

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

040711

紅景天對生物體缺氧之細胞層次研究

學校名稱：國立臺中第一高級中學

作者： 高二 陳映廷 高二 張庭暉	指導老師： 朱秋欣
-------------------------	--------------

關鍵詞： 紅景天、transferrin、albumin

壹、摘要

高山症，是一種因處在低壓缺氧的高山環境裡，使得動脈血中含氧量降低所引發的多種不適症狀，而西藏藏藥「紅景天」被認為可以緩和高山症的症狀。

紅景天是景天科紅景天屬 (*Rhodiola L.*) 的多年生草本植物，主要分布在海拔 3500~5000 公尺左右的高寒地帶。紅景天屬的植物種類繁多，而其化學成分也有所差異。根據研究指出，有多種紅景天屬的植物具有多種療效，其中「抗缺氧」的藥效，可能成為未來對抗高山症的重要藥物之一。

我們的實驗主要研究紅景天藥物在細胞層級上的影響，藉由處理過紅景天藥物的 Hep G2 肝癌細胞之蛋白質分泌量改變，探討紅景天對於高山症治療的可能影響。我們發現 Hep G2 細胞經過高濃度紅景天藥物處理後，會產生死亡的現象，並非坊間所普遍認為的無毒、可大量服用。但在適當濃度下，的確可以觀察到 transferrin 及 albumin 分泌量隨著藥物濃度的增加而上升，且在缺氧的環境下，transferrin 仍維持此差異，但 albumin 在缺氧環境下的差異並不明顯，所以 albumin 在細胞調控缺氧這方面的功能仍有待進一步的查證。

貳、研究動機

2006 年青藏鐵路正式通車。雖然青藏高原上的美景頗富盛名，卻也有許多人因畏懼高山症而不敢前往一遊。我們很好奇，在上頭的人們究竟是如何過活的？如何在惡劣的環境中生存下來？經過查資料，我們發現紅景天或許是他們對抗高山症的良藥，而這也引起我們探討紅景天對細胞影響的興趣。

當生物體生存在缺氧環境時，身體為了增加攜氧量，會使血紅素的量上升。而 transferrin 正是負責將鐵離子轉送給紅血球的血紅素的重要蛋白質。另外，albumin 是肝臟細胞分泌量最多的蛋白質，而也有文獻指出，缺氧時體內的 albumin 也會隨之上升，以增加體內血液量，使的血液可以將紅血球運送至身體各部位。因此，我們便以這兩種蛋白質做為紅景天是否能有效抗缺氧的指標。

參、研究目的

- 一、探討 Hep G2 細胞株在以紅景天藥物處理後的生長情況。
- 二、探討細胞處理紅景天對於細胞分泌蛋白質的變化。
- 三、探討在缺氧環境下，紅景天藥物對細胞分泌蛋白質的變化。

肆、研究設備及器材

一、實驗對象

Hep G2 細胞株

二、使用藥品與器材

- (一) 細胞培養和加藥處理：紅景天萃取物、無菌操作台、倒立式顯微鏡、培養皿、六孔盤、十二孔盤、DMEM 培養液、血清、滴管、微量吸管 (pipetmen)、離心管 (15 ml 和 50 ml)、TEG 試劑、PBS 溶液、STRIPETTE (10 ml 和 5 ml)、細胞計數器、二氧化碳培養箱、水浴槽、離心機、針筒、flitter。
- (二) 西方墨點法 (Western blot)：
 1. SDS 膠片電泳：1 M Tris chloride, pH 8.8、0.5 M Tris chloride, pH 6.8、30% 丙烯醯胺 (30% bis-acrylamide)、10% (wt/vol) SDS 水溶液、TEMED、10% (wt/vol) 過硫酸銨 (APS)、水、電泳緩衝液、4X sample buffer、退染液、電源供應器及電泳槽設備。
 2. Western blot：P-20 微量吸管與可棄式吸頭、預染之高分子量蛋白質標記 (protein marker)、甲醇、轉印緩衝液、Immobilon-P PVDF 膜 (0.45 μ m 孔洞)、3 MM 濾紙、5% 脫脂奶粉溶液/TBST、水浴槽、刀片、鋁箔紙、用於浸泡 PVDF 膜進行反應或清洗的容器、電源供應器、Tween 20、小鼠-抗-transferrin 單株抗體、小鼠-抗-albumin 單株抗體、偶聯有 HRP 的山羊-抗-小鼠 IgG 之抗體、保鮮膜、底片、底片匣、暗房、轉印器材。

三、實驗藥品配製

(一) DMEM 培養液 (後以 medium 稱之)

取 500 ml DMEM 培養液加入 10% 胎牛血清 (Fetal bovine serum, FBS)、100 IU/ml 青黴素 (penicillin)、100 µg/ml 鏈黴素 (streptomycin)、2 mM 麩胺酸 (L-glutamine)、100 µM 非必須胺基酸 (non-essential amino acid, NEAA)、1mM 焦葡萄糖酸鈉 (sodium pyruvate)

(二) serum free 的 DMEM 培養液 (後以 serum free medium 稱之)

取 500 ml DMEM 培養液加入 100 IU/ml 青黴素 (penicillin)、100 µg/ml 鏈黴素 (streptomycin)、2 mM 麩胺酸 (L-glutamine)、100 µM 非必須胺基酸 (non-essential amino acid, NEAA)、1mM 焦葡萄糖酸鈉 (sodium pyruvate)

(三) TEG 試劑

取 0.4 g EDTA、2 g Glucose、0.8 g KCl、16 g NaCl、1.16 g NaHCO₃、1 g Trypsin 及適量 phenol red 溶於 2 L 二次水中，調 pH 值 7.0，以 0.22 µm 的過濾器過濾滅菌後儲存於 4°C 冰箱備用。

(四) PBS 溶液

取 40 g NaCl、1 g KCl、1.2 g KH₂PO₄ 及 7.2 g Na₂HPO₄ 溶於 5 L 二次水中，調 pH 值 7.4/HCl，以 0.22 µm 的過濾器過濾滅菌。

