

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 生物（生命科學）科

040708

泳池水中有效餘氯對頭髮的影響

學校名稱：國立臺南女子高級中學

作者： 高二 蕭恩媿	指導老師： 李碧芬
---------------	--------------

關鍵詞：毛鱗片、自由有效餘氯

## 壹、研究動機

因為以前有一段時間常常游泳，自己覺得那時的“髮質”似乎比較不好，發現很多人也是這樣覺得，像是頭髮變粗或是顏色變黃變淡等等，上網查了一下資料發現有篇報告裡面有寫到：「構成頭髮和肌膚的主要成份是蛋白質，自來水中加氯消毒是眾人皆知的事，水中的氯會破壞蛋白質，使頭髮和肌膚受損，產生病變造成極大的傷害。」(出自「自來水中之「餘氯」會破壞頭髮及皮膚的蛋白質」--KingNet 國家網路醫院 Second Opinion WebHospital)，游泳池中的添加的氯氣又比一般自來水要來得高，因此便想了解究竟游泳池水中的氯氣究竟會如何影響我們頭髮的頭髮外表的結構或是強韌度等。

## 貳、研究目的

了解泡過游泳池水的頭髮和一般頭髮的差異

- 一、觀察及測定比較有泡過游泳池水和正常情況下的頭髮
  - (一)以顯微鏡觀察及比較單位頭髮毛鱗片
  - (二)測試頭髮強韌度
  - (三)測試頭髮延伸率
  - (四)測量蛋白質濃度並比較
- 二、測定水中餘氯濃度對頭髮影響的確切關係
  - (一)觀察頭髮毛鱗片的變化
  - (二)餘氯濃度對頭髮強韌度的影響
  - (三)餘氯濃度對頭髮延伸率的影響
  - (三)餘氯濃度對頭髮蛋白質含量的影響

## 參、文獻探討

### 一、頭髮構造

頭髮約 88% 為角質素，鹽鍵和氫鍵各佔了頭髮約 35% 的強度、50% 的彈性。但氫鍵遇水會分開，因此本實驗對照組採用浸泡除氯水來對照，以比較對頭髮結構的影響是否真的是因水中餘氯亦或是水所造成的。

頭髮的結構穩定，強韌度高，可以承受外來拉力，每一根頭髮的吊重能力就能夠達到 100gm。

頭髮的結構可以簡單地區分為髮幹 (Hair Shaft) 與髮根 (Hair Bulb) 兩個部份，髮根部分並不為人所見，因本實驗所取用頭髮皆為髮幹部份因此接下來只介紹髮幹部分的結構。

髮幹分成三部份，分別是最中心的毛髓質 (Hair Medulla)，中層的毛皮質 (Hair Cortex)，和最外層的毛鱗片 (Hair Cuticle)。(見圖 3-1-1)

#### (一)毛髓質

毛髓質層是毛髮最中央的一層，有色素存在，它是一種海棉狀由二或三層縮小且角化的立方細胞所組成的疏鬆的中心軸，祇有空氣在其中。

#### (二)毛皮質

皮質層占整個髮莖的 45%，控制頭髮的水分。皮質層的 85% 都是蛋白質並由纖維聚集而成，為長而平行的柱狀細胞所構成。

皮質層主要是提供毛髮彈性，皮質層並含有自然色素粒子，即麥拉寧色素體 (melanin)，真黑色素 (Eumelanin) 會給予頭髮不同程度的黑色，附黑色素 (Pheomelanin) 則令頭髮看起來呈紅褐色。

#### (三)毛鱗片

也是本研究所要研究的重點之一。毛鱗片約有六到十層，主要功能是保護毛髮內部，抗拒外來刺激。健康的頭髮毛鱗片的排列十分整齊，能讓頭髮滑順、有光澤。



圖 3-1-1：毛髮縱斷面

## 二、水質

### (一)游泳池水

游泳池水主要控管有水質酸鹼值、自由有效餘氯量、結合餘氯量、水質微生物等幾項，目前應用於游泳池的消毒劑有漂白粉、漂水（次氯酸鈉）、液氯、三氯異氰尿酸（TCCA）幾項，因為酸鹼值等和一般自來水相較不大，而餘氯值是較大差異，也是我們一般在游泳池會聞到的味道。

我國現存泳池水標準如下表所示：

	行政院衛生署營業衛生基準
	96年04月13日行政院衛生署疾管愛字第0960005305號
酸鹼值	6.5~8.0
自由有效餘氯	1-3ppm
結合餘氯	不得超過 1.0 或自由有效餘氯的 1/2

表 3-2-1：我國現存泳池水標準

### (二)蒸餾水

飲用純淨水國家標準內包括：

pH 值：範圍在 5.0~7.0。

自由餘氯：應 ≤ 0.005ppm。

其中自由有效餘氯值含量有明顯差距，因此採用蒸餾水為實驗對照組

### (三)餘氯

依據經濟部公告之『自來水水質標準』中第二條之本標準用詞定義：

有效餘氯：水經加氯或氯化合物作消毒處理後，仍存在之有效剩餘氯量。

自由有效餘氯：指以次氯酸或次氯酸根離子存在之有效餘氯。

結合有效餘氯：指以氯胺、二氯胺存在之有效餘氯。

因在後續實驗中採用的是以氯粉加入水中，而氯粉溶入水中是以次氯酸的形式，因此本實驗為偏重於探討水中自由有效餘氯對頭髮的影響

## 肆、研究設備、器材及材料

### 一、游泳池水測定

- (一)容量 50 公升收納箱
- (二)泳池水質分析器
- (三)游泳池水

### 二、製造泡過游泳池水的頭髮

- (一)頭髮
- (二)游泳池水
- (三)蒸餾水
- (四)實驗容器 10 個
- (五)夾鏈袋
- (六)衛生紙
- (七)橡皮筋

### 三、製備浸泡於不同的氯水濃度下之頭髮(所有實驗器材皆以丙酮和蒸餾水洗淨)

- (一)、氯粉(純度為 60%)
- (二)、蒸餾水
- (三)、電子天秤
- (四)、刮勺
- (五)、容量瓶 2 個
- (六)、燒杯
- (七)、吸量管
- (八)、安全吸球
- (九)、滴管
- (十)、玻棒
- (十一)、頭髮



圖 4-3-1：製備氯水的器材

### 四、觀察頭髮的表面構造

- (一) 光學數位顯微鏡
- (二) 頭髮
- (三) 載玻片
- (四) 蓋玻片
- (五) 白膠
- (六) 刀片
- (七) 鑷子
- (八) 電子顯微鏡(廠牌型號：Hitachi S4100)

## 五、測量頭髮的拉力及延伸率

### (一)、吊籃裝置(圖 4-5-1)

- 1.寶特瓶
- 2.鐵絲
- 3.鐵釘
- 4.長尾夾



圖 4-5-1：吊籃裝置

### (二)加沙裝置(圖 4-5-2)

- 1.經洗淨、過篩、曬乾處理之沙子
- 2.瓶蓋可做為沙子出口之瓶子
- 3.原子筆筆嘴
- 4.吸管
- 5.膠帶



圖 4-5-2：加沙裝置及吊籃裝置

將原子筆筆嘴置入瓶蓋使可通過之沙子量減少，將吸管黏於瓶蓋口使裝置較易停止，以沙子做為施力裝置為使拉力較平均( $0.33\text{g/s} \pm 0.01\text{g/s}$ )

### (三)架高裝置(圖 4-5-3)

- 1.紙捲
- 2.裝沙寶特瓶
- 3.長尾夾
- 4.塑膠尺
- 5.捲尺
- 6.AB 膠
- 7.膠帶
- 8.鐵絲



圖 4-5-3：架高裝置

### (四)其他

- 1.電子秤
- 2.髮夾

## 六、測量頭髮蛋白質含量

### (一)、萃取頭髮蛋白質

- 1.刀片
- 2.研鉢、研杵(圖 4-6-1)
- 3.微量電子秤
- 4.離心管
- 5.恆溫水槽
- 6.離心機
- 7.透析膜
- 8.微量離心管
- 9.試劑藥品
  - (1) 25Mm Tris-HCl, pH8.5
  - (2) 8M urea
  - (3) 5% 2-ME
- 10.夾鏈袋
- 11.秤藥紙



圖 4-6-1：研鉢、研杵、刀片

### (二)、BCA 蛋白質定量

- 1.96 孔盤
- 2.37°C 恆溫箱
- 3.試劑藥品
  - (1) BCA反應劑

Reagent A: 8 gm sodium carbonate monohydrate, 1.6 gm sodium tartrate, brought to 100 ml with distilled water. Adjust the pH to 11.25 with 10 M NaOH.

Reagent B: 4 gm BCA in 100 ml distilled water

(體積比 Reagent A : Reagent B=50 : 1)
  - (2) BSA 標準溶液 (濃度為 4mg/mL、5mg/mL)
  - (3) PBS 試劑
4. ELISA reader
5. pipettes
6. 塑膠尖管 (tips)

## 伍、實驗過程與方法

### 一、游泳池水測定

- (一) 將容量 50 公升收納箱洗淨，裝滿游泳池水約 45 公升靜置
- (二) 測定泳池水的溫度、pH 值、餘氯值
- (三) 分別於一小時後、兩小時後、三小時後再次測量



圖 5-1-1：收納箱裝泳池水靜置



圖 5-1-2：測量 pH 值和餘氯值的儀器



圖 5-1-3：測量 pH 值的藥品



圖 5-1-4：測量餘氯值藥品



## 二、製備泡過泳池水的頭髮

- (一)從五位試驗者身上取得頭髮，每人約 40 根左右，分別密封於夾鏈袋中(綁細繩固定及方便取出)。
- (二)將實驗容器洗淨擦乾後，將每人頭髮分為兩組，分別為實驗組及對照組
- (三)將 10 組頭髮(一組約 20 根)分別放入 10 個實驗容器中，5 個為實驗組，5 個為對照組
- (四) 每天取游泳池水(表 5-2-1)倒入實驗組的容器中，取蒸餾水倒入對照組的容器中，靜置一小時
- (五) 一小時後將頭髮取出，將實驗容器擦乾後頭髮放回，密封實驗容器防止異物進入
- (六) 重複以步驟五及步驟六處理過 15 天之頭髮每組取出 5 根(共 50 根)，依每人順序編號(即編號 1-5 為同一人、6-10 為同一人以此類推)，分組編號浸泡游泳池水的編號為 exp1-1、exp1-2 到 exp1-25，以蒸餾水浸泡的編號為 con1-1 到 con1-25，以此類推處理 30 天的分組為 exp2 及 con2，處理 45 天的分組為 exp3 及 con3，每組 25 根頭髮。

