

色素的認識

方金祥

國立高雄師範學院化學系

在我們居住的環境裏到處都可看到各色各樣的顏色，舉凡花、草、樹木、蔬菜、水果、衣飾、傢俱以及建築物、交通工具……等，都具有美麗的顏色，這些五彩繽紛的顏色，美化了我們的生活環境。這些美麗的顏色是如何形成的呢？有的是因為植物細胞中含有可以形成顏色的物質；有的是由化學合成具有顏色的化合物，這些可以形成顏色的物質都叫做色素（pigments）。每當我們一看到所熟悉的物品之色彩和平常所見的不相同時，內心便會有怪怪的感覺，甚至會產生某些預感，例如天空由藍天白雲轉變成烏雲密佈，便是壞天氣的預兆；深顏色的室內佈置，會令人感到陰沉焦慮煩躁。

至於飲料和食品的顏色也是如此，我們對某一食物皆有習慣於其本身特有的色澤，且對每一樣食物的色、香、味也都有一定的期望，因為食品的色、香、味等都能直接影響到人們的食慾，因此在各類飲料和食品中，爲了要達到美化其外觀，以及增進食慾的目的，在食品加工過程當中，除了設法保持本身原有的色澤外，常有加入着色劑（或稱色素）的情形；如不經添加人工合成色素或天然色素的話，則如「可樂」應是無色透明的，然而當添加某種色素而使其呈現黃色、褐色或橙色……等，以符合人們所期盼的顏色，使其對消費者更具有吸引力。由此可見色素對食品的重要性，因此本文以食用色素加以說明。

一、色素的分類

色素在食品上的使用大致可分成天然色素和人工合成色素等兩種。

1. 天然色素—主要是從植物體中具有色素成分萃取而得，當作植物色素做爲食品的色素來使用，如以棕紅色的葡萄來釀酒時，我們可在發酵前做不同的處理，例如可先將棕紅色的外皮去掉再發酵，或在發酵過程中使其外皮留置不同的時間，便可分別釀製而成白葡萄酒、粉紅葡萄酒或紅葡萄酒等，此乃由於葡萄皮中含有一天然色素—花青素（anthocyanin）。天然色素可分成下列幾個主要的類別：

(1) 葉綠素（chlorophyll）—爲綠色或棕綠色色素，是構成綠色植物葉子中綠色之主要成分。葉綠素含有四種主要的色基，①葉綠素 *a*（ $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ），佔總顏色之62%，爲藍黑色物質，其水溶液呈綠藍色。②葉綠素 *b*（ $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ），佔總顏色之23%，爲綠黑色物質，其水溶液呈綠色。③葉黃素（xanthophyll， $C_{40}H_{56}O_2$ ），佔總顏色之10%，爲黃色物質。④胡蘿蔔素（carotene， $C_{40}H_{56}$ ），佔總顏色之5%左右，爲黃色物質。

(2) 類胡蘿蔔素（carotenes）—爲黃色、紅色及橙色色素，在自然界分佈很廣，爲一含有不

飽和之碳氫化合物 ($C_{40}H_{56}$) 亦即胡蘿蔔素，有四種異構物分別為 α 、 β 、 γ 及 K-carotene，如在蕃茄中以黃體素 (lutein, $C_{40}H_{56}O_2$) 存在而呈黃色，此色素亦存在於麥、葡萄、香蕉及橘子中。此外類胡蘿蔔素也存在於紅椒、紅鮭魚、牛油、棕油、玉米仁、萬壽菊及綠色葉子中。類胡蘿蔔素以顆粒狀與蛋白質結合成色素體而存在於細胞質中，可表現出黃色、金黃色、橙色、紅色及褐色等，主要以胡蘿蔔素 (carotene，即葉紅素) 及胡蘿蔔酸 (xanthophyll，即葉黃素) 的形式存在。

(3) 花青素 (anthocyanins) 一為橙色、紅色及藍色色素，是最普遍且最常見的一種天然色素。如葡萄、草莓、蘋果、玫瑰花...等所具有鮮明艷麗的色彩皆是來自花青素；也有一些蔬菜、水果、花朵中所含的色素不只一種，而由二種以上的色素混合而成的，在一般的蔬菜、水果中大約含有 4 ~ 6 種色素。

