸但又擔心被胃酸破壞的食品或藥品，可以提供一項安全的材質。

(三)探討環保水球保存酸鹼溶液的水量受溫度影響的情形。

環保水球若能製成食品膠囊，必須適應腸道不同的酸鹼度，如口腔的中性偏弱鹼、胃的強酸及小腸的鹼性，所以我們想要了解環保水球保存在酸鹼溶液中(pH=6、pH=7、pH=8)，在不同的溫度下的保存狀況。下面表五~表十是我們的實驗結果：

表五:環保水球保存在 pH=6 溶液，在不同的溫度下，水量減少的比較(紅色為水分減少最少)-實驗組

溫度	4°C(冷藏)	15°C	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
水量(ml)	15.5	15.5	18.5	16	15	11	12
水量減少(ml)	4.5	4.5	1.5	4	5	9	8
水量減少(%)	22.5	22.5	7.5	20	25	45	40
水球表面積	21.6	21.6	19.8	21.6	14.4	19.8	28.8
每平方公分減少水量(ml)	0.21	0.21	0.08	0.19	0.35	0.45	0.28

表六: 培養皿內的水在 pH=6 及不同的溫度下, 水量減少的比較(紅色為水分減少最少)-對照組

溫度	4°C(冷藏)	15°C	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
水量(ml)	18	18	18	20	18	14	13
水量減少(ml)	2	2	2	0	2	6	7
水量減少(%)	10	10	10	0	10	30	35
水球表面積	32.4	25.2	28.8	37.8	21.6	18	34.2
每平方公分減少水量(ml)	0.06	0.08	0.07	0	0.09	0.33	0.20

表七: 環保水球保存在 pH=7 的溶液及不同的溫度下, 水量減少的比較(紅色為水分減少最少)-實驗組

溫度	4°C(冷藏)	15°C	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
水量(ml)	18	17	19	15	9	5	0
水量減少(ml)	2	3	1	5	11	15	20
水量減少(%)	10	15	5	25	55	75	100
水球表面積	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8
每平方公分減少水量(ml)	0.03	0.04	0.01	0.07	0.16	0.21	0.28

表八: 培養皿內的水在 pH=7 及不同的溫度下, 水量減少的比較(紅色為水分減少最少)-對照組

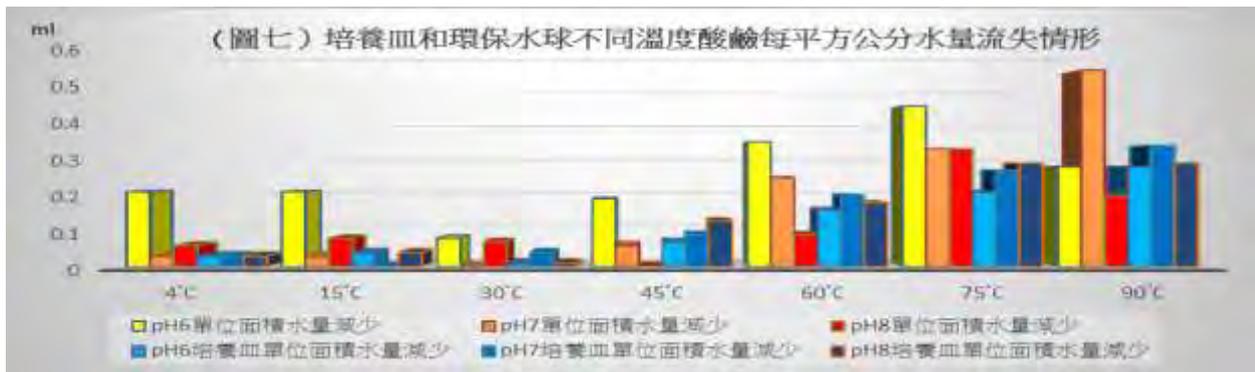
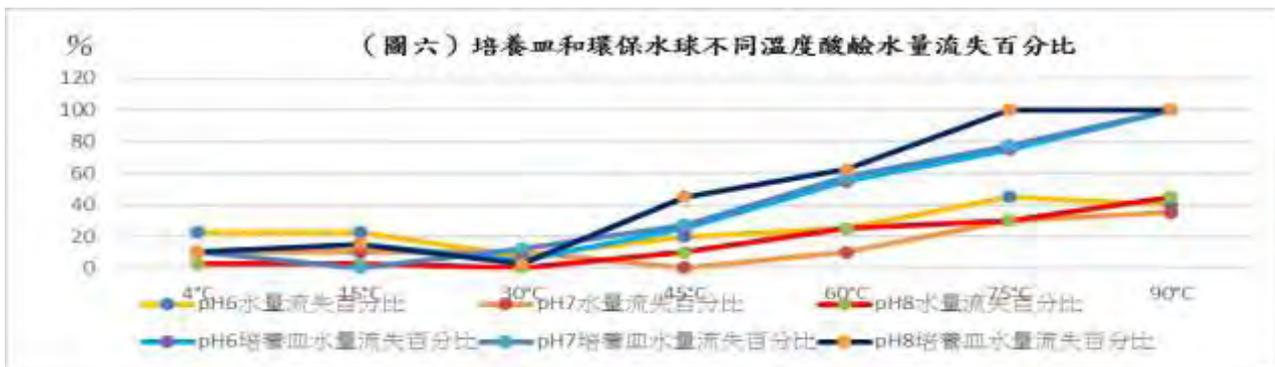
溫度	4°C(冷藏)	15°C	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
水量(ml)	18	20	17.5	14.5	8.5	4.5	0
水量減少(ml)	2	0	2.5	5.5	11.5	15.5	20
水量減少(%)	10	0	12.5	27.5	57.5	77.5	100
水球表面積	58.1	58.1	58.1	58.1	58.1	58.1	58.1
每平方公分減少水量(ml)	0.03	0	0.04	0.09	0.20	0.27	0.34

表九: 環保水球保存在 pH=8 溶液, 在不同的溫度下, 水量減少的比較(紅色為水分減少最少)-實驗組

溫度	4°C(冷藏)	15°C	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
水量(ml)	19.5	19.5	20	18	15	14	11
水量減少(ml)	0.5	0.5	0	2	5	6	9
水量減少(%)	2.5	2.5	0	10	25	30	45
培養皿表面積	19.8	19.8	19.8	32.4	19.8	18	16.2
每平方公分減少水量(ml)	0.03	0.03	0	0.06	0.25	0.33	0.55

表十: 培養皿內的水在 pH=8 及不同的溫度下, 水量減少的比較(紅色為水分減少最少)-對照組

溫度	4°C(冷藏)	15°C	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
水量(ml)	18	17	19.5	11	7.5	0	0
水量減少(ml)	2	3	0.5	9	12.5	20	20
水量減少(%)	10	15	2.5	45	62.5	100	100
培養皿表面積	67.9	67.9	67.9	67.9	67.9	67.9	67.9
每平方公分減少水量(ml)	0.03	0.04	0.01	0.13	0.18	0.29	0.29



◎結果與討論：

- 圖六顯示培養皿中的弱酸、中性或弱鹼溶液，在 90°C 時，沒有球膜保護，水分皆蒸發完；受球膜保護的弱酸、中性或弱鹼溶液，水量減少不到一半，保存情形較佳。
- 有球膜保護的中性水在 30°C、弱鹼水在 45°C 的環境下，水量減少皆為零；而弱酸水則在 30°C 的環境下，水量減少最少(圖六)。從圖七可以看出在無論是水球或培養皿中的各種不同酸鹼的溶液，保存在 4°C~45°C 的環境下，每平方公分減少水量皆較少，其中 30°C 是保存酸鹼水最佳的溫度。

三、探討哪些物質可以通過環保水球的膜?

