

添加甜菜紅製作饅頭之儲存過程顏色變化探討

陳坤上¹、李詩萍¹、俞函妤¹、呂季庭¹、陳冠如^{2*}

¹東方設計大學餐飲管理系，高雄市湖內區東方路 110 號

^{2*}輔英科技大學保健營養系，高雄市大寮區進學路 151 號

*通訊作者

摘 要

市售加工食品添加人工合成色素以增加色澤感官，會影響人體健康，值得我們注意。本研究目的在探討以甜菜汁液所萃取的天然色素製作甜菜饅頭之可行性，並探討添加甜菜紅製作饅頭之儲存過程顏色變化。本研究顯示，經加熱蒸煮 15 min 後甜菜饅頭之顏色由紫紅色變成橙紅色，以色差儀測定甜菜饅頭加熱前後的 Hunter Lab 值結果顯示，甜菜饅頭加熱後的 L 值(亮度)和 b 值(黃-藍)皆明顯上升，而 a 值(紅-綠)則明顯下降。將甜菜汁直接加熱，其 Hunter Lab 值並無明顯改變。更進一步發現，未經加熱蒸煮之甜菜汁，在不同 pH 值之吸光波長無明顯變化，但經過加熱蒸煮，當 pH 在 6.0 以上時，會出現 2 個吸光波長，顯示甜菜汁色素在高 pH 大於 6.0 時較為不安定。

關鍵字：色差儀、Hunter Lab 值、pH 值、甜菜饅頭

Effect of stored procedure on color change in the mantou produced by add betalains

Kun Shang Chen¹ Shi ping Li¹ Han xi Yu¹ Ji ting Lu¹ Kuan Ju Chen^{2*}

¹ Department of Food and Beverage Management, Tungfang Design University

²Department of Nutrition and Health Science, Fooyin University

* Corresponding Author

ABSTRACT

The processed foods contain the synthetic pigments to increase color perception will effect of the human health. The aim of this study was to prepare the steamed bread by add betalains as red nature colorant, the products call “Beetroot- mantou”, and we try to investigate the effect of stored procedure on color change in the “Beetroot- mantou”. Our results showed that the color of the beetroot- mantou was changed from purple to reddish-orange after 15 minutes of heat cooking. Then, the Hunter Lab value of the “Beetroot- mantou” was measured by a color difference meter before and after heating. The results showed that the L value and b value were significantly increased, while a value was significantly decreased. Our results found that the Hunter Lab value before heating were not significant different from heated the beet juice directly. In addition, the results showed that there was not change in the absorbance wavelength of unboiled beet juice at different pH values, but after boiled beet juice at the pH > 6.0, there was two absorbance wavelengths appeared. According to the finding, we suggested that the pigment of beet juice was unstable at the pH > 6.0.

Keywords: color difference meter, Hunter Lab value, pH, Beetroot-mantou

壹、緒論

一、前言

甜菜根是台灣推廣生機飲食常用的超級明星食材。甜菜根屬於根莖類，外表長得很像台灣的大頭菜，切開來果肉是紅紫色，吃起來是汁多味甜，咬起來口感脆脆的，但是有一股泥土的臭腥味，故一般民眾對此食材的接受性不高。最近醫學界逐漸證實甜菜根的营养特性對於癌細胞的發展具有抑制作用(吳永志, 2013)。研究指出，甜菜根含有豐富的鉀、磷、鈉、鐵、維生素 A、維生素 B、維生素 C 等營養素，可預防心臟病與脂肪肝、並幫助消化(行政院衛生福利部, 2017)。此外，甜菜根含豐富的維生素 B₁₂ 及鐵質，是婦女及素食者補血的天然營養品(元氣週報, 2010)。甜菜根的顏色是來自於紫甜菜素的色素群，此色素群的安定性受到 pH 的影響，鹼性環境下會加速其降解；且對熱敏感，在高糖濃度的環境下，可耐巴氏殺菌及高溫短時間殺菌，但須儘快加以冷卻；另外此色素對氧及光線都很敏感(Schliemann *et al*, 2001)。有鑒於甜菜根含豐富營養素且在預防疾病與癌症上扮演重要角色，故以甜菜根作為養生食材製作並研發產品，有其必要性。然而該產品的推廣必須克服紫甜菜素的裂解而使顏色退色的問題。故本研究試圖以甜菜汁作為食材製作甜菜饅頭，以增加饅頭色彩及營養成分，並探討添加甜菜紅製作饅頭之儲存過程顏色變化。