(4) 甜菜素 (betanin, $C_{21}H_{22}O_{10}N_2Cl$) 一為紅色色素，為少數幾種植物中的色素，如紅根甜菜 (red beet)、仙人掌果 (cactus fruit)、九重葛花 (bougainvillea flower) 等。

目前國內規定合法使用的天然色素有下列幾種：

- (1) β -胡蘿蔔素 (β -carotene)
- (2) β -衍-8'-胡蘿蔔醛 (β -apo-8'-carotene)
- (3) β -衍-8'-胡蘿蔔酸乙酯 (β -apo-8'-carotenoat, ethyl)
- (4) 4-4'-二酮- β -胡蘿蔔素 (canthaxanthin)
- (5) 水溶性果紅 (amatto, water soluble)
- (6) 油溶性果紅 (amatto, oil soluble)
- (7) 蟲漆酸 (laccic acid)
- (8) 葉綠素銅 (copper chlorophyll)
- (9) 葉綠素銅鈉 (sodium copper chlorophyllin)
- (10) 葉綠素鐵鈉 (sodium iron chlorophyllin)
- (11) 洋紅 (carmine)
- (12) 紅花黃 (safflower yellow)

2. 人工合成色素一係以碳乾餾的副產品蒸餾所得之苯、甲苯、二甲苯及萘等芳香族碳氫化合物為主要原料，經複雜的有機合成反應如硫化、氫化、氧化、還原、縮合及偶氮化等而製成的，因此人工合成色素又叫做煤焦色素 (coal-tar dyes)；由於在製造過程中有害物質可能會混入，所以最初以供做染料為主約有三千多種，而供做食品色素必須經過長時期的試驗確認其安全性後始可使用。食品色素必須要在美國食品、藥物管理局 (Food and Drug Administration; FDA) 之監督下通過動物安全試驗。動物試驗包括色素對老鼠口服毒性精確的測定，對小老鼠腹膜內毒性精確之測定，以及至少六十天的一般飼養實驗。在飼養實驗中每三組老鼠被餵以三種不同量的食品色素，最高量者，其量必須足以造成可測得的毒性效應。而目前對新開發的食品色素毒性試驗的要求更為徹底，其試驗項目包括：

- (1) 對老鼠的精確毒性的研究。
- (2) 對齧齒動物的長期飼養實驗，通常為老鼠 (rat) 及小老鼠 (mouse) (包括子宮內測驗)。

- (3) 對非齧齒動物如狗，較短期的餵養實驗。
- (4) 畸胎學的研究。
- (5) 多代再現性的研究。

二、合成色素的分類

1. 按其染色性質可分為三種：

(1) 酸性色素：含有 $-\text{SO}_3\text{H}$ ， $-\text{COOH}$ 等基，通常以鈉鹽或鉀鹽形式存在，在酸性溶液中可用來染動物性纖維，尤其是羊毛更容易染色，但對植物性纖維染色能力弱，此種色素在溶液中常以陰離子形態存在，故又稱為陰離子性染料（anionic dyes）。

(2) 鹽基性色素：含有 $-\text{NH}_2$ 基， $-\text{NH}(\text{CH}_3)$ 基， $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ 基等；通常以形成鹽酸鹽存在，在鹼性溶液中可染動物纖維尤其是絹，但對植物纖維之染色能力弱，此種色素在溶液中以陽離子形態存在，故又稱為陽離子性染料（cationic dyes）。

(3) 直接性色素：可直接染色於植物纖維者，如偶氮（Diazo）色素， $\text{R}-\text{N}=\text{N}-\text{R}'$ 。

2. 按化學構造可分類為 Nitroso, Nitro, Azo, Diphenylmethene, Xanthane……等，其中供作食品使用之色素大部分為 Azo 色素。

三、合成色素的種類

人工合成色素曾被使用在食品藥物及化粧品的約有十九種之多，使用在食品（Food），藥物（Drugs）及化粧品（Cosmetics）之色素編號以 FD & C 表示之，主要分成紅色（FD & C Reds）、橙色（FD & C Oranges）、黃色（FD & C Yellows）、綠色（FD & C Green）、藍色（FD & C Blues）及紫色（FD & C Violet）等。以上之色素可單獨使用，亦可由二種以上之色素依一定比例混合使用，便可形成特殊的顏色，其配製法如表一所示。

