

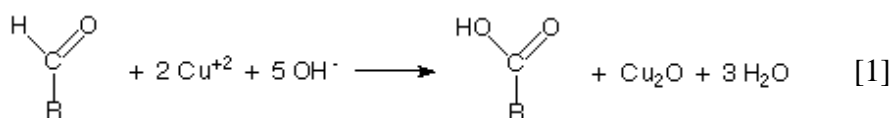
微量化學實驗：常見食物 營養成分的微量檢驗

■ 原理和概念

一、碳水化合物醣類 (Carbohydrates / Saccharides)

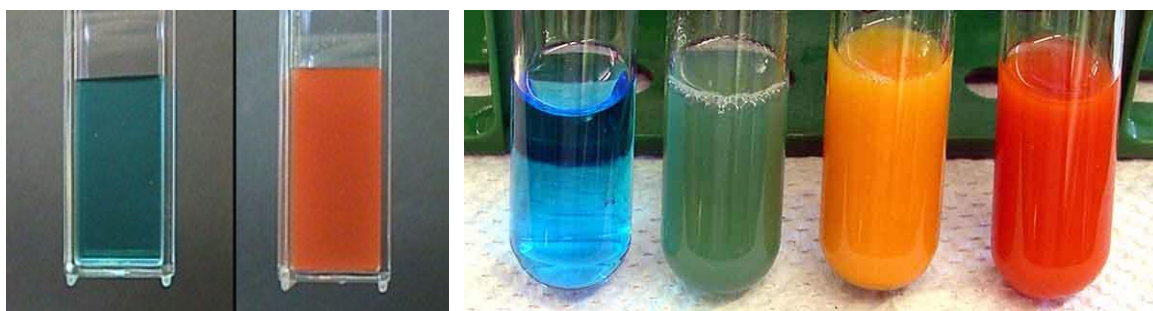
(一) 本氏試驗 (Benedict's test)

本氏試驗用來檢測還原糖的存在與否，還原糖包括單糖：葡萄糖 (醛糖)、果糖 (酮糖)、半乳糖 (醛糖)；雙糖：麥芽糖 (醛糖)、乳糖 (醛糖)。當還原糖與藍色的本氏試劑 (含 Cu^{2+}) 一起加熱時，會產生磚紅色氧化亞銅 (Cu_2O) 的沈澱物，如式[1]所示。



(圖片來源：<http://goo.gl/te37Ju>)

陽性反應的顏色取決於還原糖的含量，磚紅色 (最多)、橙色 (多)、綠色 (些許)；陰性反應呈現藍色 (無還原糖)，如圖一所示。

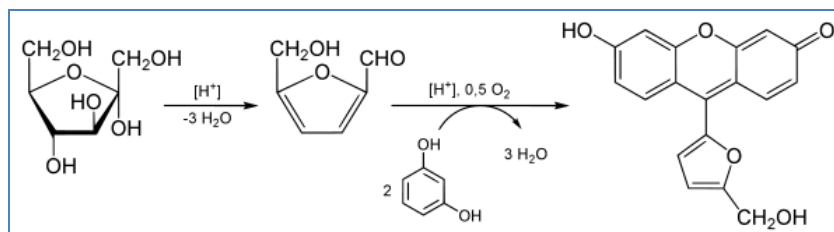


圖一：藍色視為陰性反應；綠色、橙色、磚紅色視為陽性反應

(圖片來源：<http://goo.gl/te37Ju> 和 <http://goo.gl/cBchtE>)

(二) 謝氏試驗 (Seliwanoff's test)

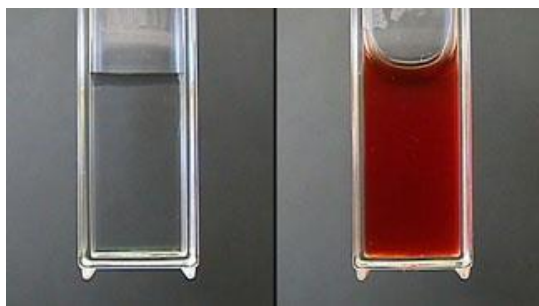
謝氏試驗 (中文翻譯暫稱) 用來區分酮糖與醛糖。在酸性條件下，加熱多醣和寡醣，水解反應生成單糖，酮糖進一步形成 5-羥甲基呋喃甲醛 (5-hydroxymethylfurfural)，然後與兩當量的間苯二酚 (resorcinol) 進行脫水的縮合反應，產生深櫻桃紅色的分子，如式[2]所示。