次數	Ph 值	餘氯值 (ppm)	次數	Ph 值	餘氯值 (ppm)	次數	Ph 值	餘氯值 (ppm)
1	7.4	0.54	16	7.4	0.73	31	7.4	0.72
2	7.5	0.75	17	7.5	0.61	32	7.5	0.60
3	7.4	0.71	18	7.5	0.69	33	7.4	0.64
4	7.5	0.79	19	7.5	0.77	34	7.5	0.50
5	7.5	0.50	20	7.5	0.60	35	7.4	0.52
6	7.5	0.74	21	7.4	0.60	36	7.5	0.60
7	7.4	0.53	22	7.6	0.55	37	7.5	0.62
8	7.5	0.71	23	7.4	0.60	38	7.5	0.72
9	7.3	0.73	24	7.4	0.52	39	7.3	0.51
10	7.5	0.63	25	7.5	0.54	40	7.5	0.51
11	7.4	0.54	26	7.4	0.65	41	7.4	0.53
12	7.5	0.64	27	7.4	0.54	42	7.5	0.73
13	7.5	0.71	28	7.5	0.78	43	7.5	0.65
14	7.4	0.54	29	7.4	0.50	44	7.3	0.76
15	7.4	0.70	30	7.5	0.72	45	7.4	0.53

表 5-2-1：浸泡頭髮樣本時泳池水的 pH 值及餘氯值

### 三、製備浸泡於不同的氯水濃度下之頭髮

- (一)以電子天秤秤取氯粉 1.667g(圖 5-3-1)
- (二)將氯粉倒入 500ml 燒杯中，加入蒸餾水，以玻棒攪拌至氯粉溶化
- (三)將已溶入氯粉的水倒入容量瓶中
- (四)以同一燒杯重複裝取蒸餾水倒入容量瓶中，以防止有殘餘氯粉
- (五)加水至 1L，且混合攪拌均勻，此為濃度 1000ppm 之氯水
- (六)以吸量管和安全吸球量取 100ml 1000ppm 氯水至另一容量瓶中，且將剩餘 1000ppm 氯水倒入一 1000ml 燒杯中(圖 5-3-2)
- (七)第二容量瓶中加水至 1L，且混合攪拌均勻，此為濃度 100ppm 之氯水
- (八)重複步驟(六)及步驟(七)，配出濃度 10ppm 及 1ppm 之氯水
- (九)氯水濃度分別為：1000ppm、100ppm、10ppm、1ppm、0ppm(0ppm 為全部加入蒸餾水)
- (十)將從五人分別取之頭髮(一人約 40 根)，每人頭髮分為 6 至 7 根一組，同一人頭髮以相同顏色線綁住，分別放入濃度不同之氯水中(圖 5-3-3)
- (十一)浸泡一天後重複步驟(一)到(九)換水，連續浸泡三天，一天換水一次



圖 5-3-1：秤取氯粉



圖 5-3-2：以吸量管量取氯水



圖 5-2-3：頭髮放入浸泡的五種濃度的氯水

#### 四、觀察頭髮的表面構造

##### (一)觀察經實驗二處理之頭髮表面

1. 塗抹一些白膠於蓋玻片上
2. 將頭髮樣本放入白膠，將白膠抹勻(圖 5-4-1)
3. 待白膠乾後取出頭髮
4. 將蓋玻片蓋於載玻片上
5. 玻片樣本放置於顯微鏡上觀察頭髮毛鱗片構造
6. 顯微鏡連接至電腦拍照



圖 5-4-1：塗抹白膠  
放置頭髮的蓋玻片

##### (二)觀察經實驗三處理之頭髮表面

1. 每種濃度的頭髮取一根
2. 以電子顯微鏡觀察

#### 五、測量頭髮的拉力及延伸率

- (一) 以髮夾固定頭髮(固定方式為先夾住，繞五圈後再夾一次)，兩邊各一。(圖 5-5-1)
- (二) 將髮夾置放於架高裝置，並記錄頭髮原長(兩邊固定的頭髮不列入計算)。
- (三) 將吊籃裝置掛上，並開始以加沙裝置施力於頭髮
- (四) 紀錄頭髮斷裂瞬間頭髮長度
- (五) 紀錄頭髮斷裂瞬間加沙裝置加已加入的沙子重量



圖 5-5-1：固定頭髮

## 六、測量頭髮蛋白質含量

### (一)、萃取頭髮蛋白質

1. 將頭髮切碎倒入研鉢磨成粉末狀
2. 將粉末狀頭髮放入夾鏈袋內，實驗二處理之頭髮共分六包，而實驗三處理之頭髮共分四包
3. 以微量電子秤和秤藥紙秤量每一組頭髮粉末重量
4. 裝入離心管中且記錄重量
5. 將每組粉末和試劑(含 25Mm Tris-HCl, pH8.5, 8M urea, 5% 2-ME)以 0.25ml/mg 的比例加入(每組頭髮重量及加入試劑體積見表 5-6-1)

編號	毛髮粉末重量(mg)	試劑(mL)
Con1(實驗二中浸泡蒸餾水 15 天)	9.5	2.375
Con2(實驗二中浸泡蒸餾水 30 天)	3.1	0.775
Con3(實驗二中浸泡蒸餾水 45 天)	8.8	2.2
Exp1(實驗二中浸泡氫水 15 天)	7.4	1.85
Exp2(實驗二中浸泡氫水 30 天)	3.5	1.75
Exp3(實驗二中浸泡氫水 45 天)	4.6	1.15
0ppm(實驗三)	16.7	4.175
1ppm(實驗三)	14.9	3.725
10ppm(實驗三)	15.5	3.875
100ppm(實驗三)	12.5	3.125

表 5-6-1：頭髮粉末和加入試劑

6. 將粉末和試劑混合均勻，置入 50°C 恆溫水槽 16hr
7. 取出用 PBS 透析後，再過 0.45um 過濾去除雜質
8. 將取得的萃取蛋白質放入微量離心管中並編號標示

### (二)、BCA 蛋白質定量

1. 取一96孔盤分別加入BSA和經實驗二處理之頭髮萃取出之蛋白質(BSA 標準溶液濃度為4mg/mL)(圖5-6-1)

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	blank	Blank	1 $\mu$ L Con1	1 $\mu$ L Con1	1 $\mu$ L Con3	1 $\mu$ L Con3	1 $\mu$ L Exp2	1 $\mu$ L Exp2
B	1 $\mu$ L BSA	1 $\mu$ L BSA	2 $\mu$ L Con1	2 $\mu$ L Con1	2 $\mu$ L Con3	2 $\mu$ L Con3	2 $\mu$ L Exp2	2 $\mu$ L Exp2
C	2 $\mu$ L BSA	2 $\mu$ L BSA	4 $\mu$ L Con1	4 $\mu$ L Con1	4 $\mu$ L Con3	4 $\mu$ L Con3	4 $\mu$ L Exp2	4 $\mu$ L Exp2
D	4 $\mu$ L BSA	4 $\mu$ L BSA	1 $\mu$ L Con2	1 $\mu$ L Con2	1 $\mu$ L Exp1	1 $\mu$ L Exp1	1 $\mu$ L Exp3	1 $\mu$ L Exp3
E	8 $\mu$ L BSA	8 $\mu$ L BSA	2 $\mu$ L Con2	2 $\mu$ L Con2	2 $\mu$ L Exp1	2 $\mu$ L Exp1	2 $\mu$ L Exp3	2 $\mu$ L Exp3
F	10 $\mu$ L BSA	10 $\mu$ L BSA	4 $\mu$ L Con2	4 $\mu$ L Con2	4 $\mu$ L Exp1	4 $\mu$ L Exp1	4 $\mu$ L Exp3	4 $\mu$ L Exp3

表5-6-2：欲測定經實驗二處理之頭髮蛋白質含量，A1到F2為已知蛋白質濃度，A3到F8為待測的未知蛋白質濃度

2.取另一96孔盤分別加入BSA和經實驗三處理之頭髮萃取出之蛋白質  
(BSA標準溶液濃度為5mg/mL)

	1	2	3	4	5	6
A	blank		1 $\mu$ L 0ppm	1 $\mu$ L 0ppm	1 $\mu$ L 10ppm	1 $\mu$ L 10ppm
B	1 $\mu$ L BSA		2 $\mu$ L 0ppm	2 $\mu$ L 0ppm	2 $\mu$ L 10ppm	2 $\mu$ L 10ppm
C	2 $\mu$ L BSA		4 $\mu$ L 0ppm	4 $\mu$ L 0ppm	4 $\mu$ L 10ppm	4 $\mu$ L 10ppm
D	4 $\mu$ L BSA		1 $\mu$ L 1ppm	1 $\mu$ L 1ppm	1 $\mu$ L 100ppm	1 $\mu$ L 100ppm
E	6 $\mu$ L BSA		2 $\mu$ L 1ppm	2 $\mu$ L 1ppm	2 $\mu$ L 100ppm	2 $\mu$ L 100ppm
F	8 $\mu$ L BSA		4 $\mu$ L 1ppm	4 $\mu$ L 1ppm	4 $\mu$ L 100ppm	4 $\mu$ L 100ppm
G	10 $\mu$ L BSA					

表5-6-3：測測定經實驗三處理之頭髮蛋白質含量，A1到G1為已知蛋白質濃度，A3到F6為待測的未知蛋白質濃度

- 2.取純水加至10  $\mu$ L
- 3.加入BCA反應劑(每個well 190 $\mu$ L)
- 4.混合均勻，於37 $^{\circ}$ C放置30分鐘



圖5-6-1：量取萃取出之頭髮蛋白質



圖5-6-2：步驟1中已加入BCA試劑的96孔盤

- 5.放入ELISA reader以波長562nm測量吸光值
- 6.以BSA已知濃度繪製出標準曲線
- 7.再以標準曲線對應未知濃度的吸光值求出毛髮蛋白質濃度

## 陸、實驗結果

### 一、游泳池水測定

經過時間	溫度	pH 值	餘氯值 (ppm)
0 天(原本狀態)	30.6°C	7.3	約 1.0
1hr	30.6°C	7.5	約 1.0
2hr	30.6°C	7.2	約 1.0
3hr	30.6°C	7.2	約 1.0

