

臺北市第 46 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學

組 別：國小組

作品名稱：美白的秘密—如何讓牛蒡持續美白

關 鍵 詞：褐變、牛蒡、檸檬水

編 號：

美白的秘密--如何讓牛蒡持續美白

摘要

我們將白蘿蔔、地瓜、馬鈴薯、茄子、牛蒡、蓮藕切片後暴露在空氣中，觀察褐變的情形，發現白蘿蔔和地瓜不會褐變，而馬鈴薯、牛蒡、茄子、蓮藕和山藥都會發生褐變；其中牛蒡是變色最快且顏色最深的。後面的實驗就針對牛蒡做研究，我們訂定牛蒡切面顏色變化的比對圖，來進行顏色的等級判斷。我們將牛蒡切片浸泡自來水、以及不同濃度的各種水溶液中，發現預防褐變的效果由好到差依序是：檸檬水>食鹽水>大蒜水>糖水>薑水>自來水>白醋水>米酒水。綜合結論是：如果馬上就要烹煮，最方便的方法是將切好的牛蒡浸泡在水中，並在5分鐘內烹煮，就能維持美白(不褐變)；如果要最有效而且維持最長時間的美白，則要在100ml自來水中，加入15ml現擠檸檬汁(約半顆檸檬)，再將切好的牛蒡浸泡在裡面。如果牛蒡已經褐變了，不要丟掉！只要在100ml自來水中，加入15ml現擠檸檬汁，把已經褐變的牛蒡放入浸泡，就會恢復美白，泡得越久就越白，這可是純天然的漂白劑喔！

壹、研究動機

最近媽媽、我和弟弟一起到日本料理店吃飯，有一項配菜是牛蒡絲，又白又脆。媽媽問老闆：「為什麼你們店裡的牛蒡絲這麼白呢？」，老闆說：「切完要馬上泡水，就不會變黑。」媽媽告訴我們說她每次煮牛蒡都會變黑，可是店裡的都不會，所以她才想要問問看。我們聽完之後很好奇，於是上網查了資料，發現不只牛蒡會變色，許多水果和蔬菜也會，但是到底為什麼牛蒡會變色呢？我想到五年級上學期自然課「空氣與燃燒」單元學到：有些物質會和氧氣作用，產生變化；不同的物質相遇，也可能發生化學反應，如醋遇到小蘇打粉會產生二氧化碳。牛蒡變色是因為和空氣接觸嗎？若加入其他物質會改變反應嗎？要使牛蒡維持白嫩不變色，真的只要泡水就可以了嗎？還有其他方法嗎？於是我們決定一起研究，找出讓牛蒡持續美白的秘密！

貳、研究目的

- 一、探討各種不同蔬菜切片後暴露在空氣中，橫切面褐變的情形。
- 二、製作牛蒡褐變顏色變化程度的比對表。
- 三、探討切片後的牛蒡浸泡自來水後，橫切面褐變的情形。
- 四、探討切片後的牛蒡浸泡不同濃度的水溶液後，橫切面褐變的情形。
- 五、探討牛蒡褐變後，浸泡不同水溶液後，橫切面是否能恢復原來顏色。
- 六、利用肉眼及複式顯微鏡觀察並比較褐變前後的牛蒡細胞。

參、研究設備與器材

- 一、 儀器：攪拌棒、量筒、電子天秤、燒杯、水果刀、培養皿、溫度計、數位相機、計時器、複式顯微鏡。
- 二、 材料：白蘿蔔、地瓜、馬鈴薯、茄子、牛蒡、蓮藕、山藥、蒜頭、檸檬、薑、自來水、白醋(工研醋)、米酒(紅標米酒)、食鹽(台塩特級精鹽)、白砂糖(台糖精緻特砂)。

