

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：探究影響黑枸杞中花青素穩定性的因素

一、摘要

本實驗旨在研究黑枸杞中花青素的結構、性質和用途，並通過使用紫外分光光度計進行探究性實驗，以了解影響花青素穩定性的因素。我們以黑枸杞為原料，製作了黑枸杞花青素提取液，分別從溶液的 pH 值、金屬離子、溫度三方面探討影響黑枸杞中花青素穩定性的因素，利用紫外分光光度計測量不同 pH 值溶液中花青素的吸光度，以評估其穩定性。

二、探究題目與動機

黑枸杞中的花青素具有廣泛的應用價值，花青素是一類黃酮類多羥基化合物，是一種水溶性的天然色素，其結構為花色苷的 2-苯基苯並吡或黃烺鹽離子的多羥基以及多甲氧基衍生物（圖 1）。它在自然界中廣泛存在，並且具有許多藥用價值，如抗氧化、抗衰老、抗炎症、保護視力和改善心血管等方面的作用。因此，花青素被廣泛應用於食品、藥品和化妝品等領域。通過探究黑枸杞中花青素穩定性的影響因素，我們可以了解 pH、溫度等因素對花青素的影響程度，從而制定相應的保護和儲存策略。此外，研究花青素的可逆反應機理有助於理解其顏色變化的原理，為設計和優化酸鹼指示劑提供基礎，目前，紫甘藍酸鹼指示劑是研究較多的一種指示劑。紫甘藍中提取的一種紫甘藍色素（花青素）化學性質相對穩定，能夠長期保存。它的顏色會隨溶液的 pH 值變化而呈現多種顏色的變化，並且可以準確地指示酸鹼滴定終點。因此，紫甘藍色素可以作為一種天然的酸鹼指示劑。而黑枸杞富含花青素，在泡水時根據水質顯示出不同的顏色，也可以用作指示劑。然而，目前對於從黑枸杞中提取花青素作為指示劑並應用於高中化學學習的研究相對較少。因此，我們的主要目的和內容是研究影響黑枸杞中花青素穩定性的因素，並探索從黑枸杞中提取花青素作為指示劑的可能性。同時，我們將運用在高中學習中所掌握的化學知識來解釋實驗現象。在這項研究中，我們將探究不同因素對黑枸杞中花青素穩定性的影響。這些因素可能包括環境條件、處理方法等。我們將嘗試從黑枸杞中提取花青素，運用高中化學知識來解釋花青素在不同條件下的變化原理。通過這項研究，我們希望能夠深入了解黑枸杞中花青素的穩定性，並探索其在化學學習中的潛在應用。

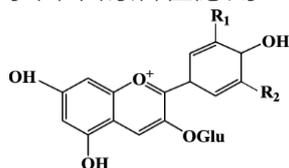


圖 1 花青素的分子結構

三、探究目的與假設

本研究的主要目的是探究影響黑枸杞中花青素穩定性的因素，並研究從黑枸杞中提取花青素作為指示劑，運用高中所學的化學知識對實驗現象進行解釋。

假設 1：pH 值對花青素的穩定性產生影響

花青素是一種天然色素，其化學結構可能與 pH 值有關。在不同的 pH 環境下，花青素分子的構型可能會發生改變，這可能會影響其穩定性和顏色的表現。

假設 2：金屬離子對花青素的穩定性產生影響

某些金屬離子可能會與花青素分子形成配位化合物，這可能會改變花青素的構型和穩定性。不同的金屬離子可能會與花青素產生不同的作用，進一步影響其化學性質和顏色。

假設 3：溫度對花青素的穩定性產生影響

高溫可能導致花青素分子結構的變化，使其產生降解或分解。此外，高溫可能增加分子的運動速度，使得花青素分子更容易與其他分子發生反應，從而影響其穩定性。這些因素可能會導致花青素顏色的改變或失去其特性。通過在不同溫度下進行實驗，我們可以了解溫度對花青素的影響。

四、探究方法與驗證步驟

4.1 實驗儀器和藥品

藥品：黑枸杞、1 mol/L 鹽酸、1 mol/L NaOH 溶液、蒸餾水、0.1mol/LNaCl、0.1mol/LBaCl₂、0.1mol/LMgCl₂、0.1mol/LZnCl₂、0.1mol/LCaCl₂