### 二、製備泡過泳池水的頭髮

依照浸泡天數，將實驗組和對照組製備完成的頭髮分組編號，一組 25 根

Exp1：浸泡游泳池水 15 小時

Exp2：浸泡游泳池水 30 小時

Exp3：浸泡游泳池水 45 小時

Con1：浸泡蒸餾水 15 小時

Con2：浸泡蒸餾水 30 小時

Con3：浸泡蒸餾水 45 小時

且每組編號 1 到 5 為同一人頭髮，6 到 10 為同一人頭髮，11 到 15 為同一人頭髮，16 到 20 為同一人頭髮，21 到 25 為同一人頭髮

### 三、製備浸泡於不同的氯水濃度下之頭髮

依照浸泡濃度，將浸泡三天後的頭髮取出且編號，一組 25 根

0：浸泡於蒸餾水

1：浸泡於濃度 1ppm 氯水

10：浸泡於濃度 10ppm 氯水

100：浸泡於濃度 100ppm 氯水

1000：浸泡於濃度 1000ppm 氯水

且每組編號 1 到 5 為同一人頭髮，6 到 10 為同一人頭髮，11 到 15 為同一人頭髮，16 到 20 為同一人頭髮，21 到 25 為同一人頭髮



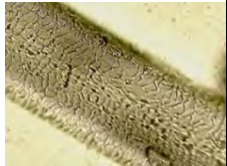
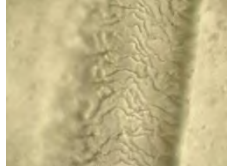
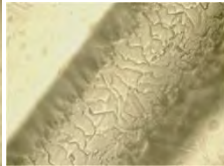
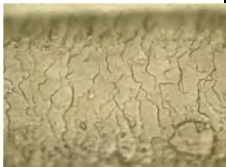

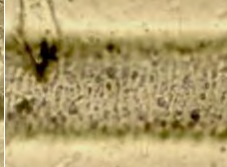

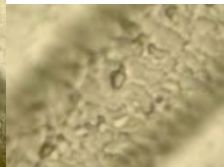

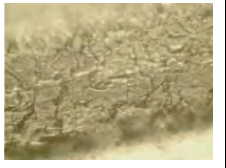
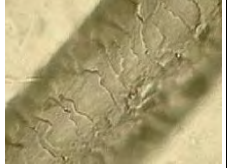


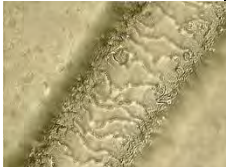
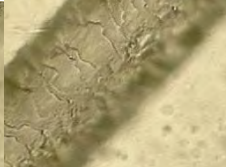
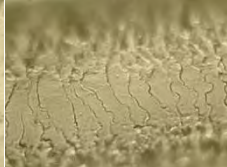
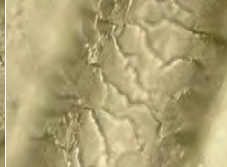
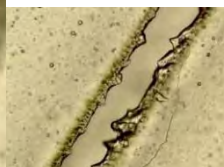

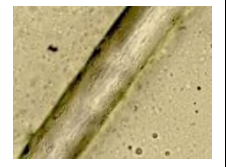

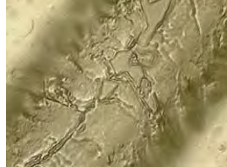
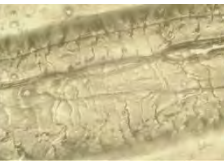






#### 四、觀察頭髮的表面構造

(一)以光學顯微鏡觀察經實驗二處理之頭髮表面

觀察頭髮的表面構造(打\*為其中一組實驗失敗，或實驗過程中頭髮斷裂遺失，造成頭髮減少，無法觀察比較毛鱗片)

##### 1.實驗 15 天後

	exp/con1-1	exp/con1-2	*exp/con1-3	exp/con1-4	exp/con1-5
實驗組	 1000X	 1000X	 400X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 400X	 1000X	 1000X
	exp/con1-6	exp/con1-7	exp/con1-8	*exp/con1-9	*exp/con1-10
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
	*exp/con1-11	*exp/con1-12	exp/con1-13	exp/con1-14	*exp/con1-15
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	

(續)

(續)

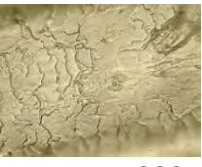


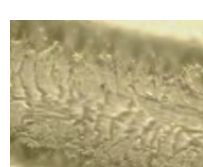
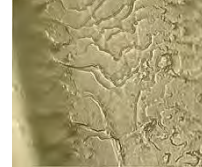
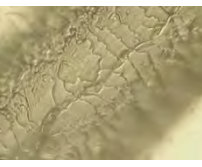
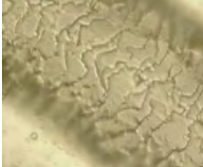


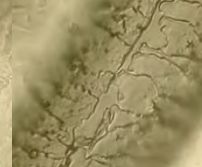


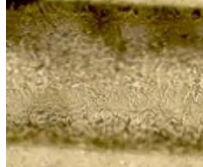





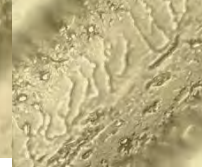
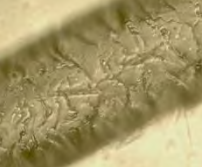


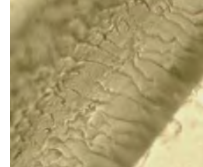
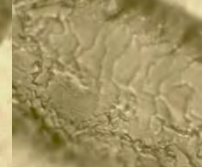
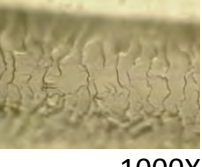


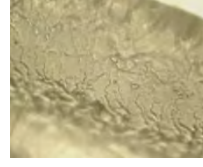

	exp/con1-16	exp/con1-17	exp/con1-18	exp/con1-19	exp/con1-20
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
	exp/con1-21	exp/con1-22	*exp/con1-23	exp/con1-24	*exp/con1-25
實驗組	 400X	 1000X	 1000X	 1000X	
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X

表 6-4-1：經實驗二處理 15 天後頭髮表面毛鱗片顯微鏡下拍照

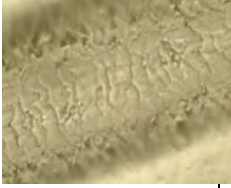


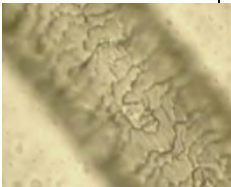


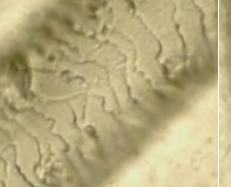

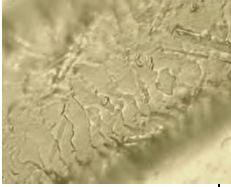

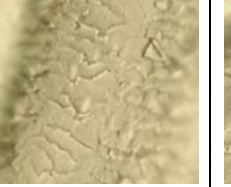
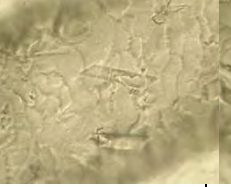

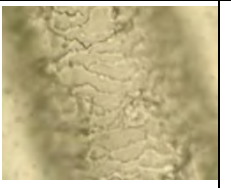
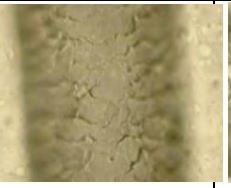
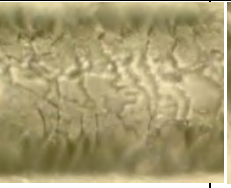
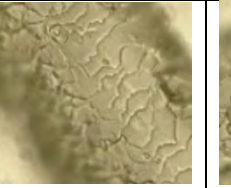
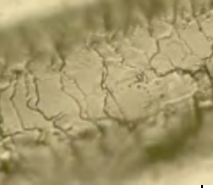
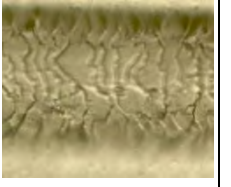
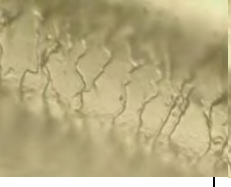
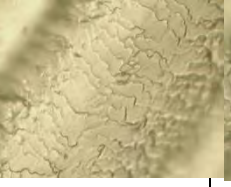
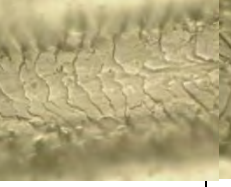
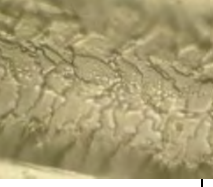
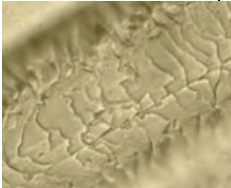

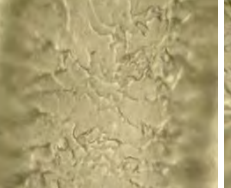
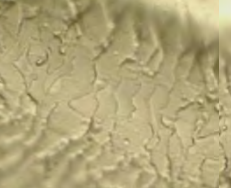
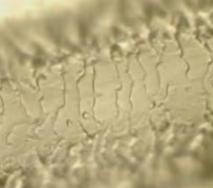
## 2. 實驗 30 天後

	exp/con2-1	exp/con2-2	exp/con2-3	*exp/con2-4	exp/con2-5
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X

(續)



(續)

	exp/con2-6	exp/con2-7	exp/con2-8	* exp/con2-9	*exp/con2-10
實驗組					
	1000X	1000X	1000X		
對照組					
	1000X	1000X	1000X	1000X	1000X
	exp/con2-11	exp/con2-12	exp/con2-13	exp/con2-14	exp/con2-15
實驗組					
	1000X	1000X	1000X	1000X	1000X
對照組					
	1000X	1000X	1000X	1000X	1000X
	exp/con2-16	exp/con2-17	exp/con2-18	exp/con2-19	exp/con2-20
實驗組					
	1000X	1000X	1000X	1000X	1000X
對照組					
	1000X	1000X	1000X	1000X	1000X

(續)

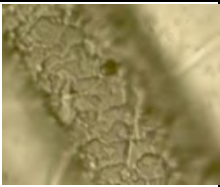
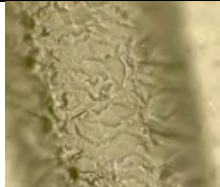
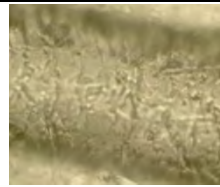

