

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

佳作

040207

蛋膜通透銅錯離子

學校名稱：國立花蓮高級中學

作者： 高一 李胤儒 高一 陳昱嘉 高一 顏銘徵	指導老師： 李俊賢 孟昭安
---	-----------------------------

關鍵詞：銅錯離子、導電度、蛋膜

摘要

本研究主要是探討錯離子是否可以通過蛋膜及其相關的問題。我們經由蒐集現有資料後做出比較有可能的假設再進行實驗，證明不只有離子可以通過，錯離子也是可以通過蛋膜的。並藉由在課堂上學習到有關滲透和擴散的知識，加上紫外光光譜和導電度計的運用，加以得知通透速率，並進一步做更深入之研究。

壹、研究動機

根據 2003 年諾貝爾化學獎對於細胞膜上離子通道與水通道的研究，使我們了解到細胞膜上有離子通道與水通道。讓我們聯想到蛋膜上是否也有各種粒子通道呢？49 屆科學展覽會高中組化學科第一名：<<膜粒通道－蛋膜粒子通道滲透速率之研究>>，充分地解決我們大部分的煩惱，但我們還有一個疑問：既然離子可以通過蛋膜，那錯離子會嗎？根據我們的了解，蛋膜是由蛋白纖維所構成，故只要大小和碰撞角度正確，的確是有機會通過蛋膜。國中時曾學過蛋白在酸中會變形，在鹼中會分解，那蛋膜既然是由蛋白纖維所構成，那用泡過酸或鹼的蛋膜是否會影響我們的實驗結果？說到變形，我們想到還有一種方法可以使蛋白纖維變形，加熱！所以我們決定也用不同的加熱溫度來探究通透的差異。於是呢，我們決定開始進行有關錯離子通透蛋膜的實驗。

貳、研究目的

- 一.由觀察顏色變化，確認銅錯離子是否可以通過蛋膜。
- 二.經由紫外光光譜儀做進一步的確認，以確定通過者為銅錯離子
- 三.探討泡過酸的蛋膜對通透銅錯離子的影響。
- 四.探討泡過鹼的蛋膜對通透銅錯離子的影響。
- 五.藉由生熟蛋膜探討以不同溫度加熱蛋膜對通透速率的影響。
- 六.藉由不同的銅錯離子來探討個別的通透關係並加以比較。
- 七.以不同銅錯離子的大小判定蛋膜孔洞的大小。

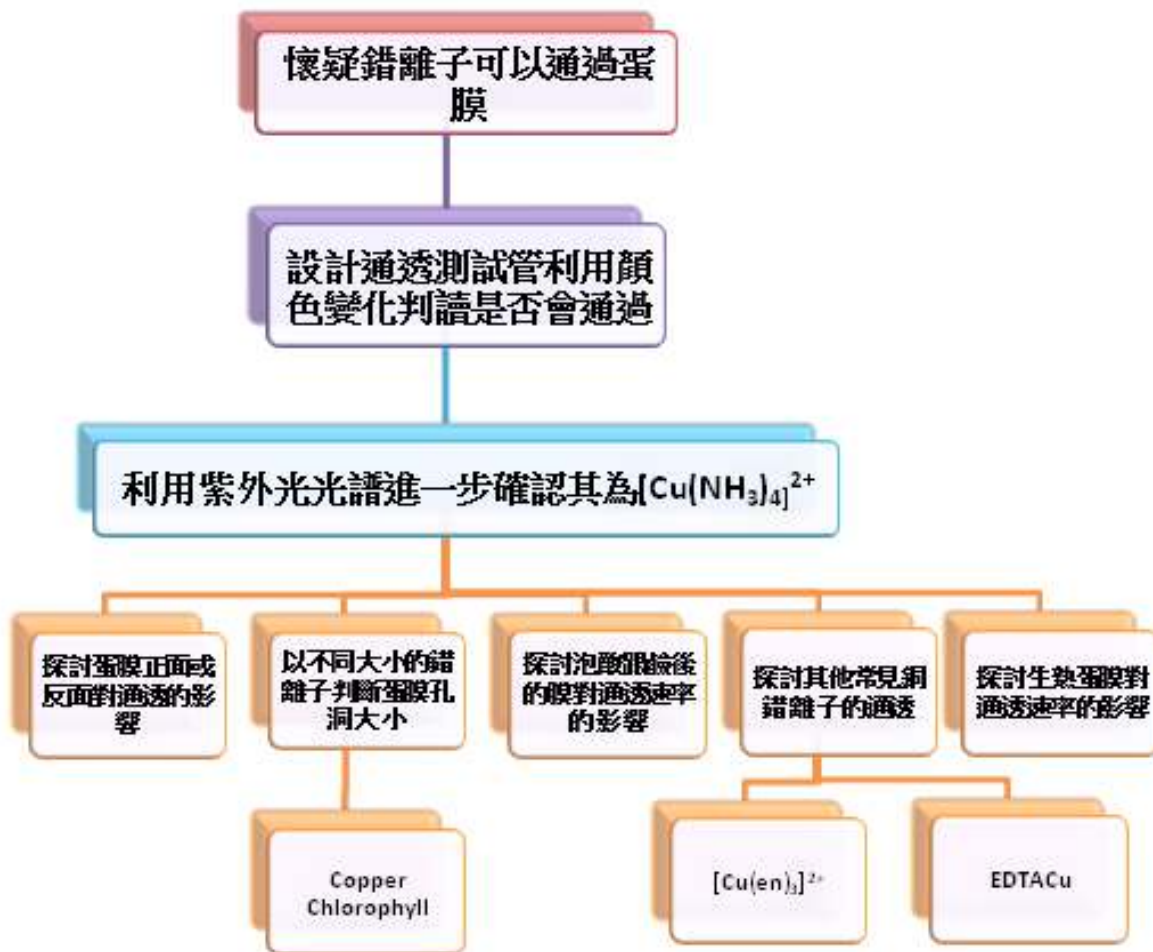
參、研究設備及器材

器材：燒杯(1000mL、600mL)、透明水管、3 秒膠、雞蛋、剪刀、電器膠帶、紫外光-UV 分光光度計、雕刻刀、滴管、針筒、導電度計、水管、鑷子、容量瓶、抽濾用具、自行設計通透器材。

藥品：17M $\text{NH}_{3(aq)}$ 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、12M HCl、16M HNO_3 、蒸餾水、60% HClO_4 、乙二胺四乙酸鈉鹽(EDTA)、Copper Chlorophyll、NaOH。

肆、研究過程與方法

一、 研究大綱



二、 實驗原理

我們假設錯離子可以利用擴散通過蛋膜使其通透到實驗裝置內部，為了方便實驗的進行，我們決定先使用容易取得且有易觀察顏色的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 進行通透研究。初步利用顏色變化判定是否通過，再進一步使用紫外光-UV 光度計測量其與 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 吸收峰是否相符合做為判定依據。

(一) 2003 年諾貝爾化學獎：細胞膜通道之謎

細胞膜通道有一個很重要的特性，就是它們具有選擇性。而水孔的形狀，正是它只能讓水分子通過的原因。離子通道的底部有個閘門，當離子通道接收到特定的訊號，離子通道蛋白質結構便會發生改變，因此造成閘門的開關。

(二) 第 49 屆中小學科學展覽:膜粒通道---蛋膜粒子通道滲透速率之研究

1. 由碰撞學說推測，離子碰撞蛋膜通道才能產生滲透作用，故開始時僅有離子端有離子碰撞，碰撞頻率高，滲透速率較快。一段時間後因蒸餾水端離子數增加(電導度上升)，膜兩側皆有離子滲透，故離子可雙方滲透達平衡。
2. 所有離子溶液滲透達平衡時，其離子滲透數量(電導率)與初濃度成正比。
3. 經由相同濃度(滲透壓不同)及等滲透壓實驗得知，離子經蛋膜的滲透速率與粒子大小有關及蛋膜通道的選擇性有關。蛋膜內外側構造不同，造成滲透速率不同，故達滲透平衡時，蛋膜兩端的濃度有微量的濃度差。內膜與離子端相接時，滲透速率較快，且平衡時兩端濃度較接近，故知內膜滲透的平衡常數應大於外膜滲透。

三、 實驗步驟

(一) 實驗前的準備：

1. 取蛋膜方式：先利用手剝將蛋膜取出，以清水洗淨後，再將蛋膜分別泡入酸、鹼中，待十五分鐘後取出，熟蛋膜也是煮十五分鐘後拿取。

實驗一、銅錯離子是否可以通過蛋膜

1. 製作實驗器材

我們以塑膠透明水管一端用電器膠帶將其封死，另一端包上所測試之蛋膜，將此以通透測試管內注滿蒸餾水約 10mL(圖一)。



圖一

在此以 $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 代替蒸餾水以利展示

2. 放入裝有銅錯離子水溶液的 1000mL 燒杯中靜置十小時，觀察水管內溶液顏色變化。
3. 取出內部溶液至紫外光 - UV 光度計分析內容物。

實驗二、泡酸蛋膜對通透銅錯離子的影響

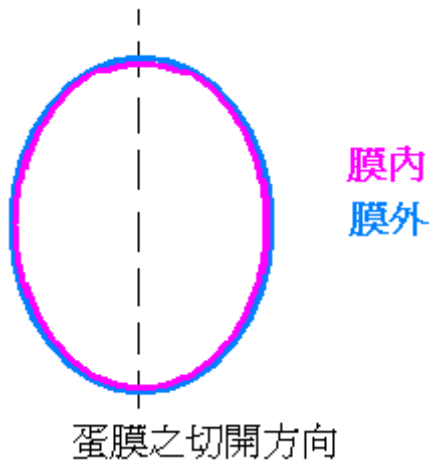
1. 利用手剝將蛋膜取出，以清水洗淨後，再將蛋膜泡入酸中十五分鐘。
2. 分別製作封上手剝蛋膜與泡在各種酸中蛋膜的器材，內部注滿蒸餾水。
3. 分別靜置於銅錯離子水溶液中一小時。
4. 取出內部溶液至紫外光 - UV 光度計分析內容物，並找出其濃度差異進行討論。