(一) 檢測不同分子大小的物質通過水球膜的情形。

經過初步的實驗，我們發現水球膜是半透膜，於是我們進一步探討水球膜的通透性，將各種大小不同的分子包入球內，來進行實驗，結果發現沙拉油可與乳酸鈣溶液結成冰塊，但其固體卻無法與海藻酸鈉溶液反應呈球形，冰點過低的酒精無法與乳酸鈣結為固體，會和海藻酸鈉反應成半固體的碎膜，如右圖，因此酒



冰點過低的酒精無法與乳酸鈣混合結成冰塊，表面結冰為乳酸鈣

酒精加入海藻酸鈉會產生碎膜，無法做成實心水球

精、沙拉油無法做成我們理想中的水球。

經過眾多物質是否通過水球膜的實驗，推測水球膜可讓分子量為 10000 以下的分子通過球膜；經過第四項實驗可知，碘液(分子量 253.8)可通過球膜，而澱粉(分子量 50000)不能；花青素、甘油、清潔劑、膠原蛋白粉、葡萄糖、尿素水球、乳酸鈣、紅蘿蔔素，這些內容物可通過球。詳細結果紀錄如表十一。

表十一:分子量大小不同的物質，通過水球膜的情形				
😊 :可通過 ❌ :無法通過或成膜				
蝶豆花青素 分子量 287.2	丙三醇(甘油) 分子量 92	清潔劑 分子量 342	膠原蛋白粉 分子量 1000	葡萄糖 分子量 180
				
發現放花青素水球的水變藍	溶液，烤乾後加入濃硫酸，變黑	搓燒杯內溶液，發現有泡沫產生	加熱至溶液完全蒸發後，有結晶產生	加熱至溶液蒸發完全後，有結晶形成
澱粉 分子量 50000	沙拉油 分子量 290	酒精 分子量 46.07	尿素 分子量 60	紅蘿蔔素 分子量 536
				
滴入碘液，發現無變藍黑	無法與海藻酸鈉作用形成膜，因此無法成球	無法與乳酸鈣結合後製成冰塊，因此無法成球	加熱烤乾後有結晶	水中有紅蘿蔔素
碘液 分子量 253.8	香蕉澱粉酶 分子量 986.5	唾液澱粉酶 分子量 4000	酵母菌 大小 5~12 微米	乳酸鈣 分子量 308.3
				
發現清水中含有碘液	水球外的溶液加入澱粉溶液滴入碘液後，藍黑變淡	水球外溶液加入澱粉再滴入本氏液，加熱後，變綠	發現水球外有酵母菌溶液	滴入海藻酸鈉後呈球形

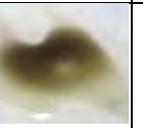
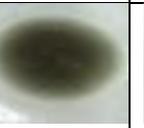
(二) 了解唾液澱粉酶擴散出水球膜的量隨時間的變化情形。

由實驗三—發現唾液澱粉酶可通過水球膜，其通過膜的量隨時間的變化情形如何呢？表十二為每隔一小時取出水球外的澱粉溶液(含擴散出膜的唾液澱粉酶)，加入本氏液再隔水加熱，觀察本氏液顏色的變化，比較糖的量，結果發現時間越久，唾液澱粉酶擴散出膜的量越多，分解澱粉產生的糖也越多，所以試管的顏色越紅，而且1個小時後就有唾液澱粉酶擴散出來了。表十三則直接加碘液測試澱粉被分解後剩下的量，也發現藍黑色漸淡，澱粉漸漸減少(被唾液澱粉酶分解了)，但效果以糖產生的量來測試較明顯。

表十二: 唾液澱粉酶分解澱粉產生糖加入本氏液隔水加熱的顏色變化，左側試管為對照組(澱粉加本氏液)，右側試管為實驗組

時間	0 小時	1 小時	2 小時	3 小時	4 小時	5 小時	6 小時	7 小時
顏色變化								

表十三: 以碘液測試唾液澱粉酶分解澱粉的量隨時間的變化情形

時間	0 小時	1 小時	2 小時	3 小時	4 小時	5 小時	6 小時	7 小時
顏色變化								

四、探討物質通過環保水球膜的速度隨溫度和酸鹼改變的情形。

由實驗發現，澱粉不會從水球膜跑出來，碘液則可擴散進入水球內，與澱粉反應呈現藍黑色，碘液擴散進出水球的速度與溶液溫度及酸鹼的關係如何呢？以下便是我們的實驗結果：

(一) 水球內部變藍黑的時間和溫度的關係

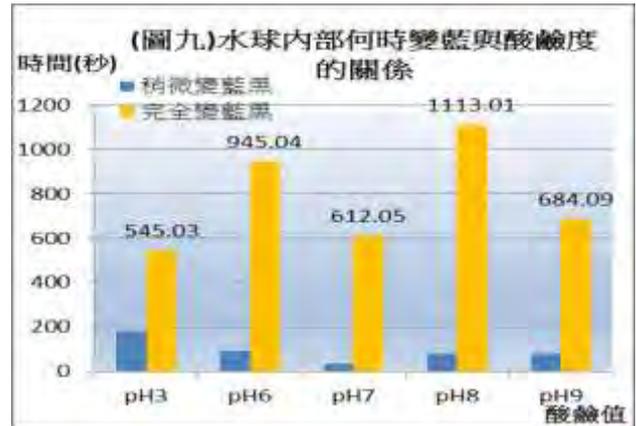
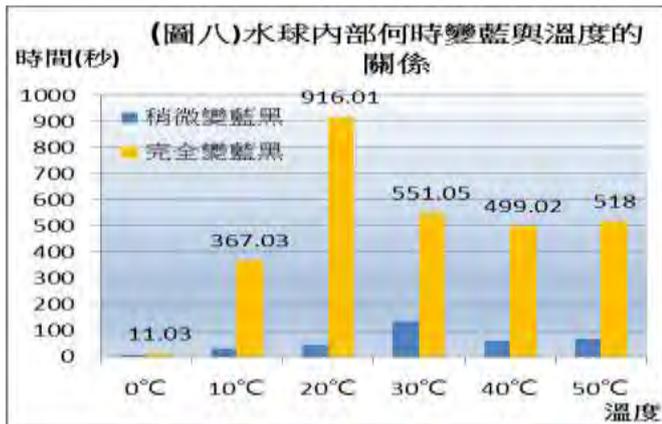
表十四: 水球內部在不同的溫度下變藍黑的時間(分)

溫度	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C
稍微變藍黑	0:06' 31	0:32' 03	0:47' 00	2:15' 08	1:02' 09	1:10' 10
完全變藍黑	0:11' 03	6:07' 03	15:16' 01	9:11' 05	8:19' 02	8:48' 00

(二)水球內部變藍黑的時間和酸鹼的關係

表十五：水球內部在不同的酸鹼度下變藍黑的時間(分)

pH 值 顏色變化時間	pH3	pH6	pH7	pH8	pH9
稍微變藍黑	03:00' 09	1:33' 07	0:33' 06	1:18' 04	0:18' 07
完全變藍黑	9:05' 03	15:45' 04	10:12' 05	18:33' 01	11:24' 09



◎結果與討論:

1. 由圖(八)，發現在 0°C 的環境裡，澱粉水球內部變藍黑的時間，比其他溫度都還要快，推測 0°C 會影響水球膜的結構，讓碘液分子更迅速通過，縮短反應時間。
2. 由圖(八)發現水球完全變黑的時間在 20°C 時最慢，分子的運動速度是隨溫度升高而增加，理論上應該溫度越高，反應時間會縮短才是，結果卻不是這樣，超過 20°C，也許水球膜因溫度高而變性，導致碘液分子進入水球的時間延長，水球膜變性後沒再復原，因此 30°C 以後碘液分子進入水球的時間變化並不大，可見溫度對水球膜結構影響甚大，而這種影響只有分子才知道，肉眼是看不出來的！
3. 由圖(八)發現水球稍微變藍黑的時間和完全變藍黑的時間在 20~30°C，隨溫度的升高而增加，超過此溫度，時間會縮短，變化趨緩。
4. 由圖(九)發現在中性環境中稍微變藍黑的時間最短。在酸鹼中，碘液分子運動的速度（由稍微變藍黑的時間推測）都比較慢。水球放在酸鹼中的時間久了，水球膜產生變化（由完全變藍黑的時間推測），反應會都先變慢再變快。
5. 強酸中，碘液分子跑最慢，稍微變藍黑的時間最長。但時間久了，水球膜起了變化，完全變藍黑的時間反而變快了。

五、探討水球是否可能包著酵素到達人體的小腸?