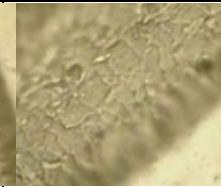
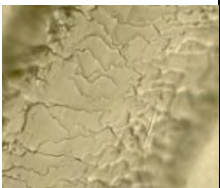

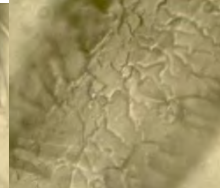
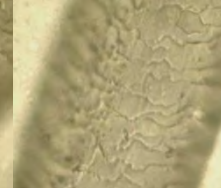

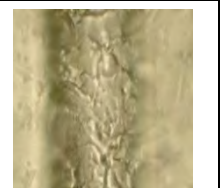

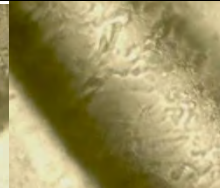
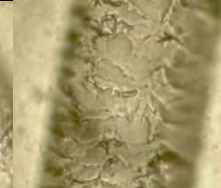

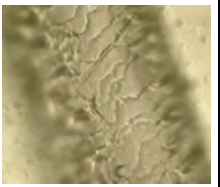
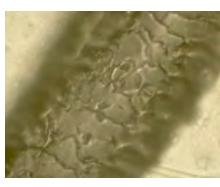
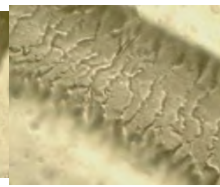
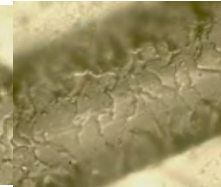
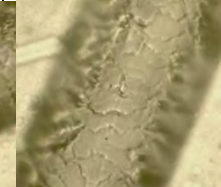


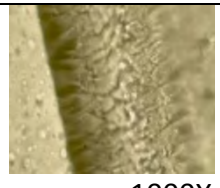
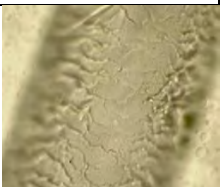
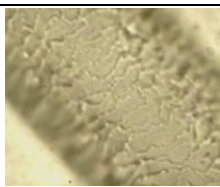
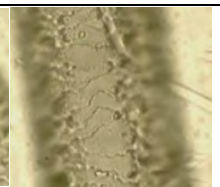
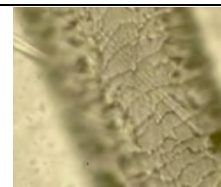
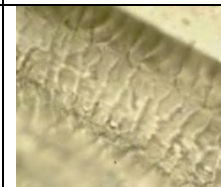
	exp/con2-21	exp/con2-22	exp/con2-23	exp/con2-24	exp/con2-25
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X

表 6-4-2：經實驗二處理 30 天後頭髮表面毛鱗片顯微鏡下拍照

### 3. 實驗 45 天後

	exp/con3-1	exp/con3-2	exp/con3-3	exp/con3-4	exp/con3-5
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
	exp/con3-6	exp/con3-7	exp/con3-8	*exp/con3-9	*exp/con3-10
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X		
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X

(續)



(續)




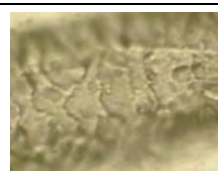
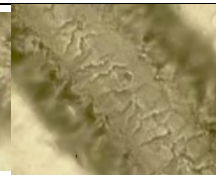
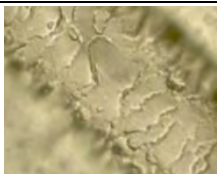

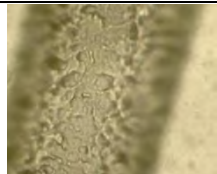
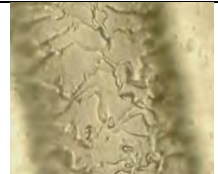
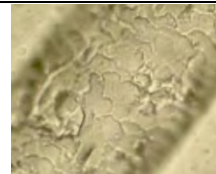
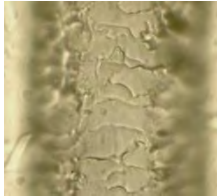
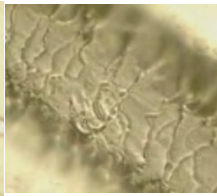
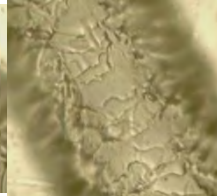
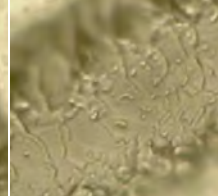
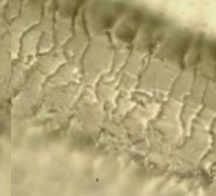
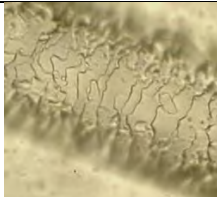
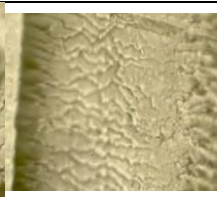
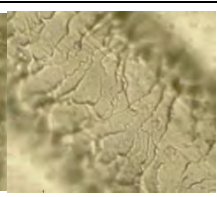
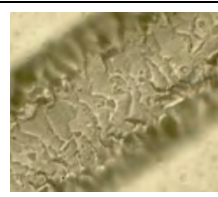
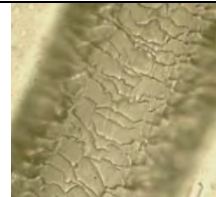


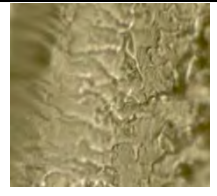
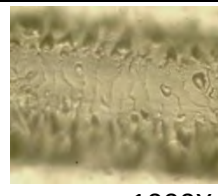
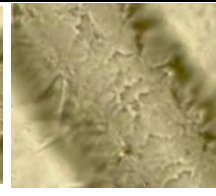

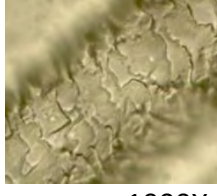

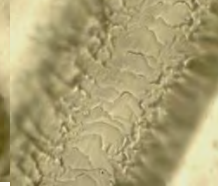
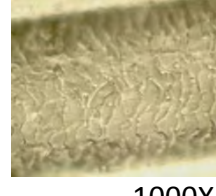
	exp/con3-11	exp/con3-12	exp/con3-13	exp/con3-14	exp/con3-15
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
	exp/con3-16	exp/con3-17	exp/con3-18	exp/con3-19	exp/con3-20
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
	exp/con3-21	exp/con3-22	exp/con3-23	exp/con3-24	exp/con3-25
實驗組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X
對照組	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X	 1000X

表 6-4-3：經實驗二處理 45 天後頭髮表面毛鱗片顯微鏡下拍照

(二)以電子顯微鏡觀察經實驗三處理之頭髮表面

因頭髮經 100ppm 氯水處理後已變得脆弱，難以上述光學顯微鏡方法處理觀察，因此改採以電子顯微鏡觀察(見表 6-4-5)經浸泡 100ppm、1000ppm 氯水的頭髮於浸泡三天的過程中外觀顏色上已產生明顯變化(見表 6-4-4)而 0ppm、10ppm 浸泡過程中外觀並無明顯變化

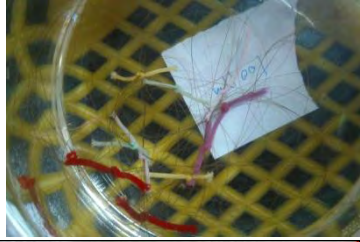





	浸泡 1 天後	浸泡 2 天後	浸泡 3 天後
100 ppm			
1000 ppm			

表 6-4-4：經實驗三處理後頭髮外觀

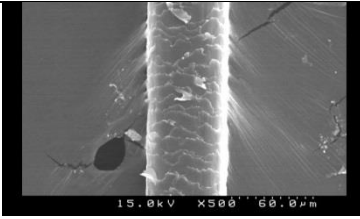
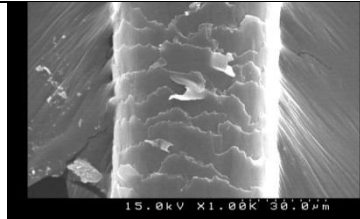
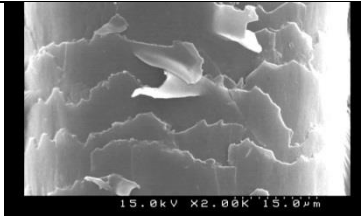
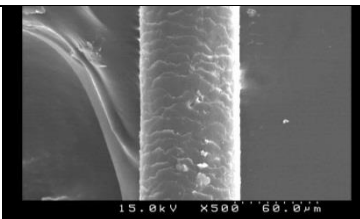
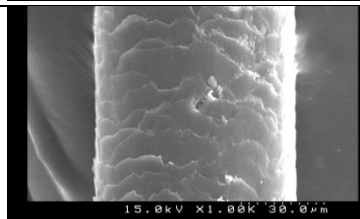
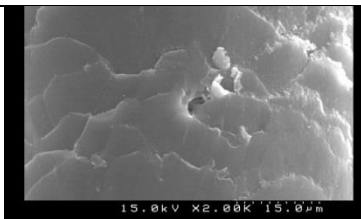
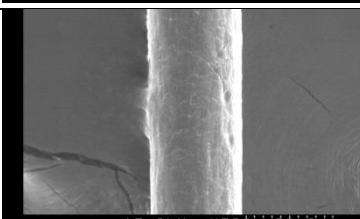
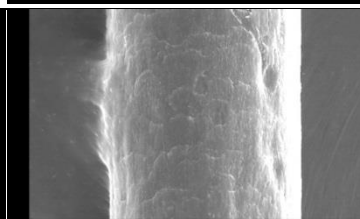
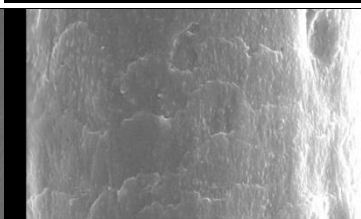
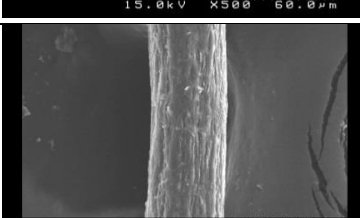
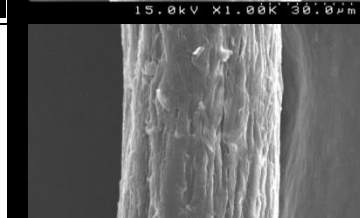
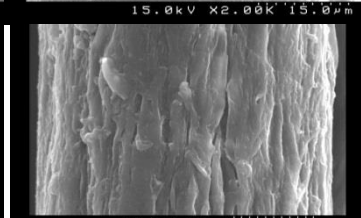
	500 倍	1000 倍	2000 倍
0 ppm			
1 ppm			
10 ppm			
100 ppm			