實驗三、泡鹼蛋膜對通透銅錯離子的影響

1. 利用手剝將蛋膜取出，以清水洗淨後，再將蛋膜泡入鹼中十五分鐘。
2. 分別製作封上手剝蛋膜與泡在 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 中蛋膜的器材，內部注滿蒸餾水。
3. 取出內部溶液至紫外光 - UV 光度計分析內容物，並找出其濃度差異進行討論。

實驗四、蛋膜內外對通透銅錯離子的差異

1. 分別製作封上蛋膜外膜與內膜的器材，內部注滿蒸餾水。
2. 分別靜置於銅錯離子水溶液中 10 小時。
3. 取出內部溶液至紫外光 - UV 光度計分析內容物。



圖二

實驗五、溫度對蛋膜通透銅錯離子的影響

1. 分別製作封上用 50°C、75°C、100°C 水溫煮的蛋膜的器材，其中注滿蒸餾水。
2. 分別用外膜與內膜包住上述器材。
3. 分別靜置於銅錯離子水溶液中 10 小時。
4. 取出內部溶液至紫外光 - UV 光度計分析內容物。

實驗六、以不同銅錯離子的大小判定蛋膜孔洞大小。

1. 我們選用截面積和 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ， $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ ， $\text{Cu}(\text{EDTA})$ 差距很大的 Copper Chlorophyll 作為實驗藥品。
2. 並用上述實驗器材(圖三)測量導電度。
3. 每一小時測一次導電度，連測 10 小時。
4. 再由測出的數據進行分析。

實驗七、利用導電度計測通透速率

1. 製作設計通透器材(圖三)：由水管和一些水電零件組裝而成，一端放置錯離子溶液，中間以蛋膜做隔絕，另一端注入蒸餾水，由上方插孔插入導電度計測量。



圖三 由此孔插入導電度計



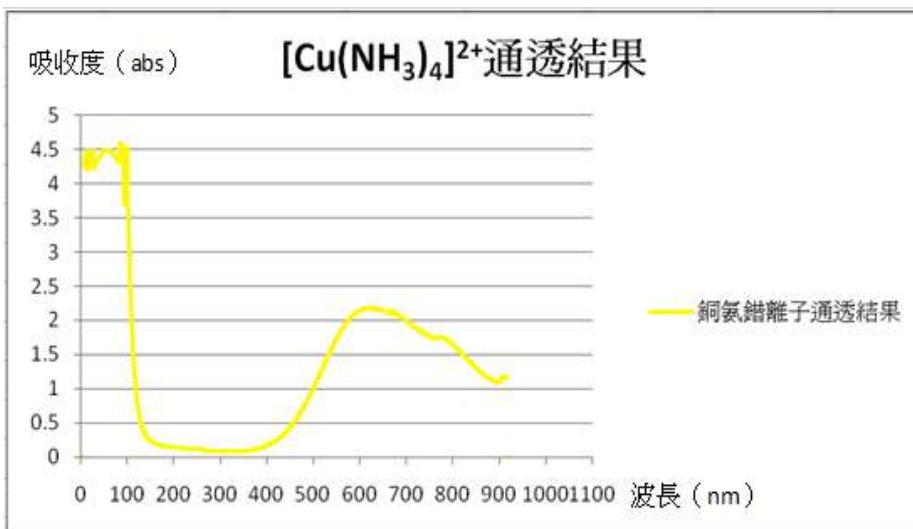
圖四

2. 裝上各種不同蛋膜。
3. 每一小時測一次導電度，連測 10 小時。
4. 再由測出的數據進行分析。

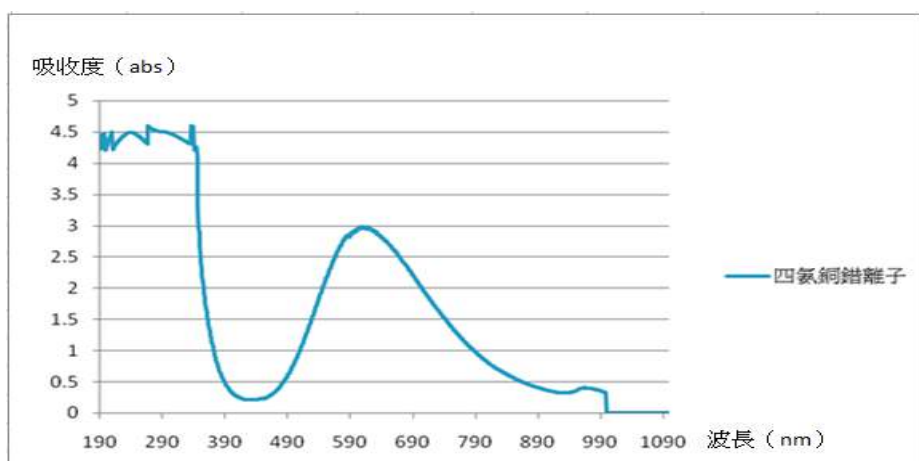
伍、研究結果

一、實驗一錯離子是否可以通過蛋膜

光譜圖：



圖四 樣品內水溶液



圖五 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}_{(\text{aq})}$

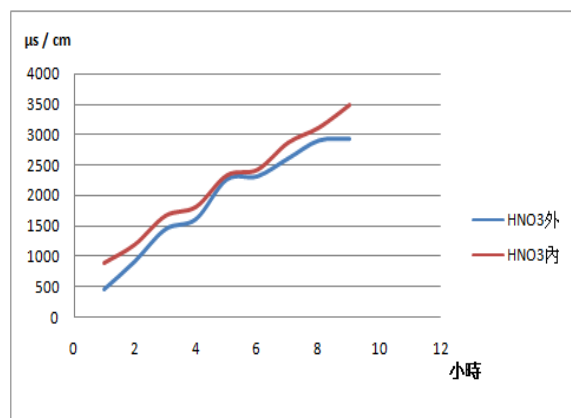
經由(圖四)、(圖五)比對，發現波長在 500~700nm 之間有重疊區，與 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 幾乎相符，只是吸收度有差異，判定是因濃度的不同所導致，而紫外光區的完全重合判定是因 Cu^{2+} 有接 H_2O 分子的關係，因為測定 $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 水溶液時也完全重疊。綜合以上我們判定 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 確實是可以通過蛋膜的，也符合滲透壓的假設，裝置內的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 溶液比原本的濃度低。

二、實驗二泡酸蛋膜對通透銅錯離子的影響

首先我們使用的 4 種強酸分別是 HNO_3 ， HCl ， HClO_4 ， H_2SO_4 ，以下我們依序討論：(外膜表示外膜對著錯離子端，內膜同義)

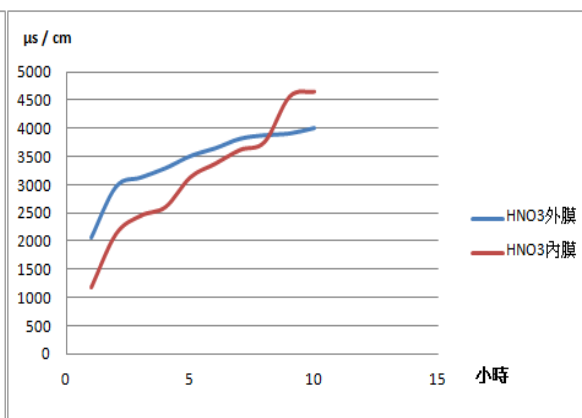
(一) HNO_3 蛋膜對 4 種不同銅錯離子的通透速率圖：

1.



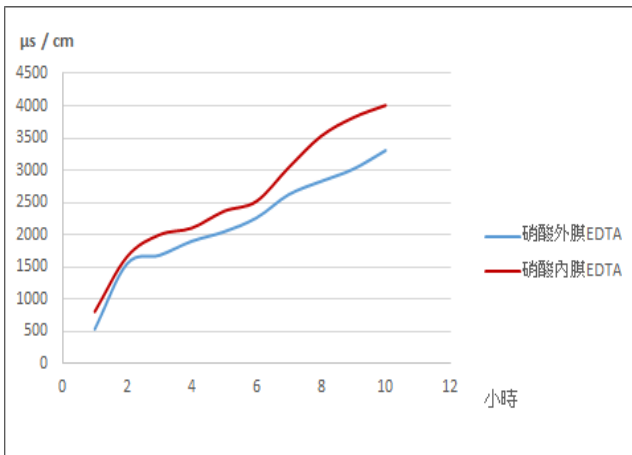
圖六 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 通透速率圖

2.



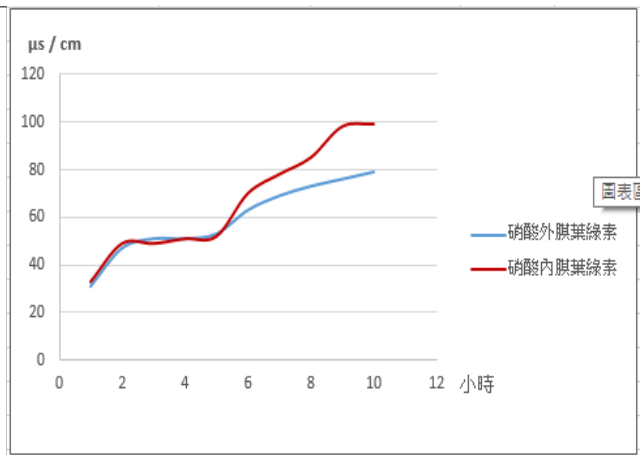
圖七 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 通透速率圖

3.



圖八 EDTACu 通透速率圖

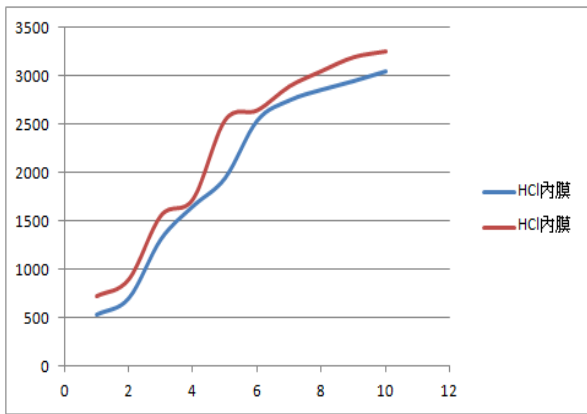
4.