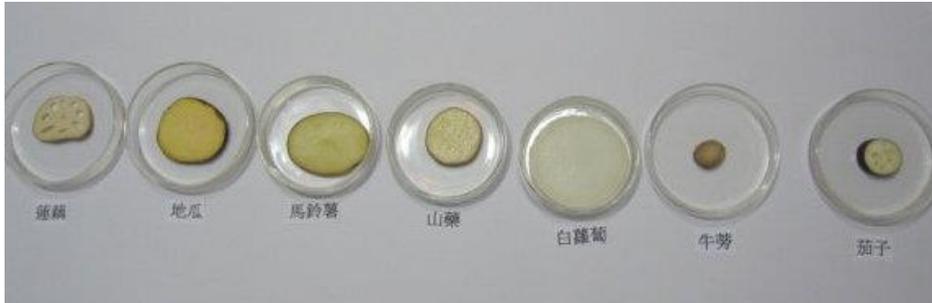
					
電子天秤	計時器	白砂糖	食鹽	白醋	紅標米酒
					
依序為： 白蘿蔔 蓮藕 山藥 地瓜 茄子 馬鈴薯 牛蒡			依序為： 薑 檸檬 蒜頭		

圖一、實驗儀器與材料

肆、研究過程或方法

一、探討各種不同蔬菜切片後暴露在空氣中，橫切面褐變的情形。

(一)將白蘿蔔、地瓜、馬鈴薯、茄子、牛蒡、蓮藕切片放在培養皿中。



圖二、各種切片蔬菜

(二)每隔一段時間，觀察橫切面所產生的褐變情形，拍照並將結果記錄於表格內。

二、製作牛蒡褐變顏色變化程度的比對表。

(一)將未經任何處理的牛蒡切片放在培養皿中，觀察並拍照記錄褐變過程中的顏色變化。

(二)將顏色變化由最淺到最深分為五級，製成比對表，提供接下來的實驗比對顏色之用。

三、探討切片後的牛蒡浸泡自來水後，橫切面褐變的情形。

(一)將牛蒡切片浸泡在自來水中，五分鐘後取出放在培養皿中。

(二)每隔一段時間，觀察橫切面所產生的褐變情形，拍照並將結果記錄於表格內。

四、探討切片後的牛蒡浸泡不同濃度的水溶液後，橫切面褐變的情形。

(一)配製以下各種不同濃度的水溶液

- 1.食鹽水：在100ml自來水中，分別加入1克、2克、3克、4克、5克及6克特級精鹽，並讓鹽充分溶解。
- 2.糖水：在100ml自來水中，分別加入1克、2克、3克、4克、5克及6克白砂糖，並讓糖充分溶解。
- 3.白醋水：在100ml自來水中，分別加入1ml、2ml、5ml、10ml、15ml及20ml工研醋，並攪拌均勻。
- 4.米酒水：在100ml自來水中，分別加入1ml、2ml、5ml、10ml、15ml及20ml米酒，並攪拌均勻。
- 5.檸檬水：在100ml自來水中，分別加入1ml、2ml、5ml、10ml、15ml及20ml現擠的檸檬汁，並攪拌均勻。
- 6.大蒜水：在100ml自來水中，分別加入1克、2克、3克、4克、5克及6克切碎的大蒜，並攪拌均勻。
- 7.薑水：在100ml自來水中，分別加入1克、2克、3克、4克、5克及6克切碎的薑，並攪拌均勻。



圖三、實驗操作圖

- (二)將牛蒡切片分別浸泡在以上各種不同濃度的水溶液中，五分鐘後取出放在培養皿中。
- (三)每隔一段時間，觀察橫切面所產生的褐變情形，拍照並將結果記錄於表格內。

五、探討牛蒡褐變後，浸泡不同水溶液後，橫切面是否能恢復原來顏色。

- (一)將牛蒡切片放在培養皿中，靜置10分鐘，觀察褐變情形。
- (二)將褐變後的牛蒡切片分別放入以下五種水溶液中。
 - 1.自來水。

- 2.食鹽水：在100ml自來水中，加入2克特級精鹽，並讓鹽充分溶解。
- 3.檸檬水：在100ml自來水中，加入15ml現擠的檸檬汁，並攪拌均勻。
- 4.大蒜水：在100ml自來水中，加入3克切碎的大蒜，並攪拌均勻。
- 5.薑水：在100ml自來水中，加入2克切碎的大薑，並攪拌均勻。

(三)每隔一段時間取出觀察牛蒡橫切面的顏色變化情形，拍照並將結果記錄於表格內。



六、利用肉眼及複式顯微鏡觀察並比較褐變前後的牛蒡細胞。

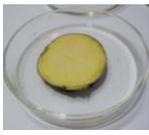
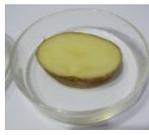
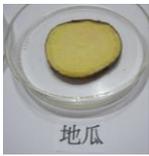
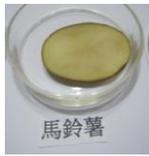
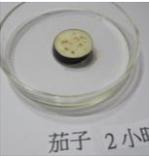
- (一)利用肉眼觀察剛切下尚未褐變的牛蒡切片，以及放置空氣中兩小時已褐變的牛蒡切片，比較橫切面的顏色差異。
- (二)利用刀片分別切取未褐變及褐變後的牛蒡薄片，製作成玻片標本。
- (三)將玻片標本製於複式顯微鏡下觀察，比較褐變前後的牛蒡細胞，以及同一切面但不同部位的細胞，並使用數位相機拍照。

伍、研究結果

一、探討各種不同蔬菜切片後暴露在空氣中，橫切面褐變的情形。

(一)各種不同蔬菜切片後暴露在空氣中，橫切面褐變的情形如下表

表一、各種蔬菜切片後暴露在空氣中，橫切面褐變情形(+代表變色，-代表不變色)