水球膜是否可以通過人體消化液層層的考驗，將內容物順利送到小腸呢?到小腸後這些內容物否仍有作用?我們以酵母菌、唾液澱粉酶和香蕉澱粉酶為內容物，模擬了經歷人體消化道不同的酸鹼過程(約 4 小時)，如口腔的中性偏弱鹼、胃的強酸及小腸的鹼性，觀察包在水球中的內容物的活性變化情形。

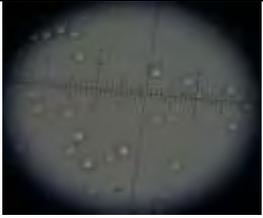
(一)了解酵母菌水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形?

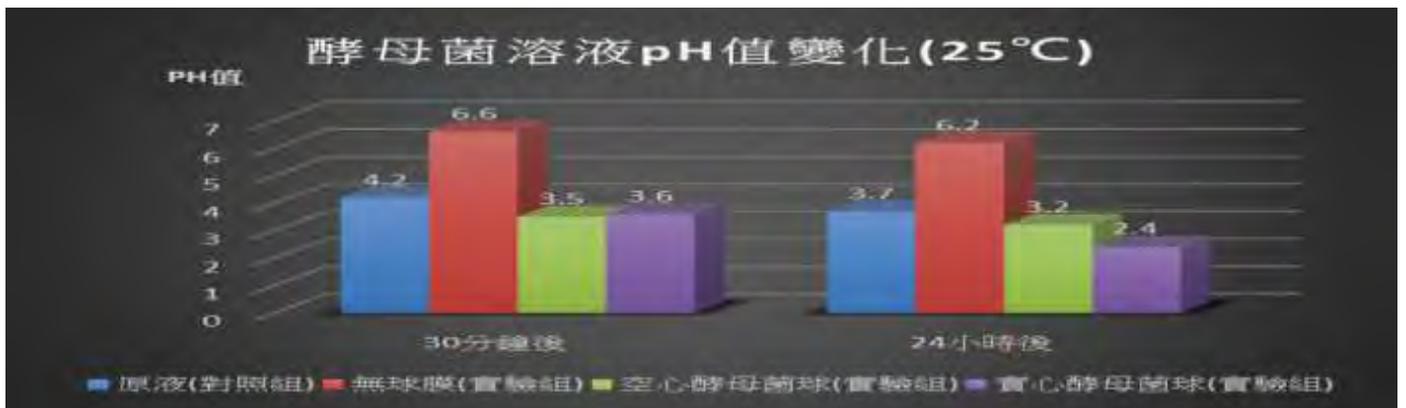
實驗分四組來比較酵母菌的活性，首先用顯微鏡觀察出芽生殖的狀況，結果如表十六，我們發現，經歷人體消化道不同的酸鹼過程(約 4 小時)處理後的酵母菌，加入葡萄糖溶液後的數量變化，30 分鐘後酵母菌的數量:空心酵母菌球>原液>實心酵母菌球>無球膜；24 小時後:空心酵母菌球>原液>實心酵母菌球>無球膜。

酵母菌有球膜的保護，經歷消化道的考驗後，空心球的數量比沒經消化道考驗的原液多，沒球膜保護的數量最低；經過 24 小時後，只有實心的數量降低，其餘的都增加，所以推測酵母菌可以利用膜通過消化道，到達小腸後，仍未死亡，數量持續增加，而且可以存活 24 小時以上。

另外我們以酵母菌呼吸產生二氧化碳的量來比較其活性，二氧化碳越多，pH 值越低，表示其活性越大。結果如圖十，30 分鐘後酵母菌的活性:空心酵母菌球>實心酵母菌球>原液>無球膜；24 小時後:實心酵母菌球>空心酵母菌球>原液>無球膜。與顯微鏡觀察的結果相同的是 24 小時後酵母菌仍有活性，無球膜活性最差，有球膜保護的經消化道作用後，活力還有可能增加。

表十六:25°C 時顯微鏡觀察四種處理後的酵母菌，其出芽生殖的狀況圖，()內為單位面積酵母菌的數量

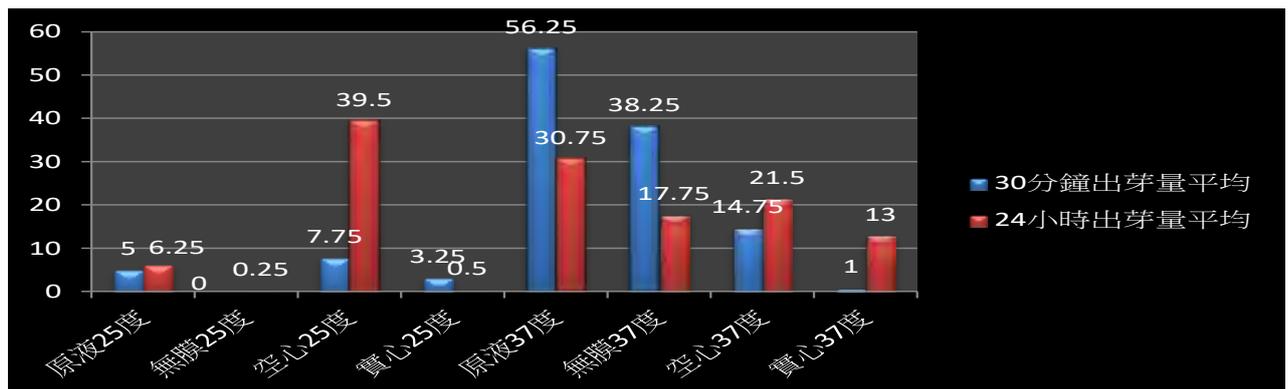
處理情形	原液 (無經酸鹼對照組)	無球膜 (經酸鹼實驗組)	空心酵母菌球 (經酸鹼實驗組)	實心酵母菌球 (經酸鹼實驗組)
30 分鐘後	 有些許酵母行出芽生殖(5.0 個)	 出芽生殖的數量少，幾乎是(0)	 出芽的酵母菌最多(7.7 個)	 出芽生殖只比無球膜多(3.25 個)
24 小時後	 出芽情形比 30 分鐘更多更明顯(6.5 個)	 出芽情形較 30 分鐘多一些，比原液少很多(0.25 個)	 出芽情形比 30 分鐘多，仍是最多(39.5 個)	 出芽情形較 30 分鐘少，比無球膜的好些。(0.5 個)



圖十:25°C時各種處理的酵母菌溶液 pH 值變化

(二)了解酵母菌水球到達人體的小腸的過程，其活性是否受溫度的影響?

酵母菌在人體外活性最佳的溫度是 20~30°C，但人的體溫約 37°C，酵母菌在 37°C 時，經歷消化道的考驗之後，其活性的改變又如何呢?下表十七是四組不同處理的酵母菌溶液在不同的溫度下用顯微鏡觀察出芽生殖的狀況，將每一種處理後的酵母菌的數量估計如圖十一。



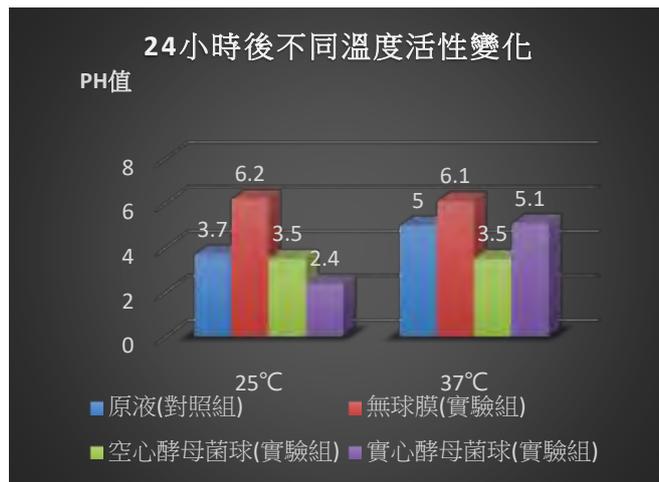
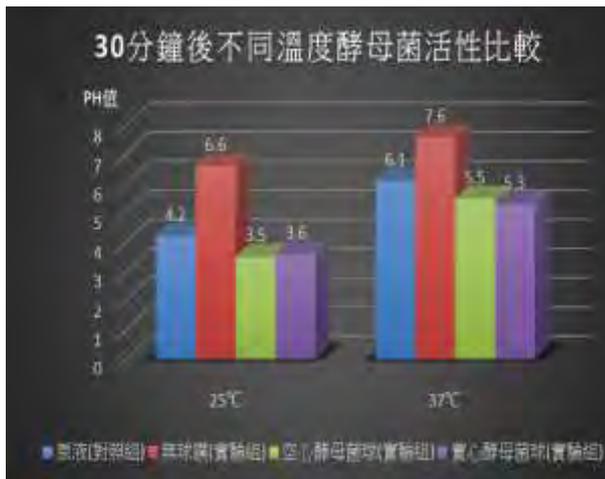
圖十一:25°C及37°C不同處理的酵母菌出芽數量的比較