圖九 Copper Chlorophyll 通透速率圖

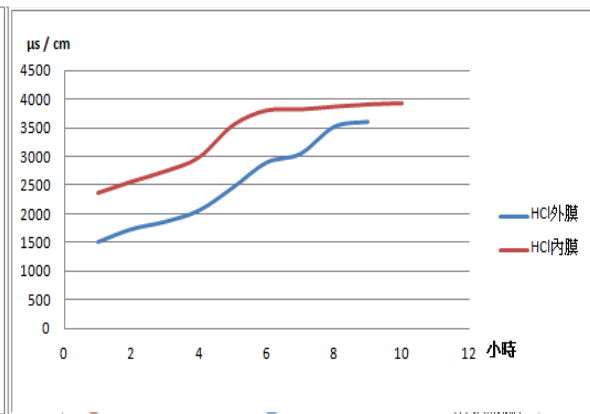
(二)HCl 蛋膜對 4 種不同銅錯離子的通透速率圖:

1.



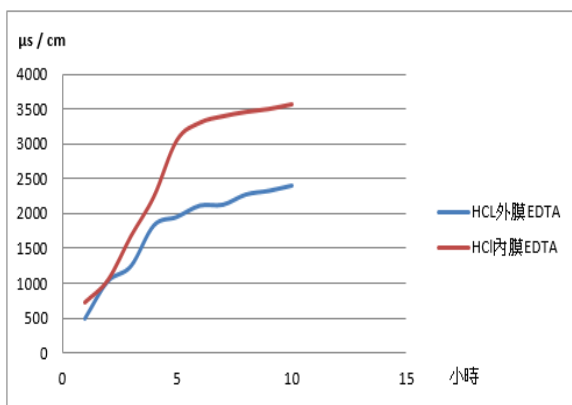
圖十 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ 通透速率圖

2.



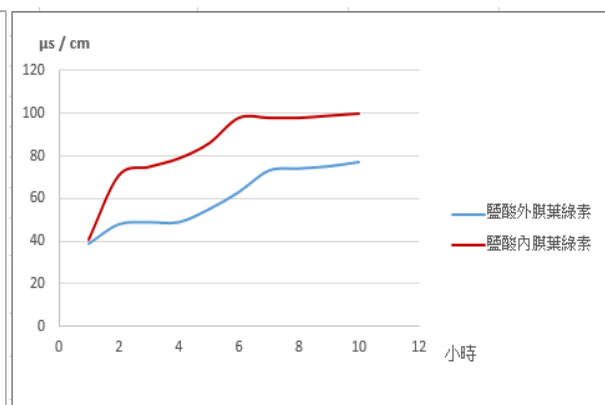
圖十一 $[Cu(en)_3]^{2+}$ 通透速率圖

3.



圖十二 EDTACu 通透速率圖

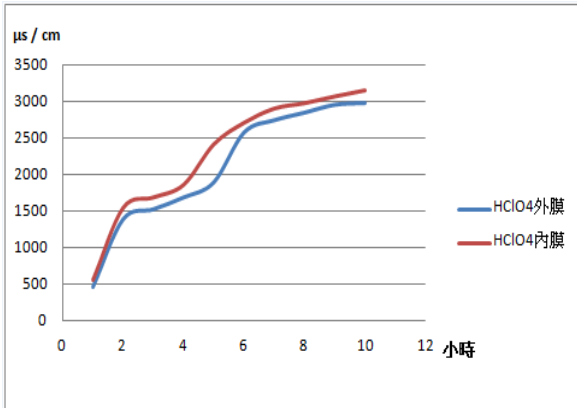
4.



圖十三 Copper Chlorophyll 通透速率圖

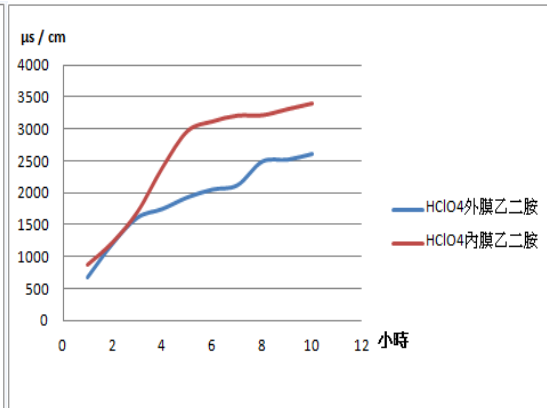
(三)HClO₄ 蛋膜對 4 種不同銅錯離子的通透速率圖:

1.



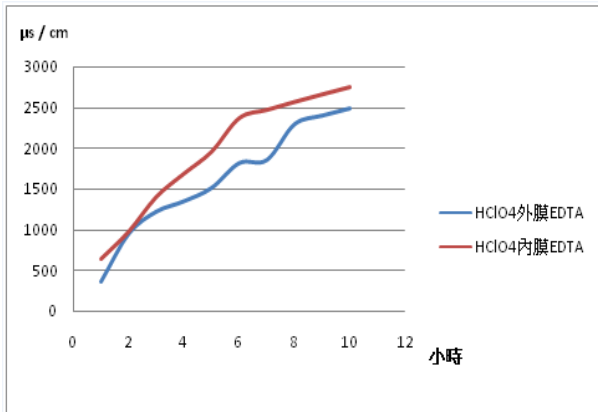
圖十四 [Cu(NH₃)₄]²⁺ 通透速率圖

2.



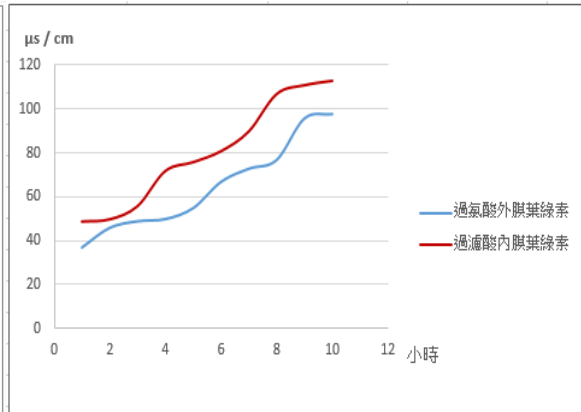
圖十五 [Cu(en)₃]²⁺ 通透速率圖

3.



圖十六 EDTACu 通透速率圖

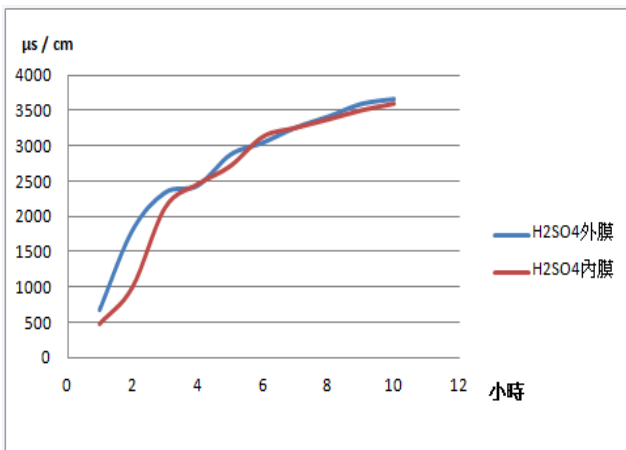
4.



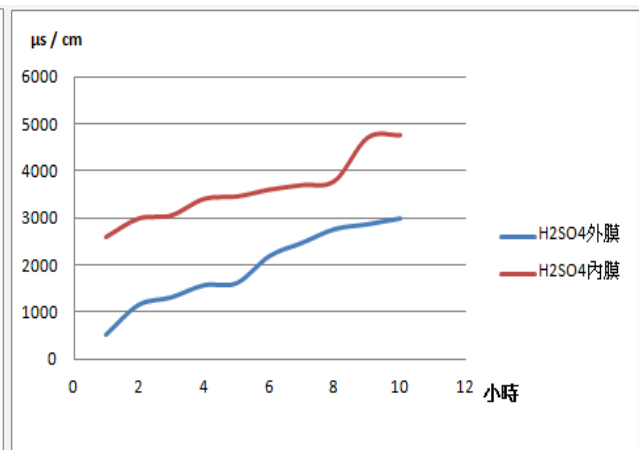
圖十七 Copper Chlorophyll 通透速率圖

(四)H₂SO₄ 蛋膜對 4 種不同銅錯離子的通透速率圖:

1.



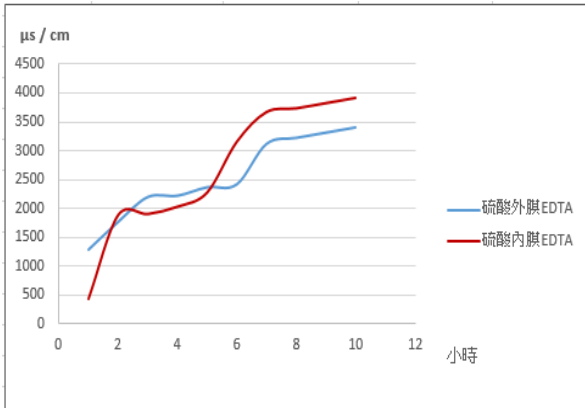
2.



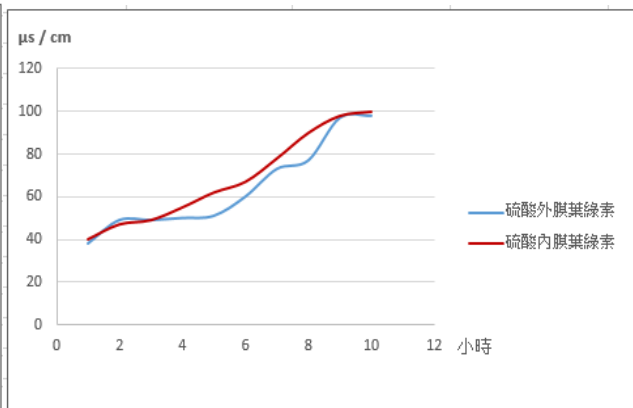
圖十八 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 通透速率圖

圖十九 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 通透速率圖

3.