	白蘿蔔	地瓜	馬鈴薯	茄子	牛蒡	蓮藕	山藥
5分	-	-	-	+	+	-	-
10分	-	-	-	+	+	-	+
20分	-	-	-	+	+	+	+
30分	-	-	+	+	+	+	+
40分	-	-	+	+	+	+	+
1小時	-	-	+	+	+	+	+
2小時	-	-	+	+	+	+	+
新鮮切面							
2小時切面	 白蘿蔔	 地瓜	 馬鈴薯	 茄子 2小時	 牛蒡	 蓮藕	 山藥
顏色變化	顏色未改變	肉質部分顏色未改變，但皮和肉接觸部位出現少量黑色斑塊	肉質部分出現分散的淺褐斑塊，面積隨著時間擴大，顏色逐漸加深，略呈透明	種子變為褐色，隨時間逐漸加深。肉質部分在10分鐘後顏色逐漸轉為淺褐色	顏色變為褐色，並隨著時間逐漸加深。靠近皮的部位有一圈顏色明顯更深	顏色均勻的轉變為粉紫紅色，並隨著時間逐漸加深	中心部位出現不規則的褐色斑塊，面積隨著時間擴大，顏色逐漸加深

(二)觀察各種蔬菜切面的褐變情形，可以得知白蘿蔔和地瓜不會褐變，而馬鈴薯、牛蒡、茄子、蓮藕和山藥都會發生褐變的情形。

(三)馬鈴薯、牛蒡、蓮藕和山藥都是屬於根莖類的蔬菜，主要褐變部位是肉質部位；茄子屬於果實，褐變最明顯的是種子的周圍。

(四)比較馬鈴薯、牛蒡、蓮藕和山藥的褐變情形，我們發現褐變速度：

牛蒡>山藥>蓮藕>馬鈴薯

(五)比較馬鈴薯、牛蒡、蓮藕和山藥的褐變情形，我們發現褐變前後的顏色差異度：

牛蒡>山藥>馬鈴薯>蓮藕

二、製作牛蒡褐變顏色變化程度的比對表。

(一)未經處理的牛蒡橫切面顏色變化程度的比對表

橫切面顏色					
顏色等級	1 (未褐變)	2	3	4	5 (顏色不再加深)

圖五、未經處理的牛蒡橫切面顏色變化程度的比對圖

(二)接下來的實驗中，都以這個比對圖來進行顏色等級判斷。

三、探討切片後的牛蒡浸泡自來水後，橫切面褐變的情形。

(一)切片後的牛蒡浸泡自來水後，橫切面褐變的情形如下表。

表二、切片後的牛蒡浸泡自來水5分鐘後取出，橫切面褐變情形

時間	0分	5分	10分	20分	30分	1小時	2小時
橫切面顏色等級	1	2	3	3	3	3	4

(二)浸泡自來水 5分鐘後的牛蒡橫切面，仍然會褐變，但和未經過處理的橫切面比較起來，顏色較淡，褐變情形較輕微，由此可知浸泡自來水對於預防褐變是有效果的。

(三)浸泡自來水之後，可以維持大約5分鐘不褐變。

(四) 浸泡過自來水的牛蒡切片，在5分鐘時，切片表面就已經乾了。

四、探討切片後的牛蒡浸泡不同濃度的水溶液後，橫切面褐變的情形。

(一)食鹽水

1.切片後的牛蒡浸泡不同濃度的食鹽水後，橫切面褐變的情形如下表。

表三、切片後的牛蒡浸泡不同濃度的食鹽水5分鐘後，橫切面褐變情形

	1 克	2 克	3 克	4 克	5 克	6 克
0 分	1	1	1	1	2	2
5 分	1	1	1	1	2	2
10 分	1	1	1	1	2	2
20 分	2	1	1	1	2	2
30 分	2	1	2	2	2	2
40 分	2	1	2	2	2	2
1 小時	2	1	2	2	2	2
2 小時	2	2	2	2	2	2

- 2.不論浸泡何種濃度的食鹽水，和未經過處理的橫切面比較起來，顏色都比較淡，褐變情形都能獲得明顯的改善。
- 3.在 6種食鹽水濃度中，預防褐變效果最好的是在100ml水中加入2克食鹽的食鹽水。
- 4.浸泡過 3克以上食鹽水的牛蒡切片，放在培養皿之後，會維持濕潤。而泡過 2克以下食鹽水的切片則在20分時，切片表面就已經乾了。