(五) 30% 丙烯醯胺

取 29.22 g 丙烯醯胺 (acrylamide) 及 0.78 g N,N'-亞甲基-雙-丙烯醯胺 (N,N-methylene-bis-acrylamide) 溶於 100 ml 二次水中。

(六) 10% SDS 水溶液

1 g sodium dodecyl sulfate 溶於 10 ml 二次水中。

(七) 10% 過硫酸銨水溶液

1 g ammonium persulfate 溶於 10 ml 二次水中。

(八) 10X 電泳緩衝液 (Running buffer)

取 15 g Tris、72 g Glycine 及 5 g SDS 溶於 0.5 L 二次水中。

(九) 4X 樣本緩衝液 (sample buffer)

取 8 g SDS、0.04 g Serva blue、40 ml Glycerol 及 20 ml 1M Tris/pH 6.8 溶於 100 ml 二次水中。

(十) 轉印緩衝液 (transfer buffer)

取 3.03 g Tris 及 14.4 g Glycine 溶於 1L 二次水中。

(十一) Blocking solution (5% skim milk)

取 1g skim milk 溶於 20 ml TBST 中。

(十二) TBST buffer

取 24.22 g Tris、87.75 g NaCl 及 10 ml Tween 20 溶於 1L 調 pH 值 7.5/HCl

伍、研究方法及過程

一、研究方法

(一) 加藥

細胞培養分盤

1. 將 medium 倒掉
2. 置入 PBS 搖晃清洗，再將 PBS 倒掉
3. 再以 1 ml TEG 處理，靜置 3 分鐘左右
4. 待細胞與培養盤盤底分離(顯微鏡下見細胞變圓及變亮後)
5. 移除 TEG，置入 medium 將細胞由培養皿中沖離
6. 將含有細胞的溶液加到各個培養皿中，即完成分盤

配藥

1. 取紅景天萃取物以 d_2H_2O 溶解
2. 將溶液離心取上清液，並反覆數次
3. 以 0.22 μm 的過濾器過濾滅菌，並以 1.5 ml 離心管收集備用

加藥

1. 將紅景天萃取物作不同濃度的稀釋
2. 在分盤 24hr 後，換置 serum free medium，再加入紅景天萃取物的溶液，即完成

(二) 蛋白質檢測

蛋白質的萃取

1. 收集上清液到 1.5 ml eppendorf tube 中置於 4°C 備用。
2. 測蛋白質濃度。
3. 分裝蛋白質(每個 eppendorf tube 分裝 10 μg 的蛋白質)
4. 加入 4X sample buffer 於每個 eppendorf tube，以 95°C 乾浴加熱變性 10 分鐘。
5. 置於冰中，離心，於 -80°C 中保存。

西方墨點法 (Western blot)

1. 跑 SDS 電泳
2. 將膠片浸入轉印溶液 (Transfer Buffer) 約 10~15 分鐘。
3. 剪大小和膠片相同的六片濾紙和 PVDF 膜。
4. 將 PVDF 膜浸於甲醇 (methanol) 數秒。
5. 將濾紙和 PVDF 膜浸於轉印溶液中約 5~10 分鐘。
6. 依下列順序組裝
正電極 (+)

濾紙 X4
PVDF 膜
SDS 膠片
濾紙 X4
負電極 (-)

7. 設定電流(電流(mA)=濾紙面積×膠片數目×9/7)轉印 70 分鐘。
8. 取出 PVDF 膜。
9. 將 PVDF 膜浸入含 5% 脫脂奶粉的 TBST buffer 中。於室溫下震盪 30~60 分鐘。
10. 將 5% 脫脂奶粉的 TBST buffer 倒掉，並以 TBST buffer 清洗 PVDF 膜 10 分鐘 3 次。
11. 將 5% 脫脂奶粉的 TBST buffer 倒掉，並以 TBST buffer 清洗 PVDF 膜 10 分鐘 3 次。
12. 將一級抗體溶於 TBST buffer 中，於 4°C 下作用到隔夜。
13. 倒掉含有一級抗體的 TBST buffer，並以 TBST buffer 清洗 PVDF 膜 10 分鐘 3 次。
14. 將一級抗體溶於 TBST buffer 中，於室溫作用一個小時。
15. 倒出含有二級抗體的 TBST buffer，並以 TBST buffer 清洗 PVDF 膜 10 分鐘 3 次。
16. 將 PVDF 膜與 ECL 反應於暗房中。
17. 曝光於感光底片下，將底片進行顯影。
18. 將 PVDF 膜裝於透明塑膠袋內與底片重疊，藉由 PVDF 膜上預染的蛋白質分子量標記判定底片上的蛋白質之分子量。

(三) 缺氧環境模擬

1. 先將不同濃度的紅景天萃取物，加入 Hep G2 中。
2. 接著將細胞放入模擬缺氧的 chamber 內。
3. 充入 1% O₂ 2 分鐘，2 大氣壓。
4. 8 個小時後，由 chamber 中取出，再放入 CO₂ 培養箱中。
5. 紅景天萃取物作用 30 小時後，收集上清液。
6. 做 western blot。

二、研究過程

(一) 細胞濃度測試：了解不同濃度和溶劑的紅景天萃取物對於細胞的影響，以選擇最佳的濃度和溶劑來做接下來的實驗。

1. 把 10 mg 的紅景天萃取物配成 1 ml 的水溶液，由於其中含有不溶於水的部分，我們將此溶液離心後，把不溶於水的部分使用 filter 過濾，以

剩餘液為基準。(注：雖然過濾後此水溶液的溶質將不到 10 mg，但我們仍將其濃度視為 10 mg/ml，以進行接下來的步驟。)