4.



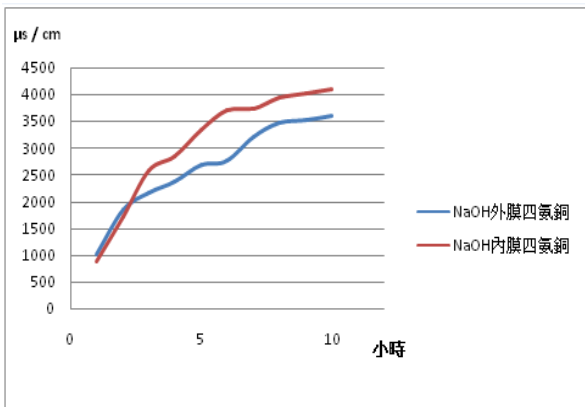
圖二十 EDTACu 通透速率圖

圖二十一 Copper Chlorophyll 通透速率圖

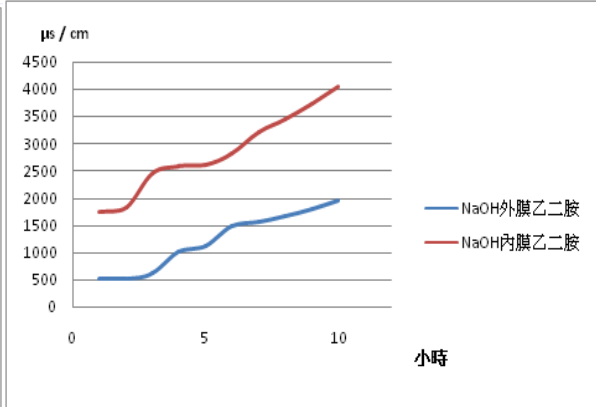
三、實驗三泡鹼蛋膜對通透銅錯離子的影響

(一) NaOH 蛋膜對 4 種不同銅錯離子的通透速率圖:

1.



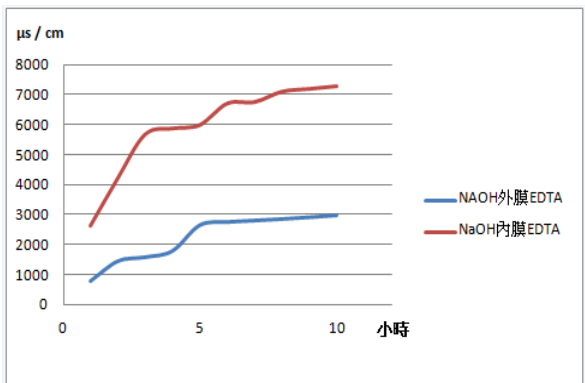
2.



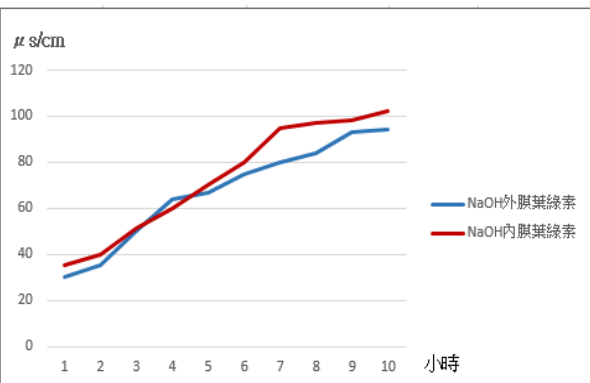
圖二十二 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 通透速率圖

圖二十三 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 通透速率圖

3.



4.

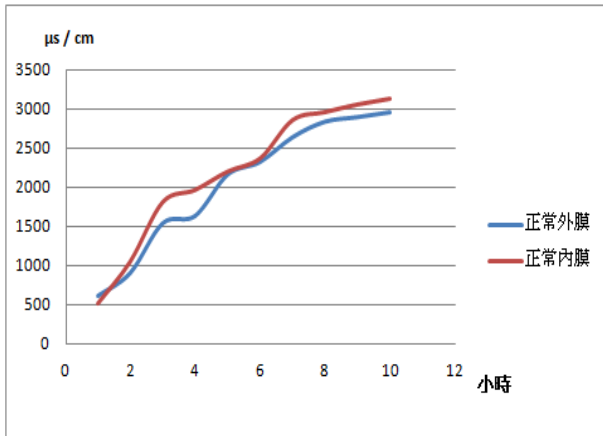


圖二十四 EDTACu 通透速率圖

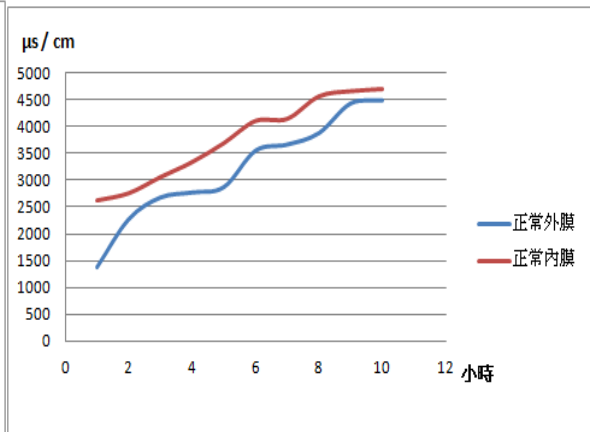
圖二十五 Copper Chlorophyll 通透速率圖

實驗四蛋膜內外對通透銅錯離子的差異

1.



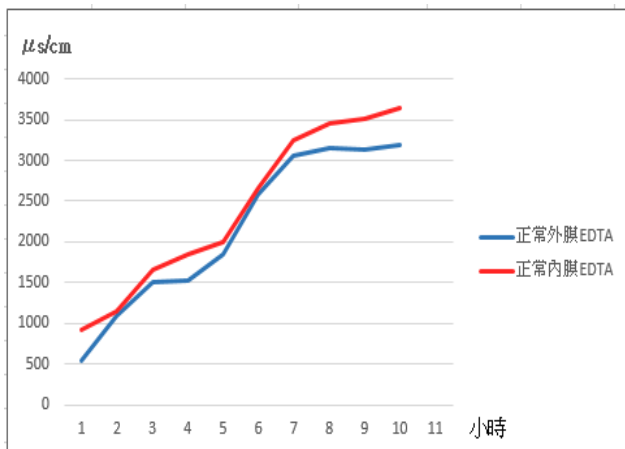
2.



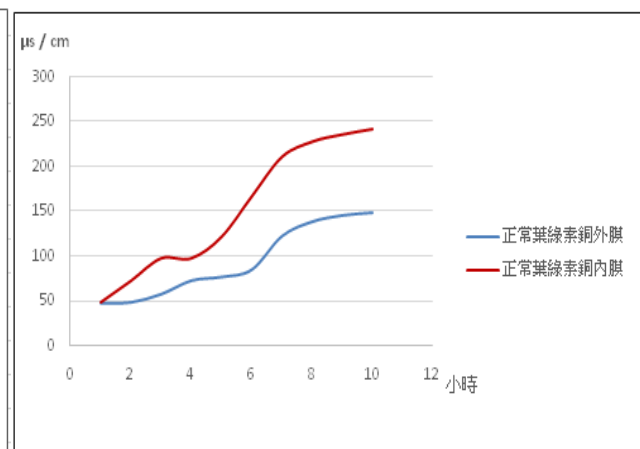
圖二十六 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 通透速率圖

圖二十七 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 通透速率圖

3.



4.