[2]

(圖片來源：https://en.wikipedia.org/wiki/Seliwanoff's_test)

由於謝氏試劑對酮糖進行縮合反應比醛糖更容易，因此酮糖快速變成櫻桃紅色而被視為陽性反應，對醛糖的反應則較慢，呈現淡粉色被視為陰性反應，如圖二所示。

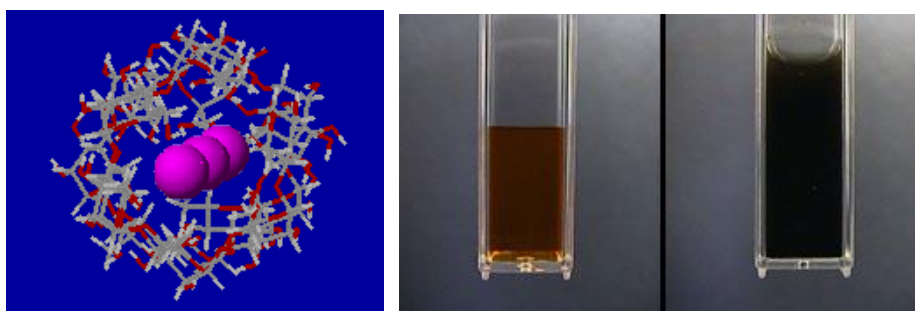


圖二：無色透明視為陰性反應（左）；櫻桃紅色視為陽性反應（右）

(圖片來源：<http://goo.gl/te37Ju>)

(三) 碘試驗 (Iodine test)

澱粉分為直鏈澱粉 (amylose) 和支鏈澱粉 (amylopectin)；直鏈澱粉遇到碘分子或三碘離子生成藍紫色的錯合物，如圖三左所示。而支鏈澱粉遇碘呈紫紅色的錯合物。藍紫色或紫紅色被視為陽性反應，如圖三右所示。



圖三：澱粉與三碘錯離子形成錯合物(左)；棕色視為陰性反應，藍紫色視為陽性反應(右)

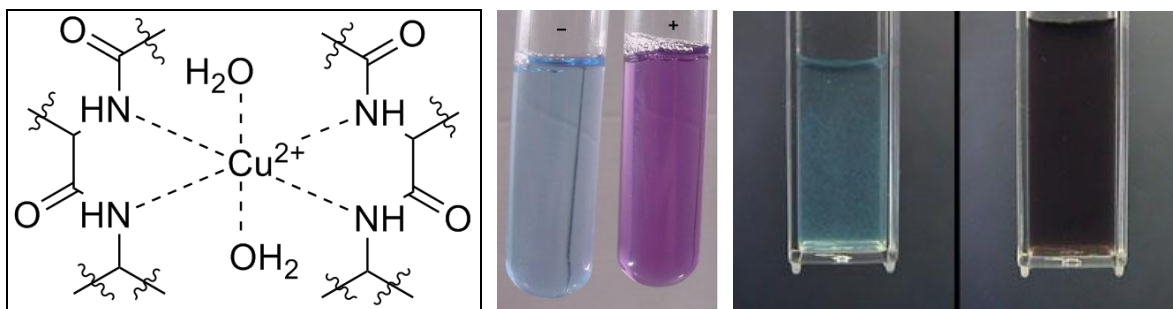
(圖片來源：<http://goo.gl/0YHIQ7> 和 <http://goo.gl/te37Ju>)

二、蛋白質和胺基酸 (Proteins and Amino Acids)

(一) 雙縮脲試劑 (Biuret test)