儀器：磨鉢、電子天平、燒杯（100mL）、濾紙、漏斗、玻璃棒、鐵架臺、100mL 容量瓶、移液管、Jenway 7305 紫外可見分光光度計

4.2 實驗步驟

4.2.1 實驗 1：黑枸杞花青素提取液的製備

在電子天平上稱取 5 克黑枸杞，研磨至粉末，用蒸餾水浸泡 10min 以作過濾，定容至 500 mL 容量瓶中，得到黑枸杞中花青素待測溶液，備用。

4.2.2 實驗 2：pH 對黑枸杞中花青素穩定性的影響

分別配製 1 mol/L 鹽酸和 1 mol/L NaOH 的標準溶液，並將它們稀釋成 pH 分別為 2、3、4、5、6 的鹽酸溶液和 pH 分別為 8、9、10、11、12、13 的 NaOH 溶液備用。分別取上述溶液 4mL 於試劑瓶中，分別加入 1.5mL 黑枸杞花青素提取液，觀察溶液的顏色變化如圖 2 所示。使用蒸餾水作為參比溶液，在 200-800 nm 範圍內設置掃描範圍，使用紫外分光光度計測定不同 pH 水溶液中花青素的吸光度，將得到的數據利用 OriginPro.2021 軟件作圖（見圖 3）。



圖 2 黑枸杞花青素提取液在不同 pH 時的顏色變化

結果表明，黑枸杞花青素提取液在酸鹼溶液中有明顯的顏色變化，其變色範圍可以確定為 pH 在 1~2 時呈粉紅色，pH 在 4~10 時呈紫色，pH=11 時呈藍色，pH 在 12~14 時呈黃色。在不同 pH 環境下，黑枸杞花青素的顏色變化規律與其紫外可見吸收光譜的變化趨勢相似（圖 3）。結合圖 2 和圖 3 的觀察結果，黑枸杞中的花青素在紫外可見光區域 297nm、524 nm 和 580nm 處具有特征吸收峰。在 pH 為 1-2 的強酸環境下，花青素的結構被破壞，溶液呈現粉紅色，在 524nm 處出現新的較強吸收峰，並且隨著 pH 值減小，吸光度值增加。隨著 pH 值從 3 增加到 10，溶液的顏色由紫色逐漸變為藍色，吸光度值呈現增高的趨勢，當 pH 為 11 時，花青素的吸收峰向右移，吸光度值減小，溶液顏色從藍色轉變為綠色，在 580nm 出現吸收峰。當 pH 為 12-14 時，580nm 的吸收峰消失，顏色變為黃色，花青素的結構被破壞，在 354nm 處出現新的較強吸收峰，並隨 pH 增加向短波方向移動。