2. 將已培養 1 天的細胞培養液倒掉，以 PBS wash 後，再加入沒有血清之培養液 (serum free medium) 以及藥物，以步驟 1. 之水溶液稀釋為各種濃度和一控制組。
 3. 處理 24 和 48 小時後，觀察細胞的變化。
 4. 因為以水溶解紅景天萃取物時，有些成分不溶於水，而文獻在提及西藏人服用紅景天的方法中，有泡水與泡酒兩種，且酒精可能有助於將紅景天中不溶於水的藥物分子溶解出來，故我們也試著使用酒精做為溶劑。我們以 50% 和 100% 的酒精溶解 10 mg 的紅景天萃取物，再重複以上的步驟。
- (二) 以正常環境培養細胞的蛋白質分析：分析細胞分泌蛋白質的變化量
1. 設計一組控制組，另有以 0.01 $\mu\text{g/ml}$ 、0.03 $\mu\text{g/ml}$ 、0.1 $\mu\text{g/ml}$ 、0.3 $\mu\text{g/ml}$ 、1 $\mu\text{g/ml}$ 、3 $\mu\text{g/ml}$ 、10 $\mu\text{g/ml}$ 、30 $\mu\text{g/ml}$ 、100 $\mu\text{g/ml}$ 藥物濃度處理的十組細胞，同時培養 48 小時。
 2. 抽取上清液，以西方墨點法 (western blot) 比較 transferrin 和 albumin 分泌量的差異。
- (三) 模擬缺氧環境下培養細胞的蛋白質分析
1. 將細胞置於 chamber 中，並將 chamber 充入含氧量 1% 的缺氧氣體 2 分鐘。在此密閉環境培養 8 hr 後，取出至於正常環境下 22 hr，共計 30 hr。測量濃度為：控制組、0.03 $\mu\text{g/ml}$ 、0.1 $\mu\text{g/ml}$ 、0.3 $\mu\text{g/ml}$ 、1 $\mu\text{g/ml}$ 、3 $\mu\text{g/ml}$ 。
 2. 30 hr 後重複實驗 (二)，並觀察其蛋白質分泌量。

※ transferrin 分子量約 80kD；albumin 分子量約 66kD



chamber

1% O₂的氣體瓶

模擬缺氧裝置

陸、研究結果

(一) 細胞濃度測試

1. 以水為溶劑：

結果如圖一、表一、表二及圖二，100 $\mu\text{g/ml}$ 以下的藥物濃度對於細胞的影響不大，但由細胞計數的結果得知，在 30 $\mu\text{g/ml}$ 、100 $\mu\text{g/ml}$ 時細胞數目有些許的下降，而從 300 $\mu\text{g/ml}$ 開始，即可看見細胞的形態產生改變，此時鏡檢下觀察到細胞有飄起來的現象，1000 $\mu\text{g/ml}$ 時導致嚴重的細胞質外吐的現象，3000 $\mu\text{g/ml}$ 則產生類似凍結的定型狀況。

2. 以 50%酒精為溶劑

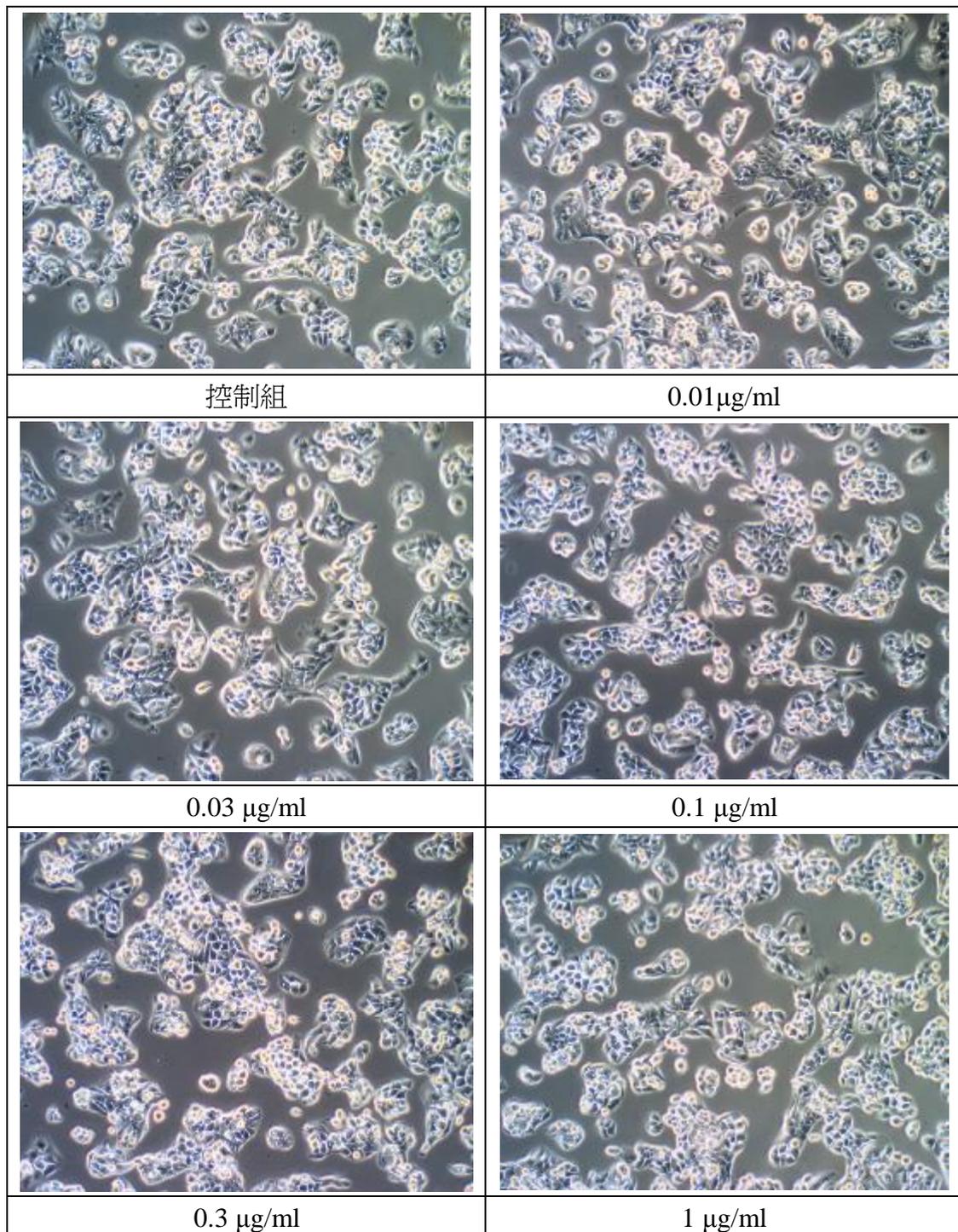
結果如圖三左，控制組的細胞狀況即不盡理想，藥物濃度 300 $\mu\text{g/ml}$ 始出現細胞質外吐的現象。在藥物濃度 3000 $\mu\text{g/ml}$ 時期致死現象極明顯。