(二)糖水

- 1.切片後的牛蒡浸泡不同濃度的糖水後，橫切面褐變的情形如下表。

表四、切片後的牛蒡浸泡不同濃度的糖水5分鐘後，橫切面褐變情形

	1 克	2 克	3 克	4 克	5 克	6 克
0 分	1	1	1	1	2	2
5 分	1	1	1	2	2	2
10 分	1	1	1	2	2	2
20 分	2	1	2	2	2	2
30 分	2	1	2	2	2	2
40 分	2	1	2	2	2	2
1 小時	2	2	2	2	2	2
2 小時	2	2	2	2	2	2

- 2.不論浸泡何種濃度的糖水，和未經過處理的橫切面比較起來，顏色都比較淡，褐變情形都能獲得明顯改善。
- 3.在 6種糖水濃度中，預防褐變效果最好的是在100ml水中加入2克白砂糖的糖水。

(三)白醋水

- 1.切片後的牛蒡浸泡不同濃度的白醋水後，橫切面褐變的情形如下表。

表五、切片後的牛蒡浸泡不同濃度的白醋水5分鐘後，橫切面褐變情形

	1ml	2ml	5ml	10ml	15ml	20ml
0分	3	3	2	2	2	2
5分	3	3	2	2	3	3
10分	3	3	3	2	3	3
20分	3	3	3	3	3	3
30分	3	3	3	3	3	3
40分	3	3	3	3	3	3
1小時	3	3	3	3	3	3
2小時	3	3	3	3	3	3

2.不論浸泡何種濃度的白醋水，和未經過處理的橫切面比較起來，顏色都比較淡，褐變情形都能獲得改善。

3.在 6種白醋水濃度中，預防褐變效果最好的是在100ml水中加入10ml白醋的白醋水。

(四)米酒水

1.切片後的牛蒡浸泡不同濃度的米酒水後，橫切面褐變的情形如下表。

表六、切片後的牛蒡浸泡不同濃度的米酒水5分鐘後，橫切面褐變情形

	1ml	2ml	5ml	10ml	15ml	20ml
0分	4	4	4	3	3	3
5分	4	4	4	4	3	3
10分	4	4	4	4	3	3
20分	4	4	4	4	3	3
30分	4	4	4	4	4	3
40分	4	4	4	4	4	4
1小時	4	4	4	4	4	4
2小時	4	4	4	4	4	4

2.不論浸泡何種濃度的米酒水，和未經過處理的橫切面比較起來，顏色都比較淡，褐變情形都能獲得少許改善，但是效果並不明顯。

3.在 6種米酒水濃度中，預防褐變效果較好的是在100ml水中加入20ml米酒的米酒水。

(五)檸檬水

1.切片後的牛蒡浸泡不同濃度的檸檬水後，橫切面褐變的情形如下表。

表七、切片後的牛蒡浸泡不同濃度的檸檬水5分鐘後，橫切面褐變情形

	1ml	2ml	5ml	10ml	15ml	20ml
0分	2	2	1	1	1	1
5分	2	2	1	1	1	1

10分	2	2	1	1	1	1
20分	2	2	1	1	1	1
30分	2	2	2	1	1	1
40分	2	2	2	1	1	1
1小時	2	2	2	2	1	2
2小時	2	2	2	2	1	2

- 2.不論浸泡何種濃度的檸檬水，和未經過處理的橫切面比較起來，顏色都比較淡，褐變情形都能獲得明顯改善。
- 3.在 6種檸檬水濃度中，預防褐變效果最好的是在100ml水中加入15ml新鮮檸檬汁的檸檬水。

(六)大蒜水

- 1.切片後的牛蒡浸泡不同濃度的大蒜水後，橫切面褐變的情形如下表。

表八、切片後的牛蒡浸泡不同濃度的大蒜水5分鐘後，橫切面褐變情形

	1克	2克	3克	4克	5克	6克
0分	1	1	1	1	1	1
5分	1	1	1	1	1	1
10分	1	1	1	1	1	1
20分	2	1	1	1	1	2
30分	2	1	1	1	1	2
40分	2	2	1	2	2	2
1小時	2	2	2	2	2	2
2小時	2	2	2	2	2	2

- 2.不論浸泡何種濃度的大蒜水，和未經過處理的橫切面比較起來，顏色都比較淡，褐變情形都能獲得明顯改善。
- 3.不論哪一種濃度的大蒜水，都能維持至少10分鐘的預防褐變效果。
- 4.在 6種大蒜水濃度中，預防褐變效果最持久的是在100ml水中加入3克切碎大蒜的大蒜水。