四、國內法定人工合成色素

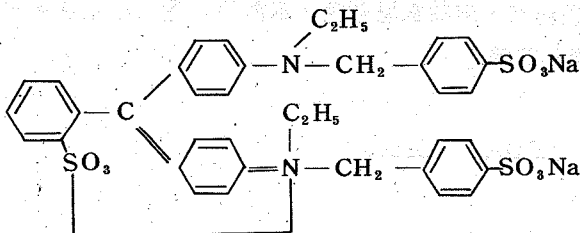
我國現行規定內之合格人工合成食用色素只有七種，皆為酸性色素，分別為食用藍色一號，食用藍色二號，食用綠色三號，食用黃色四號，食用黃色五號，食用紅色六號及食用紅色七號等，其結構及性狀介紹如下：

1 食用藍色一號

名 稱：美國 Brilliant Blue FCF, FD&C Blue No.1.

日本 Food Blue No.1

構造式：



表一 色素之混合顏色

顏 色	色素混合比例	顏 色	色素混合比例
檸檬 (Lemon)	FD&C 黃色五號— 100 %	蛋黃 (Egg Yolk)	FD&C 黃色五號— 85 % FD&C 橙色一號— 15 %
橘子 (Orange)	FD&C 黃色五號— 20 % FD&C 黃色六號— 80 %	草莓 (Strawberry)	FD&C 紅色二號— 45 % FD&C 橙色一號— 10 % FD&C 紅色四號— 45 %
萊姆 (Lime)	FD&C 黃色六號— 60 % FD&C 綠色一號— 40 %	覆盆子 (Raspberry)	FD&C 紅色一號— 13 % FD&C 橙色一號— 7 % FD&C 紅色二號— 80 %
杏 (Apricot)	FD&C 黃色五號— 38 % FD&C 紅色一號— 2 % FD&C 黃色六號— 60 %	櫻桃 (Cherry)	FD&C 紅色一號— 5 % FD&C 藍色一號— 3 % FD&C 紅色二號— 92 %
焦糖 (Caramel)	FD&C 黃色五號— 45 % FD&C 橙色一號— 25 % FD&C 紅色二號— 25 % FD&C 藍色一號— 5 %	黑莓 (Blackberry)	FD&C 紅色二號— 96 % FD&C 藍色一號— 4 %
		葡萄 (Grape)	FD&C 紅色二號— 80 % FD&C 藍色一號— 20 %

分子式：C₃₇H₃₄O₉N₂S₃Na₂

分子量：792.87

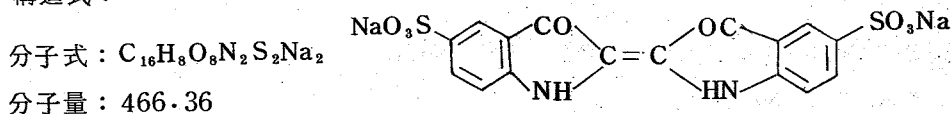
性 狀：無臭，青紫色帶金屬光澤粉末，溶於水後變成藍色，水溶液加鹽酸時則變為暗黃綠色，水溶液加 10 % NaOH 時則變為紫紅色。

2. 食用藍色二號

名 稱：美國 Indigo Carmine, FD&C Blue No.2

日本 Food Blue No. 2

構造式：



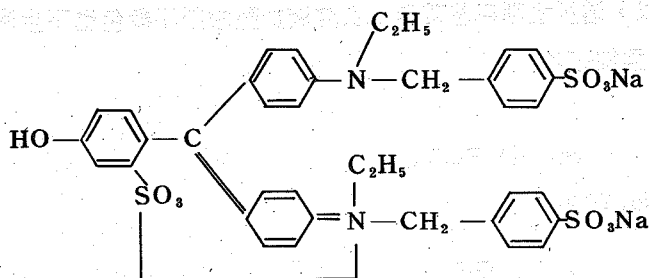
性 狀：無臭，暗紫青至暗紫棕色粉末，溶於水呈藍色，水溶液加鹽酸不生沈澱也不變色，水溶液加 10 % NaOH 時則變為黃綠色。