二、研究目的

- (一) 探討添加甜菜汁製作甜菜饅頭，以增加饅頭色彩的可行性。
- (二) 探討添加甜菜紅製作饅頭之儲存過程顏色變化。

貳、文獻探討

一、甜菜根之植株簡介

甜菜根原產於歐洲西部和南部沿海，從瑞典到西班牙。學名：Beta vulgaris，又名苜菜或紅菜頭。主要色素稱為甜菜紅(Betalains)，包括紅色的Betacyanins及黃色的Betaxanthins。多數品種的甜菜根含有較多量的紅色Betacyanin，每100公克的甜菜根含有高達200毫克的色素，是很好的色素來源，其葉子也可當蔬菜食用。但因甜菜紅對熱、氧氣及光線很敏感，使其在應用上受到限制。一般常用於冰淇淋、凝態優酪乳、乾混食品及糖果等食品中(維基百科, 2012；邱阿昌, 2012)。在尚未發現熱帶甘蔗以前，甜菜根是歐洲人的主要糖來源。甜菜根的生長期約60~80天，甜菜根在台灣是盛產於冬季的作物，秋冬時雲嘉地區為主要產區(台灣糖業)。

二、甜菜的色素簡介

紅色的甜菜根被栽培、食用已有數百年的歷史，是溫帶氣候區重要的作物之一。存在於甜菜根之主要色素稱為甜菜紅 (Betalains)，甜菜紅無毒又不會造成過敏反應，但對 pH 值敏感又不耐高溫 (林，2002; 蕭，2007)。甜菜紅可分為兩大類，即紅色的 Betacyanins 及黃色的 Betaxanthins (Gibson & Nobel, 1986)。分別在 535nm 及 480nm 有高吸光值 (Rebecca, 2010)。這兩類色素成分都為水溶性。一般含有甜菜紅色素的植物，大多不含花青素。許多品種的甜菜根主要含有較多量的紅色 Betacyanin，大約可占總色素含量的 75-90%。甜菜根的色素含量極為豐富，每 100 公克的甜菜根含有高達 200 毫克的色素，是很好的色素來源。西歐每年大約產出 20 萬噸以上的甜菜根，其中大約有 10% 用來加工做為色素用途 (維基百科，2012)。

甜菜紅色素的製品可分為 3 種，即液態濃縮液、脫水甜菜粉及噴霧乾燥甜菜紅色素。將研磨過的甜菜根加以壓榨、澄清及過濾，再經過真空濃縮即可得到固形物含量為 60-65% 濃縮液；濃縮液添加麥芽糊精及經過噴霧乾燥以後，即可得到噴霧乾燥粉末；將成熟的甜菜根加以脫水，並研磨成粉，即可得到甜菜根粉末。

長久以來，對於歐洲民間與藥草療理師而言，甜菜根的地位就有如中國的靈芝一般崇高，而且在歐洲，還將甜菜根製成糖。現在中國北方也有大量栽種甜菜根，作成甜菜糖 (維基百科，2012)。

三、甜菜根的营养成分與保健功效

此外，甜菜根富含天然紅色維生素 B₁₂ 和優質的鐵質，是婦女與素食者補血的最佳天然營養品，建議別生食 (元氣周報，2010)。一般人常將甜菜根當成天然的綜合維生素服用。此外，甜菜亦富含維生素 C 和維生素 A，250 毫克的甜菜根熱量約 31 卡，碳水化合物 8.5 g，纖維素 1.5 g，葉酸 53.2 g，磷 32 mg，鉀 259 mg，蛋白質 1.5 g (行政院衛生福利部，2017)。

甜菜根不含花青素，其顏色是來自於一組罕見的紅色素群，稱為紫甜菜素，是天然的染色劑。科學研究人員指出，它具有抗癌作用。其主要保健功效如下：臨床研究發現，甜菜根所萃取的結晶物質中含豐富的甜菜鹼 (Betaine)，具有促進胰島素分泌，調節血糖濃度之功能。此外，甜菜鹼具有促進膽汁分泌，抑制血中脂肪堆積、協助肝臟細胞再生與解毒功能防止脂肪堆積於肝臟 (脂肪肝)。還可幫助脂肪乳糜化，防止血管梗塞與心臟病 (孫安迪，2004)。在一些糖尿病的研究中，發現生吃甜菜根可降低血糖，因為甜菜根所含的甜菜纖維，具有減少葡萄糖吸收、延緩飯後血糖上升的作用 (張心怡，1999)。

在腸胃道功能方面，甜菜根可促進腸胃的蠕動，間接的維護肝臟、膽囊、脾臟及腎臟的健康 (張心怡，1999；孫安迪，2004)。甜菜纖維亦可促進排便。歐洲、俄國的人民，常把各種不同的蔬菜、穀類、肉類與紅甜菜一起煮食。

甜菜根亦是天然的退燒良方，可以清除體內毒素及排除體內廢物，並可加強淋巴組織的防禦功能，以抵抗外來的傳染疾病。最近幾年，醫學界更將甜菜根應用於癌症病患，菜根的療效，正逐一的被證實且廣泛運用（張心怡，1999；鄭孝祺，2014；吳永志，2009）。