(七)薑水

- 1.切片後的牛蒡浸泡不同濃度的薑水後，橫切面褐變的情形如下表。

表九、切片後的牛蒡浸泡不同濃度的薑水5分鐘後，橫切面褐變情形

	1克	2克	3克	4克	5克	6克
0分	2	1	1	1	2	2
5分	2	1	1	2	2	2
10分	2	2	1	2	2	2

20分	2	2	2	2	2	2
30分	2	2	2	2	2	2
40分	2	2	2	2	2	2
1小時	2	2	2	2	2	2
2小時	2	2	2	2	2	2

2.不論浸泡何種濃度的薑水，和未經過處理的橫切面比較起來，顏色都比較淡，褐變情形都能獲得明顯改善。

3.在 6種薑水濃度中，預防褐變效果最好的是在100ml水中加入3克切碎薑的薑水。

(八)比較各種水溶液之後，我們發現：

1.浸泡自來水和七種水溶液，都有預防褐變的效果。

2.預防褐變的效果，依序為：

檸檬水 > 食鹽水 > 大蒜水 > 糖水 > 薑水 > 自來水 > 白醋水 > 米酒水

3.米酒水預防褐變效果最差，雖然顏色沒有達到最深，但是仍然可以看出來有明顯的褐變。

4.白醋水預防褐變效果也不好，顏色等級到達3，仍然可以看出來有明顯的褐變。

5.預防褐變效果最好的是加入15ml新鮮檸檬汁的檸檬水，能維持2小時不褐變。其次是加入2克食鹽的食鹽水，能維持1小時不褐變。

五、探討牛蒡褐變後，浸泡不同水溶液後，橫切面是否能恢復原來顏色。

(一)牛蒡褐變後，浸泡不同水溶液後，橫切面顏色變化情形如下表。

表十、牛蒡褐變後，浸泡在不同水溶液中，橫切面顏色變化情形

	自來水	食鹽水	檸檬水	大蒜水	薑水
未浸泡前	5	5	5	5	5
5分	5	4	3	4	4
10分	4	4	3	4	4
20分	4	4	2	4	4
30分	4	3	2	3	3
40分	4	3	2	3	3
1小時	4	3	2	2	3
2小時	3	2	1	2	2