圖二十八 EDTACu 通透速率圖

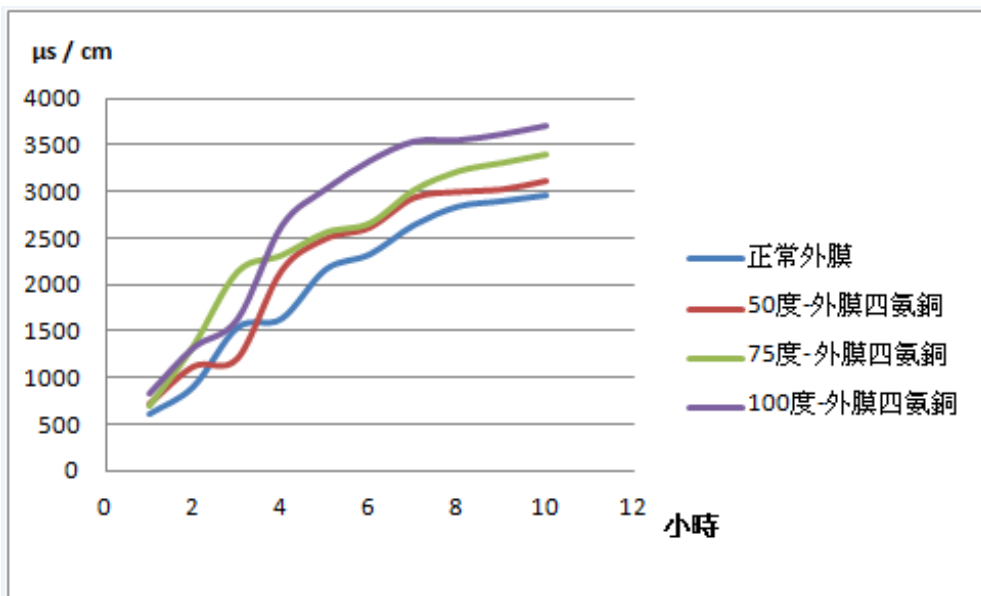
圖二十九 Copper Chlorophyll 通透速率圖

五、實驗五蛋膜生熟對銅錯離子通透的影響

以下我們分別討論生蛋膜，25°C 水泡、50°C 水煮蛋膜、75°C 水煮蛋膜、100°C 水煮蛋膜的差異。

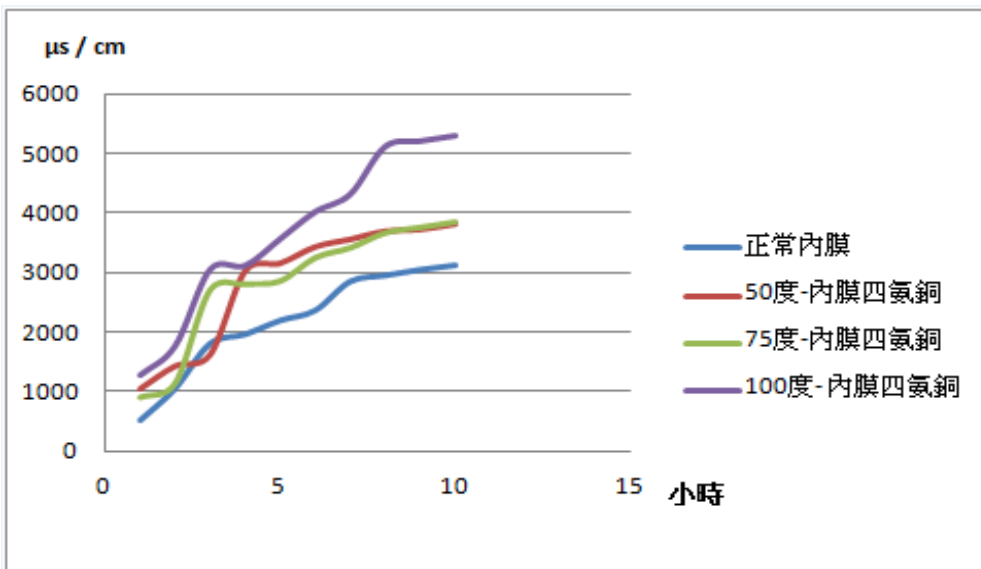
(一) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 通透速率圖：

1.



圖三十 外膜

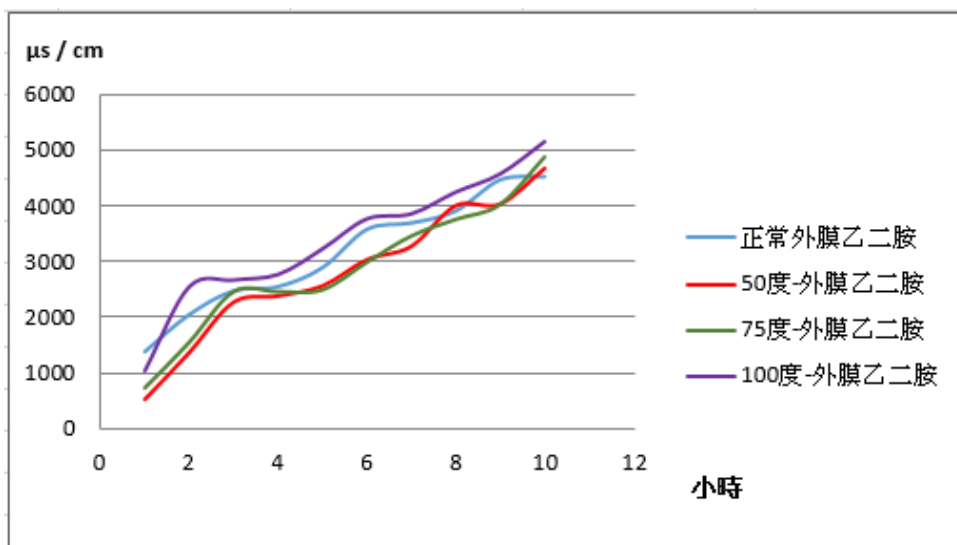
2.



圖三十一 內膜

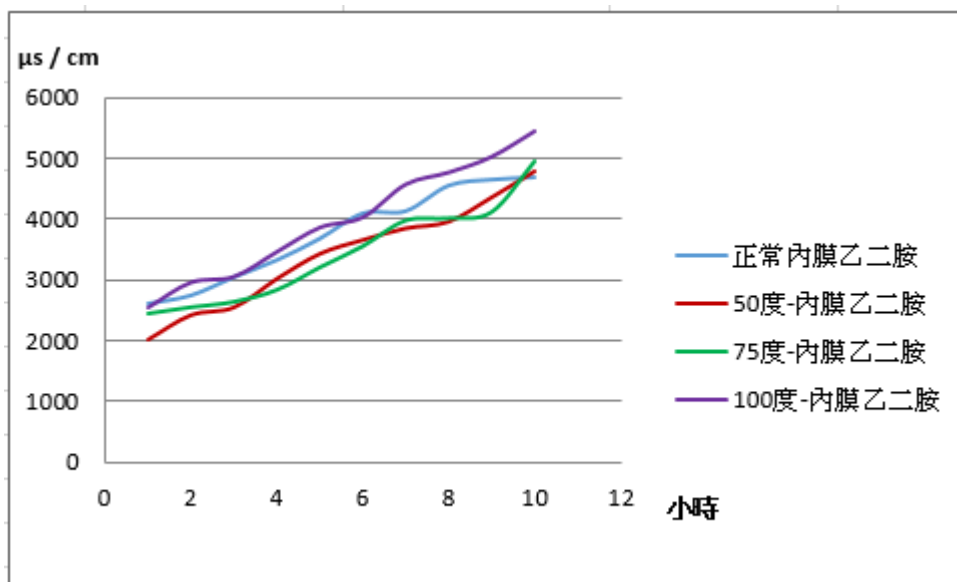
(二) $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 通透速率圖：

1.



圖三十二 外膜

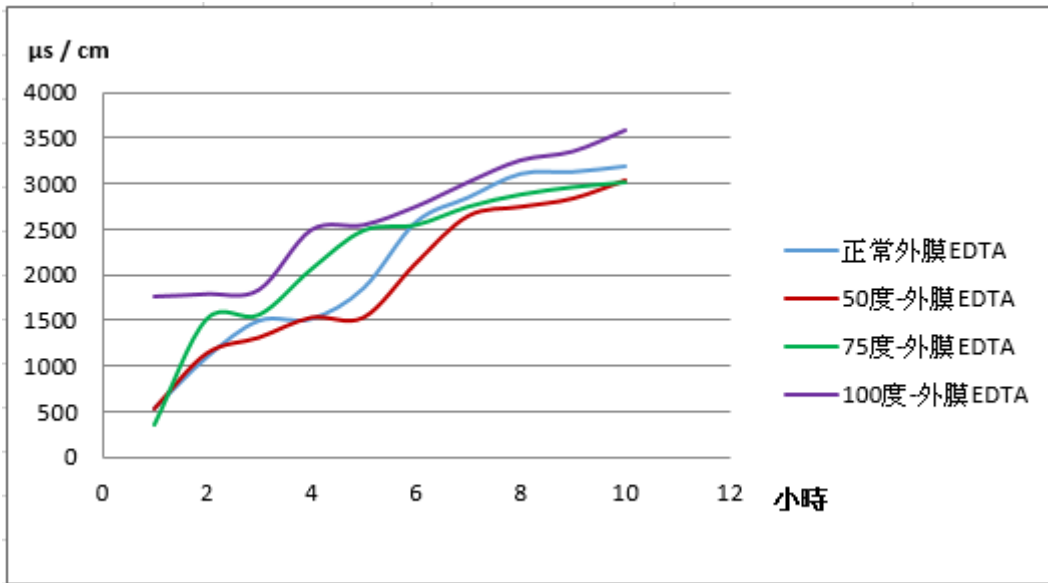
2.



圖三十三 內膜

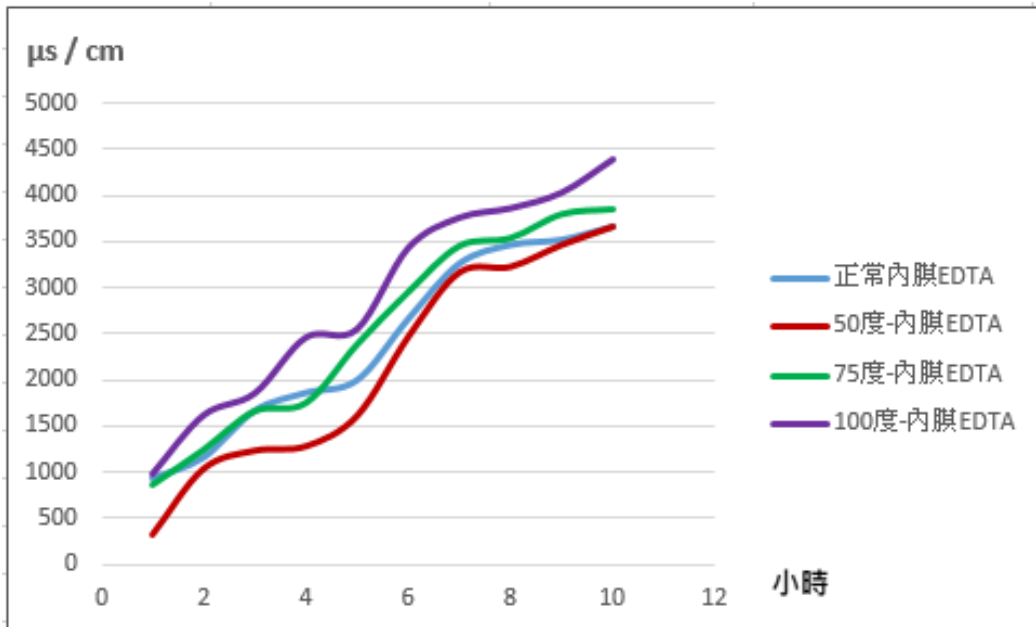
(三) EDTACu 通透速率圖：

1.