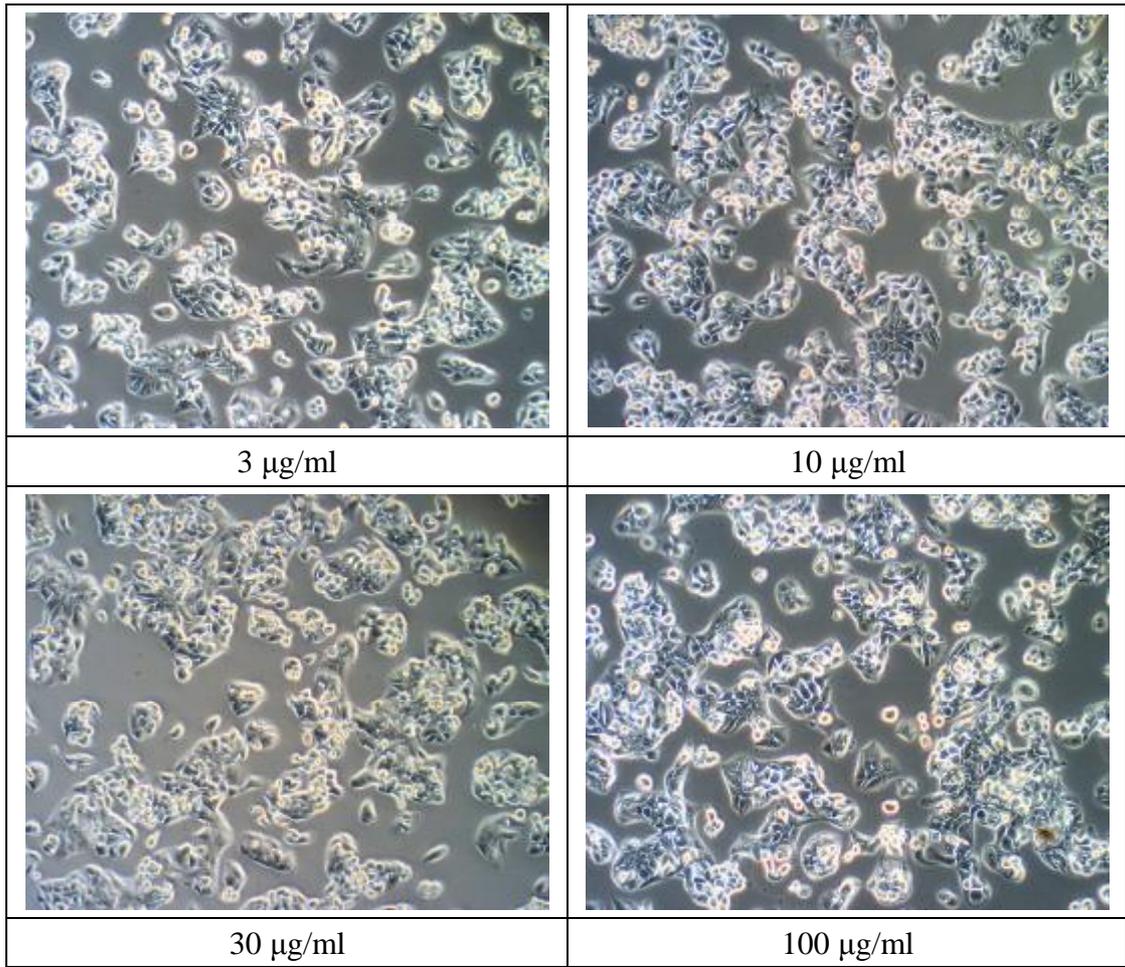
3. 以 100%酒精為溶劑

結果如圖三右，控制組的細胞狀況即不盡理想，細胞出現似凍結的定

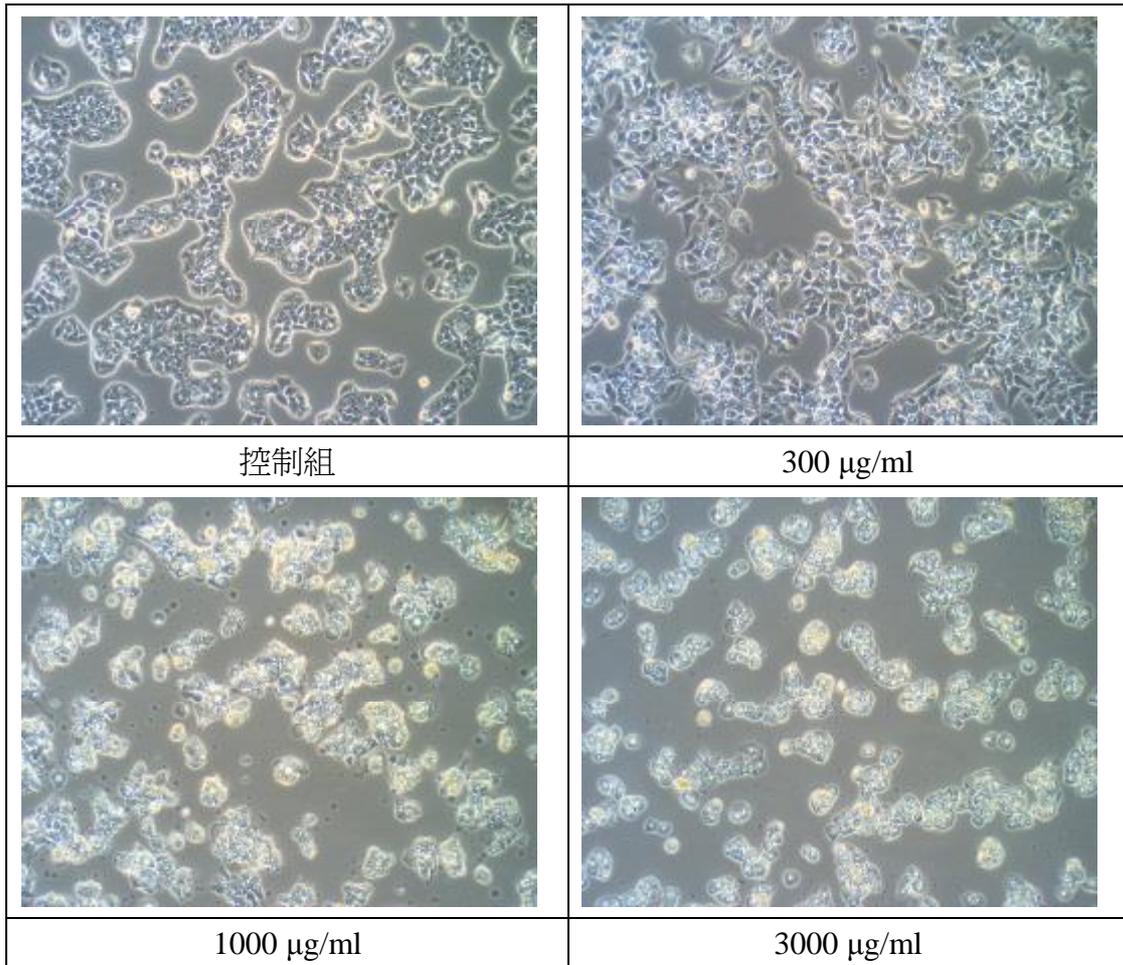
型狀況，雖未產生細胞質外吐的現象，但由分裂狀況可知細胞死亡極為嚴重。