四、甜菜紅的安定性

如同前面所述，甜菜紅的水溶素色素成分為紅色的 Betacyanins 及黃色的 Betaxanthins (Gibson & Nobel, 1986)。甜菜紅的安定性受到 pH 的影響，在 pH3~7 時最穩定，其最安定的 pH 為 4.5；當 pH 高於 7.0 以上時，會加速降解，顏色迅速變黃，此時甜菜紅素轉變為甜菜黃素 (Herbach et al, 2006)，因此甜菜紅不適用於鹼性食品中 (Stintzing et al, 2002)。甜菜紅對熱敏感，受熱亦會產生降解作用，其耐熱程度同樣受到 pH 及水活性的影響，因此甜菜紅色素應用於熱加工食品，需在很短的時間內完成加熱殺菌，以保持固定色澤 (林，2000)。在高糖濃度的環境下，甜菜紅可耐巴氏殺菌及高溫短時間殺菌，但須儘快加以冷卻，無法忍受高壓高溫殺菌；甜菜紅對氧及光線都很敏感，都會造成降解褪色作用 (Schliemann et al, 2001)。在加熱裂解方面，betanin 裂解之後，再經貯藏一段時間，其部分裂解產物位重新接合，再回復 betanin 的結構已褪掉的紅色也會部份的回復，此稱為再生 (Regeneration) (蕭增宜，2007)。

五、蔬菜饅頭經冷凍儲存過程之顏色變化

製作蔬菜饅頭時，可以添加富含類胡蘿蔔素(carotenoid)的胡蘿蔔、南瓜、番茄等食材，可提供饅頭鮮豔色彩，且具有維生素 A 及抗氧化活性功能。有研究探討蔬菜饅頭經冷凍後其色素及組織之穩定性，以色差儀測定饅頭顏色變化以 L、a、b 值表示，結果顯示冷凍 3 個月後，整體亮度增加(L)，紅色度下降(a)及黃色度(b)下降。丙酮萃取之饅頭色素，以紫外光-可見光掃描其最大吸收波長，胡蘿蔔及南瓜為 450 nm，番茄為 470nm，並測定吸光值，結果顯示三種蔬菜饅頭其丙酮萃取之色素含量，隨冷凍時間增加而下降。HPLC 分析總胡蘿蔔素含量，發現胡蘿蔔及南瓜之總胡蘿蔔素(lutein + α -carotene + β -carotene) 及番茄(lutein + α -carotene + β -carotene + lycopene)在饅頭中均隨冷凍時間增長而稍微下降 (楊鈞恆，2008)。

參、研究方法

一、材料與方法：甜菜饅頭之製備

(一) 材料

甜菜根：購自家樂福(台南)

麵粉：高筋

糖：特砂(台糖)

酵母：市售麵包酵母

(二) 甜菜色素萃取(甜菜汁製備)

甜菜根去皮後切丁，秤取 300 g，添加 500 mL 水，以果汁機打碎過濾後，加水定量至 700 mL 備用。

(三) 饅頭製作

秤取 1575 g 麵粉、200 g 糖、20 g 酵母，添加 700 mL 甜菜汁，以攪拌機攪拌 20 min，將麵糰切割成每塊 40 g，揉成圓形，發酵 45 min 後，立即置入蒸烤箱 (CPC 61/05) 蒸煮 15 min。

二、甜菜饅頭、甜菜汁顏色之測定

(一) 食品顏色的分析-色差儀法

在此研究中，以色差儀(color difference meter)測定食品顏色，測定結果以 Hunter's Lab 值表示。L 值是光度或亮度的測量值，0 表示純黑色，100 表示純白色。a 值顯示顏色偏紅或偏綠；a 值(+)代表顏色偏紅，a 值(-)代表顏色偏綠。b 值則是黃-藍色的度量單位，b 值(+)表示顏色偏黃，b 值(-)表示顏色偏藍。

(二) 甜菜饅頭顏色之測定

甜菜饅頭髮酵 45 min 後，先以色差儀 (LUCI-100) 測定其 Hunter's Lab 值，立即置入蒸烤箱分別蒸煮一~三次，每次蒸煮 15 min，放冷後再以色差儀測定其 Hunter's Lab 值。

(三) 甜菜汁顏色之測定

甜菜汁分別取 50 mL 裝至 100 mL 試藥瓶，蒸煮一~三次，每次蒸煮 15 min，放冷後再以色差儀測定其 Hunter's Lab 值。

三、甜菜汁在不同 pH 顏色之測定

甜菜汁以 0.1 N NaOH 及 HCl 調整 pH 為 1~9，以色差儀測定其 Hunter Lab 值。經蒸煮 15 min 放冷後再以色差儀測定其 Hunter Lab 值。

四、甜菜汁在不同 pH 吸光波長之測定

甜菜汁以 0.1 N NaOH 及 HCl 調整 pH 為 1~9，分加熱(蒸煮 15min)和不加熱兩組，以分光光度計(U-1900)掃瞄其最高吸光波長，掃描範圍為 700~400 nm，掃描速度為 400 nm/min。