(二)牛蒡橫切面褐變之後，浸泡以上五種水溶液，都能使褐變顏色變淡。

(三)浸泡2小時後，讓褐變牛蒡恢復美白的顏色程度，依序為：

檸檬水 > 大蒜水 = 食鹽水 = 薑水 > 自來水

(四)讓褐變牛蒡恢復美白的速度，依序為：

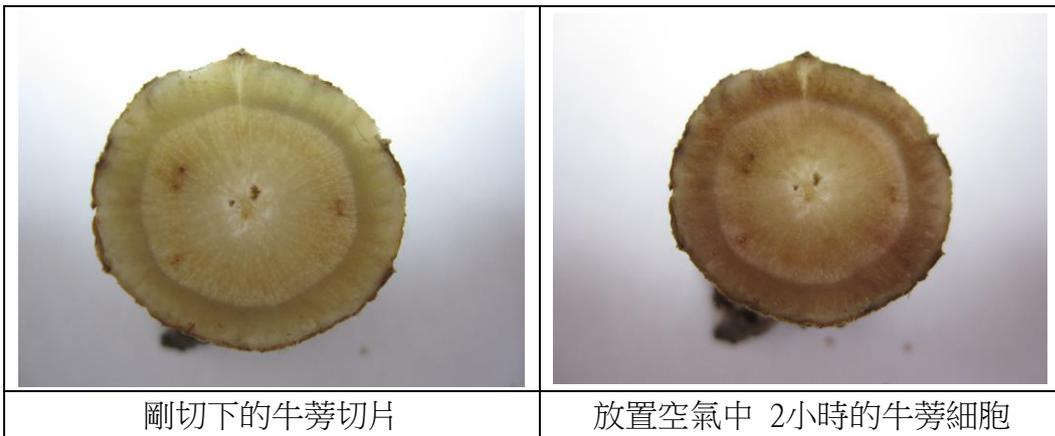
檸檬水 > 大蒜水 > 食鹽水 = 薑水 > 自來水

(五)讓檸檬水褐變牛蒡恢復美白的效果最好也最快，如果浸泡2小時以上，可以恢復到非常接近褐變前的顏色。

六、利用肉眼及複式顯微鏡觀察並比較褐變前後的牛蒡細胞。

(一)利用肉眼觀察牛蒡橫切面，可以發現：

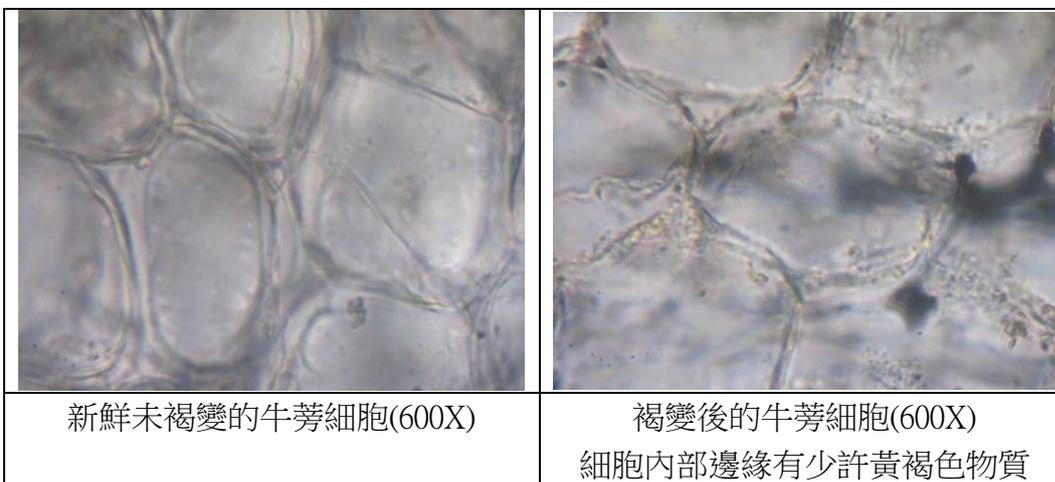
- 1.剛切下的牛蒡切片，橫切面肉質部分為淡淡的黃褐色，靠近皮的部分有一圈顏色略深的環紋，周圍並有放射狀的花紋。
- 2.隨著時間過去，顏色逐漸加深，最後肉質部分為深褐色，環紋的顏色加深速度較快，顏色也明顯較深，呈現深褐色，周圍並有放射狀的深褐色花紋。