※ 由以上實驗結果，因為以酒精為溶劑時，細胞死亡情形嚴重，因此之後的實驗皆以水為溶劑進行測試。



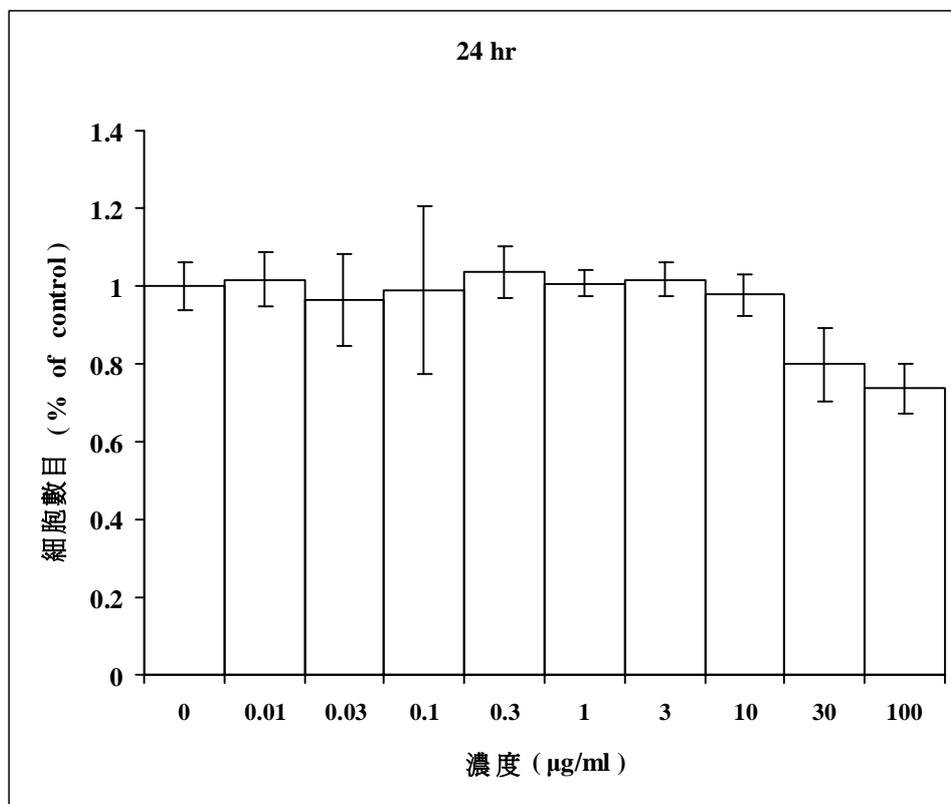


圖一 低濃度紅景天萃取物水溶液對細胞生長的影響 (200X)



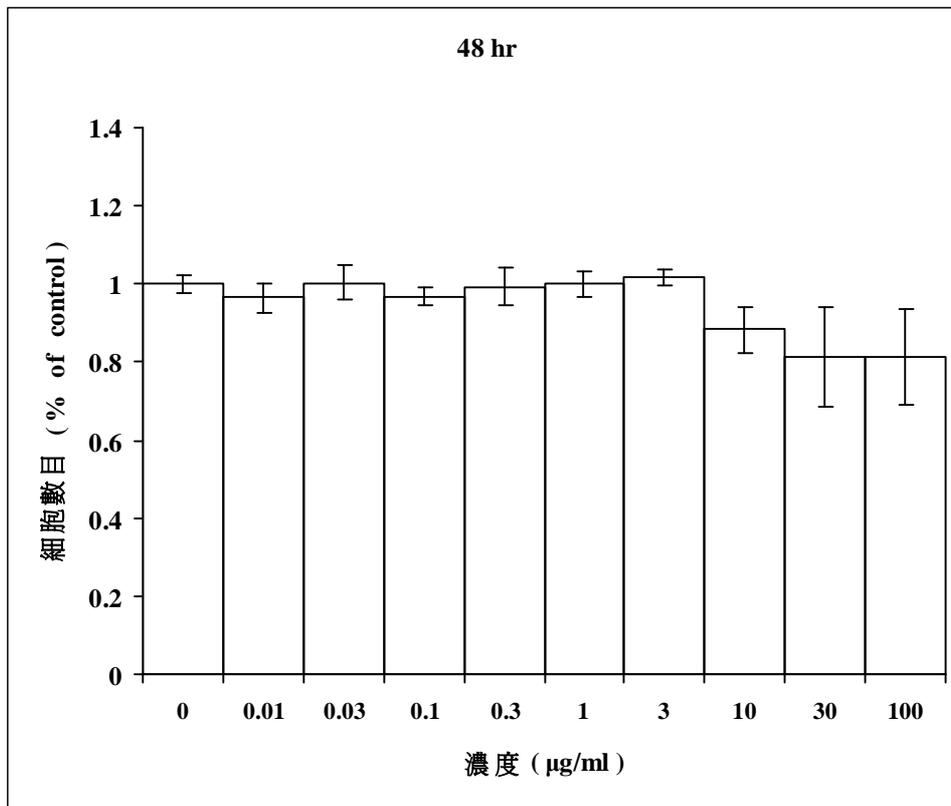
圖二 高濃度紅景天萃取物的水溶液對細胞生長的影響 (200X)