五、資料分析方法

本研究之檢測與分析資料以 Excel 進行資料處理並以 SPSS 軟體進行統計分析。統計顯著性以 $p < 0.05$ 為標準。連續變項之差異性以 t-test 檢定性別差異；以單因數變異數分析(analysis of variance；ANOVA)檢定多組變相的差異性。

肆、研究結果

一、甜菜饅頭加熱後顏色的變化

甜菜饅頭發酵 45 分鐘後，經過蒸煮 15 min 顏色變化如圖一所示。從圖中可發現甜菜饅頭加熱後顏色由紫紅色變成橙紅色，其色系由藍向黃色移動。經多次加熱後顏色變黃。

甜菜饅頭分別蒸煮一~三次，每次蒸煮 15 min，再以色差儀測定 Hunter Lab 值，結果如表一所示。結果顯示蒸煮後的 L 值增加，表示亮度增加；蒸煮第二次後之 L 值達到最高，但蒸煮到第三次時開始下降。另一方面，甜菜饅頭蒸煮後之 a 值下降，蒸煮第二次時 a 值降低達到最低，然而蒸煮到第三次時 a 值不降反增。而 b 值則在蒸煮後提高，蒸煮第三次也是不增反降。甜菜饅頭蒸煮後色域變化可由 Hunter Lab 值之 3D 圖(圖三)顯示其色域由紅轉綠，由藍轉黃，亦即顏色會由紫紅色轉為橙紅色。

二、甜菜汁加熱後顏色的變化

甜菜汁分別蒸煮一~三次，每次蒸煮 15 min，顏色雖有變化但並不明顯，以色差儀測定 Hunter Lab 值，結果如表二所示。甜菜汁加熱蒸煮後，顏色變化以肉眼不易分辨，以色差儀測定其 Hunter Lab 值，結果顯示蒸煮後的甜菜汁，其 Lab 值均升高，但其增加幅度並不大，此結果與甜菜饅頭加熱後之變化情形有很大的不同。

三、甜菜汁在不同 pH 顏色的變化

甜菜汁在不同 pH 值，其顏色變化並不明顯，加熱後 pH 在 5~9 之間其 Hunter L、a、b 值皆略有上升(圖四)，但仍舊不明顯，顯示甜菜汁顏色變化與添加至饅頭之變化有很大的落差。

四、甜菜汁在不同 pH 的吸光波長

甜菜汁以 0.1N NaOH 及 HCl 調整 pH 為 1.0~9.0，再以分光光度計掃瞄其最高吸光之波長，結果如圖五所示。

甜菜汁之 pH 值為 1.0 時，其最高吸光波長為 533.5 nm，隨者 pH 提高其高吸光波長略為上升，當 pH 等於 8.0 時之最高吸光波長為 542.0 nm，pH 調高至 9.0 時則降為 538.5 nm (如表三)。整體而言，不同 pH 值對未經過蒸煮的甜菜汁，其

色素之最大吸光波長移動並不明顯。蒸煮後，除了 pH 值 1.0 和 2.0 之吸光波長下降以外，第一個波峰之吸光波長變化不大。但當 pH 值在 6.0 以上時會出現 2 個吸光波峰，第二個波峰之吸光波長隨 pH 值上升而下降。在 pH 值 8.0 以上時，其主要波峰在第二個波峰（如圖六）。

伍、結 論

甜菜根之主要色素為甜菜素（Betalains），可分為兩大類，即紅色的 Betacyanins 及黃色的 Betaxanthins。這兩類色素成分都為水可溶性，對熱敏感，受熱會產生降解作用（Schliemann *et al.*, 2001）。在本研究中發現，以甜菜汁製做饅頭，經過加熱蒸煮後，顏色由原來紫紅色變成橙紅色，經過第二次蒸煮後，顏色逐漸變黃色（圖一、二），此結果顯示以甜菜汁製作饅頭，其色素極為不安定。此結果與前人的研究相似（林，2000），推測甜菜紅對熱敏感，受熱亦會產生降解作用，因此甜菜紅色素應用於熱加工食品，需在很短的時間內完成加熱殺菌，以保持固定色澤。

楊等以蔬菜饅頭製作時，添加含類胡蘿蔔素（carotenoid）之胡蘿蔔、南瓜、番茄等增加饅頭鮮豔色彩，經過冷凍 3 個月後，整體亮度(L)增加，紅色度(a)下降及黃色度(b)下降(楊鈞恆，2008)。本試驗中，經過加熱之甜菜饅頭，其L值和b值增加，尤其是b值增加幅度相當大，但相對的a值卻也是大幅度的減少，依色域的變化是由紅變黃，色素並未被分解，可能是由紅色的Betacyanins轉換成黃色的Betaxanthins，其轉換機制如何，則有待進一步探討。