表 6-4-5：經實驗三處理後頭髮表面以電子顯微鏡拍照

## 五、測量頭髮拉力

### (一)測量經實驗二處理之頭髮拉力

### (二)測量經實驗三處理之頭髮拉力

	expl	con1	exp2	con2	exp3	con3
1	112	56.19	80.44	78.16	40.67	79.79
2	49.77	34.11	71.43	49.16	42.11	55.83
3	60.2	84.25	43.01	100.71	51.48	65.18
4	107.87	33.8	75.13	71.54	34.41	65.25
5	55.27	63.48	38.88	61.7	45.5	49.04
6	44.08	106.85	82.14	77.06	45.67	70.13
7	56.26	93.59	101.98	64.44	100.2	62.56
8	75.79	55.06	98.43	59.57	47.47	98.85
9	67.94	77.38		59.12		94.61
10	87.42	87.06		71.41		59.38
11	79.69	76.4	81.91	63.35	58.32	44.4
12	41.21	80.74	39.93	95.56	69.21	60.4
13	63.15	65.65	41.67	61.97	63.25	74.12
14	68.64	110.56	59.41	52.46	71.28	54.2
15	58.13		57.83	98.95	70.81	77.07
16	67.96	75.68	125.58	91.3	83.43	113.59
17	115.08	107.28	78.98	73.07	82.18	108.02
18	100.76	101.48	80.85	90	75.02	114.44
19	96.75	125.46	101.05	121.02	53.37	94.34
20	99.88	130.74	76.02	42.01	68.78	122.19
21	64.44	89.77	84.04	88.15	79.14	74.21
22	86.64	86.26	77.6	82.22	67.32	105.84
23	76.53	56.76	87.04	108.66	91.7	66.21
24	58.87	114.72	87.92	92.12	70.94	94.84
25		74.13	87.99	84.14	66.9	113.28
平均	74.76375	82.80833	76.48957	77.514	64.3113	80.7108
變異數	467.6215	670.7256	474.1251	384.7335	295.6474	542.8125
標準差	21.62456	25.89837	21.77441	19.61462	17.1944	23.29834

表 6-5-1:經實驗二處理之頭髮拉力值(單位:gw)

	0ppm	1ppm	10ppm	100ppm
1	97.61	71.93	77.6	16.97
2	73.15	63.42	59.1	11.5
3	71.81	90.59	61.31	16.59
4	78.87	55.93	65.67	26.57
5	82.82	72.63	58.12	
6	71.24	46.22	61.87	62.4
7	86.43	100.43	68.39	44.82
8	110.74	132.03	55.56	13.21
9	58.23	101.93	44.8	
10	117.27	52.33	41.88	
11	51.35	111.17	98.74	48.72
12	100.93	39.82	89.47	22.42
13	106.26	56.89	98.72	14.98
14	103.17	79.77	75.2	11.23
15	80.98	132.41	52.03	12.08
16	77.76	107.16	86.42	41.62
17	93.16	111.02	68.82	21.9
18	123.86	106.21	63.72	35.27
19	60.49	122.64	76.46	20.38
20		99.8	107.21	34.55
21	108.78	72.13	83.2	18.98
22	109.24	58.57	50.39	18.67
23	121.64	64.51	56.27	24.34
24	85.96	70.65	41.05	27.89
25	86.16	103.34	31.15	18.12
平均	89.91292	84.9412	66.926	25.60045
變異數	411.3228	743.5386	378.7529	185.9575
標準差	20.28109	27.2679	19.46158	10.89407

表 6-5-2:經實驗三處理之頭髮拉力值(單位:gw)

附注：因實驗過程中有時頭髮斷裂造成實驗失敗因此數據減少

六、延伸率測量

公式：延伸率=伸長量/原長

(一)、測量經實驗二處理之頭髮延伸率

	expl				con1				exp2			
	原長	斷裂時 長度	伸長量	延伸率	原長	斷裂時 長度	伸長量	延伸率	原長	斷裂時 長度	伸長量	延伸率
1	12.2	19.2	7	0.57377	8.4	14.2	5.8	0.690476	16.2	23.5	7.3	0.450617
2	16.5	24.2	7.7	0.466667	9.0	14.0	5	0.555556	14.0	19.5	5.5	0.392857
3	19.2	27.4	8.2	0.427083	10.6	17.3	6.7	0.632075	13.0	18.3	5.3	0.407692
4	14.5	20.9	6.4	0.441379	15.8	24.5	8.7	0.550633	14.7	21.6	6.9	0.469388
5	15.7	23.0	7.3	0.464968	8.9	13.3	4.4	0.494382	12.2	17.6	5.4	0.442623
6	21.7	30.1	8.4	0.387097	15.2	22.5	7.3	0.480263	9.6	13.9	4.3	0.447917
7	25.6	34.2	8.6	0.335938	14.7	21.2	6.5	0.442177	9.0	13.5	4.5	0.5
8	27.3	37.3	10	0.3663	19.5	27.0	7.5	0.384615	1.9	2.9	1	0.526316
9	22.2	30.2	8	0.36036	27.2	39.0	11.8	0.433824				
10	27.6	38.5	10.9	0.394928	24.5	35.8	11.3	0.461224				
11	11.8	17.0	5.2	0.440678	23.8	33.8	10	0.420168	22.9	31.5	8.6	0.375546
12	17.9	25.2	7.3	0.407821	23.0	35.3	12.3	0.534783	14.2	19.8	5.6	0.394366
13	18.2	25.1	6.9	0.379121	16.4	24.9	8.5	0.518293	22.4	30.2	7.8	0.348214
14	18.1	24.5	6.4	0.353591	25.5	36.4	10.9	0.427451	26.6	34.2	7.6	0.285714
15	16.1	22.8	6.7	0.416149					13.6	18.3	4.7	0.345588
16	10.6	15.7	5.1	0.481132	13.2	20.5	7.3	0.55303	13.3	19.6	6.3	0.473684
17	17.8	25.9	8.1	0.455056	16.5	25.3	8.8	0.533333	16.2	23.8	7.6	0.469136
18	21.5	28.3	6.8	0.316279	13.5	21.2	7.7	0.57037	16.9	24.9	8	0.473373
19	5.3	7.7	2.4	0.45283	14.4	23.0	8.6	0.597222	12.1	18.5	6.4	0.528926
20	13.5	20.4	6.9	0.511111	18.4	28.5	10.1	0.548913	8.0	11.8	3.8	0.475
21	20.4	30.2	9.8	0.480392	20.0	32.0	12	0.6	9.3	13.6	4.3	0.462366
22	13.4	19	5.6	0.41791	24.6	34.7	10.1	0.410569	12.9	19.3	6.4	0.496124
23	11.5	17.2	5.7	0.495652	19.1	26.8	7.7	0.403141	18.0	27.9	9.9	0.55
24	20.5	29.7	9.2	0.44878	20.6	31.6	11	0.533981	12.6	18.1	5.5	0.436508
25					3.8	6.3	2.5	0.657895	9.9	14.7	4.8	0.484848
平均值	17.462	24.737	7.275	0.428125	16.942	25.379	8.438	0.518099	13.891	19.870	5.978	0.445078
變異數				0.003651				0.007037				0.004189
標準差				0.060421				0.083884				0.06472

(續)

(續)

	con2				exp3				con3			
	原長	斷裂時 長度	伸長量	延伸率	原長	斷裂時長度	伸長量	延伸率	原長	斷裂時長度	伸長量	延伸率
1	18.7	27.6	8.9	0.475936	10.9	15.8	4.9	0.449541	17.0	25.8	8.8	0.517647
2	15.6	21.0	5.4	0.346154	12.0	18.5	6.5	0.541667	17.9	26.1	8.2	0.458101
3	17.9	28.3	10.4	0.581006	10.2	15.8	5.6	0.54902	17.6	24.6	7	0.397727
4	14.5	24.0	9.5	0.655172	15.5	20.4	4.9	0.316129	13.3	20.2	6.9	0.518797
5	16.7	23.1	6.4	0.383234	12.5	18.3	5.8	0.464	12.6	17.7	5.1	0.404762
6	21.0	30.0	9	0.428571	5.3	7.8	2.5	0.471698	15.8	21.9	6.1	0.386076
7	16.8	24.0	7.2	0.428571	8.4	13.0	4.6	0.547619	26.0	36.8	10.8	0.415385
8	26.8	36.3	9.5	0.354478	8.6	12.0	3.4	0.395349	23.6	33.4	9.8	0.415254
9	18.5	27.7	9.2	0.497297					20.3	29.2	8.9	0.438424
10	20.5	28.3	7.8	0.380488					14.5	20.6	6.1	0.42069
11	26.0	34.6	8.6	0.330769	4.5	8.2	3.7	0.822222	5.1	7.2	2.1	0.411765
12	18.7	27.2	8.5	0.454545	25.9	34.3	8.4	0.324324	26.9	36.9	10	0.371747
13	12.6	17.2	4.6	0.365079	26.7	36.7	10	0.374532	18.9	27.3	8.4	0.444444
14	22.5	31.7	9.2	0.408889	20.5	28.9	8.4	0.409756	13.5	18.3	4.8	0.355556
15	7.6	11.1	3.5	0.460526	9.5	13.5	4	0.421053	22.1	31.6	9.5	0.429864
16	12.3	18.5	6.2	0.504065	14.8	21.0	6.2	0.418919	15.7	24.5	8.8	0.56051
17	14.9	22.1	7.2	0.483221	17.3	24.4	7.1	0.410405	10.5	15.4	4.9	0.466667
18	9.0	13.1	4.1	0.455556	19.1	29.1	10	0.52356	16.5	24.7	8.2	0.49697
19	18.4	27.2	8.8	0.478261	19.6	22.7	3.1	0.158163	10.6	16.6	6	0.566038
20	15.9	23.4	7.5	0.471698	21.1	27.2	6.1	0.2891	11.0	16.4	5.4	0.490909
21	8.5	14.5	6	0.705882	20.0	29.2	9.2	0.46	19.7	27.2	7.5	0.380711
22	14.8	23.3	8.5	0.574324	4.2	7.4	3.2	0.761905	10.5	15.5	5	0.47619
23	22.5	33.2	10.7	0.475556	6.2	10.2	4	0.645161	17.3	25.8	8.5	0.491329
24	22.2	33.0	10.8	0.486486	25.1	35.3	10.2	0.406375	26.7	37.6	10.9	0.40824
25	20.1	30.0	9.9	0.492537	9.4	15.4	6	0.638298	5.0	8.2	3.2	0.64
平均值	17.32	25.216	7.896	0.467132	14.23	20.222	5.991	0.469513	16.344	23.58	7.236	0.454552
變異數				0.00826				0.022495				0.004706
標準差				0.090887				0.149983				0.068598