圖三十四 外膜

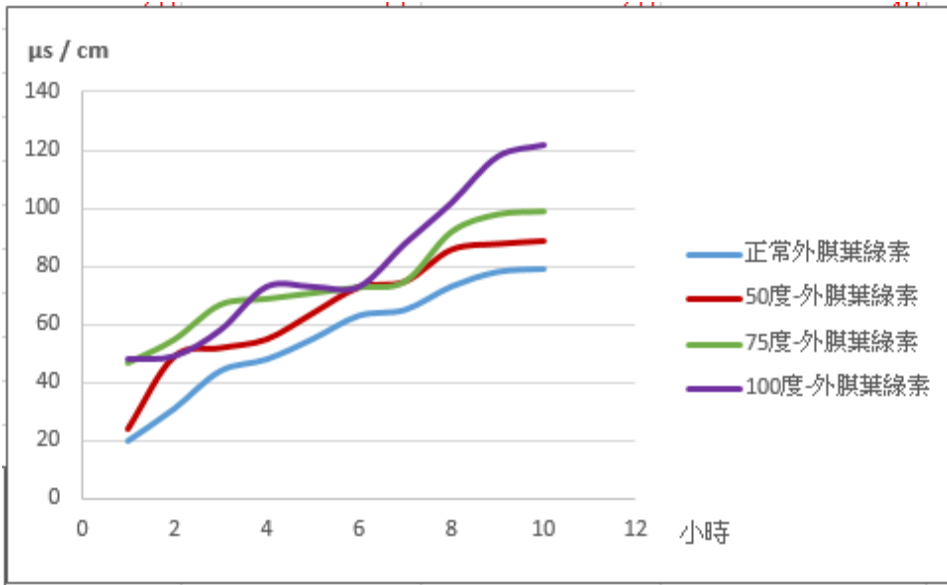
2.



圖三十五 內膜

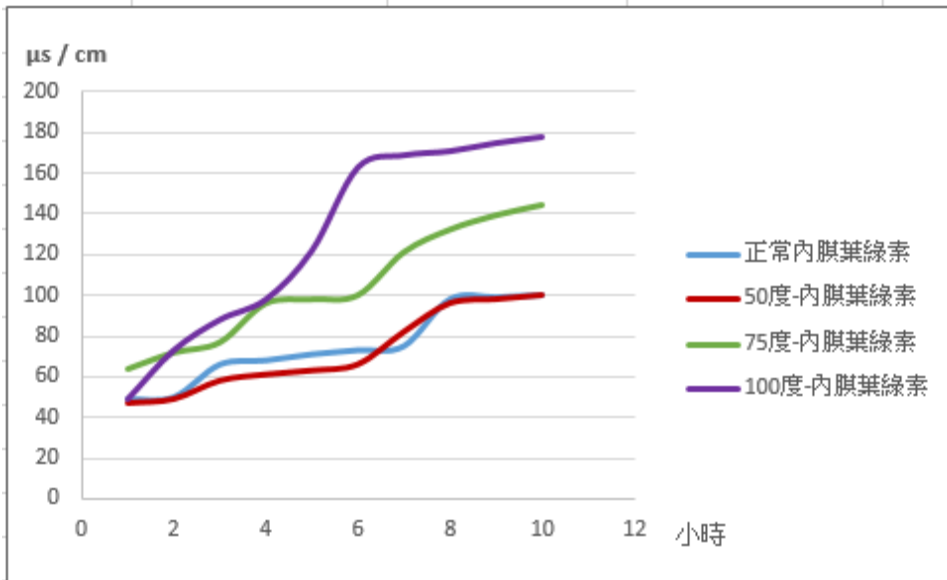
(四) Copper Chlorophyll 通透速率圖：

1.



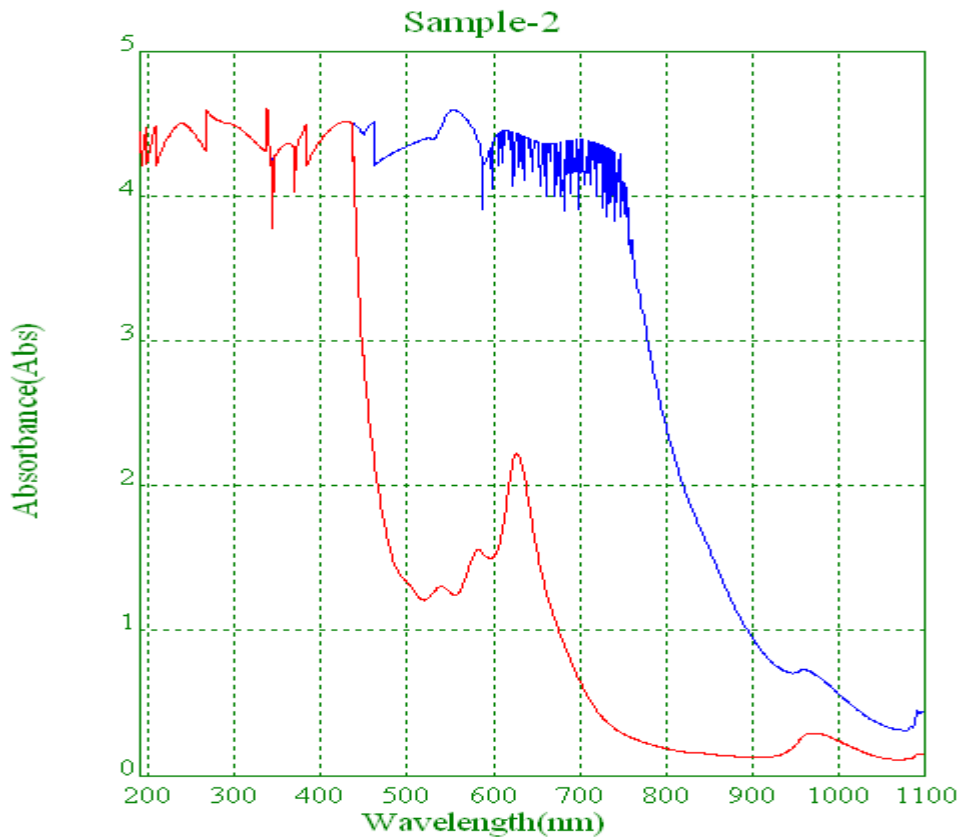
圖三十六 外膜

2.



圖三十七 內膜

實驗六、以不同銅錯離子的大小判定蛋膜孔洞大小。



圖三十八

我們使用實驗一的器材，藍線為稀釋 10 倍的 Copper Chlorophyll 浸泡液，紅線為通透 24 小時後的結果，很明顯看出只有少量的 Copper Chlorophyll 可以通過蛋膜。

陸、討論

一、錯離子通過蛋膜

(一) 經由實驗發現， $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 可以通過蛋膜，因蛋膜是由蛋白纖維組成的，經由碰撞學說我們推測，只要是比其纖維孔洞小的分子，只要角度正確就可以通過，目前的實驗資料中，所有比 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 小的分子都可以通過，不論是 NH_3 、 Cu^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCl 都可以通過，但我們推測其孔洞不會太大，因蛋膜是保護蛋內部的重要關卡，如果太大就失去選擇性了，

那有害物質也可進入。根據實驗六所得知結果，Copper Chlorophyll 的大小似乎和大部份的蛋膜孔徑差異不大，所以只有在某些碰撞角度才能通過蛋膜，導致大部分的 Copper Chlorophyll 都無法通過蛋膜。

二、泡酸蛋膜對通透銅錯離子濃度的影響

(一) 以下為各銅錯離子導電度對濃度的換算公式：

1. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$: $M=0.00001728\text{us/cm}-0.02642455$

2. $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$: $M=0.00001474\text{us/cm}-0.00787926$

3. EDTACu: $M=0.00000602\text{us/cm}-0.00228927$

以上公式為配置 0.001M~0.1M 的錯離子溶液後取點得直線方程式求得

(1) 下表列出正常膜下各銅錯離子的最終濃度供比較之用 (M)：

表一正常蛋膜最終濃度

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.019	0.046	0.006
內膜	0.026	0.051	0.018

(2) HNO_3 對膜的影響，下表列出各銅錯離子的最終濃度 (M)：

表二 HNO_3 蛋膜最終濃度

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.026	0.049	0.010
內膜	0.031	0.055	0.021

由此表二列出的數據顯示 HNO_3 蛋膜內外膜速率差從 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 到 EDTACu 相較於正常膜都減少了，但一樣保持由 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 到 EDTACu 依序增加。我們推測這是因為其半徑由 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 到 EDTACu 依序增加，由小孔通到大孔的困難度降低，而由大孔到小孔的困難度增加。依照碰撞學說的推論，內膜孔徑較緻密，也就是孔洞較小，而外膜孔徑較大，由理論知由小孔到大孔會比由大孔到小孔簡單，所以最終濃度通常是內膜通透會比較高。我們由資料得知從 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 到 EDTACu 能形成氫鍵效應的地方依序增加。所以由 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 到 EDTACu 能從大

孔(外膜)進到小孔(內膜)的困難度逐漸增加，所以最終濃度差依序增加。又由數據得知，內外膜通透的最終濃度都較正常膜大，可見 HNO₃ 可以減少外膜孔洞產生氫鍵效應的位置或是增加內膜孔洞的大小使得由外膜到內膜變得容易些，使最終濃度增加較多。

(3) HCl 對膜的影響，列出各銅錯離子的最終濃度 (M)：

表三 HCl 蛋膜最終濃度

銅錯離子	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺	[Cu(en) ₃] ²⁺	EDTACu
內外膜			
外膜	0.026	0.049	0.012
內膜	0.029	0.052	0.019

HCl 蛋膜通透內外速率趨勢基本上和 HNO₃ 膜相同，所以其對蛋膜的影響應該和 HNO₃ 差不多，但我們再仔細比較可以發現速率差雖然和 HNO₃ 膜一樣從 [Cu(NH₃)₄]²⁺ 到 EDTACu 漸增，但增加的趨勢變緩了，也就是差值變小了。因此我們可以推測其孔洞雖然也變大了，但其放大程度內膜孔洞沒有 HNO₃ 大，又或者是能消去氫鍵效應產生位置的能力沒有 HNO₃ 強。

(4) HClO₄ 對膜的影響，表四列出各銅錯離子的最終濃度 (M)：

表四 HClO₄ 蛋膜最終濃度

銅錯離子	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺	[Cu(en) ₃] ²⁺	EDTACu
內外膜			
外膜	0.025	0.046	0.011
內膜	0.028	0.052	0.014