甜菜紅對熱敏感，受熱會產生降解作用，在本試驗中，以甜菜汁直接加熱雖然其 L、a、b 值均增加，但變化幅度並不明顯，此與其添加在饅頭中之變化截然不同，原因為何？是受饅頭發酵前後 pH 值變化之影響？還是麵粉添加改變甜菜色素之安定性？值得進一步探討。

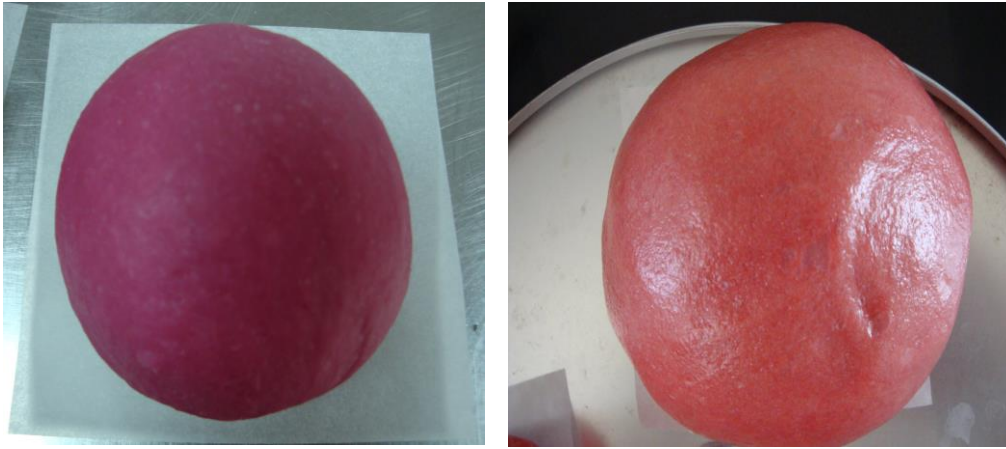
甜菜紅的安定性受到 pH 的影響，其最安定 pH 為 4.5，當 pH 高於 7.0 以上時，會加速降解，因此不適用於鹼性食品中，其耐熱程度同樣受到 pH 及水活性的影響。本試驗中發現，未經加熱蒸煮之甜菜汁，在不同 pH 值，其吸光波長變化不大，但經過加熱蒸煮，當 pH 在 6.0 以上時，會出現 2 個吸光波長，此與其色素可能被分解有關，顯示甜菜汁色素在高 pH 較為不安定，此特性與花青素類似，花青素之破壞隨 pH 而改變，高 pH 變化快，且與溫度有關。

參考文獻

1.Schliemann, W., Cai, Y., Degenkolb, T., Schmidt, J. and Corke, H. (2001) Betalains

- of *Celosia argentea*. *Phytochemistry*. 58, 159-165.
- Gibson, A.C., and Nobel, P.S. (1986) *The Cactus Primer*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 286 p.
 - Rebecca, O. P. S., Boyce, A. N. and Chandran, S. (2010) Pigment identification and antioxidant properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(10), 1450-1454.
 - Herbach K. M., Florian C., Stintzing F.C., and Carle R. (2006) Structural and chromatic stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus* [Weber] Britton & Rose) betacyanins as affected by the juice matrix and selected additives. *Food Research International*.Vo. 39,(6), 667-677.
 - Stintzing F. C., Schieber A. , and Carle R. (2002) Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose. *Food Chemistry* 77(1), 101–106.
 - 吳永志(2013)。15種含植物生化素的救命食材。不一樣的自然養生法。原水文化出版社。
 - 行政院衛生福利部(2017)。台灣食品成分資料庫 2017 版。
 - 陳惠惠、羅建怡(2010)。甜菜根/B12、鐵質多 建議別生食。元氣周報。
 - 維基百科(2012)。甜菜鹼。資料來源：
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9C%E8%8F%9C%E7%A2%B1>
 - 邱阿昌(2012)。園藝之友。第154期。
 - 台灣糖業。知識專區主類別，台灣糖業之演進與再生。次類別，甘蔗與蔗糖起源卷，蔗糖史話。資料來源：
http://www.taisugar.com.tw/chinese/KM_detail.aspx?p=0&n=10482&s=102
 - 林怡君。2002。紅肉紅龍果甜菜甘色素定性與安定性之研究。東海大學食品科學系碩士學位論文。
 - 蕭增宜。2007。添加物對火龍果皮色素萃取液的顏色及抗氧化力之影響。國立屏東科技大學研究所 碩士論文。
 - 維基百科(2012)。甜菜。資料來源：<http://baike.baidu.com/view/671723.htm>
 - 鄭孝祺(2014)。抗癌降血壓 你不熟悉的「西方靈芝」甜菜根。大紀元。
 - 張心怡(1999)。蔬果 579~甜菜根。台灣癌症基金會會訊。
 - 孫安迪(2003)。「甜菜鹼 保肝抗癌」。中國時報。
 - 林曉珮、劉建忠、蔡正宗〈2001〉。仙人掌果(*Opuntia dillenii*)果汁色素化學結構鑑定之研究。台灣農業化學與食品科學39：51-57。
 - 楊鈞恆、傅慧音、陳梅華、葉俊宏、張婉玲、黃卓治(2008)。蔬菜饅頭經冷