濃度 ($\mu\text{g/ml}$)	細胞數 (10000 個/mL)						平均個數 (10000 個/mL)	標準差	標準差佔平均 個數的比例	細胞數 相對於 control
0	169	169	152	157	157	145	158.2	9.5	6.0%	1
0.01	170	175	161	157	144	159	161.0	10.8	6.7%	1.017914
0.03	172	167	167	139	135	134	152.3	18.1	11.9%	0.963119
0.1	180	185	196	124	121	135	156.8	33.8	21.5%	0.99157
0.3	165	173	180	157	160	150	164.2	10.9	6.7%	1.037935
1	158	168	157	158	162	152	159.2	5.4	3.4%	1.006322
3	166	169	158	157	164	150	160.7	7.0	4.3%	1.015806
10	141	155	156	166	152	158	154.7	8.2	5.3%	0.977871
30	113	119	116	131	143	135	126.2	11.9	9.5%	0.797682
100	115	117	111	115	131	111	116.7	7.4	6.4%	0.737619

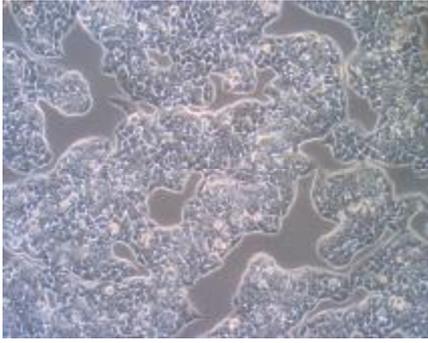
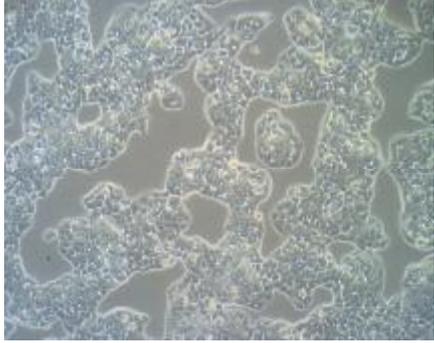
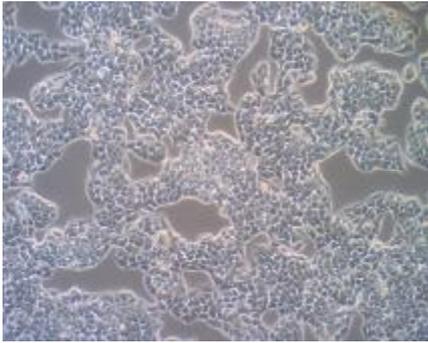
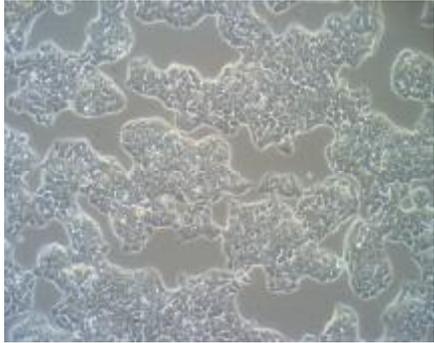
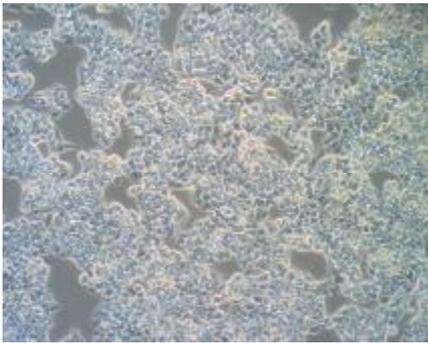
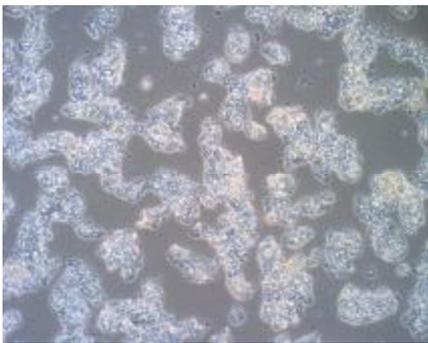