表 6-6-1 經實驗二處理之頭髮延伸率(單位：cm)



(二)測量經實驗三處理之頭髮延伸率

	0ppm				1ppm				10ppm				100ppm			
	原長	斷裂時 長度	伸長 量	延伸率	原長	斷裂時 長度	伸長 量	延伸率	原長	斷裂時 長度	伸長 量	延伸率	原長	斷裂時 長度	伸長 量	延伸率
1	21.8	31.0	9.2	0.422018	16.3	21.8	5.5	0.337423	25.0	33.9	8.9	0.356	14.0	17.0	3	0.214286
2	17.3	23.2	5.9	0.34104	26.0	33.4	7.4	0.284615	20.5	27.5	7	0.341463	12.0	12.2	0.2	0.016667
3	15.3	20.9	5.6	0.366013	22.4	31.7	9.3	0.415179	18.0	31.8	13.8	0.766667	13.2	13.8	0.6	0.045455
4	24.9	33.3	8.4	0.337349	12.1	16.2	4.1	0.338843	30.1	42.4	12.3	0.408638	18.0	20.2	2.2	0.122222
5	17.8	24.0	6.2	0.348315	27.1	39.1	12	0.442804	17.3	24.1	6.8	0.393064			0	
6	9.9	15.2	5.3	0.535354	20.2	30.3	10.1	0.5	15.6	23.0	7.4	0.474359	17.0	25.4	8.4	0.494118
7	18.5	27.1	8.6	0.464865	15.0	23.9	8.9	0.593333	17.0	24.8	7.8	0.458824	30.0	38.4	8.4	0.28
8	15.2	23.4	8.2	0.539474	14.5	22.0	7.5	0.517241	16.9	24.3	7.4	0.43787	28.6	30.8	2.2	0.076923
9	18.1	26.5	8.4	0.464088	10.7	26.5	15.8	1.476636	18.7	24.8	6.1	0.326203			0	
10	20.5	30.9	10.4	0.507317	11.4	17.7	6.3	0.552632	16.2	23.5	7.3	0.450617			0	
11	17.6	23.4	5.8	0.329545	21.5	33.0	11.5	0.534884	24.6	36.0	11.4	0.463415	14.4	20.2	5.8	0.402778
12	23.9	35.8	11.9	0.497908	17.7	26.3	8.6	0.485876	20.8	29.1	8.3	0.399038	8.4	9.2	0.8	0.095238
13	22.6	33.7	11.1	0.49115	20.7	31.8	11.1	0.536232	24.5	36.0	11.5	0.469388	7.0	7.8	0.8	0.114286
14	20.2	31.8	11.6	0.574257	13.1	19.6	6.5	0.496183	22.8	34.1	11.3	0.495614	5.9	6.2	0.3	0.050847
15	22.0	31.7	9.7	0.440909	22.5	33.0	10.5	0.466667	27.7	39.9	12.2	0.440433	3.8	4.2	0.4	0.105263
16	20.2	28.3	8.1	0.40099	15.7	22.2	6.5	0.414013	12.8	18.8	6	0.46875	9.4	13.2	3.8	0.404255
17	16.7	23.1	6.4	0.383234	17.1	25.1	8	0.467836	10.7	15.9	5.2	0.485981	8.0	11.0	3	0.375
18	17.1	24.1	7	0.409357	18.0	26.2	8.2	0.455556	15.5	22.3	6.8	0.43871	4.2	6.4	2.2	0.52381
19	8.0	12.0	4	0.5	14.2	21.3	7.1	0.5	20.7	28.8	8.1	0.391304	3.4	7.2	3.8	1.117647
20					22.0	31.1	9.1	0.413636	19.0	26.6	7.6	0.4	12.4	17.7	5.3	0.427419
21	14.6	21.6	7	0.479452	14.1	21.1	7	0.496454	14.4	20.6	6.2	0.430556	19.4	21.0	1.6	0.082474
22	15.5	22.8	7.3	0.470968	15.5	22.1	6.6	0.425806	16.4	25.9	9.5	0.579268	20.2	21.4	1.2	0.059406
23	16.3	24.6	8.3	0.509202	12.5	18.0	5.5	0.44	11.5	17.7	6.2	0.53913	8.2	8.8	0.6	0.073171
24	12.9	19.3	6.4	0.496124	16.7	23.8	7.1	0.42515	10.6	16.1	5.5	0.518868	6.6	8.2	1.6	0.242424
25	17.4	23.5	6.1	0.350575	16.4	25.6	9.2	0.560976	11.4	17.0	5.6	0.491228	7.6	8.4	0.8	0.105263
平均值				0.444146				0.503119				0.457016				0.246771
變異數				0.005338				0.046449				0.00772				0.064084
標準差				0.07306				0.215519				0.087863				0.253149

表 6-6-2 經實驗三處理之頭髮延伸率(單位：cm)



## 七、測量頭髮蛋白質含量

### 1. 將 96 孔盤放入 ELISA reader 後測得 OD562 吸光值

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.001	-0.001	0.175	0.166	0.128	0.152	0.080	0.074
B	0.019	0.022	0.301	0.302	0.268	0.255	0.152	0.157
C	0.050	0.047	0.542	0.562	0.492	0.486	0.281	0.296
D	0.101	0.103	0.138	0.138	0.070	0.105	0.076	0.082
E	0.208	0.195	0.286	0.280	0.164	0.149	0.170	0.176
F	0.252	0.269	0.536	0.550	0.313	0.301	0.320	0.332

Wavelength Combination : 562  
 Mean temperature : 27.5  
 Data Mode : Absorbance

表 6-7-1：表 5-6-2 的試劑測得的吸光值

	1	2	3	4	5	6
A	0.000		0.202	0.192	0.223	0.253
B	0.050		0.323	0.328	0.411	0.398
C	0.100		0.557	0.544	0.691	0.686
D	0.201		0.156	0.182	0.265	0.257
E	0.280		0.316	0.269	0.422	0.446
F	0.359		0.507	0.514	0.706	0.731
G	0.473					

Wavelength Combination : 562  
 Mean temperature : 30.5  
 Data Mode : Absorbance

表 6-7-2：表 5-6-3 的試劑測得的吸光值

### 2. 以 BSA 標準溶液繪製出標準曲線

BSA (μL)	純水 (μL)	濃度 (Concentration)	回推濃度 (Back Calc Conc)	格子 (Wells)	吸光值 (OD Values)	平均吸光值 (Mean OD Value)	標準差 (Std.Dev)
1	9	0.400	0.299	B1	0.019	0.021	0.002121
1	9		0.336	B2	0.022		
2	8	0.800	0.741	C1	0.05	0.048	0.002121
2	8		0.697	C2	0.047		
4	6	1.600	1.497	D1	0.101	0.102	0.001414
4	6		1.498	D2	0.103		
8	2	3.200	3.005	E1	0.208	0.201	0.009192
8	2		2.825	E2	0.195		
10	0	4.000	3.643	F1	0.252	0.26	0.012021
10	0		3.887	F2	0.269		

表 6-7-3：表 5-6-2 中 BSA 濃度及測得吸光值 (BSA 濃度為 4mg/mL)

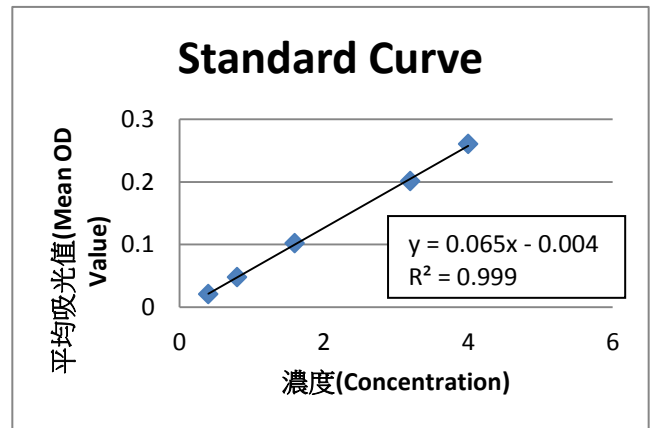


表 6-7-4：以 BSA 濃度繪製出標準曲線

BSA (μL)	純水 (μL)	濃度 (Concentration)	回推濃度 (Back Calc Conc)	格子 (Wells)	吸光值 (OD Values)
1	9	0.500	0.458	B1	0.050
2	8	1.000	1.014	C1	0.100
4	6	2.000	2.111	D1	0.201
6	4	3.000	2.980	E1	0.280
8	2	4.000	3.841	F1	0.359
10	0	5.000	5.096	G1	0.473

表 6-7-5：表 5-6-3 中 BSA 濃度及測得吸光值 (BSA 濃度為 5mg/mL)