凍儲存過程其顏色及組織之變化。九十七年度灣藥學會與台灣臨床藥學會聯合年會。



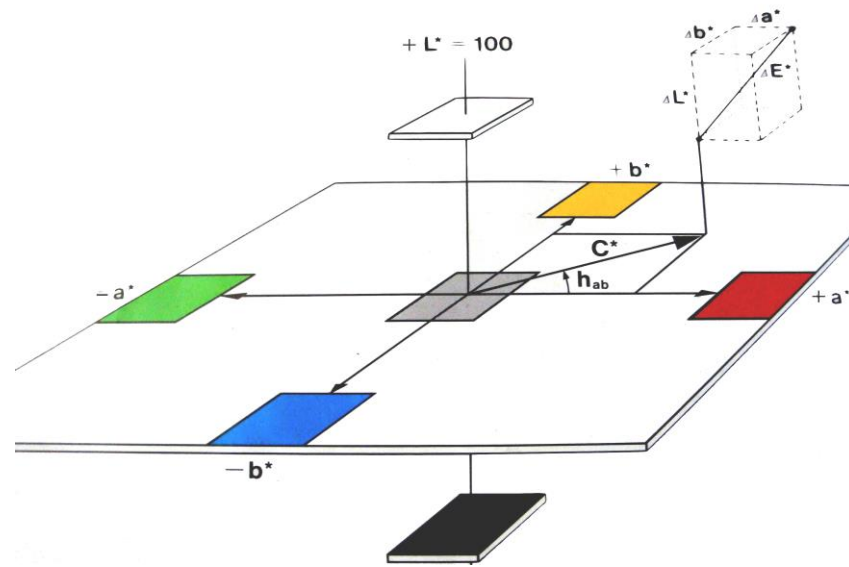
(A)

(B)

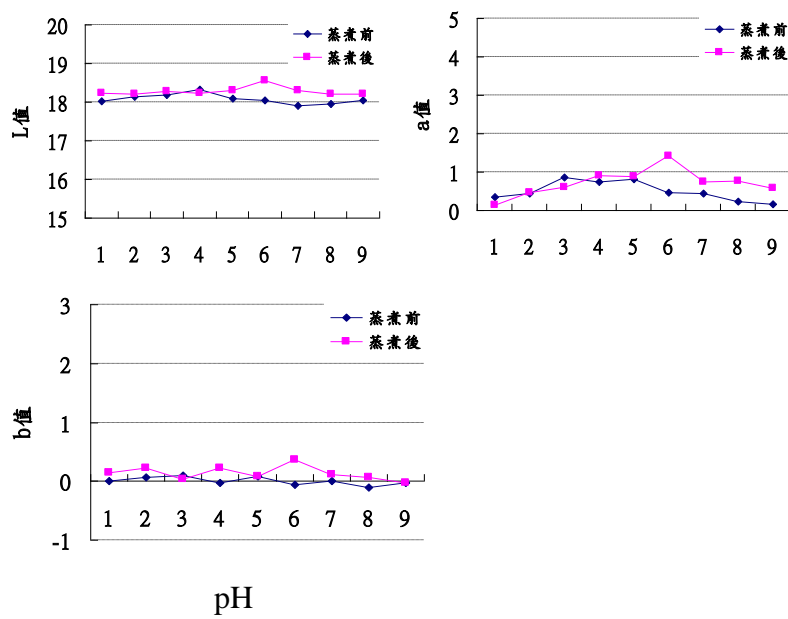
圖一 甜菜饅頭蒸煮前後顏色變化 (A 為蒸煮前；B 為蒸煮後)