由數據可得知 HClO₄ 的影響跟前面兩個酸大同小異，但我們注意到兩個奇特的點，第一是：內外膜濃度差又變小了，第二是：EDTACu 的濃度差比 [Cu(en)₃]²⁺ 還小，我們推測第一是因為其放大內膜孔洞或消除外膜產生氫鍵效應位置的能力又比 HCl 來得弱，由第二又可知 EDTACu 和 [Cu(en)₃]²⁺ 的大小差異相較於孔徑大小是微不足道的，因為其差了 10⁴ 倍，所以我們可知如果是內膜孔徑大小變大的影響較大的話，EDTACu 和 [Cu(en)₃]²⁺ 的內外濃度差應該都會下降許多，但數據顯示只有 EDTACu 的內外通透濃度差大幅下降，可知在此消去氫鍵效應位置的影響較大，所以較 [Cu(en)₃]²⁺ 更易形成氫鍵的 EDTACu 影響較大，所以對其由外膜通透進內膜的

困難度減少較多，外膜最終濃度提高較多，內外最終濃度差減少，所以 EDTACu 的濃度差比 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 還小，因此我們可知 HClO_4 消去外膜產生氫鍵效應位置的能力較其擴大內膜孔徑大小的能力強。

(5) 最後一個為 H_2SO_4 蛋膜，表五列出各銅錯離子的最終濃度 (M)：

表五 H_2SO_4 蛋膜最終濃度

銅錯離子 內外膜	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
外膜	0.036	0.036	0.018
內膜	0.035	0.062	0.021

我們由數據可知 H_2SO_4 的影響和 HClO_4 也是大同小異，但其內外濃度差更小了，我們推測其消除產生氫鍵效應位置的能力強，所以 EDTACu 的濃度差比 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 小，所以我們推測 H_2SO_4 影響內膜孔徑較大，及消去外膜產生氫鍵效應位置的能力都很強。

(二) 最後我們來個綜合比較，以各銅錯離子內外膜通透的平均速率來討論酸對蛋膜結構的改變與能力強弱，下表列出在各酸泡的蛋膜對各銅錯離子通透所得結果之內外膜平均速率 ($\mu\text{s} / \text{cm}\times\text{hr}$)，由內膜通透率來討論各酸對內膜孔徑擴大和消除內膜產生氫鍵效應位置的能力強弱：

1. 外膜

表六外膜對各銅錯離子之平均速率 ($\mu\text{s} / \text{cm}\times\text{hr}$)

銅錯離子 外膜	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
正常	260.33	348.78	307.89
HNO_3	290.56	214.00	330.33
HCl	279.56	243.44	235.56
HClO_4	280.11	214.89	235.56
H_2SO_4	331.44	274.33	234.00

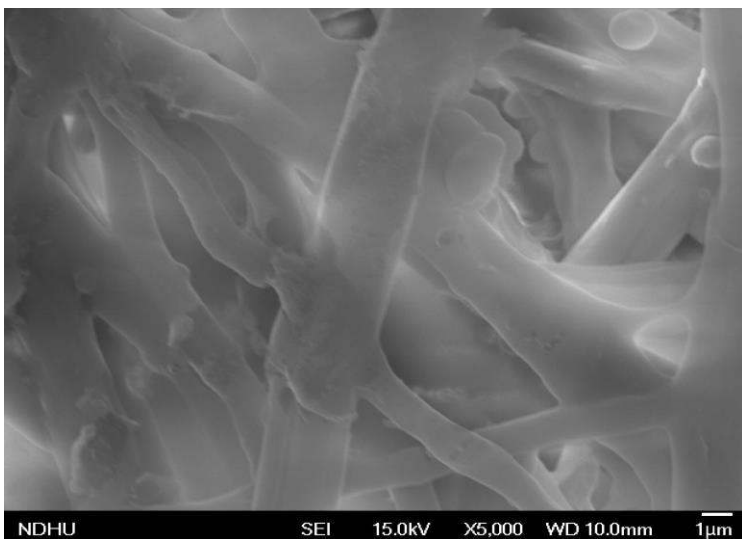
2. 內膜

表七內膜對各銅錯離子之平均速率 ($\mu\text{s} / \text{cm}\times\text{hr}$)

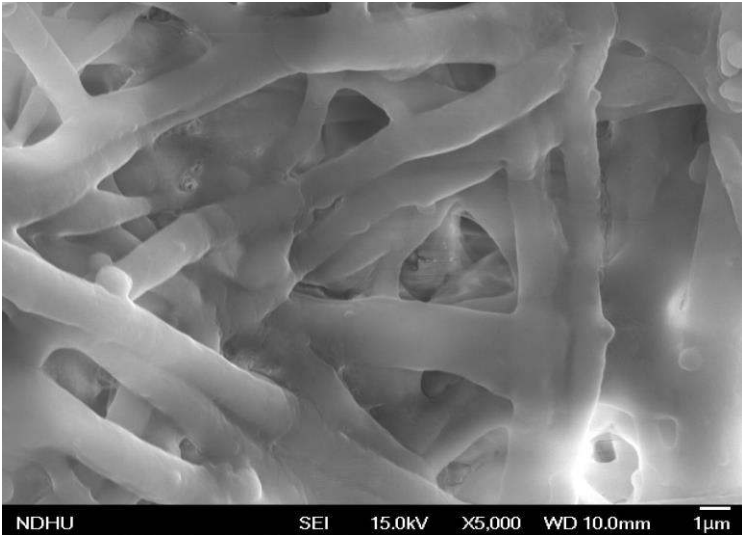
銅錯離子 內膜	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
正常	290.22	231.78	274.44
HNO ₃	274.00	384.56	322.44
HCl	281.00	172.44	314.78
HClO ₄	288.89	281.00	233.44
H ₂ SO ₄	344.22	241.11	386.22

因氫鍵效應對 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 的影響最小，所以我們先用 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 的通透速率大小來推測對內膜孔徑增加的影響大小，由上表數據可知，所有泡酸膜的最終濃度都比正常的大，所以我們可知孔徑大小都變大了，由數據可之內膜孔徑增加的大小依序為 $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{HNO}_3 > \text{HClO}_4 > \text{HCl}$ 所以影響蛋膜結構的能力強弱依序為 $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{HNO}_3 > \text{HClO}_4 > \text{HCl}$ ，又由後面兩個銅錯離子最終濃度的數據可知， H_2SO_4 的最終濃度由 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 道 EDTACu 能產生氫鍵效應的能力依序增加，得知其消去內膜氫鍵效應位置最弱，在來由數據圖的趨勢可看出其消去內膜氫鍵效應的能力大小依序為 $\text{HNO}_3 > \text{HCl} > \text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$ 。