表十七:比較不同的溫度，經酸鹼處理後酵母菌的出芽生殖狀況圖，()內為單位面積酵母菌的數量

處理情形	30 分鐘後		24 小時後	
	25°C	37°C	25°C	37°C
原液 (無經酸鹼 對照組)	 酵母已有明顯的 出芽(5 個)	 有出芽，明顯較 25°C 多(56 個)	 出芽情形比 30 分 鐘更多更明顯 (6.5 個)	 出芽數量減少了 (30.75 個)

無球膜 (經酸鹼 對照組)					酵母菌出芽最少，幾乎為 (0)	有些許出芽，但較 25°C 來的多 (38 個)	出芽情形較 30 分鐘多一些，比原液少很多 (0.25 個)	出芽數量減少了 (17.7 個)
空心酵母菌球 (經酸鹼 實驗組)					出芽的酵母菌最多 (7.7 個)	出芽狀況比 25°C 多 (14 個)	出芽情形比 30 分鐘多，仍是最多 (39.5 個)	數量比 25°C 的多 (21.5 個)
實心酵母菌球 (經酸鹼 實驗組)					出芽生殖只比無球膜多 (3.25 個)	出芽量最少 (1 個)	出芽情形較 30 分鐘少，比無球膜的好些。 (0.5 個)	數量比 25°C 的多 (13 個)

從表十七和統計單位面積酵母菌的數量(圖十一)可以看出，30 分鐘時，只有實心是 25°C 的數量大於 37°C，其餘都是 37°C 的數量大於 25°C；24 小時後，數量是 37°C 大於 25°C，(只有空心的例外)，有球膜保護時，經過消化道的考驗，空心球比無球膜的好很多。至於 pH 值的變化(圖十二)，有球膜的無論是實心或空心，都是 37°C 的 pH 值較高，也就是活性較差，和數量的結果不同。而無球膜保護的酵母菌死亡情形較多，或許細菌繁衍，導致其 pH 值下降。



圖十二:25°C及37°C各種處理的酵母菌溶液 pH 值變化

(三) 了解唾液澱粉酶水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形?

我們以口水中的澱粉酶為材料，分四組處理，實驗結果如下表十八，發現其活性(在25°C)是**空心**>原液>無球膜>**實心**，約2小時澱粉會分解完畢，**空心膜保護最好**。

表十八: 25°C時，澱粉酶在經過模擬消化道作用後，分解澱粉活性的比較(以滴入碘液後的顏色來對照)

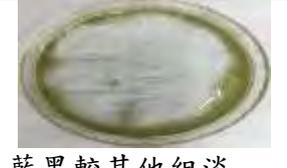
處理情形	半小時	一小時	一小時半	兩小時
原液 (未經酸鹼 對照組)	 藍黑色變淡，澱粉些許被分解	 顏色更淡一些	 藍黑明顯變淡	 顏色變回黃褐，澱粉被分解完
無球膜 (經酸鹼 實驗組)	 藍黑色，澱粉未被分解	 藍黑色較淡一些	 藍黑明顯變淡	 顏色變回黃褐，澱粉被分解完
空心口水球 (經酸鹼 實驗組)	 藍黑色較其他組淡	 藍黑色較淡顏色稍微變黃褐	 藍黑色更淡	 變黃褐色，澱粉已快被分解完畢

實心口水球 (經酸鹼實驗組)	 藍黑色，澱粉還未被分解	 藍黑色變淺	 藍黑色更淡一些	 藍黑色最淡
-------------------	--	--	---	--

(四) 了解唾液澱粉酶水球到達人體的小腸的過程，其活性是否受溫度的影響?

由上述實驗得知酵母菌呼吸效率 $25^{\circ}\text{C} > 37^{\circ}\text{C}$ ，口水澱粉酶是否也如此呢?經過表十八和表十九的比對發現在 37°C 的澱粉分解情形從半小時開始直到觀察 2 小時後都比 25°C 的好，和酵母菌的結果不同，活性是無球膜 > 實心 > 原液 > 空心，無球膜和實心在 37°C 活性增加最多。

表十九: 口水澱粉酶在 37°C 時經過消化道後，分解澱粉活性的比較(以滴入碘液後的顏色來對照)

處理情形	半小時	一小時	一小時半	兩小時
原液 (未經酸鹼對照組)	 藍黑色變淡，澱粉些許被分解	 顏色變藍綠，澱粉被分解更多	 顏色無明顯改變	 變黃褐色，澱粉酶持續分解澱粉
無球膜 (經酸鹼實驗組)	 藍黑較其他組淡	 顏色變稍微黃褐	 黃褐色更明顯	 黃褐色明顯
空心口水球 (經酸鹼實驗組)	 藍黑色，澱粉尚未被分解	 藍黑較淡，澱粉酶持續分解澱粉	 顏色變藍綠	 顏色顯變回黃褐
實心口水球 (經酸鹼實驗組)	 顏色是藍綠，澱粉已開始被分解	 顏色明顯變黃褐	 黃褐色更明顯	 黃褐色，澱粉快被分解完

(五) 了解香蕉酵素水球到達人體小腸的過程，其活性的變化情形?

植物酵素是近年來流行的健康食品，價格昂貴，因此我們想知道植物酵素經過消化道後是否仍有作用?我們以香蕉酵素為材料，分四組處理，實驗結果如下表二十，發現其活性是**無球膜**>**實心**>**原液**>**空心**，所以香蕉酵素經消化道考驗仍有作用，但**無球膜**保護得**效果最好**，是否經過酸鹼處理過的香蕉酵素活性會增強，這需要進一步的實驗來證實。

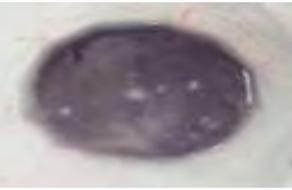
表二十:香蕉酵素 25°C 在經過消化道後，分解澱粉活性的比較(以滴入碘液後的顏色來對照)

處理情形	半小時	一小時	一小時半	兩小時
原液 (未經酸鹼 對照組)	 藍黑色變淡，澱粉 可能被分解	 藍黑色變淡一些	 藍黑色無明顯改變	 藍黑色無明顯改 變
無球膜 (經酸鹼 實驗組)	 藍黑色較其他組淡	 藍黑色變淡一 些。	 藍黑色帶點褐色	 黃褐色，澱粉完 被分解完。
空心香蕉球 (經酸鹼 實驗組)	 藍黑色，澱粉未被 分解	 藍黑色稍微變淡	 顏色持續變淡。	 稍微變褐黃色。
實心香蕉球 (經酸鹼 實驗組)	 藍黑色，澱粉酶還 未被分解	 顏色無太大改變	 藍黑色較淡	 顏色持續變淡。

(六) 了解香蕉酵素水球到達人體的小腸的過程，其活性是否受溫度的影響?