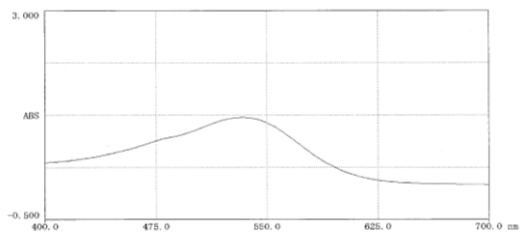
圖二 甜菜饅頭經過多次加熱後之顏色變化



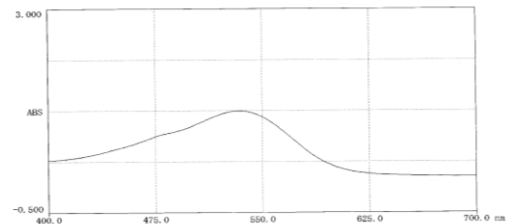
圖三 甜菜饅頭蒸煮後 Hunter Lab 值之 3D 色域圖



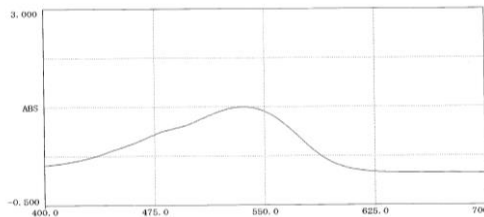
圖四 甜菜汁在不同 pH 之 Hunter Lab 值變化



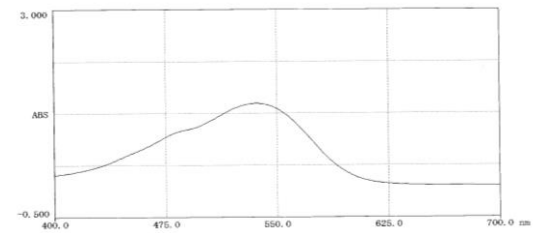
pH1



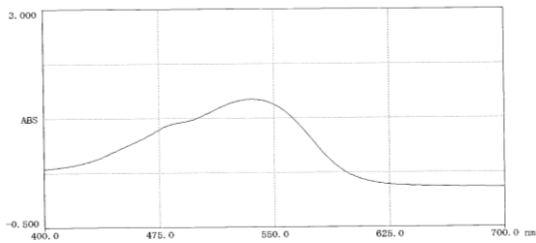
pH2



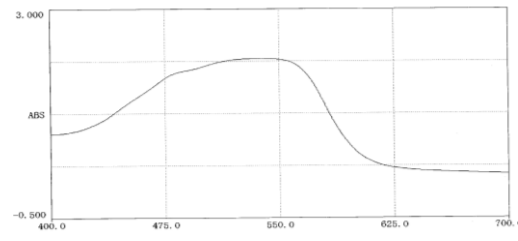
pH3



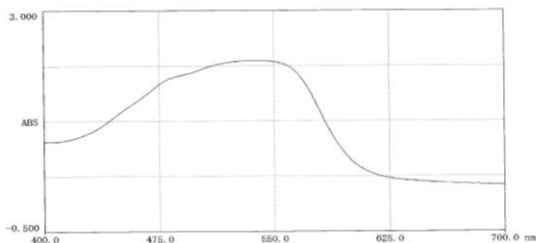
pH4



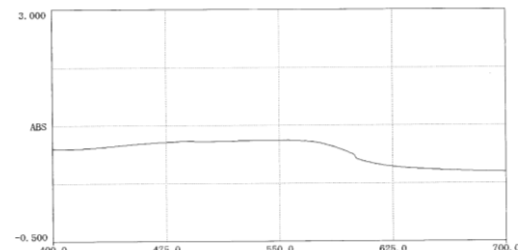
pH5



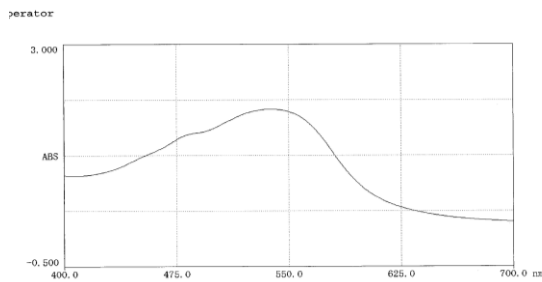
pH6



pH7



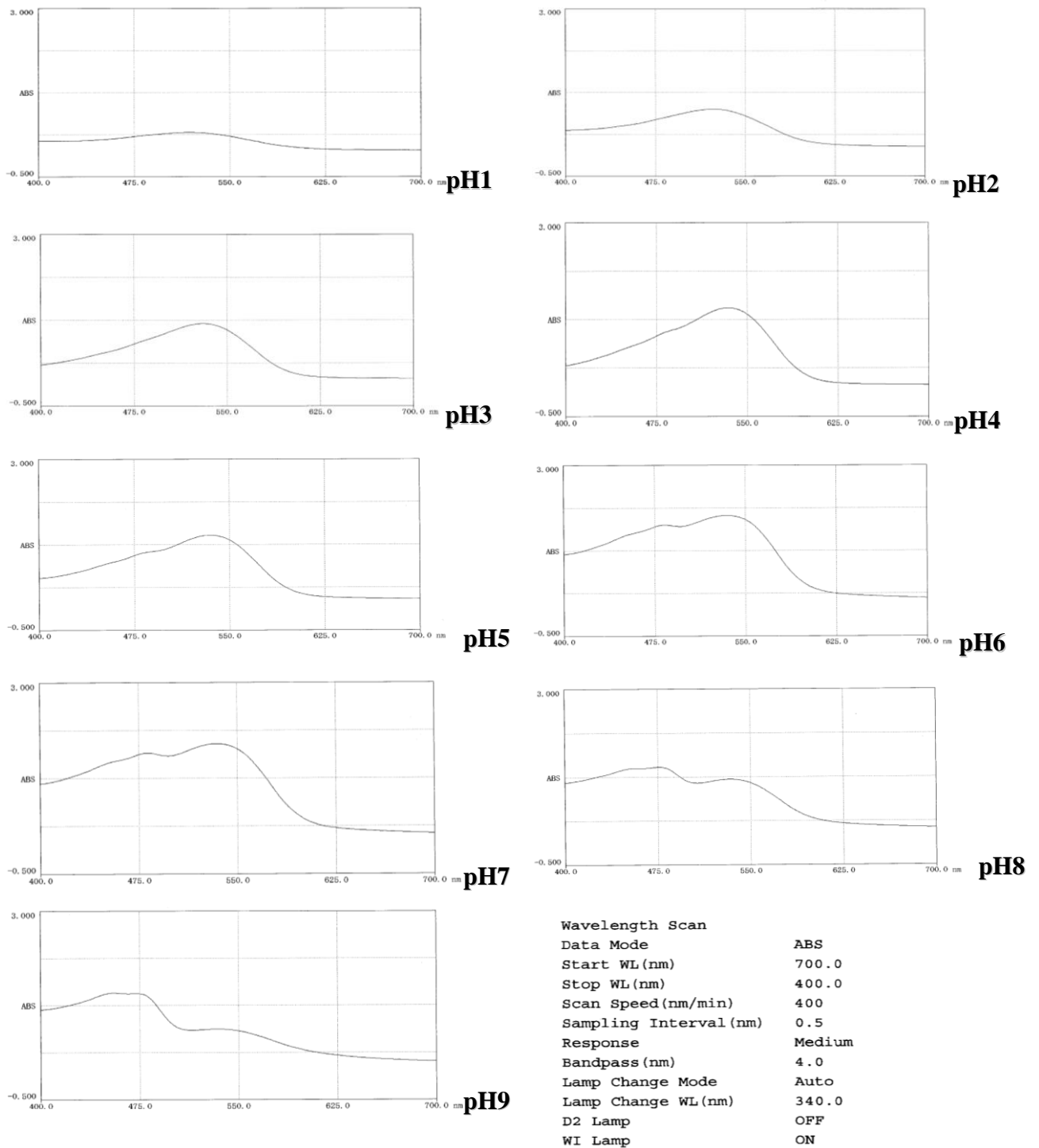
pH8



pH9

Wavelength Scan
Data Mode ABS
Start WL (nm) 700.0
Stop WL (nm) 400.0
Scan Speed (nm/min) 400
Sampling Interval (nm) 0.5
Response Medium
Bandpass (nm) 4.0
Lamp Change Mode Auto
Lamp Change WL (nm) 340.0
D2 Lamp OFF
WI Lamp ON

圖五 甜菜汁在不同 pH 未蒸煮之吸光波長變化



圖六 甜菜汁在不同 pH 蒸煮 15 min 之吸光波長變化