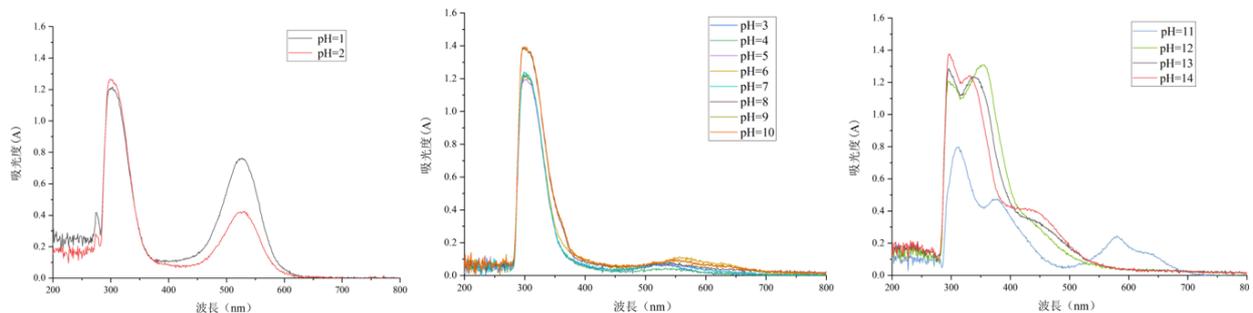


圖 3 花青素提取液在不同 pH 下的紫外線可見吸收光譜

原理分析：

花青素的顏色變化是由於其酚式結構和醌式結構在不同 pH 環境中的轉化（圖 4）。在酸性溶液中，花青素以紅色的黃烺鹽（ AH^+ ）形態存在。黃烺陽離子是酚式結構，呈現紅色。在鹼性溶液中，花青素以藍綠色的醌式鹼（ A ）形態存在。醌式鹼是醌式結構，呈現藍綠色。隨著 pH 的升高，黃烺陽離子失去質子，轉變為醌式鹼。這是因為在鹼性條件下，花青素分子失去了質子，導致酚式結構轉化為醌式結構。這種結構轉化導致了花青素顏色的變化。根據化學平衡移動原理，當向溶液中增加氫離子（ H^+ ）的濃度。根據沙特列原理勒沙特列原理原理，平衡會向使氫離子濃度減小的方向移動，從而導致溶液變為紅

色。相反，當向溶液中增加氫氧根離子 (OH^-) 的濃度。平衡會向使氫氧根離子濃度減小的方向移動，從而導致溶液變為綠色。

這個實驗結果進一步驗證了濃度對化學平衡狀態的影響。增加某一物質的濃度會使平衡向使該物質濃度減小的方向移動，而減小某一物質的濃度則會使平衡向使該物質濃度增大的方向移動。

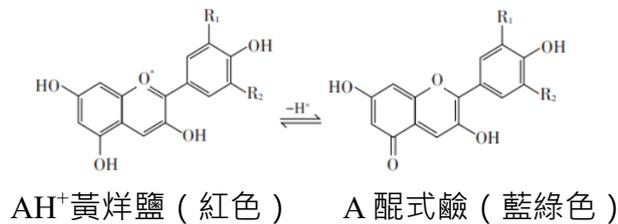


圖 4 黑枸杞花青素變色原理

4.2.3 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 對黑枸杞花青素顏色穩定性的影響

移取 1.5mL 黑枸杞花青素提取液於試劑瓶中，分別加入 4mL 0.1 mol/L 含有不同金屬離子的溶液，以水作參考溶液，設定掃描範圍為 200-800 nm，以水分光度計測定不同 pH 水溶液中花青素的紫外—可見吸收光譜，將得到的數據利用 OriginPro.2021 軟件作圖（見圖 5）。

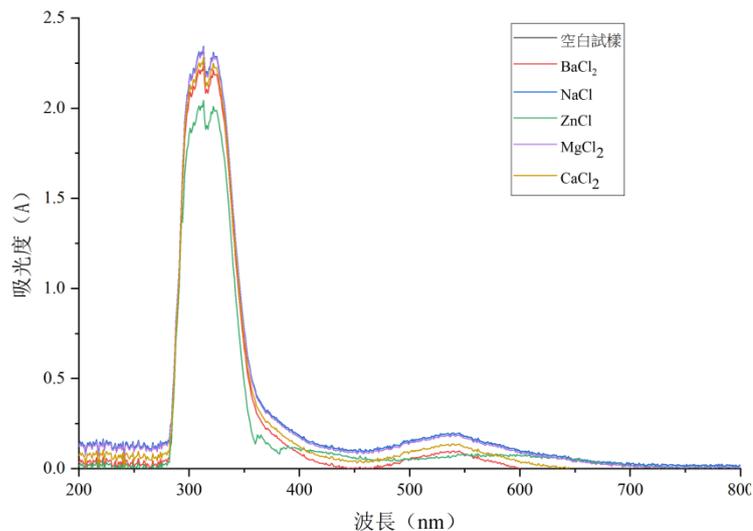


圖 5 花青素提取液在金屬陽離子溶液中的紫外—可見吸收光譜

濃度為 0.1mol/L 的 NaCl 、 CaCl_2 、 MgCl_2 、 BaCl_2 、 ZnCl_2 溶液對黑枸杞花青素提取液穩定性的影響結果見圖 5。從圖 5 可以看出，未添加金屬離子的黑枸杞花青素提取液對照樣在與其餘 5 種金屬離子峰的位置幾乎不偏移，除 Zn^{2+} 外，吸光度相差不大，結果表明，5 種金屬離子對黑枸杞花青素提取液顏色穩定性影響很小。這與一些文獻研究金屬離子對紫甘藍花青素的影響結果類似。