經過表二十和表二十一比對發現在 37°C 的澱粉分解情形從半小時開始直到觀察 2 小時後都比 25°C 的好，活性是**無球膜**>**空心**>**原液**>**實心**。

表二十一:香蕉酵素在 37°C 時經過消化道後，分解澱粉活性的比較(以滴入碘液後的顏色來對照)

處理情形	半小時	一小時	一小時半	兩小時
原液 (未經酸鹼 對照組)	 藍黑色變淡	 顏色較淡一些	 藍黑無明顯變化	 藍黑無明顯變化。
無球膜 (經酸鹼 實驗組)	 藍黑色較其他組淡	 顏色明顯變黃褐	 黃褐色無明顯改變	 黃褐色無明顯改變
空心香蕉球 (經酸鹼 實驗組)	 藍黑色	 藍黑色變淡	 藍黑色變淡	 藍黑色變淡藍
實心香蕉球 (經酸鹼 實驗組)	 藍黑色	 藍黑色無明顯變淡	 藍黑色變淡	 顏色變淡藍

◎結果與討論：

1. 酵母菌無論有無球膜保護，皆可通過消化道的考驗，仍可行出芽生殖及呼吸作用與葡萄糖反應產生二氧化碳，讓溶液的 pH 值下降，表現出正常的活性，但有膜保護的效果比無膜的好，在室溫(25 °C)中，又以空心酵母菌球的活性最佳。
2. 酵母菌在 37°C 的環境中，通過消化道的考驗後，活性較 25 °C 差。
3. 37°C 的環境中，酵母菌的出芽量較 25 °C 多。
4. 口水澱粉酶和香蕉酵素在通過消化道的考驗後，未包膜在人體環境的溫度(37°C)，比有包膜的活性大，可見口水澱粉酶和香蕉酵素不需膜保護，就可到達小腸發揮作用，只是若需要慢慢釋放酵素，使其效果持久，包膜還是有其作用的。
5. 口水澱粉酶在 37°C 的環境中，通過消化道的考驗後，活性較 25 °C 好。

捌、結論

- 一、無論乳酸鈣及玻尿酸的濃度高或低，都無法做出有膜的水球，因此**玻尿酸無法取代海藻酸鈉**。
- 二、在 **15°C 及 30°C** 的環境下，水球**水量無減少**，是**保存最佳的狀態與溫度**；在 4°C、15°C、30°C、45°C 及 75°C 時，有球膜減少的水量比無球膜保護的多；在 90°C 的環境下，無球膜保護的水已蒸發完，但有球膜的還剩些許水量。代表在這些溫度的環境下，水透過球膜保護的保存情形較佳。
- 三、**保存環保水球的溶液酸鹼性也會影響水球的形狀、體積、重量和密度**，推測除了水可緩慢進出水球的膜之外，酸鹼離子也可能進出水球的膜，水球膜或許可以與酸鹼反應而影響水球的密度。**水球可耐強酸，在 pH=2 的環境中仍可保存一段時間，但較不耐鹼**。
- 四、**弱酸、中性和弱鹼水製成的水球，在實驗的各種溫度下，透過球膜保護，水量皆可保存一半以上**；在 90°C 的環境下，酸鹼水無受球膜保護時，皆已蒸發完，受球膜保護時，水量減少不到一半；**有球膜保護的中性水在 30°C、弱鹼水在 45°C，水量減少皆為零，弱酸水在 30°C 時，水量減少最少**。
- 五、**在 0°C 的環境下，澱粉水球變藍黑的時間，比其他溫度都還要快**，推測 0°C 會影響水球膜的結構，讓分子更迅速通過，縮短反應時間。在 20~30°C 時，隨溫度的升高而增加時間，超過此溫度，時間會縮短，變化趨緩。可見高溫時，碘液分子反而不易通過水球膜。**澱粉水球在中性環境中變藍黑的時間都最短；在酸和鹼性溶液中，剛開始變藍黑的時間比較慢，但水球放在酸和鹼的溶液中久了，水球膜產生變化，反應時間都是先變慢再變快**。
- 六、**水球膜可讓分子量為 10000 以下的分子通過球膜**，澱粉因分子量過大(分子量 50000)無法通過球膜，沙拉油可與乳酸鈣溶液結成冰塊，但其固體無法與海藻酸鈉溶液反應成球；冰點過低的酒精無法與乳酸鈣結為固體，會和海藻酸鈉反應成半固體的碎膜因此沙拉油及酒精無法做成我們理想中的水球。
- 七、**酵母菌無論有無球膜保護，皆可通過消化道的考驗，在室溫(25 °C)中，又以空心酵母菌球的活性最佳。在 37°C 中，活性較 25 °C 差，但出芽量卻比 25 °C 多。唾液澱粉酶在通過消化道的考驗後，未包膜在溫度(37°C)，比有包膜的活性大，而在 37°C 的環境中，活性較 25 °C 好。可見澱粉酶不需膜保護，就可到達小腸發揮作用，只是若需要慢慢釋放酵素，使其效果持久，包膜還是有其作用的**。

玖、參考文獻資料

一、Ooho 每日頭條-再見礦泉水瓶！<https://kknews.cc/zh-tw/news/bl45y8n.html>

二、海藻酸鈉 <https://zh.wikipedia.org/wiki/海藻酸>

三、乳酸鈣 <https://www.itsfun.com.tw/乳酸鈣> [A3/wiki-8996117-1911276](https://zh.wikipedia.org/wiki/乳酸鈣)

四、玻尿酸 <https://zh.wikipedia.org/wiki/玻尿酸>

五、「晶」益「球」精 第四十三屆全國中小學科展

六、吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測 第五十六屆全國中小學科展

七、彩虹晶球-鳳梨珍珠之研發 第五十六屆全國中小學科展

八、國中自然與生活科技 翰林 第一、二、三冊

九、維基百科

【評語】 030202

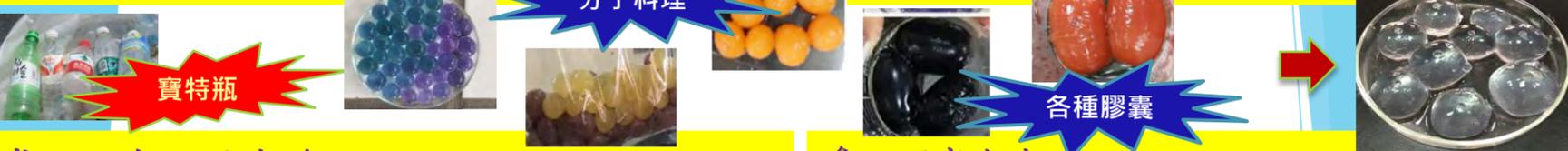
環保水球之主題已多次被研究於科展中，本作品係以探究海藻酸鈉形成環保水球的最優化條件以及其可能應用，研究本身具有實用性，實驗中之原理解釋與探討，可再加以補充及說明；另外實驗選擇價格較高的玻尿酸取代海藻酸鈉製作環保水球未果，可再多思考。不過該作品對於物質釋放的應用具有潛力，建議可朝向調控不同海藻酸鈉與鈣離子的濃度，以控制合成環保水球之孔洞大小，變成一透析之薄膜，可嘗試繼續開發探究。

摘要

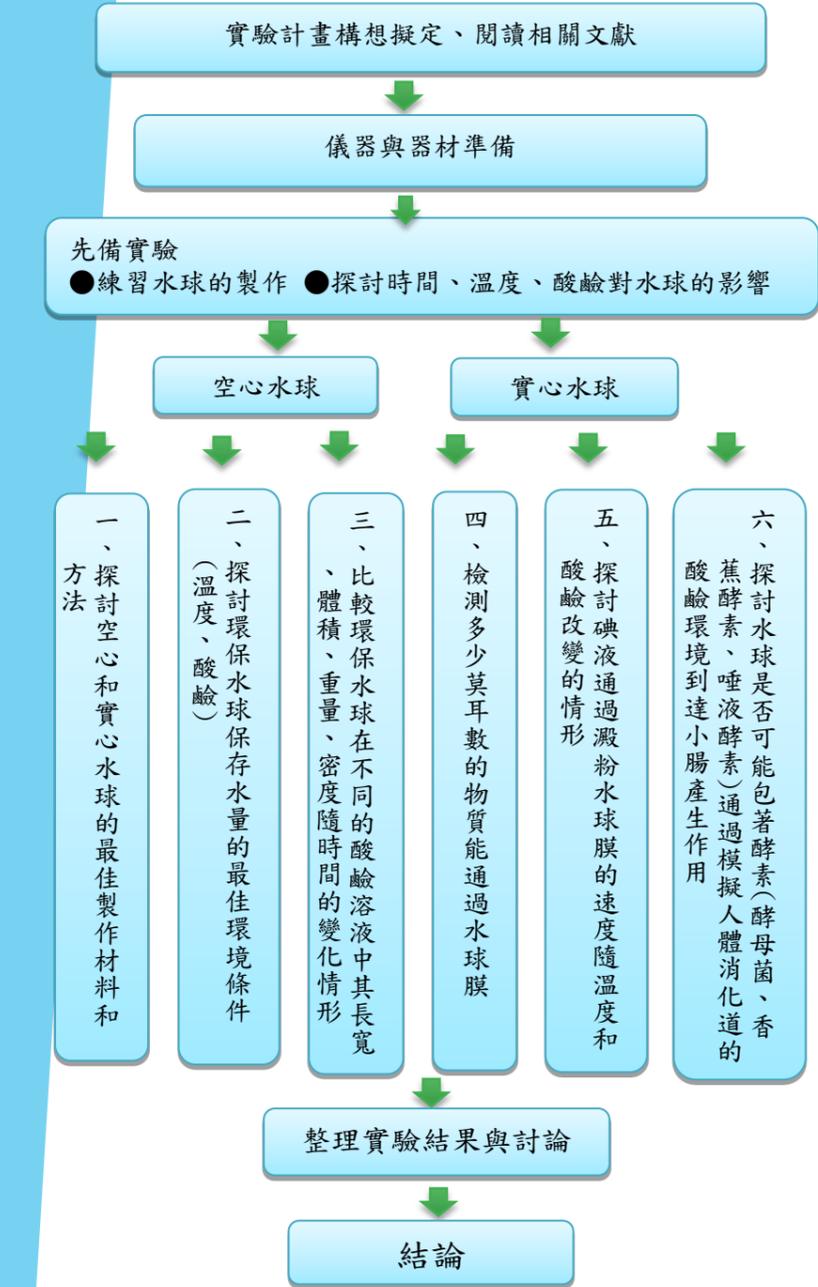
經本實驗的探討發現水球膜可以保存水分、包覆許多東西、通過強酸的考驗，並將其所包裹的分子慢慢釋放出來，研究成果如下：