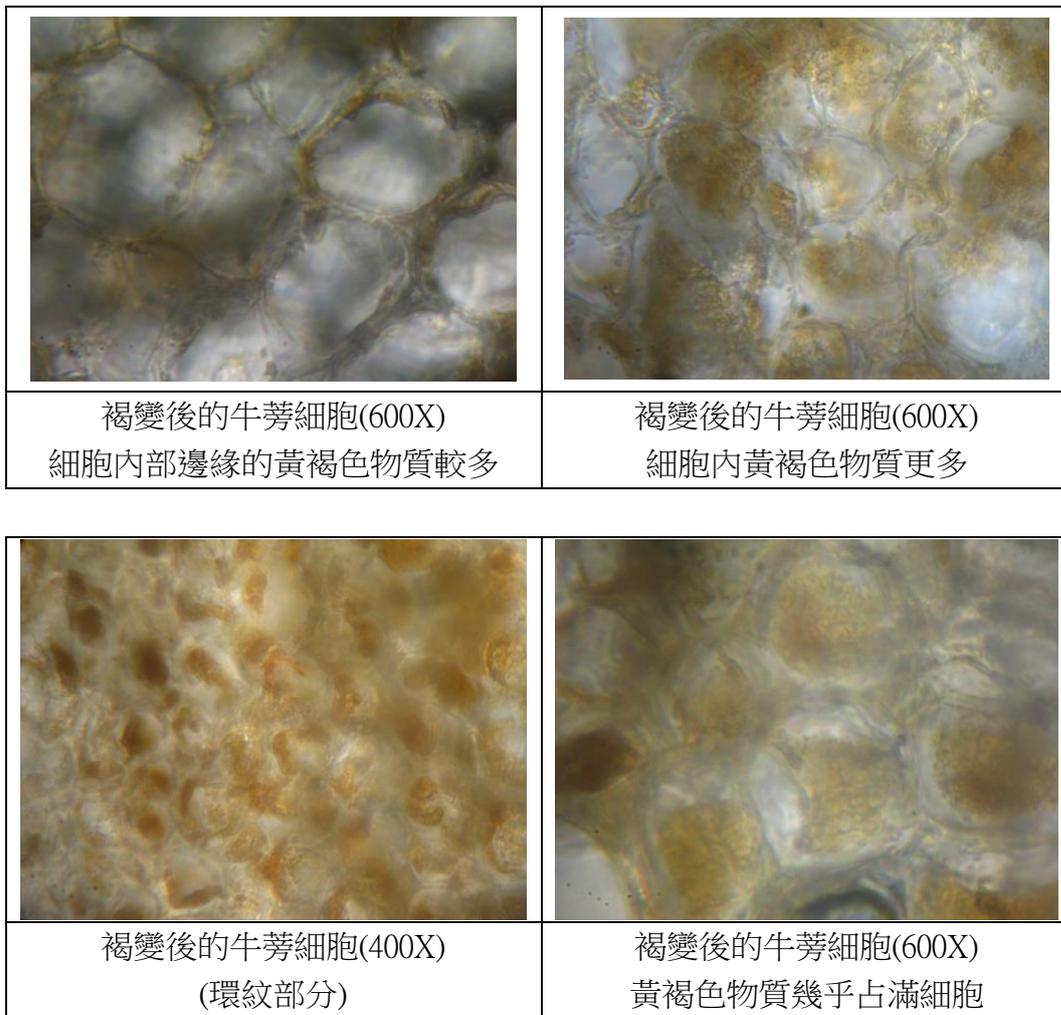


圖六、牛蒡切片褐變前後顏色變化圖

(二)利用複式顯微鏡觀察牛蒡細胞，可以發現：

- 1.新鮮剛切下的褐變前的牛蒡細胞內為無色透明。
- 2.放置空氣中 2小時的牛蒡細胞：
 - (1)顏色較淺的細胞中，沿著細胞內部邊緣有一些黃褐色物質。
 - (2)顏色越深的細胞中，黃褐色物質越多。
 - (3)環紋部分的黃褐色物質最多幾乎占滿整個細胞。





圖七、牛蒡細胞的顯微照相圖

陸、討論

一、根據我們從文獻資料及網路搜尋所得到的資料，我們發現有些蔬果內含有多酚類化合物(Polyphenol)和多酚氧化酶(Polyphenol oxidase)，這兩種物質平常被細胞的結構分隔，一但蔬果被切開或磨碎使細胞結構損壞，兩者就有接觸的機會而發生氧化作用。多酚類化合物原本無色，氧化後轉變成褐色，這種現象稱為褐變(browning)。

(一)褐變的發生須要三個要素：

- 1.反應物：多酚類化合物，氧化後呈深色。
- 2.氧氣：當作反應物，將多酚類化合物氧化。
- 3.酵素：多酚氧化酶，催化反應進行。

(二)褐變的速率受到下列因素影響：

- 1.多酚氧化酶的活性及含量。
- 2.多酚類化合物的含量。
- 3.接觸氧氣的濃度。

因此，不同的蔬果中，多酚氧化酶及多酚類化合物的含量會決定褐變程度。

(三)預防酵素性褐變的方法是：

- 1.阻絕氧氣或加還原劑(維生素C)阻止氧化。
- 2.抑制多酚氧化酶的作用：加熱、加酸(如檸檬酸、醋酸)、加鹽等。

二、觀察牛蒡切面的褐變情形，我們認為：

- (一)外圍顏色較深的一圈環紋，根據位置來推測，應該是維管束。
- (二)環紋的部位應該含有較多的多酚類化合物或多酚氧化酶。

三、觀察顯微鏡下的影像，我們發現顏色越深部位的細胞內，有越多的黃褐色物質，這些物質應該是多酚類化合物和多酚氧化酶接觸後發生氧化作用所形成的。

四、觀察各種不同蔬菜的褐變情形，我們發現雖然牛蒡、山藥、馬鈴薯和蓮藕都會褐變，但是褐變速度和褐變後的顏色都不相同，其中褐變速度最快，顏色差異最大的是牛蒡。

五、浸泡過各種水溶液的牛蒡切片，大多在 10 分鐘左右，表面就乾了，可是浸泡過 3 克以上食鹽水的牛蒡切片，放在培養皿之後，會一直有水分滲出來，維持濕潤的狀態，我們討論和查過資料之後，認為應該是因為食鹽水濃度太高，造成水分不斷滲出來，和媽媽用鹽醃製小黃瓜時的情形一樣。

六、在預防褐變的效果中

- (一)剛切下的牛蒡浸泡自來水之後，可以維持大約5分鐘不褐變，因此最好是從水中取出來之後盡快烹煮，或者是要烹煮前才從水裡拿出來。這一點和我們查到的資料是相符合的，而且好的還原劑自來水是最方便取得又最便宜的材料，所以我們推薦要讓牛蒡持續美白，最方便的方法是：切好後馬上泡入水中，要烹煮前才取出來。
- (二)2克食鹽水和2克糖水都可以有不錯的預防褐變效果，可以依照想要烹調的口味來選擇浸泡鹽水或糖水。
- (三)米酒水較果最差，白醋水次之，因此我們不建議浸泡這兩種水溶液來預防褐變。
- (四)大蒜水不論何種濃度，都有預防褐變至少10分鐘的效果。大蒜是廚房中常用的材料，隨手切一些放在自來水中，都能提高預防牛蒡褐變的效果，是很不錯的方法。
- (五)檸檬水效果最好也最持久，可以維持2小時以上。所以，如果牛蒡切完之後，要保存比較久，我們建議浸泡15ml檸檬水5分鐘。