4.2.4 溫度對黑枸杞中花青素穩定性的影響

在試劑瓶中加入相同體積的黑枸杞花青素萃取液，分別置於 25 °C、60 °C 和 100 °C 的水浴鍋及冰水中放置 25min，觀察溶液的顏色變化如圖 6 所示。以水作參考溶液，設定掃描範圍為 200-800 nm，以水分光度計測定不同 pH 水溶液中花青素的紫外—可見吸收光譜，將得到的數據利用 OriginPro.2021 軟件作圖（見圖 7）。



圖 6 溫度對花青素穩定性的影響

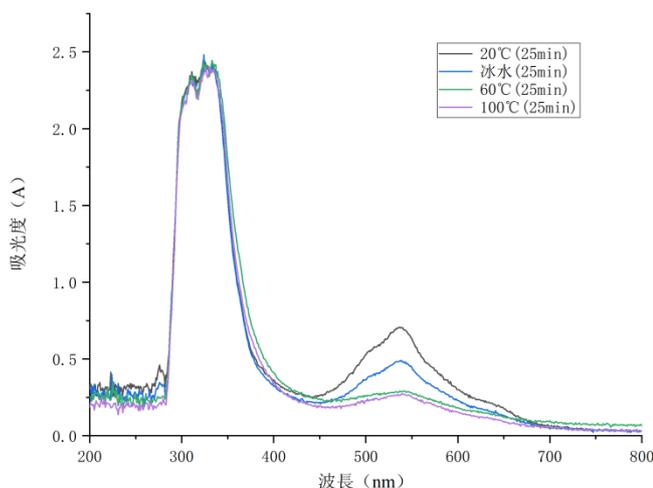


圖 7 花青素提取液在不同溫度溶液中的紫外—可見吸收光譜

從圖 6~7 可以看出，在 340nm 處，25 °C 的水浴鍋及冰水的吸收峰相比於 60 °C 和 100 °C 的水浴鍋較高。因此可推斷，在低溫環境下，黑枸杞中的花青素較為穩定，而隨著溶液溫度的升高，花青素的分解速度加快。在沸水浴中加熱一段時間後，花青素部分顏色褪去，表明花青素部分分解。黑枸杞中的花青素在高溫環境中的穩定性較差，隨著溶液加熱溫度的升高，花青素容易分解。因此，為了保持花青素的穩定性，應將黑枸杞放置在低溫環境下進行保存。在製作或飲用黑枸杞時，最好使用溫水沖泡，以避免花青素被破壞。

五、結論與生活應用

結論：

1. 在強酸或強鹼條件下，花青素的結構受到破壞，導致無法吸收特定波長的光，因此變得不穩定。在 pH 值介於 3 到 10 之間時，花青素的穩定性相對較好，其吸光度值呈現增高的趨勢。
2. 一些金屬離子 (Na^+ 、 Ba^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}) 均對色素的穩定性沒有影響。 Zn^{2+} 在一定程度上可能會影響花青素的穩定性，導致其吸光度減小。這是因為 Zn^{2+} 與花青素之間可能發生

反應，導致花青素分子結構的改變或降解，進而影響其吸光性能。

3. 在低溫環境下，黑枸杞中的花青素具有較好的穩定性。然而，隨著溶液溫度的提高，花青素分解的速度會加快。當在沸水中加熱一段時間後，花青素的顏色會逐漸消失，這說明花青素的穩定性會隨著溶液溫度的上升而降低。

生活應用：鑒別真假黑枸杞水

對於質疑黑枸杞水是否真正的黑枸杞水，我們可以通過以下步驟來判斷兩杯紫紅色溶液中哪一杯是真正的黑枸杞水取少量紫紅色水樣。

(1) 加入白醋。如果顏色變紅或變淺，說明是真正的黑枸杞水。這是因為黑枸杞中的花青素在酸性環境下會發生顏色變化。

(2) 加入小蘇打。如果顏色變藍或變綠，也說明是真正的黑枸杞水。這是因為小蘇打是鹼性物質，可以改變黑枸杞中花青素的結構和顏色。如果顏色沒有明顯變化，那麼可能這杯紫紅色溶液不是由真正的黑枸杞水製成。

參考資料

[1] 郭思杙,张 薇,吕远平.金属离子对紫甘蓝花青素颜色稳定性 的影响[J].中国调味品,2017,42(6):152-158