3. 食用綠色三號

名 稱：美國 Fast Green FCF, FD&C Green No.3

日本 Food Green No. 3

構造式：



分子式： $C_{37}H_{34}O_{10}N_2S_3Na_2$

分子量：808.87

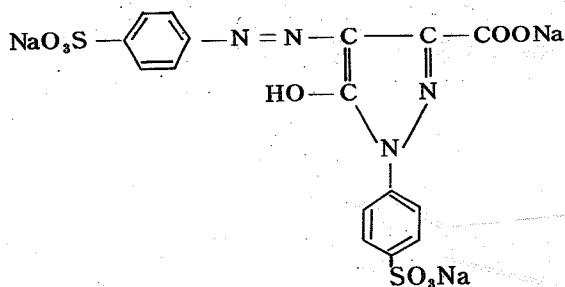
性 狀：無臭，具有金屬光澤之暗綠色粉末，溶於水呈藍綠色，水溶液加鹽酸則變為棕色，水溶液加 10% NaOH 則呈青紫色。

4. 食用黃色四號

名 稱：美國 Tartrazine, FD&C Yellow No. 5

日本 Food Yellow No. 4

構造式：



分子式： $C_{16}H_9O_9N_4S_2Na_3$

分子量：534.37

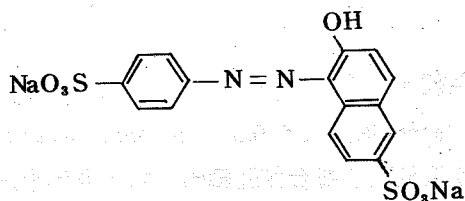
性 狀：無臭，橙黃～橙色粉末，溶於水呈黃色，水溶液加鹽酸則不變色也不生沉澱，水溶液加 10% NaOH 則變紅色。

5. 食用黃色五號

名 稱：美國 Sunset Yellow FCF, FD&C Yellow No. 6

日本 Food Yellow No. 5

構造式：



分子式： $C_{16}H_{10}O_7N_2S_2Na_2$

分子量：452.37

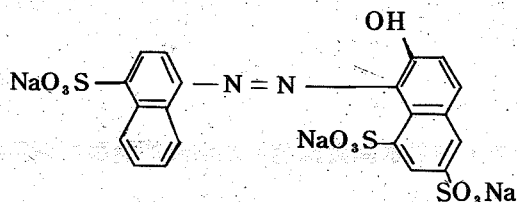
性 狀：無臭，橙紅色粉末，溶於水則呈橙黃色，水溶液加鹽酸則不變色也不生沈澱，水溶液加 10 % NaOH 則變為棕紅色。

6. 食用紅色六號

名 稱：美國 New Cocein (Cochineal Red A)

日本 Food Red No. 102

構造式：



分子式： $C_{20}H_{11}O_{10}N_2S_3Na_3$

分子量：604.48

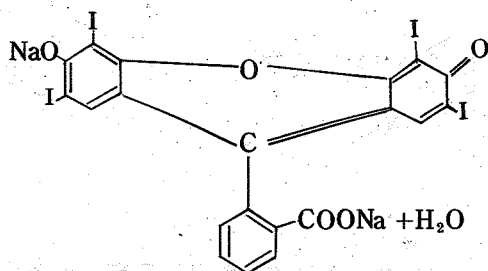
性 狀：無臭，紅~暗紅色粉末，溶於水呈紅色，水溶液加鹽酸則不變色亦不生沈澱，水溶液加 10 % NaOH 則變為棕色。

7. 食用紅色七號

名 稱：美國 Erythrosin, FD&C. Red No. 3

日本 Food Red No. 3

構造式：



分子式： $C_{20}H_6O_5I_4Na_2 \cdot H_2O$

分子量：897.88

性 狀：無臭，紅~棕色粉末，溶於水呈紅色，水溶液加鹽酸則呈紅色沈澱，水溶液加 10 % NaOH 則不變色亦不生沈澱。

□

參考資料

1. 國中化學，第一章物質的分離。國立編譯館主編。
2. Morris B. Jacobs; *The chemistry and technology of food and food products*. 1972.
3. 食品添加物使用範圍及用量標準。行政院衛生署員工消費合作社編印，六十九年十月。
4. 周大紓譯：食品色素。今日食品，第九卷第一期，六十九年。