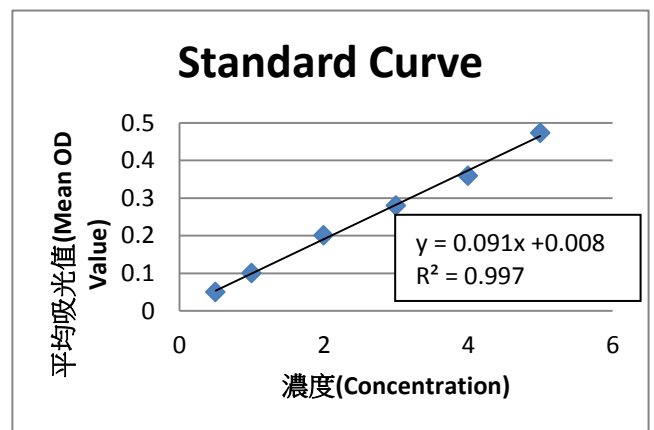


表 6-7-6：以 BSA 濃度繪製出標準曲線

### 3.以標準曲線計算出頭髮的蛋白質濃度

萃取頭髮蛋白質	純水 (μL)	格子 (Wells)	吸光值 (OD Values)	濃度 (Conc)	平均濃度 (Mean Conc.)	標準差 (Std.Dev)
1 μLCon1	9	A3	0.175	2.528	2.4665	0.087
1 μLCon1	9	A4	0.166	2.405		
2 μLCon1	8	B3	0.301	4.348	2.175	0.003
2 μLCon1	8	B4	0.302	4.352		
4 μLCon1	6	C3	0.542	7.801	1.9865	0.205
4 μLCon1	6	C4	0.562	8.091		
1 μLCon2	9	D3	0.138	2.007	2.0035	0.005
1 μLCon2	9	D4	0.138	2.000		
2 μLCon2	8	E3	0.286	4.126	2.04175	0.060
2 μLCon2	8	E4	0.280	4.041		
4 μLCon2	6	F3	0.536	7.715	1.9535	0.140
4 μLCon2	6	F4	0.550	7.913		
1 μLCon3	9	A5	0.128	1.858	2.028	0.240
1 μLCon3	9	A6	0.152	2.198		
2 μLCon3	8	B5	0.268	3.873	1.8905	0.130
2 μLCon3	8	B6	0.255	3.689		
4 μLCon3	6	C5	0.492	7.082	1.76087	0.054
4 μLCon3	6	C6	0.486	7.005		
1 μLExp1	9	D5	0.070	1.024	1.2765	0.357
1 μLExp1	9	D6	0.105	1.529		
2 μLExp1	8	E5	0.164	2.370	1.1315	0.151
2 μLExp1	8	E6	0.149	2.156		
4 μLExp1	6	F5	0.313	4.519	1.1079	0.124
4 μLExp1	6	F6	0.301	4.344		
1 μLExp2	9	A7	0.080	1.173	1.13	0.061
1 μLExp2	9	A8	0.074	1.087		
2 μLExp2	8	B7	0.152	2.199	1.118	0.052
2 μLExp2	8	B8	0.157	2.273		
4 μLExp2	6	C7	0.281	4.054	1.0404	0.152
4 μLExp2	6	C8	0.296	4.269		
1 μLExp3	9	D7	0.076	1.109	1.157	0.068
1 μLExp3	9	D8	0.082	1.205		
2 μLExp3	8	E7	0.170	2.463	1.25425	0.064
2 μLExp3	8	E8	0.176	2.554		
4 μLExp3	6	F7	0.320	4.621	1.1764	0.120
4 μLExp3	6	F8	0.332	4.790		

表 6-7-7：經實驗二處理後的頭髮所萃取出的蛋白質測得吸光值及蛋白質濃度(單位：mg/ml)

萃取頭髮蛋白質	純水 (μL)	格子 (Wells)	吸光值 (OD Values)	濃度 (Conc)	平均濃度 (Mean Conc.)	標準差 (Std.Dev)
1 μL 0ppm	9	A3	0.202	2.130	2.076	0.077
1 μL 0ppm	9	A4	0.192	2.021		
2 μL 0ppm	8	B3	0.323	3.450	1.7385	0.039
2 μL 0ppm	8	B4	0.328	3.504		
4 μL 0ppm	6	C3	0.557	6.011	1.48475	0.102
4 μL 0ppm	6	C4	0.544	5.687		
1 μL 1ppm	9	D3	0.156	1.618	1.764	0.207
1 μL 1ppm	9	D4	0.182	1.910		
2 μL 1ppm	8	E3	0.316	3.376	1.558	0.368
2 μL 1ppm	8	E4	0.269	2.855		
4 μL 1ppm	6	F3	0.507	5.461	1.3875	0.056
4 μL 1ppm	6	F4	0.514	5.540		
1 μL 10ppm	9	A5	0.223	2.350	2.518	0.237
1 μL 10ppm	9	A6	0.253	2.685		
2 μL 10ppm	8	B5	0.411	4.415	2.172	0.101
2 μL 10ppm	8	B6	0.398	4.273		
4 μL 10ppm	6	C5	0.691	7.482	1.8635	0.039
4 μL 10ppm	6	C6	0.686	7.427		
1 μL 100ppm	9	D5	0.265	2.812	2.772	0.057
1 μL 100ppm	9	D6	0.257	2.732		
2 μL 100ppm	8	E5	0.422	4.537	2.3335	0.184
2 μL 100ppm	8	E6	0.446	4.797		
4 μL 100ppm	6	F5	0.706	7.648	1.94525	0.188
4 μL 100ppm	6	F6	0.731	7.914		

表 6-7-8：經實驗三處理後的頭髮所萃取出的蛋白質測得吸光值及蛋白質濃度(單位：mg/ml)

## 柒、討論

### 一、游泳池水測定

在前幾個小時當中 Ph 值和餘氯值的改變並無顯著差異，因為本實驗是將泳池水靜置，一般泳池水 pH 值會改變是因為有人的活動在當中，造成 pH 值的上升以及餘氯值的下降，但因為後續實驗二當中也是將泳池水靜置，故此實驗只是確定在後續實驗過程中游泳池水的穩定性，及其是否合乎泳池水標準。

### 二、製備泡過泳池水的頭髮

實驗過程中所使用的游泳池水皆為當天至游泳池所採集，餘氯及 pH 值皆合乎游泳池標準。

### 三、製備浸泡於不同的氯水濃度下之頭髮

在浸泡於濃度 1000ppm 下的頭髮於浸泡三天後取出時已無法進行後續實驗，但目前未找到合適方法研究經強烈有效餘氯處理後之頭髮所剩下的物質為何，頭髮剩餘部分是為蛋白質或胺基酸亦或是其他物質等。

### 四、觀察頭髮的表面構造

(一)經實驗二處理之頭髮可以白膠處理方法，因此可用光學顯微鏡大量觀察，而在 15 天、30 天後頭髮毛鱗片並無出現明顯差別，至實驗 45 天後(exp3)才出現較明顯差異，可觀察到實驗組毛鱗片線條紋路較不明顯，且較雜亂，相較於對照組為排列整齊清楚的毛鱗片，因此可預測實驗進行越久毛鱗片會出現較大差異。

(二)經實驗三處理之頭髮其中 1000ppm、100ppm 濃度下的氯水處理之頭髮在實驗過程或最後結果中即有明顯變化，如髮色變淡，髮徑變細等，但經浸泡三天後 100ppm 之頭髮已變得脆弱無法以白膠處理方式觀察，因此採用電子顯微鏡觀察，但因電子顯微鏡取得不易因此每組只取一根觀察其表面。

(三)電子顯微鏡下可清楚看見 100ppm 下濃度之頭髮表面已完全不見毛鱗片，推測表面毛鱗片之蛋白質已全被水中有效餘氯破壞，而 10ppm 之頭髮可見些微毛鱗片痕跡但也不明顯，而 1ppm 及 0ppm 之頭髮毛鱗片清楚可見且兩者無明顯差異。

(四)因實驗三採取連續浸泡 72 小時，比較實驗二中最大值為浸泡 45 小時，兩者皆與對照組(0ppm)無明顯差異，因此可推測泳池水中有效餘氯確實會破壞頭髮毛鱗片，但在一般泳池標準濃度下若非長時間浸泡此傷害並不明顯甚至可忽略。

## 五、測量頭髮拉力

- (一)原先假設為經氯水處理之頭髮會變得較脆弱即拉力下降，但於實驗二中可看見在實驗時數 15 至 30 小時此現象並不明顯，且頭髮拉力偏差值極大(見表 7-5-1)，至實驗 45 小時後實驗組拉力才有較明顯下降。
- (二)於實驗三中可看見氯水濃度對頭髮拉力影響確實為濃度越高拉力下降越大，在 0ppm 至 1ppm 時平均值確實為下降，但考量偏差值此兩者並無明顯差異，至 10ppm 及 100ppm 才有明顯下降(見表 7-5-2)
- (三)分析實驗二及實驗三結果可得，水中有效餘氯確實對頭髮拉力有影響造成拉力下降，但一般正常濃度下游泳池水除非經過長時間浸泡，否則頭髮本身拉力差異影響已大於有效餘氯所造成之影響。

經實驗二處理之頭髮拉力

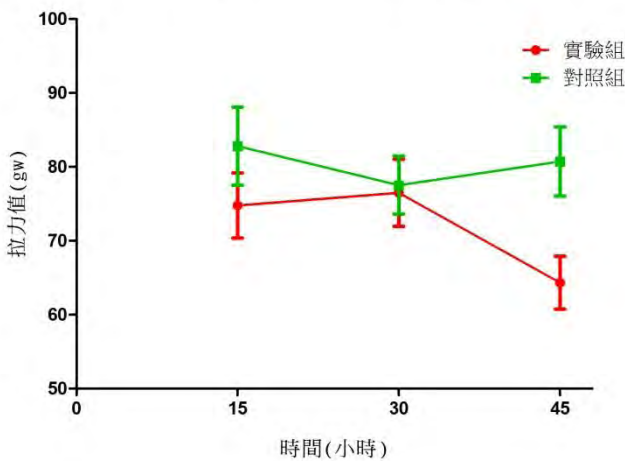


表 7-5-1：經實驗二處理之頭髮拉力值

經實驗三處理之頭髮拉力

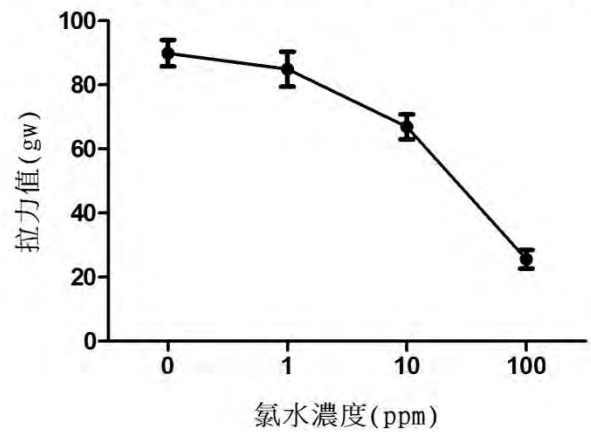


表 7-5-2：經實驗三處理之頭髮拉力值

## 六、測量頭髮延伸率

- (一)分析經實驗二處理之頭髮延伸率可看見，對照組大致有下降趨勢，且 15 至 30 天下降較多但 30 天至 45 天大致穩定，因此推測為靜置時間所影響，另外於實驗組中原先假設為浸泡越久延伸率越差，但發現實驗時數越久頭髮延伸率越上升(見表 7-6-1)推測可能原因為水中有效餘氯破壞頭髮中鍵結，使頭髮更有延展性因此延伸率上升。
- (二)分析經實驗三處理之頭髮延伸率可發現，確實如實驗二結果所示，經 1ppm 處理之頭髮延伸率最高，但到 10ppm 便逐漸下降但略高於 0ppm 處理之頭髮，而 100ppm 即有明顯下降(見表 7-6-2)。
- (三)綜合上述討論推測正常濃度下有效餘氯並不會使頭髮延伸率下降反而上升，但有效餘氯濃度過高時對頭髮造成極大破壞因此延伸率變得極差。