表一 甜菜饅頭蒸煮前後 Hunter Lab 值變化^{1,2}

	L	a	b
蒸煮前	50.74±0.61 ^a	29.64±0.30 ^a	2.20±0.15 ^a
蒸煮一次	58.58±0.91 ^b	16.94±0.76 ^b	13.78±0.13 ^b
蒸煮二次	69.76±0.10 ^c	3.77±0.10 ^c	21.50±0.29 ^c
蒸煮三次	67.14±1.40 ^c	8.08±0.49 ^d	18.40±1.44 ^d

1. 所有數據以平均數±標準差表示 (N=3)
2. 同一欄英文符號不同者表示有顯著性差異($p<0.05$)。

表二 甜菜汁蒸煮前後 Hunter Lab 值變化^{1,2}

	L	a	b
蒸煮前	18.54±0.06 ^a	1.09±0.26 ^a	0.20±0.11 ^a
蒸煮一次	19.18±0.16 ^a	1.85±0.45 ^a	0.85±0.23 ^a
蒸煮二次	19.21±0.08 ^a	1.81±0.20 ^a	1.29±0.47 ^b
蒸煮三次	19.88±1.40 ^a	2.51±1.07 ^b	1.02±0.23 ^b

1. 所有數據以平均數±標準差表示 (N=3)
2. 同一欄英文符號不同者表示有顯著性差異($p<0.05$)。

表三 甜菜汁在不同 pH 值蒸煮前後之吸光波長變化

pH \ 波峰(nm)	未蒸煮		蒸煮 15 min	
	吸光波長 ID 1	吸光波長 ID 2	吸光波長 ID 1	吸光波長 ID 2
1	533.5		518.5	
2	534.0		523.0	
3	535.5		531.0	
4	536.5		534.5	
5	535.5		535.0	
6	539.5		535.0	483.5
7	538.5		534.5	482.0
8	542.0		534.0	476.5
9	538.5		534.5	455.5