在鹼性溶液中，蛋白質或肽鍵與 Cu^{2+} 反應而形成複合物，呈現紫紅色，如圖四所示；而

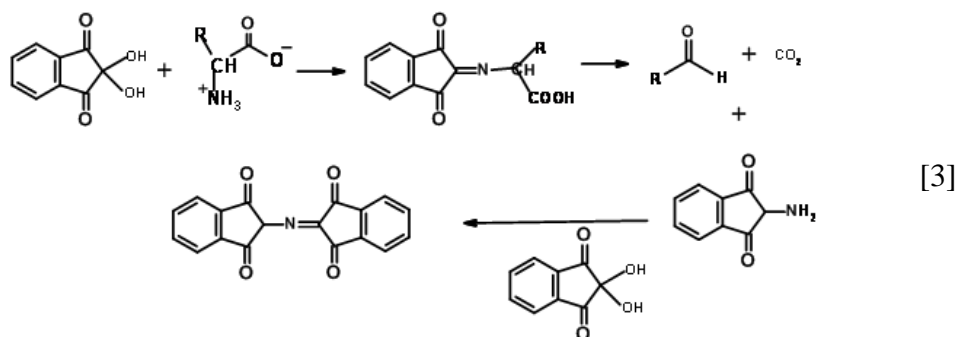
顏色深淺與蛋白質濃度成正比。蛋白質分子較小，呈現淡紫紅色，而分子量較大的則呈現紫色或藍紫色。從淡紫紅色到藍紫色視為陽性反應，藍色視為陰性反應，如圖四所示。



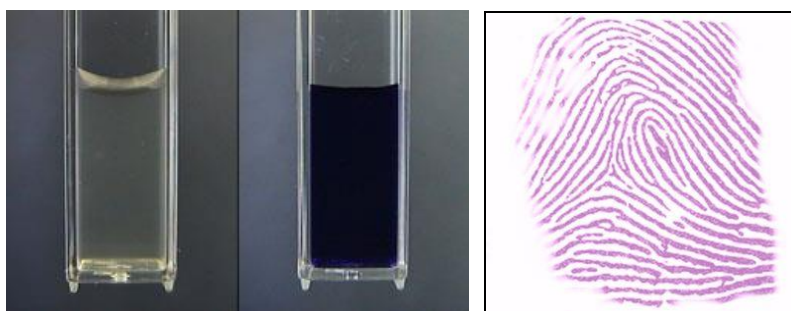
圖四：生成的複合物（左）；藍色視為陰性反應，紫紅色或藍紫色視為陽性反應（中和右）
（圖片來源：<https://goo.gl/ShV7A6>、<http://goo.gl/oCmti6> 及 <https://goo.gl/ShV7A6>）

（二）寧海準試驗（Ninhydrin test）

寧海準（茚三酮）被廣泛用於檢測一級和二級胺類，尤其是胺基酸。所有胺基酸和與具有游離的 α -氨基與寧海準分子反應產生 hydrindantin，再與第二個寧海準分子產生藍紫色複合物，只有脯胺酸和羧脯胺酸與寧海準反應產生亮黃色物質。其反應過程如式[3]所示。淡黃色視為陰性反應，亮黃色或紅紫色和藍紫色視為陽性反應，如圖五所示。



（圖片來源：http://pms.iitk.ernet.in/wiki/index.php/Amino_acids）

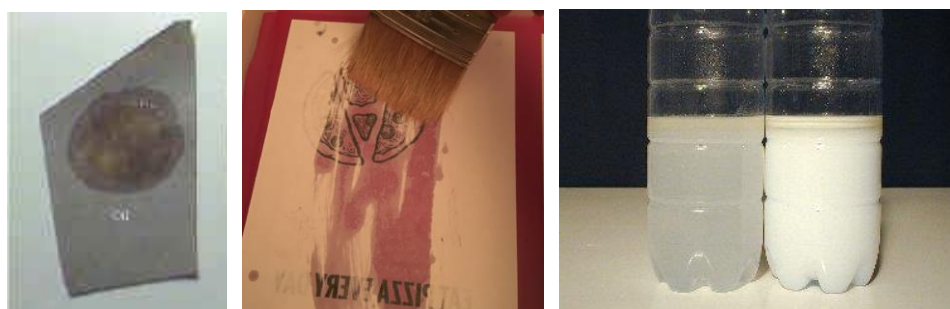


圖五：藍紫色（中）和紅紫色（右）視為陽性反應

（圖片來源：<http://goo.gl/9Dng6L> 和 <https://en.wikipedia.org/wiki/Ninhydrin>）

三、酯質 (Lipids / Oil and Fat)