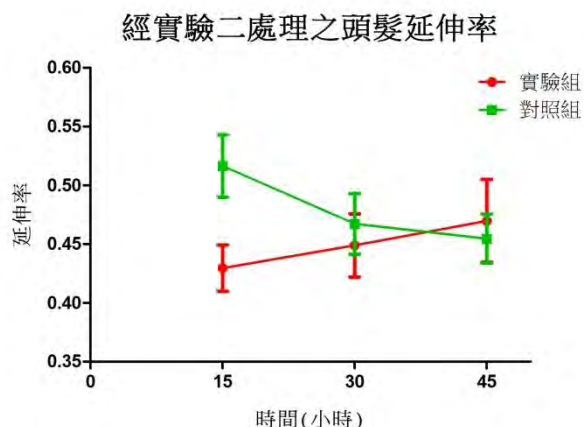


表 7-6-1：經實驗二處理之頭髮延伸率

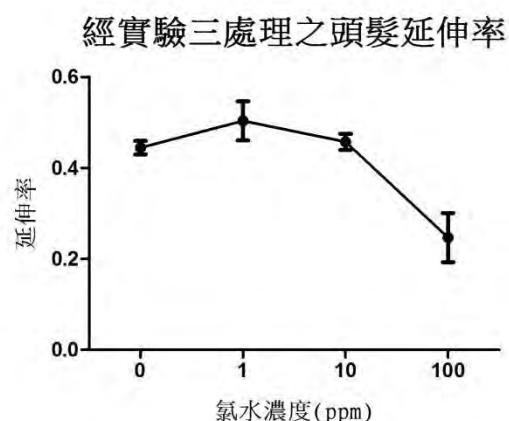


表 7-6-2：經實驗三處理之頭髮延伸率

## 六、測量頭髮蛋白質含量

(一)測量經實驗二處理之頭髮蛋白質含量，可發現對照組蛋白質含量隨時間下降，但 30 至 45 小時漸趨平穩，而實驗組蛋白質含量和時間沒有明顯關係，且實驗組頭髮蛋白質含量明顯少於對照組(見表 7-7-1)，推測為水中有效餘氯破壞頭髮蛋白質

(二)測量經實驗三處理之頭髮蛋白質含量，根據實驗二處理之頭髮得到結果原先預測為濃度越高頭髮蛋白質含量越少，但結果中可見除了經 1ppm 濃度處理之頭髮蛋白質下降外，經 10ppm、100ppm 處理之頭髮蛋白質含量和 0ppm 比較並無明顯變化，與假設不合(見表 7-7-2)

(三)推測(二)中與假設不合原因可能有二：一可能為實驗誤差，另一可能原因為在外觀上頭髮已出現明顯變化但蛋白質含量卻沒有差異，推測也許水中有效餘氯是會破壞蛋白質，但以濃度 1ppm 左右破壞力最強，而當濃度大於 10ppm 時有效餘氯破壞頭髮但並非以破壞蛋白質部分為主，破壞部分主要為非蛋白質部分。

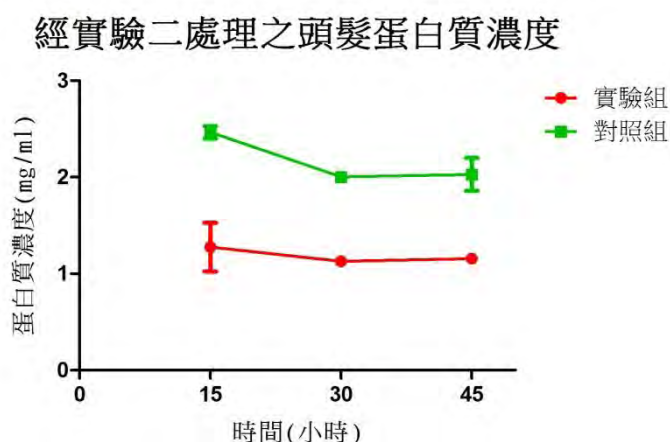


表 7-7-1：經實驗二處理之頭髮蛋白質濃度

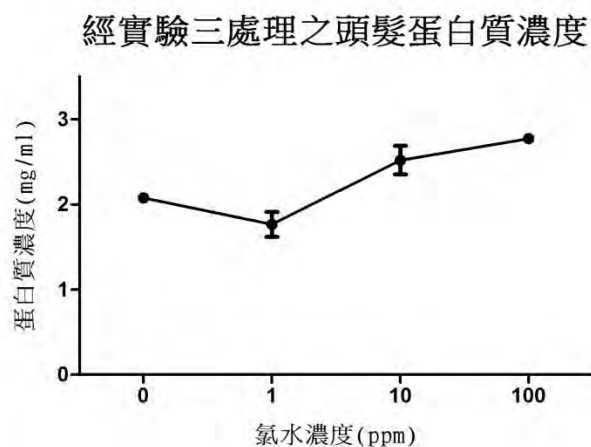


表 7-7-2：經實驗二處理之頭髮蛋白質濃度

## 捌、結論

根據實驗結果及討論可得到：

(一)從實驗四觀察頭髮的表面構造，獲得結論為：

1. 水中有效餘氯確實破壞頭髮毛鱗片，使毛鱗片受損，且對頭髮髮色也有影響
2. 濃度過高時頭髮受到嚴重破壞
3. 毛鱗片受損現象於較高濃度(超出標準)和浸泡時間較長時較明顯

(二)從實驗五測量頭髮拉力，獲得結論為：

1. 浸泡蒸餾水幾乎不影響頭髮拉力
2. 浸泡氯水確實影響頭髮拉力，使頭髮拉力下降
3. 頭髮本身個別拉力差異極大，因此標準濃度下浸泡 30 小時內實驗影響小於頭髮本身拉力差異，對頭髮拉力並無特別大影響，到浸泡時數 45 小時至 72 小時影響或有效餘氯濃度增加才會對頭髮拉力造成明顯影響

(三)從實驗六測量頭髮延伸率，獲得結論為：

1. 靜置時間會影響頭髮延伸率，使頭髮延伸率下降
2. 浸泡 1ppm 即標準濃度之氯水使頭髮延伸率上升
3. 浸泡濃度過高之氯水時頭髮延伸率下降

(四)實驗七測量頭髮蛋白值，獲得結論為：

1. 浸泡蒸餾水中時間越長頭髮蛋白質含量越少
2. 標準濃度下氯水確實影響蛋白質含量使頭髮蛋白質含量減少，且和時間無明顯關係
3. 濃度過高之氯水對頭髮蛋白質含量無明顯影響

(五)綜合上述(一)到(四)可獲得結論為：

1. 水中有效餘氯使頭髮毛鱗片受損，但在標準濃度下的泳池水若非長時間浸泡並不會對頭髮毛鱗片造成明顯傷害
2. 水中有效餘氯使頭髮拉力下降
3. 水中有效餘氯使頭髮延伸率下降，但標準濃度下的泳池水(濃度為 1ppm 時)反而使頭髮延伸率上升
4. 水中有效餘氯破壞頭髮但主要並非蛋白質部分，但標準濃度下的泳池水使頭髮蛋白質明顯減少

## 玖、參考資料

DrHealthBeauty

[http://www.drhealthbeauty.com/htm/chi/hnm\\_hairstructure.html](http://www.drhealthbeauty.com/htm/chi/hnm_hairstructure.html)

認識毛髮結構

<http://www.pws.stu.edu.tw/cardend/HTM/english/hair.htm#h17>

營業衛生基準--游泳池水質標準 - 游泳池的家

<http://www.0282853604.web66.com.tw/ch/CH113/113875/U/50110.html>

游泳池裡的水都加了什麼？ .- 大園華興游泳隊 - Yahoo!奇摩部落格

<http://tw.myblog.yahoo.com/swimteacher-cook/article?mid=3654>

臺北縣政府衛生局-健康生活家電子報

<http://www.health.ntpc.gov.tw/web66/ file/1459/upload/ehealth/9806/pages/index-03.html>

廣州樂百氏桶裝水專賣—廣州市優秀的樂百氏礦泉水、樂百氏純淨水經銷商,送水服務商-礦泉水,山泉水,天然淨水之間有什麼區別呢

[http://www.gz-lebaishi.com/faq\\_mineral\\_spring\\_clean\\_water\\_big5.htm](http://www.gz-lebaishi.com/faq_mineral_spring_clean_water_big5.htm)

阿簡生物筆記 偷窺頭髮毛鱗片

[http://a-chien.blogspot.tw/2007/11/blog-post\\_28.html](http://a-chien.blogspot.tw/2007/11/blog-post_28.html)

A rapid extraction procedure of human hair proteins and identification of phosphorylated species

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/bpb/25/5/25\\_5\\_569/pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/bpb/25/5/25_5_569/pdf)

<http://www.scibio.com.tw/pdf-BCA%20SK3021.pdf>

<http://www.scibio.com.tw/pdf/BCA%20SK3021.pdf>

Protein determination by the BCA method

<http://www.ruf.rice.edu/~bioslabs/methods/protein/bca.html>

自來水的自由有效餘氯(Free Chlorine) - 快樂的生活 - Yahoo!奇摩部落格

<http://tw.myblog.yahoo.com/petertsai45/article?mid=402&prev=404&next=399>

水質問答

<http://www.watertec.com/epa/a-q.htm#faq12>

[分享]游泳池加漂白水跟氯粉有什麼差別嗎？

<http://punk.twku.net/index.php/topic.37.0.html>

## 【評語】 040708

本研究與生活結合有實用性，但著重於破壞之評估，宜針對相關因果進行分析與改善，以求實驗結構之完整。