- 一、保存水球的最佳溫度是30°C，酸或中性的環境比鹼性好。
- 二、碘分子進出水球的速度受溫度和酸鹼的影響，0°C時，反應時間最短，20-30°C最長；中性環境的反應時間最短，酸和鹼性溶液中，反應時間都是先慢後快。
- 三、水球膜可讓莫耳數約4000以下的分子通過，並且隨時間慢慢擴散出來。
- 四、水球膜包裹下的酵母菌、唾液澱粉酶和香蕉酵素，在通過模擬消化道的酸鹼和蠕動後仍具有活性，若製成食品，預測可通過胃酸的考驗，順利到達小腸。
- 五、水球膜包裹下的酵母菌通過模擬消化道後，37°C活性較25°C差，但唾液澱粉酶和香蕉酵素則比較好。

壹、研究動機



貳、研究目的與流程



參、研究方法

一、探討實心和空心水球的最佳製造材料及方法，嘗試玻尿酸代替海藻酸鈉製作環保水球的可行性。



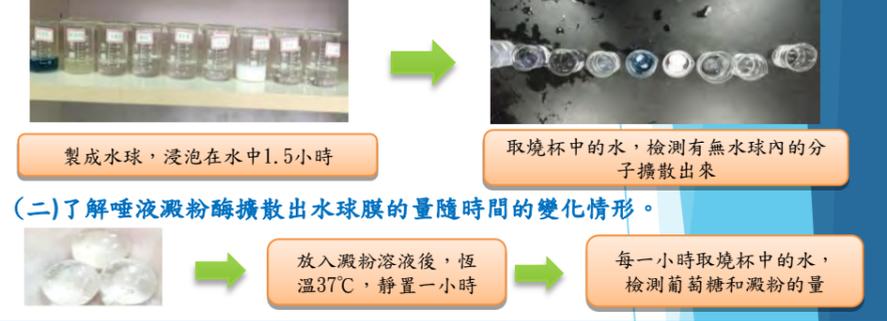
二、探討保存環保水球的最佳環境條件：

(一) 探討環保水球保存的水量受溫度影響情形。
 (二) 探討環保水球T長寬、體積、重量、密度受酸鹼影響情形。
 (三) 探討環保水球保存酸鹼溶液的水量受溫度影響情形。



三、探討哪些物質可以通過環保水球的膜？

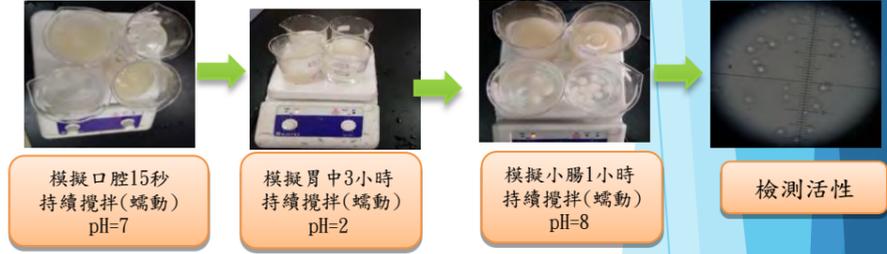
(一) 檢測不同分子大小的物質通過水球膜的情形。



五、探討水球是否可能包著酵素通過模擬人體消化道的酸鹼環境到達小腸產生作用

(一) 了解酵母菌水球、香蕉酵素水球、唾液酵素水球通過模擬人體消化道的過程，其活性的變化情形？

(二) 了解酵母菌水球、香蕉酵素水球、唾液酵素水球通過模擬人體消化道的過程，其活性是否受溫度的影響？



四、探討碘液通過環保水球膜的速度隨溫度改變的情形。

(一) 水球內部變藍的時間和溫度的關係

(二) 水球內部變藍黑的时间和酸鹼的關係



肆、研究藥品及設備



伍、研究結果與討論

一、探討實心和空心水球的最佳製造材料及方法，嘗試玻尿酸代替海藻酸鈉製作環保水球的可行性。

◎結果與發現：

1. 實心和空心水球的最佳製造材料及方法都是2%的乳酸鈣和1%海藻酸鈉溶液
2. 在製作空心水球的過程中，冰塊融化後仍為乳酸鈣水，無法成球；製作實心水球時，玻尿酸在乳酸鈣水中雖會聚集，但撈出後卻是散開的溶液。
3. 經由表(一)的25種玻尿酸和乳酸鈣濃度組合，都無法做出有膜的水球。
4. 我們的實驗結果發現**玻尿酸無法取代海藻酸鈉**。

(表一) 不同濃度的玻尿酸和乳酸鈣反應成膜的情形

玻尿酸濃度 乳酸鈣濃度	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1%
0.5%	x	x	x	x	x
1%	x	x	x	x	x
2%	x	x	x	x	x
3%	x	x	x	x	x
4%	x	x	x	x	x

二、探討保存環保水球的最佳環境條件

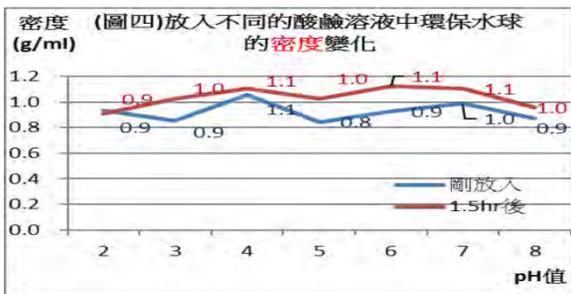
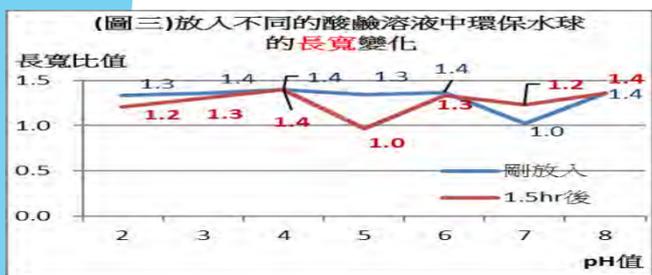
(一) 探討環保水球保存的水量會受溫度影響嗎？

◎結果與發現：

1. 有球膜保護，且在15°C及30°C的環境下，水量無減少，是保存最佳的狀態與溫度。
2. 有球膜保護，蒸發量較少。
3. 無論是否有球膜保護，最佳的保存溫度皆為4°C-45°C，水量減少最少，在15°C時，水量都無減少，是最佳的保存溫度。



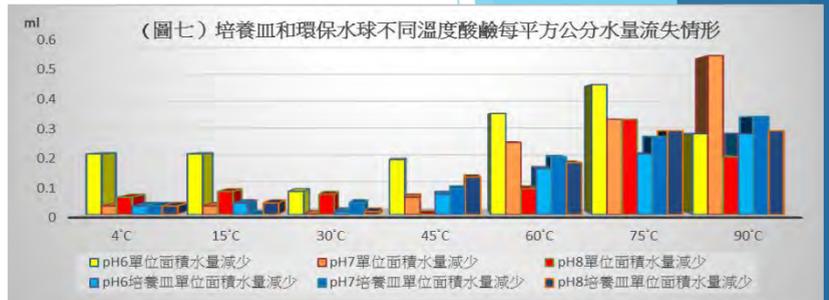
(二)探討環保水球的長寬、體積、重量、密度會受酸鹼影響嗎?