七、根據文獻資料，我們發現：

- (一)自來水中不含其他成分，卻能預防褐變，我們認為應該是浸泡在水中，隔絕了空氣所造成的效果，因此從水中拿出來，而且水乾了之後，氧化作用就開始進行，褐變就發生了。
- (二)檸檬中含有豐富的維他命 C，是良好的還原劑，不只預防褐變效果良好，甚至可以讓已經褐變的牛蒡恢復美白。
- (三)大蒜中含有大蒜素，具有抗氧化的功效，因此可以預防褐變。

柒、結論

我們觀察各種不同蔬菜的褐變情形，發現白蘿蔔和地瓜不會褐變，山藥、馬鈴薯、牛蒡和蓮藕切開後會發生褐變。褐變速度為：牛蒡>山藥>蓮藕>馬鈴薯，橫切面褐變前後的顏色差異度為：牛蒡>山藥>馬鈴薯>蓮藕。牛蒡切開後，橫切面由黃褐色逐漸轉為深褐色，褐變速度很快，大約5分鐘就已不再變色。橫切面靠近皮的部分有一圈顏色略深的環紋顏色加

深速度較快，周圍並有放射狀的深褐色花紋花紋，這個環紋部位應該是維管束。在複式顯微鏡下觀察褐變後的牛蒡細胞，發現細胞內有黃褐色物質產生，顏色越深的部位，細胞內的黃褐色物質越多，這些黃褐色物質應該是多酚類化合物氧化之後的產物。

浸泡各種不同濃度的水溶液之後，我們發現預防褐變的效果為：檸檬水 > 食鹽水 > 大蒜水 > 糖水 > 薑水 > 自來水 > 白醋水 > 米酒水，而效果最好的是水溶液是在100ml自來水中，加入15ml現擠檸檬汁，不但可以有效預防褐變，還可以讓已經褐變的牛蒡切片再度白回來。其次是食鹽水和大蒜水，對於預防褐變和美白都有一定的效果。

綜合這次的研究結果，我們認為在處理牛蒡時：

- 1.如果在短時間內要烹煮，最方便的方法是將切好的牛蒡浸泡在水中，等到要使用時，再從水中取出，並在5分鐘內烹煮，就能維持美白(不褐變)。
- 2.如果要最有效而且維持最長時間的美白，是在100ml自來水中，加入15ml現擠檸檬汁(約半顆檸檬)，再將切好的牛蒡浸泡在裡面。
- 3.不方便使用檸檬時，可以切少量大蒜加在水中，再將牛蒡浸泡在大蒜水中5分鐘，都有預防褐變至少10分鐘的效果。
- 4.如果牛蒡已經褐變了，不要丟掉！只要浸泡在檸檬水(100ml自來水中，加入15ml現擠檸檬汁)中，就會恢復美白，泡得越久就越白，這可是純天然的漂白劑喔！

捌、參考資料及其他

- 一、中華民國第42屆中小學科學展覽會作品：親愛的，我白回來了一蘋果美白
- 二、中華民國第43屆中小學科學展覽會作品：白雪公主不愛－變色的蘋果
- 三、<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1306032409089> 牛蒡煮一鍋牛蒡茶會變色？
- 四、<http://www.mingpaofun.com/food/tor/contentRecipes.cfm?aid=85> 明報：樂在明廚 炸牛蒡
- 五、<http://www.ytower.com.tw/mailbox/detail.asp?TitleID=3858> 如何作出好吃的牛蒡料理切時不變色？
- 六、<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1608080405525> 新鮮園產品發生褐變之原因與機制？
- 七、http://tw.myblog.yahoo.com/jw!PGnDufOGFRnY5jXIRokiNx7_dQ--/article?mid=8123 為什麼削好的蘋果會變色？
- 八、<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1607030908816> 何謂酵素性褐變，定義，原理??
- 九、<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!pXwue4yIFhav2YOS.v0AfpC-/article?mid=4392> zfang の 科學小玩意 氧化不簡單(2)~蘋果的褐變與多酚氧化酶 (原理篇)
- 十、<http://www.chemedu.ch.ntu.edu.tw/questions/answer71.htm> 高中化學教學諮詢網 諮詢問答 水果變色
- 十一、
http://mychannel.pchome.com.tw/channel/class/show_preview.php3?d=2004-09-05&enname=mednews&t=.htm&fn=main&view=1 醫療新聞剪貼報 930905 健康寶庫 預防蔬果變色有要訣 2004.09.05 中國時報 劉珍芳 (臺北醫學大學保健營養學系教授)

- 十二、<http://cisc.twbbs.org/lifetype/index.php?op=ViewArticle&articleId=1429&blogId=1> 大蒜
能防癌嗎？ 癌症新探二十四期 台北榮總營養部 舒宜芳營養師 2008 九月 17
- 十三、<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A4%A7%E8%92%9C%E7%B4%A0> 維基百科 大
蒜素
- 十四、<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%9F%A0%E6%AA%AC> 維基百科 檸檬