- (一) 牛皮紙試驗 (Kraft paper test): 棕色的牛皮紙對油脂吸附很明顯, 紙上會出現更深的顏色, 視為陽性反應, 如圖六左和中所示。
- (二) 秤量紙試驗 (Weighing paper test): 秤量紙是玻璃紙 (glassine) 做成的, 表面平滑而有光澤是由於表面空氣、水及耐油脂所造成的, 吸附油脂後透明度增加, 視為陽性反應。
- (三) 清潔劑試驗 (Detergent test): 清潔劑具有親水端和親油端, 其作用為包附油脂在親油端中, 親水端向外與水互溶, 形成膠體溶液, 發生乳化作用視為陽性反應, 如圖六所示。



圖六：牛皮紙出現更深的顏色 (左和中) 視為陽性反應；加入清潔劑發生乳化作用視為陽性反應，右邊的乳化程度比左邊為高 (右)

(圖片來源：<http://goo.gl/u48xGI>、<https://goo.gl/3Q9XJk> 及 <http://goo.gl/J3uX5P>)

■ 藥品、器材及配製試劑

一、碳水化合物醣類 (Carbohydrates)

(一) 藥品和器材 (全班用量)

量筒 (100 mL) 1 支、量筒 (10 mL) 1 支、燒杯 (100 mL) 1 個、藥勺 1 支、秤量紙 2 張、電子天平 (或攜帶型電子天平) 1 台、棉花棒 1 盒、吹風機 1 支/兩組、剪刀 1 支、眼藥水瓶 (10-15 mL) 3 瓶/組、水果刀 1 支、各種醣類 (如葡萄糖、蔗糖、高果糖糖漿) 少許、澱粉 (如玉米澱粉) 少許；配製試劑的藥品及其用量如下所示。

(二) 配製試劑 (全班用量, 見圖十一)

1. 本氏試劑 (Benedict's reagent): 溶解 17.3 g 的檸檬鈉 (citric acid, $C_6H_8O_7$) 和 20 g 的碳酸鈉 (sodium carbonate, Na_2CO_3) 於 80 mL 的蒸餾水中。另外溶解 1.73 g 的二合水氯化銅 (cupric chloride, $CuCl_2 \cdot 2H_2O$) 於 10 mL 的水中。緩慢地加入氯化銅溶液到檸檬鈉和碳酸鈉溶液中, 邊加邊攪拌成 100 mL 的混合溶液。此試劑分裝在 6-10 個眼藥水瓶中。
2. 謝氏試劑 (Seliwanoff's reagent): 溶解 0.3 g 的間苯二酚 (resorcinol, benzene-1,3-diol) 在

100 mL 的 4 M HCl 中。此試劑分裝在 6-10 個眼藥水瓶中。

3. 碘試劑 (Iodine reagent): 直接使用市售的優碘 (含 1% 有效碘), 分裝在 6-10 個眼藥水瓶中。

二、蛋白質和胺基酸 (Proteins and Amino Acids)

(一) 藥品和器材 (全班用量)

量筒 (100 mL) 1 支、量筒 (10 mL) 1 支、燒杯 (100 mL) 1 個、藥勺 1 支、秤量紙 2 張、電子天平 (或攜帶型電子天平) 1 台、棉花棒 1 盒、吹風機 1 支/兩組、剪刀 1 支、眼藥水瓶 (10-15 mL) 2 瓶/組、水果刀 1 支、容量瓶 (100 mL) 2 支; 配製試劑的藥品及其用量如下所示。

(二) 配製試劑 (全班用量, 見圖十一)

1. 雙縮脲試劑 (Biuret reagent): 取 10 g 的 NaOH, 溶於 100 mL 的蒸餾水中。取 1.4 g 的 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 溶於 100 mL 的蒸餾水中。使用時再混合需要的量, 此試劑分裝在 6-10 個眼藥水瓶中。
2. 寧海準試劑 (Ninhydrin reagent): 取 0.2 g 的 Ninhydrin, 溶於 100 mL 的乙醇中。此試劑分裝在 6-10 個眼藥水瓶中。

三、酯質 (Lipids / Oil and Fat)

(一) 藥品和器材 (全班用量)

牛皮紙 (1.5 cm 見方) 5 張/組、秤量紙 (1.5 cm 見方) 5 張/組、清潔劑 少許、剪刀 1 支; 待測富含酯質的天然食物和加工食品 (可依教師教學需要和學生喜好而準備); 配製試劑的藥品及其用量如下所示。