◎結果與發現：

- 保存水球的溶液酸鹼性會影響水球的形狀、體積、重量和密度，因此推測除了水可緩慢進出水球的膜之外，水球膜或許可以與酸鹼反應而影響水球的密度。
- 本實驗亦發現環保水球可耐強酸，在pH=2的環境仍可保存一段時間，但不耐鹼(預備實驗時發現pH9以上會破裂)，所以或許環保水球可以發展成包住食品或藥品的膜，可以通過胃酸的考驗，到鹼性的腸液中即可分解，因此對於需要運送到小腸但又擔心被胃酸破壞的食品或藥品，可以提供一項安全的材質。

(三)探討環保水球保存酸鹼溶液的水量受溫度影響的情形。



◎結果與發現：

- 上圖顯示，在90°C時，沒有球膜保護，水分皆蒸發完；受球膜保護的弱酸、中性或弱鹼溶液，水量減少不到一半，保存情形較佳。
- 有球膜保護的中性水在30°C、弱鹼水在45°C的環境下，水量減少皆為零；而弱酸水則在30°C的環境下，水量減少最少。

三、探討哪些物質可以通過環保水球的膜?

(一)檢測不同分子大小的物質通過環保水球的膜

表十一:莫耳數大小不同的物質，通過水球膜的情形



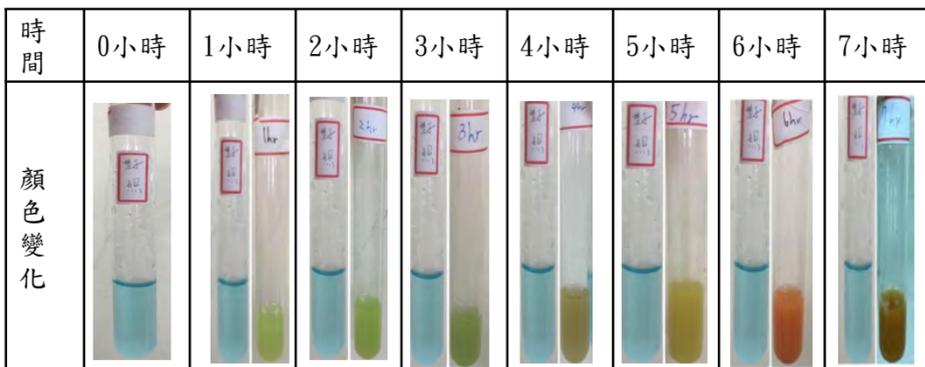
物質名稱	莫耳質量	通過情形
蝶豆花青素	287.24	可通過
丙三醇(甘油)	92.09382	可通過
清潔劑	342	可通過
膠原蛋白粉	1000	可通過
葡萄糖	180	可通過
澱粉	50000	無法通過或成膜
沙拉油	290	無法通過或成膜
酒精	46.07	無法通過或成膜
碘液	253.8	可通過
香蕉澱粉酶	986.5	可通過
唾液澱粉酶	4000	可通過
酵母菌	大小5~12微米	可通過
乳酸鈣	308.3	可通過
尿素	60	可通過
紅蘿蔔素	536	無法通過或成膜

◎結果與發現：

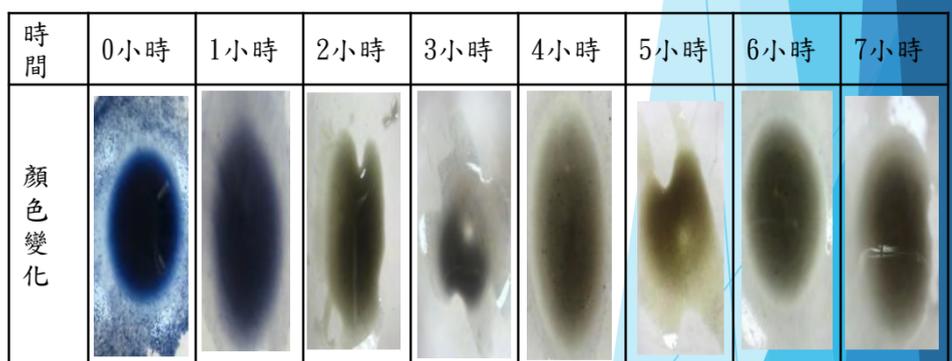
- 經過初步的實驗，我們發現水球膜是半透膜，沙拉油可與乳酸鈣溶液結成冰塊，但其固體卻無法與海藻酸鈉溶液反應呈球形，冰點過低的酒精無法與乳酸鈣結為固體，會和海藻酸鈉反應成半固體的碎膜，因此酒精及沙拉油無法做成我們理想中的水球。
- 經過眾多物質是否通過水球膜的實驗，推測水球膜可讓莫耳質量為4000以下的分子通過球膜；經過第四項實驗可知，碘液(莫耳量253.8)可通過球膜，而澱粉(莫耳質量50000)不能；花青素、甘油、清潔劑、膠原蛋白粉、葡萄糖、尿素、紅蘿蔔素、碘液、香蕉澱粉酶、唾液澱粉酶、酵母菌及乳酸鈣，這些內容物可通過球。

(二)了解唾液澱粉酶擴散出水球膜的量隨時間的變化情形。

表十二:唾液澱粉酶分解澱粉產生糖加入本氏液隔水加热的顏色變化，左側試管為對照組(澱粉加本氏液)，右側試管為實驗組



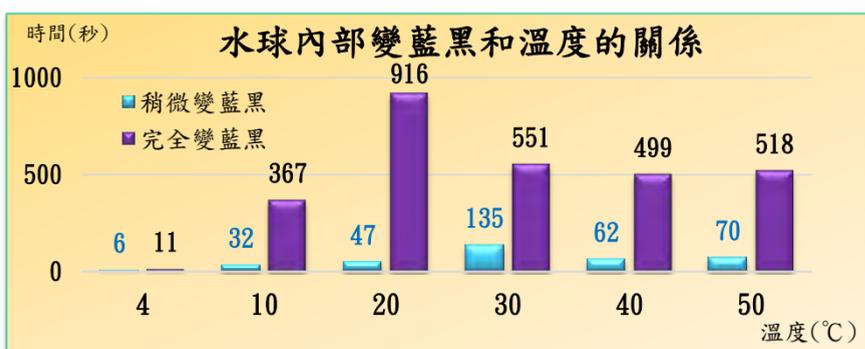
表十三:以碘液測試唾液澱粉酶分解澱粉的量隨時間的變化情形



◎結果與發現：

- 時間越久，唾液澱粉酶擴散出膜的量越多，分解澱粉產生的糖也越多，所以試管的顏色越紅，而且1個小時後就有唾液澱粉酶擴散出來了。
- 表十三則直接加碘液測試澱粉被分解後剩下的量，也發現藍黑色漸淡，澱粉漸漸減少(被唾液澱粉酶分解了)，但效果以糖產生的量來測試較明顯。

四、探討碘液分子通過澱粉水球膜的速度隨溫度和酸鹼改變的情形。



◎結果與發現：

- 由圖(八)發現在0°C的環境裡，澱粉水球內部變藍黑的時間比其他溫度都還要快，推測0°C會影響水球膜的結構，縮短反應時間；水球完全變黑的時間在20°C時最慢，超過20°C，時間會縮短，變化趨緩。
- 由圖(九)發現在中性環境中變藍黑的時間最短，而在酸鹼中，碘液分子運動的速度都比較慢；強酸中，碘液分子跑最慢，所以稍微變藍黑的時間最長，時間久了，完全變藍黑的時間反而變快了，強鹼的環境中反應類似。

五、探討水球是否可能包著酵素通過模擬消化道到達小腸發揮作用？

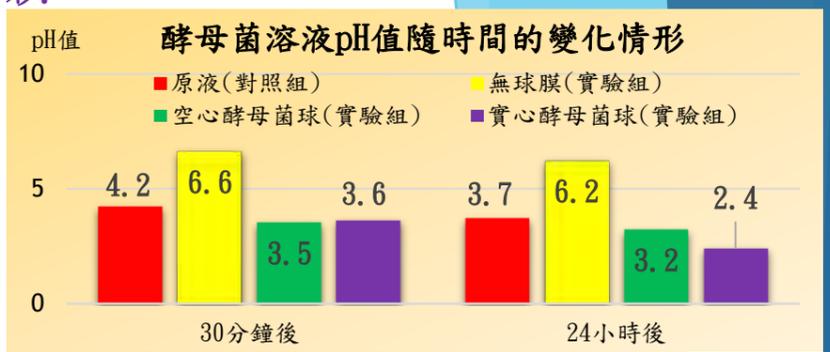
(一)了解酵母菌水球到達模擬人體小腸的過程，其活性的變化情形？

表十六:25°C時顯微鏡觀察四種處理後的酵母菌，其出芽生殖的狀況，

()內為單位面積酵母菌的平均數量(個)

處理情形	原液 (無經酸鹼 對照組)	無球膜 (經酸鹼 實驗組)	空心酵母菌球 (經酸鹼 實驗組)	實心酵母菌球 (經酸鹼 實驗組)
30分鐘	5.0	0.1	7.7	3.25
24小時	6.5	0.25	39.5	0.5

圖十:各種處理的酵母菌溶液pH值隨時間變化情形

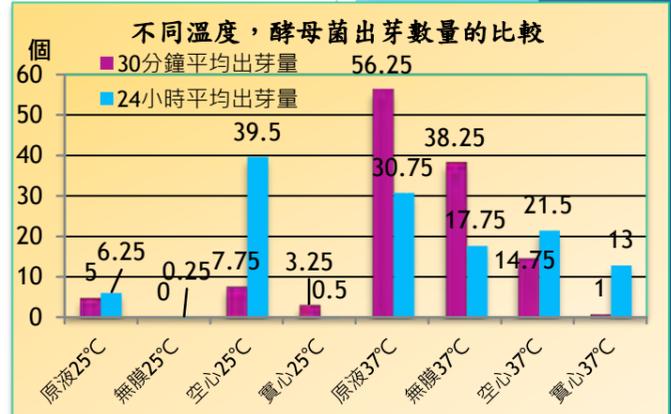
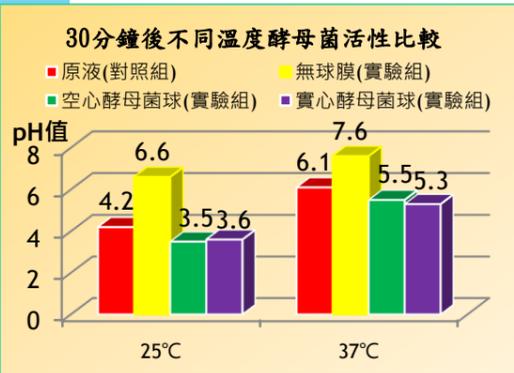


◎結果與發現：

1. 酵母菌有球膜的保護，經歷消化道的考驗後，空心酵母菌球數量比原液多，沒球膜保護的數量最低；經過24小時後，酵母菌仍有活性。
2. 以酵母菌產生二氧化碳的量來比較活性，無球膜活性最差，經過24小時後，有球膜保護的酵母菌仍有活性。

(二)了解酵母菌水球到達模擬人體的小腸的過程，其活性是否受溫度的影響？

圖十二:25°C及37°C各種處理的酵母菌溶液pH值變化



◎結果與發現：

1. 由上圖可以看出無論有無球膜保護，有無經過模擬消化道的考驗，30分鐘及24小時後，**37°C的活性皆比25°C差。**
2. 37°C時，有球膜保護的酵母菌活性高，在30分鐘時，數量沒有比較多，24小時後數量才漸漸超越無球膜保護的。

(三)了解唾液澱粉酶水球到達模擬人體小腸的過程，其活性的變化情形及受溫度的影響狀況？

表十八:25°C時，口水澱粉酶在經過模擬消化道作用後，分解澱粉活性的比較(以滴入碘液後的顏色來對照)

處理情形	原液 (未經酸鹼 對照組)	無球膜 (經酸鹼 實驗組)	空心口水球 (經酸鹼 實驗組)	實心口水球 (經酸鹼 實驗組)
半小時				
兩小時				

表十九:口水澱粉酶在37°C時經過消化道後，分解澱粉活性的比較(以滴入碘液後的顏色來對照)

處理情形	原液 (未經酸鹼 對照組)	無球膜 (經酸鹼 實驗組)	空心口水球 (經酸鹼 實驗組)	實心口水球 (經酸鹼 實驗組)
半小時				
兩小時				

◎結果與發現：

1. 口水澱粉酶其活性(在25°C)是**空心>原液>無球膜>實心**，約2小時澱粉會分解完畢，**空心膜保護最好。**
2. 在37°C的澱粉分解情形從半小時開始直到觀察2小時後都比25°C的好，和酵母菌的結果不同，活性是**無球膜>實心>原液>空心**，無球膜和實心在37°C活性增加最多。

(四)了解香蕉酵素水球到達模擬人體小腸的過程，其活性的變化情形及受溫度的影響狀況？

表二十:香蕉酵素25°C在經過消化道後，分解澱粉活性的比較(以滴入碘液後的顏色來對照)

處理情形	原液 (未經酸鹼 對照組)	無球膜 (經酸鹼 實驗組)	空心香蕉球 (經酸鹼 實驗組)	實心香蕉球 (經酸鹼 實驗組)
半小時				
兩小時				

表二十一:香蕉酵素在37°C時經過消化道後，分解澱粉活性的比較(以滴入碘液後的顏色來對照)

處理情形	原液 (未經酸鹼 對照組)	無球膜 (經酸鹼 實驗組)	空心香蕉球 (經酸鹼 實驗組)	實心香蕉球 (經酸鹼 實驗組)
半小時				
兩小時				

◎結果與發現：

1. 發現其活性是**無球膜>實心>原液>空心**，所以香蕉酵素經消化道考驗仍有作用，但**無球膜保護得效果最好**
2. 37°C的澱粉分解情形從半小時開始直到觀察2小時後都比25°C的好，活性是**無球膜>空心>原液>實心**。

陸、結論

- 一、無論乳酸鈣及玻尿酸的濃度高或低，都無法做出有膜的水球，因此與乳酸鈣作用時，**玻尿酸無法取代海藻酸鈉。**
- 二、在大部分的溫度下有球膜減少的水量比無球膜保護的少，**15°C及30°C時**，水球**水量無減少**，是保存最佳的狀態與溫度。
- 三、保存環保水球的溶液酸鹼性也會影響水球的形狀、體積、重量和密度，**水球可耐強酸**，在pH=2的環境中仍可保存一段時間，**但較不耐鹼。**
- 四、弱酸、中性和弱鹼水製成的水球，在實驗的各種溫度下，透過球膜保護，水量皆可保存一半以上；**有球膜保護的中性水在30°C、弱鹼水在45°C**，水量減少皆為零，弱酸水在30°C時，水量減少最少。
- 五、在0°C的環境下，澱粉水球變藍黑的時間，比其他溫度都還要快，高溫時，碘液分子反而不易通過水球膜。**澱粉水球在中性環境中變藍黑的時間都最短；在酸和鹼性溶液中，反應時間都是先變慢再變快。**
- 六、推測水球膜可讓莫耳質量為4000以下的分子通過球膜。
- 七、酵母菌、唾液澱粉酶和香蕉澱粉酶無論有無球膜保護，皆可通過消化道的考驗。有膜的空心酵母菌球保存的活性最佳，但在37°C時活性竟比25°C差，不過出芽量卻比25°C多。口水澱粉酶和香蕉酵素則是未包膜在37°C，比有包膜的活性大，**口水澱粉酶和香蕉酵素不需膜保護，就可到達小腸發揮作用，只是若需要慢慢釋放酵素，使其效果持久，包膜還是有其作用的。**

柒、參考資料

- 一、「晶」益「球」精，第四十三屆全國中小學科展
- 二、吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測 第五十六屆全國中小學科展
- 三、彩虹晶球-鳳梨珍珠之研發 第五十六屆全國中小學科展
- 四、國中自然與生活科技翰林 第一、二、三冊