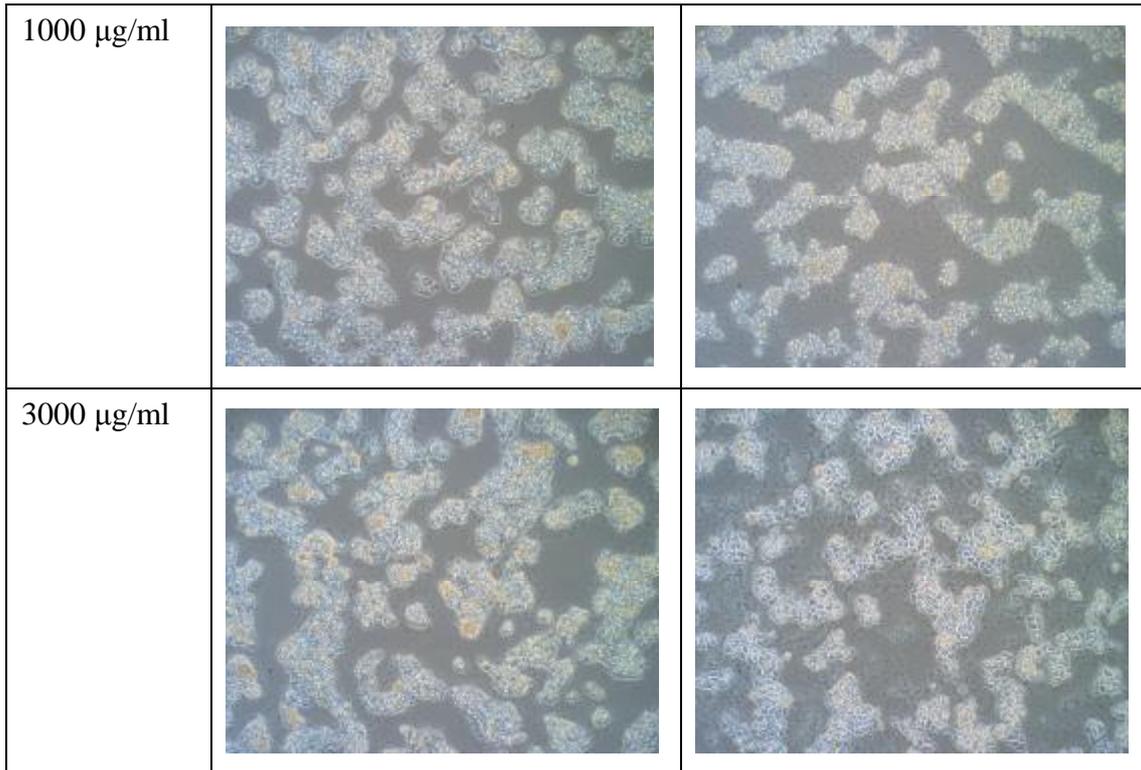
表一 24 hr 時，不同濃度下的細胞數量與控制組的比較

濃度 ($\mu\text{g/ml}$)	細胞數 (10000 個/mL)						平均個數 (10000 個/mL)	標準差	標準差佔平均 個數的比例	細胞數 相對於 control
0	261	265	266	269	278	261	266.7	6.3	2.4%	1
0.01	269	266	258	254	243	252	257.0	9.5	3.7%	0.96375
0.03	263	260	254	278	284	266	267.5	11.3	4.2%	1.003125
0.1	251	255	268	259	258	255	257.7	5.8	2.2%	0.96625
0.3	279	270	277	264	254	245	264.8	13.3	5.0%	0.993125
1	278	268	260	255	273	265	266.5	8.4	3.2%	0.999375
3	265	278	271	266	268	277	270.8	5.6	2.1%	1.015625
10	244	238	257	221	227	224	235.2	13.8	5.9%	0.881875
30	181	205	192	246	236	239	216.5	27.4	12.6%	0.811875
100	190	197	190	248	238	237	216.7	27.1	12.5%	0.8125



表二 48 hr 時，不同濃度下的細胞數量與控制組的比較

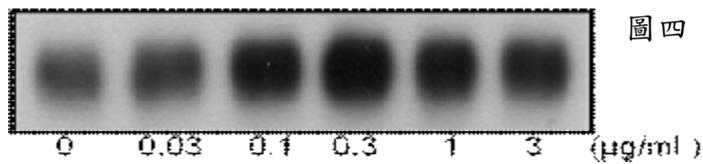
	48 小時 - 50%酒精 (200x)	48 小時 - 100%酒精 (200x)
控制組		
30 $\mu\text{g/ml}$		
100 $\mu\text{g/ml}$		
300 $\mu\text{g/ml}$		



圖三 紅景天萃取物溶於 50% 酒精和 100% 酒精在不同濃度下對細胞生長的影響

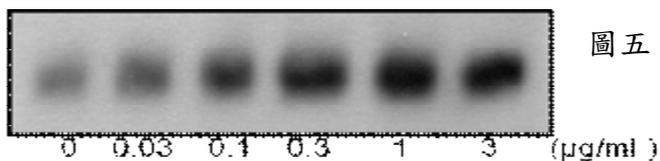
(二) 以正常環境培養細胞的蛋白質分析

1. transferrin 分泌量比較



結果如圖四。細胞濃度由左而右為：控制組、0.03 $\mu\text{g/ml}$ 、0.1 $\mu\text{g/ml}$ 、0.3 $\mu\text{g/ml}$ 、1 $\mu\text{g/ml}$ 、3 $\mu\text{g/ml}$ 。整體而言，實驗組皆較控制組的 transferrin 分泌量來的多，但仍有一最大值在藥物濃度為 0.3 $\mu\text{g/ml}$ 的時候，在這之後，分泌量變逐漸遞減。

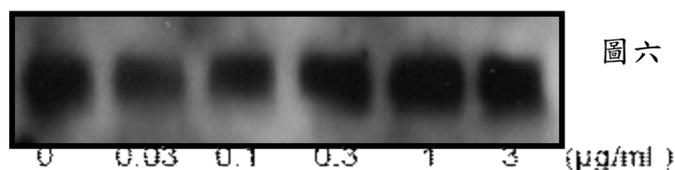
2. albumin 分泌量比較



結果如圖五。細胞濃度由左而右為：控制組、0.03 $\mu\text{g/ml}$ 、0.1 $\mu\text{g/ml}$ 、0.3 $\mu\text{g/ml}$ 、1 $\mu\text{g/ml}$ 、3 $\mu\text{g/ml}$ 。情形與 transferrin 十分類似，但表現量的最大值出現在藥物濃度為 1 $\mu\text{g/ml}$ 的時候。

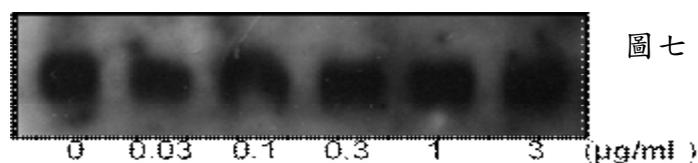
(三) 模擬缺氧環境下培養細胞的蛋白質分析

1. transferrin 分泌量比較



結果如圖六。細胞濃度由左而右為：控制組、0.03 $\mu\text{g/ml}$ 、0.1 $\mu\text{g/ml}$ 、0.3 $\mu\text{g/ml}$ 、1 $\mu\text{g/ml}$ 、3 $\mu\text{g/ml}$ 。由於控制組在壓片時有些背景上的干擾，使得結果不太明顯，但是將 0.3 $\mu\text{g/ml}$ 、1 $\mu\text{g/ml}$ 、3 $\mu\text{g/ml}$ 和 0.03 $\mu\text{g/ml}$ 、0.1 $\mu\text{g/ml}$ 做比較仍可看出蛋白質分泌量的趨勢，也就是高濃度時的分泌量較高。