(二) 配製試劑 (全班用量, 見圖十一)

1. 牛皮紙 (Kraft paper): 剪成 1.5 公分見方, 每組 5 張。
2. 稱量紙 (Weighing paper): 剪成 1.5 公分見方, 每組 5 張。
3. 清潔劑 (Detergent): 一般市售即可, 不需要稀釋。

3. 在檢驗前，有些食物或食品適合榨成蔬果汁，有些適合切成細小塊，有些適合壓成碎小塊，需要量不多，以方便放在檢驗表的表格內即可。



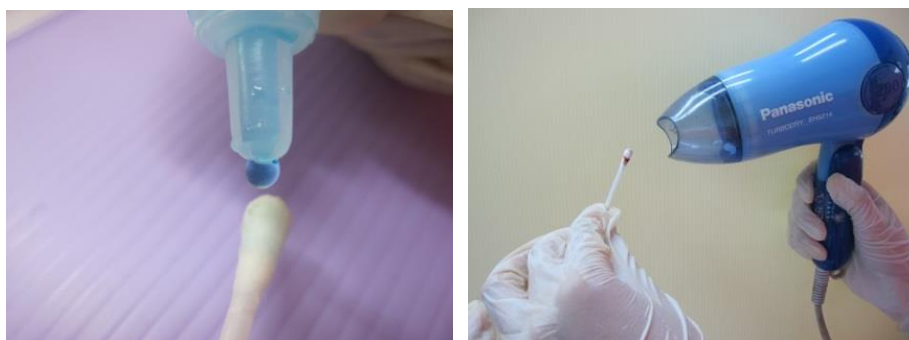
圖十三：天然食物或加工食品待測物之舉例

■ 檢驗步驟

一、碳水化合物醣類 (Carbohydrates / Saccharides)

(一) 本氏試驗 (Benedict's test)

1. 以刀切、擠壓、撕開或壓汁等方式，使各種天然食物或加工食品成為細碎狀，再沾附於棉花棒的棉花上，如圖十四左所示。(必要時，可加入一些水，使食物容易沾附於棉花棒的棉花上。)
2. 滴上一滴本氏試劑在棉花上，再以吹風機的熱風吹棉花棒的棉花進行加熱，如圖十四右所示。若待測物中含有還原醣，則棉花棒上會出現磚紅色的變化。



圖十四：待測物沾在的棉花棒，再滴加本氏試劑 (左)，以吹風機加熱 (右)

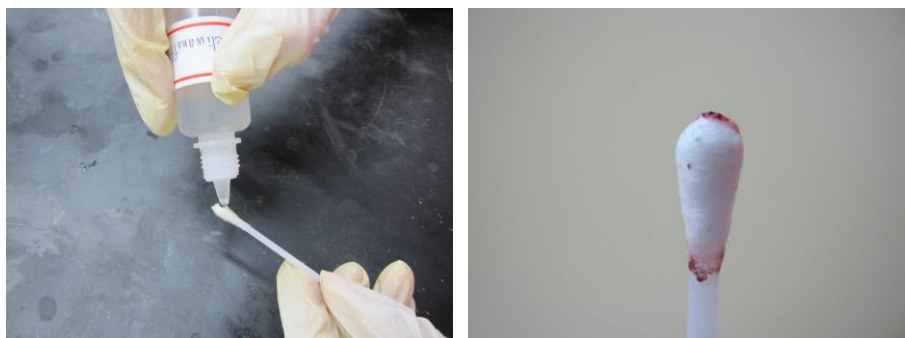
3. 用剪刀，剪斷棉花棒，取得棉花的部分，放置在檢驗表的適當空格內。

(二) 謝氏試驗 (Seliwanoff's test)

1. 以刀切、擠壓、撕開或壓汁等方式，使各種天然食物或加工食品成為細碎狀，再沾附於

棉花棒的棉花上，如圖十五左所示。(必要時，可加入一些水，使食物容易沾附於棉花棒的棉花上。)