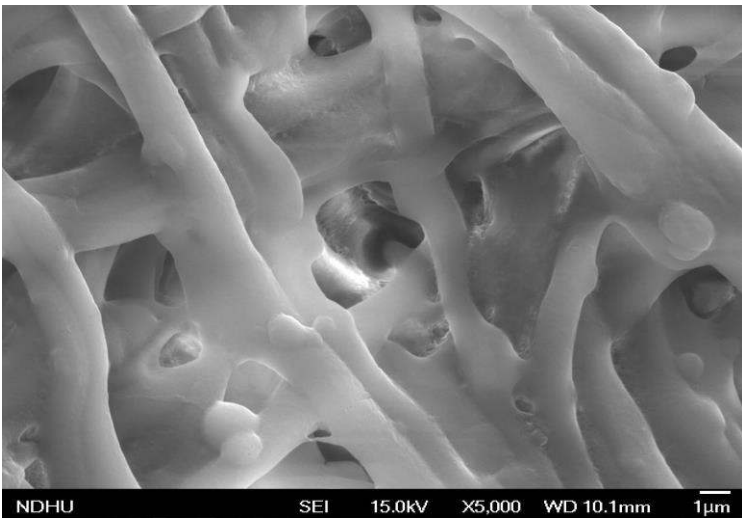
(三) 電子顯微鏡圖



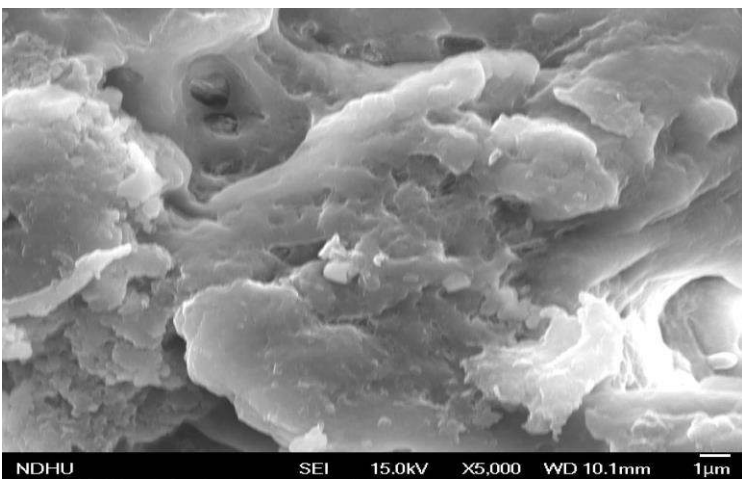
圖三十九正常內膜



圖四十 HClO₄ 內膜

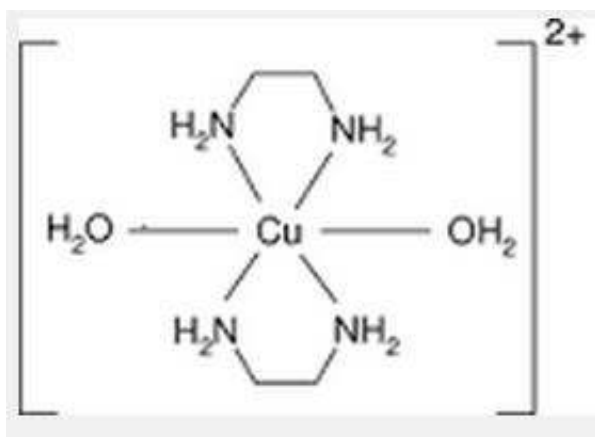


圖四十一 HNO₃ 內膜

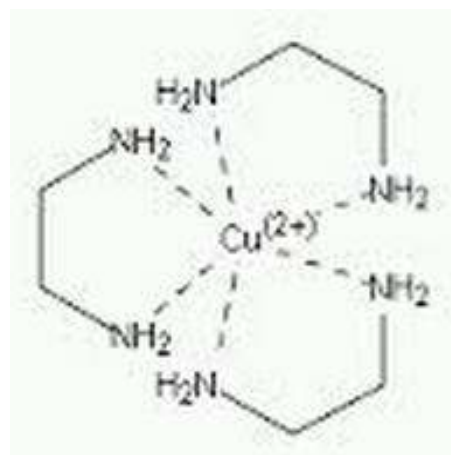


圖四十二 HCl 內膜

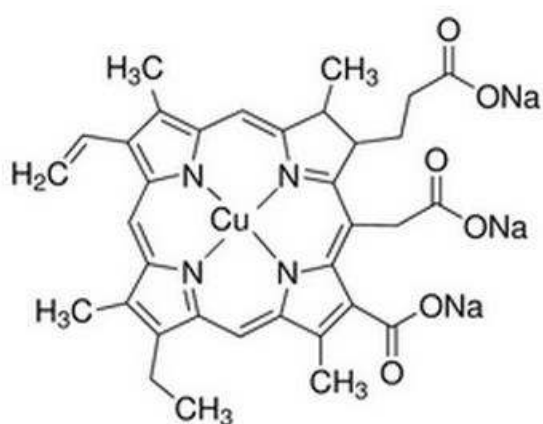
(四) 銅錯離子結構



圖四十三 [Cu(NH₃)₄]²⁺ 結構



圖四十四 [Cu(en)₃]²⁺ 結構



圖四十五 Copper Chlorophyll 結構



圖四十六 EDTACu 結構

三、泡鹼蛋膜對通透銅錯離子濃度的影響

因為我們經過實驗後發現，我們所使用之強鹼 NaOH、KOH、Ca(OH)₂、Mg(OH)₂

製作之蛋膜通透結果幾乎沒有差別，只有與正常膜比較時有較大的差異，因此我們在此只列出 NaOH 膜的通透結果做為比較用。

以下為各銅錯離子導電度對濃度的換算公式：

1. [Cu(NH₃)₄]²⁺: $M=0.00001728\text{us/cm}-0.02642455$
2. [Cu(en)₃]²⁺: $M=0.00001474\text{us/cm}-0.00787926$
3. EDTACu: $M=0.00000602\text{us/cm}-0.00228927$

下表為 NaOH 蛋膜對各銅錯離子通透最終濃度 (M)

表八 NaOH 蛋膜最終濃度

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.038	0.087	0.015
內膜	0.033	0.088	0.041

再來，我們在下表呈現正常膜對各銅錯離子通透最終濃度 (M)

表九正常蛋膜最終濃度

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.019	0.048	0.0056
內膜	0.026	0.051	0.0181

由數據我們可以看到，NaOH 蛋膜通透後的最終濃度都是正常膜的兩倍以上，且 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 和 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 濃度差變小，小到幾乎一樣了，但 EDTACu 的濃度差卻放大了兩倍。我們在進行實驗的過程中發現蛋膜泡在 12M NaOH_(aq)中會慢慢變得更有彈性。在過了 20 分鐘後，會開始慢慢地溶化，最後消失在 12M NaOH_(aq)中，溶液成黃色。根據資料顯示，強鹼會催化蛋白質分解，且 EDTACu 的濃度差變大而不是如同 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 和 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 濃度差變小，所以我們推測孔洞變多，而不是跟酸的影響一樣放大孔洞，因為孔洞放大的話應跟酸影響一樣是濃度差變小。綜合以上，我們認為強鹼對外膜的影響較大，且切割出的孔洞大小應和 EDTACu 的大小差不多，導致 EDTACu 能從這些多出來的孔洞通過的數量有限，濃度增加的不如內膜通到外膜的多，故濃度差不像 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 和 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 變小反而是增加許多。

四、蛋膜內外通透不同銅錯離子的最終濃度比較與討論

我們分別列出外膜、內膜最終濃度的比較表，以作為討論之用：

表十外膜、內膜通透最終濃度(M)

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.019	0.046	0.006
內膜	0.026	0.051	0.018

由上表可發現內膜最終通透濃度大於外膜最終通透濃度，推測因為由小孔通到大孔較大孔較通到小孔容易，也就是內膜孔徑較小，而外膜孔徑較大，由理論知由小孔通道大孔會比由大

孔到小孔簡單，所以最終濃度通常是內膜通透會比較高。

五、蛋膜生熟對銅錯離子通透濃度的影響

(一) 首先我們先來比較不同蛋膜對同種銅錯離子的通透速率($\mu s / cm \times hr$)：

1. $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ 表十一 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ 對熟內外膜

蛋膜種類 \ 內外膜	正常膜(25°C 水泡)	50°C 水煮	75°C 水煮	100°C 水煮
外膜	364.2	375.6	384.6	401.6
內膜	412.3	423.5	432.0	467.7

2. $[Cu(en)_3]^{2+}$ 表十二 $[Cu(en)_3]^{2+}$ 對熟內外膜

蛋膜種類 \ 內外膜	正常膜(25°C 水泡)	50°C 水煮	75°C 水煮	100°C 水煮
外膜	426.6	465.1	487.5	514.6
內膜	470.1	478.6	495.6	543.2

3. EDTACu 表十三 EDTACu 對熟內外膜

蛋膜種類 \ 內外膜	正常膜(25°C 水泡)	50°C 水煮	75°C 水煮	100°C 水煮
外膜	318.7	328.4	335.4	358.4
內膜	365.4	375.4	385.6	438.6

4. Copper Chlorophyll 表十四 Copper Chlorophyll 對熟內外膜

蛋膜種類 \ 內外膜	正常膜(25°C 水泡)	50°C 水煮	75°C 水煮	100°C 水煮
外膜	7.9	8.9	9.9	12.2
內膜	10	10	14.4	17.8

由此我們可以看出水煮蛋膜的溫度愈高，通透速率愈大，這個趨勢在 Copper Chlorophyll 的通透速率圖中尤其明顯。我們認為水煮蛋膜會使蛋膜的孔洞變大，且內外膜增大的比例差不多，所以濃度差並沒有明顯的改變，也可看出溫度愈高，影響愈大。又由通透速率圖可以得知，因 Copper Chlorophyll 的大小比其他三個銅錯離子大了三倍以上，所以其通透速率差最明顯，

其他三者的速率差比 Copper Chlorophyll 小了許多。

2. 再來，我們比較同種膜對不同銅錯離子的最終濃度比較：

1. 正常膜(25°C 水泡) 表十五 正常膜對各銅錯離子之最終濃度

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.024	0.054	0.016
內膜	0.027	0.061	0.019

2. 50°C 水煮 表十六 50°C 水煮膜對各銅錯離子之最終濃度

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.032	0.060	0.017
內膜	0.039	0.062	0.020

3. 75°C 水煮 表十七 75°C 水煮膜對各銅錯離子之最終濃度

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.027	0.063	0.018
內膜	0.065	0.064	0.021

4. 100°C 水煮 表十八 100°C 水煮膜對各銅錯離子之最終濃度

銅錯離子	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$	EDTACu
內外膜			
外膜	0.034	0.067	0.019
內膜	0.070	0.071	0.024

由上表可以看出， $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 的濃度差隨煮的溫度提高依序增加，而 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 和 EDTACu 則幾乎不變，我們可以由此推測出外膜孔洞變大的較多，所以 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 的外膜通透濃度持續跳躍式增加，但因煮的越高溫，增加外膜氫鍵效應位置的能力也跟著上升，所以較 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 更容易產生氫鍵效應的 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 和 EDTACu 便受此影響使得外膜通透速率無法大幅增加。綜合以上，我們認為煮可以使蛋膜孔徑變大，且對外膜的影響較大，也能增加外膜產生氫鍵效應的能力。

柒、結論

- 一、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $[\text{Cu}(\text{en})_3]^{2+}$ 、EDTACu 均可通過蛋膜。
- 二、酸會使蛋膜的孔洞變大，使通透最終濃度增加。
- 三、內膜的的通透速率皆大於外膜，因內外膜緊密程度不同。

- 四、鹼會使蛋膜纖維分解切割使得其出現更多的孔洞。
- 五、Copper Chlorophyll 幾乎無法通過蛋膜可見其與蛋膜孔洞大小差不多。
- 六、影響蛋膜結構的能力強弱依序為 $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{HNO}_3 > \text{HClO}_4 > \text{HCl}$ 。
- 七、使內膜孔徑增加的大小依序為 $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{HNO}_3 > \text{HClO}_4 > \text{HCl}$ 。
- 八、煮的溫度越高蛋膜孔洞變得越大。

捌、參考資料及其他

一、 未來展望

- (一) 希望嘗試使用別的裝置來測量離子通透速率，例如：使錯離子產生沉澱，用太陽能板，由光線的強弱可判斷出通過膜之離子數。
- (二) 關於蛋膜的通透性質了解的還不是很透徹，關於孔洞的結構也並非很了解，需再作深入研究後才能使這方面更加完整。
- (三) 不同品種的雞或其他鳥類的蛋還沒做過研究，若能利用通透速率或通透錯離子種類來分辨品種，將比 DNA 檢測節省更多時間與資源。
- (四) 曾經聽說過酒精可使蛋白質結構變形，未來可以嘗試蛋膜泡不同的有機溶劑。

二、參考資料

- (一) 曾國輝化學(下)28 章錯化物 建宏出版社
- (二) 第 49 屆科展高中化學科第一名，膜粒通道-蛋膜粒子通道滲透速率之研究
- (三) 分析化學紫外光分光光度計的使用
- (四) 科學人雜誌 <http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=newscan&id=316>

【評語】 040207

學生們把蛋膜放入一自製管狀裝置以量測 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 通透效果，利用顏色變化判定通過與否同時也比較內膜與外膜的表現，學生用氫鍵效應及膜的孔洞大小來解釋結果，但對SEM的膜圖並無好的分析。