2. albumin 分泌量比較



結果如圖七。細胞濃度由左而右為：控制組、0.03 $\mu\text{g/ml}$ 、0.1 $\mu\text{g/ml}$ 、0.3 $\mu\text{g/ml}$ 、1 $\mu\text{g/ml}$ 、3 $\mu\text{g/ml}$ 。在此實驗中，albumin 分泌量的結果並不明顯，是否同樣受到背景干擾的影響，或者 albumin 是否真的和生物體對抗缺氧環境相關，這些問題都值得進一步探討。

柒、討論

- (一) 在測試藥物濃度對細胞影響時，發現一旦高過 300 $\mu\text{g/ml}$ ，便容易對細胞造成致死的現象。而使用酒精作為藥物萃取液時，不論任何濃度皆會對細胞造成致死現象。因此我們將測試濃度逐步降低，最終以 0.01 $\mu\text{g/ml}$ 、0.03 $\mu\text{g/ml}$ 、0.1 $\mu\text{g/ml}$ 、0.3 $\mu\text{g/ml}$ 、1 $\mu\text{g/ml}$ 、3 $\mu\text{g/ml}$ 、10 $\mu\text{g/ml}$ 、30 $\mu\text{g/ml}$ 、100 $\mu\text{g/ml}$ 做為測試藥物是否對細胞造成影響的實驗用濃度，並以水做為萃取藥物的溶劑。

- (二) 我們從 ATCC-The Global Bioresource Center 的網站得知 Hep G2 肝癌細胞株所會分泌的蛋白中尋找可能受紅景天萃取物影響的蛋白質，而 transferrin 和 albumin 為較可能符合此要件的蛋白質。因此我們的實驗主要在於探討紅景天萃取物對於此二種蛋白質分泌量的改變。
- (三) 細胞分泌出來 albumin 的量較 transferrin 來的多，因此在作 western blot 時用來跑膠的濃度較低。另外，在壓片時所需的時間也較短。
- (四) 我們主要是探討紅景天萃取物對於細胞處在健康的狀態時蛋白質的表現狀況。30 µg/ml 的藥物濃度在蛋白質分泌量上雖然很高，但是細胞數卻較控制組少，所以之後的實驗並沒有再採用這個濃度。我們推測，當藥物濃度並未太高時，紅景天藥物是可以促進活下來的細胞蛋白質分泌量的增加。
- (五) 綜合細胞計數和 western blot 的結果，我們發現在正常環境下培養的細胞，其 transferrin 和 albumin 的分泌量與藥物濃度呈現正相關。
- (六) 在模擬缺氧環境時，第一次以 2atm 充氣 10 分鐘，卻發現細胞型態受到改變，造成細胞死亡，於是便逐漸改變充氣時間，發現在 2atm 充氣 2 分鐘效果最好。
- (七) 在缺氧環境下，藥物濃度與蛋白分泌改變量關係雖較不明顯，但是 transferrin 分泌量的改變與紅景天的濃度仍然成正相關，至於 albumin 則不太明顯。

捌、結論與未來展望

由實驗得知，細胞所能接受的藥物濃度有一定的範圍，而在此範圍內，紅景天萃取物對細胞蛋白質分泌量的確會產生影響。在正常的狀態培養，蛋白質分泌量隨藥物濃度增加呈正相關，而在缺氧的環境下，經藥物處理的細胞，蛋白質分泌量的在 transferrin 這個部份仍會增加，但在 albumin 這部分卻不明顯，原因有待進一步查證。從這次的實驗中，我們學到了很多實驗的態度與方法，學習如何在這未知的領域中，一步一步地在挫折中不斷尋求突破，或許並非每次出現的結果都如我們所預料，但所有的挫敗也都成為我們修正實驗方向、持續下去的動力。

未來的發展可分為兩部分：

一、學術方面：

1. 探討紅景天萃取物在細胞內的作用機制，運用反轉錄聚合酶鏈反應 (Reverse transcription-polymerase chain elongation reaction; RT-PCR)技術研究基因調控。
2. 探討血液或是身體其他部位的細胞，如：肺、腦，對紅景天萃取物的反應，進而了解紅景天藥物對全身性的影響。

二、應用方面：

1. 藉由實驗判斷紅景天萃取物作為保健藥品之用的適宜服用劑量，以期能為大眾所接受。
2. 藉由架構起此研究平臺，未來對其他種不同藥物進行相關的研究會更加容易。

玖、參考資料及其他

1. 生化實驗：基礎操作原理與方法(何桂幸,曾木金譯)(第三版)。生化實驗：基礎操作原理與方法。第 342~351 頁
2. G. Martin, R. Andriamanalijaona, et al. (2004). Effect of Hypoxia and Reoxygenation on Gene Expression and Response to Interleukin-1 in Cultured Articular Chondrocytes. *Arthritis & Rheumatism*, 50, 3549~3560.
3. 陳玉滿、陳江、毛光明、傅劍云，大花紅景天的抗缺氧作用研究，浙江預防醫學, 2007 年第 19 卷第 1 期 92~93 頁
4. 季宇彬、耿欣、汲晨鋒，紅景天研究進展，天津中醫藥, 2007 年 2 月第 24 卷第 1 期 81~82 頁，
5. 高偉峰、郭健中。登山醫學 高山症、登山醫療記錄與身體檢查評估、案例分析
http://www.mhbfma.idv.tw/xoops/modules/newbb/viewtopic.php?topic_id=14&forum=1
6. 維基百科：
<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E9%AB%98%E5%B1%B1%E7%97%87&variant=zh-tw>

【評語】 040711

紅景天為著名成藥，一般宣稱對高山症有舒緩的效果。
本研究擬用細胞培養方法去探討紅景天萃取物的生理功效。
可能是時間不夠，本研究之成果不算豐碩且新發現不多。