2. 滴上一滴謝氏試劑在棉花上，再以吹風機的熱風吹棉花棒的棉花進行加熱，如圖十五右所示。若食物中含有酮醣，則棉花棒上會出現酒紅色的變化。

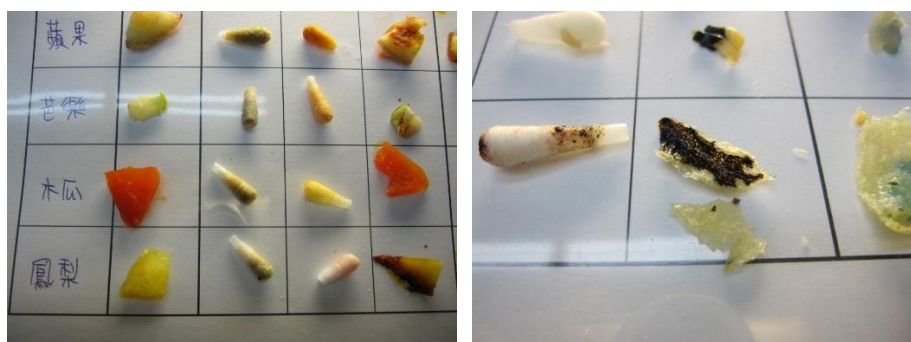


圖十五：待測物沾在棉花棒上，滴加試劑 (左)；謝氏試驗的陽性反應 (右)

3. 用剪刀，剪斷棉花棒，取得棉花的部分，放置在檢驗表的適當空格內。

(三) 碘試驗 (Iodine test)

1. 以刀切、擠壓、撕開或壓汁等方式，使各種天然食物或加工食品成為細碎狀，放置待測物於檢驗的合適表格中，如圖十六左所示。
2. 滴加一滴優碘，等待 5 分鐘，觀察變色變化。若待測物中含有直鏈澱粉，則在待測物上會出現藍黑色，如圖十六右所示。



圖十六：待測物放於表格中 (左)；碘試驗的陽性反應 (右)

二、蛋白質和胺基酸 (Proteins and Amino Acids)

(一) 雙縮脲試驗 (Biuret test)

1. 以刀切、擠壓、撕開或壓汁等方式，使各種天然食物或加工食品成為細碎狀，放置於檢測表的表格中。

2. 滴加一滴雙縮脲試劑，以牙籤輕輕地攪拌，等待幾分鐘後，觀察顏色變化。若是食物中含有蛋白質的成分，則其顏色從淡藍色轉變成紫色。

(二) 寧海準試驗 (Ninhydrin test)

1. 以刀切、擠壓、撕開或壓汁等方式，使各種天然食物或加工食品成為細碎狀，放置於檢測表格中。
2. 滴加一滴寧海準試劑，以牙籤輕輕攪拌，等待幾分鐘後，若是食物中含有胺基酸的成分，則其顏色從淡黃色轉變成紫色。

三、酯質 (Lipids)

(一) 牛皮紙試驗 (Kraft paper test)

1. 剪裁牛皮紙成為小張紙，其大小比檢驗表的表格大小稍小一點。
2. 放置小張牛皮紙在適當的位置，滴加一滴液狀的待測物，若待測物為固狀，則在牛皮紙上壓碎，觀察紙張是否變為深色。若變為深色，則表示此待測物含有油或脂。

(二) 秤量紙試驗 (Weighing paper test)

1. 剪裁秤量紙成為小張紙，其大小比檢驗表的表格大小稍小一點。
2. 放置小張牛皮紙在適當的位置，滴加一滴液狀的待測物，若為固狀的待測物，則在秤量紙上壓碎，觀察紙張是否變為深色。若變為深色，則表示此待測物含有油或脂。

(三) 清潔劑試驗 (Detergent test)

1. 以壓汁等方式使待測物成液狀，或直接使用液體的待測物，滴加一滴在表格上，再滴加一滴清潔劑，然後用牙籤攪拌均勻，觀察是否有乳化現象。若有乳化現象，則表示此待測物含有油或脂。

■ 結果與討論

日期：_____；時間：_____；組別：_____；學號：_____；姓名：_____

一、碳水化合物 / 醣類、蛋白質和胺基酸、酯質 / 油和脂的檢測結果

(一) 富含基本成份類

本實驗檢驗富含基本成份類的待測物 (食物名稱) 有：
，檢驗結果如圖十七所示。

(插入檢驗結果的大張照片)

圖十七：富含基本成份類的待測食物的檢驗結果

富含基本成份類的待測物呈現陽性反應者如表一所示。陽性反應非常明顯者，以「+++」表示；普通明顯者，以「++」表示；稍微明顯者，以「+」表示；陰性反應者，以「-」表示。

表一：富含基本成份類的待測物的檢驗結果

| 試劑 食物名稱 | 醣類／碳水化合物 | | | 蛋白質／胺基酸 | | 脂質／油和脂 | | |
|------------|---------------|--------------|-------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 本氏試劑偵測 還原糖 | 謝氏試劑偵測 酮糖 | 碘試劑 偵測澱粉 | 雙縮脲試劑偵測蛋 白質胜肽 | 寧海準試劑偵測氮 基酸 | 牛皮紙 偵測油 和脂 | 稱量紙 偵測油 和脂 | 清潔劑 偵測油 和脂 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

(此處寫出實驗結果和討論)

(二) _____類

本實驗檢驗的待測物 (食物名稱) 有：

· 檢驗結果如圖十八所示。

(插入檢驗結果的大張照片)

圖十八：_____類的待測食物的檢驗結果

_____類的待測物呈現陽性反應者如表二所示。陽性反應非常明顯者，以「+++」表示；普通明顯者，以「++」表示；稍微明顯者，以「+」表示；陰性反應者，以「-」表示。

表二：_____類的待測物的檢驗結果

| 試劑 食物名稱 | 醣類／碳水化合物 | | | 蛋白質／胺基酸 | | 脂質／油和脂 | | |
|------------|---------------|--------------|-------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 本氏試劑偵測 還原糖 | 謝氏試劑偵測 酮糖 | 碘試劑 偵測澱粉 | 雙縮脲試劑偵測蛋 白質胜肽 | 寧海準試劑偵測氮 基酸 | 牛皮紙 偵測油 和脂 | 稱量紙 偵測油 和脂 | 清潔劑 偵測油 和脂 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

(此處寫出實驗結果和討論)

(三) _____類

本實驗檢驗的待測物(食物名稱)有：

· 檢驗結果如圖十八所示。

(插入檢驗結果的大張照片)

圖十八：_____類的待測食物的檢驗結果

_____類的待測物呈現陽性反應者如表三所示。陽性反應非常明顯者，以「+++」表示；普通明顯者，以「++」表示；稍微明顯者，以「+」表示；陰性反應者，以「-」表示。

表三：_____類的待測物的檢驗結果

| 試劑 食物名稱 | 醣類／碳水化合物 | | | 蛋白質／胺基酸 | | 脂質／油和脂 | | |
|------------|---------------|--------------|-------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 本氏試劑偵測 還原糖 | 謝氏試劑偵測 酮糖 | 碘試劑 偵測澱粉 | 雙縮脲試劑偵測蛋 白質胜肽 | 寧海準試劑偵測氨 基酸 | 牛皮紙 偵測油 和脂 | 稱量紙 偵測油 和脂 | 清潔劑 偵測油 和脂 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

(此處寫出實驗結果和討論)

(不敷使用，請自行複製)

實驗設計：李佳蕙、蘇韋嘉、楊水平，國立彰化師範大學化學系

資料來源：《臺灣化學教育》(<http://chemed.chemistry.org.tw/>)，第十四期。

常見的食物營養成分微量檢驗 檢驗者：__年級__班，第__組，學號：____，姓名：_____

食物類別：富含成分類，全穀根莖類，蔬菜類，水果類，豆魚肉蛋類，乳品類，油脂類，其他：_____

| 使用試劑 陽性反應 | 對照組 食物 原來樣貌 | 醣類／碳水化合物 | | | 蛋白質／胺基酸 | | 脂質／油和脂 | | |
|--------------|-------------------|---|--|---|---|--|------------------------------------|--|----------------------------------|
| | | 本氏試劑 Benedict's reagent 偵測還原糖 磚紅色 | 謝氏試劑 Seliwanoff's reagent 偵測酮糖 酒紅色 | 碘試劑 Iodine reagent 偵測澱粉 藍黑色 | 雙縮脲試劑 Biuret reagent 偵測蛋白質 紫色 | 寧海準試劑 Ninhydrin reagent 偵測氨基酸 紫色 | 牛皮紙 kraft paper 偵測油脂 顏色變深 | 稱量紙 Weighing paper 偵測油脂 紙變透明 | 清潔劑 Detergent 偵測油脂 乳化作用 |
| 食物名稱 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |