

§09039

焦糖色素
Caramel Colors

別名：焦糖色素共分為四大類，各類別之別名如下：

第一類：普通焦糖(Plain caramel) INS No. 150a

第二類：亞硫酸鹽焦糖(Sulfite caramel) INS No. 150b

第三類：銨鹽焦糖(Ammonia caramel) INS No. 150c

第四類：亞硫酸-銨鹽焦糖(Sulfite ammonia caramel) INS No. 150d

定義：焦糖色素係為複雜混合物，其中某些為膠狀聚合物。焦糖色素之製程，可單純由碳水化合物加熱產生，或與酸、鹼及鹽類等反應製得，依其製程中使用之反應物可分為以下四大類：

第一類：普通焦糖：由碳水化合物在有無酸或鹼之存在下加熱製取；未使用銨鹽或亞硫酸鹽化合物。

第二類：亞硫酸鹽焦糖：由碳水化合物與亞硫酸鹽化合物在有無酸或鹼之存在下加熱製取；未使用銨鹽化合物。

第三類：銨鹽焦糖：由碳水化合物與銨鹽化合物在有無酸或鹼之存在下加熱製取；未使用亞硫酸鹽化合物。

第四類：亞硫酸-銨鹽焦糖：由碳水化合物與亞硫酸鹽及銨鹽化合物在有無酸或鹼之存在下加熱製取。

前述碳水化合物之原料需為食品等級之糖類如葡萄糖、果糖或其多醣；使用之酸、鹼化合物亦須為食品等級如硫酸、檸檬酸、氫氧化鈉、氫氧化鉀、氫氧化鈣或其混合物等。可使用之銨鹽化合物：氫氧化銨、碳酸銨、碳酸氫銨、磷酸銨、硫酸銨、亞硫酸銨、亞硫酸氫銨。可使用之亞硫酸鹽化合物：亞硫酸、亞硫酸之鉀鹽、鈉鹽、銨鹽及亞硫酸氫鉀鹽、鈉鹽、銨鹽。製程中可使用食品等級之消泡劑。

1. 外觀：深棕色至黑色之液體或固體，具有焦糖氣味。

2. 溶解度：可與水互溶。

3. 分類鑑別：第一類：50%以下之本色素與 DEAE 纖維素(diethylaminoethyl cellulose)結合，50%以下之本色素與磷酸纖維素(phosphoryl cellulose)結合。

第二類：大於 50%之本色素與 DEAE 纖維素結合，且其吸光比值(absorbance ratio)大於 50。

第三類：50%以下之本色素與 DEAE 纖維素結合，大於 50%之本色素與磷酸纖維素結合。

第四類：大於 50%之本色素與 DEAE 纖維素結合，且其吸光比值小於 50。

(1)吸光比值：配製 1 mg/mL 之檢品溶液，呈混濁時，需離心，再將檢品溶液稀釋至 50 µg/mL，作為稀釋檢品溶液。取檢

品溶液及稀釋檢品溶液分別置於 1 cm 石英管，按照吸光度測定法(附錄 A-13)，以水為對照溶液，分別於波長 560 nm 測定檢品溶液之吸光度及於波長 280 nm 測定稀釋檢品溶液之吸光度，依下列計算式求得檢品之吸光比值：

$$\text{吸光比值} = \frac{A_{280}}{A_{560}} \times 20$$

A₂₈₀：稀釋檢品溶液於波長 280 nm 之吸光度

A₅₆₀：檢品溶液於波長 560 nm 之吸光度

20：稀釋倍數

- (2)DEAE 纖維素結合試驗：取適量本品，以 0.025 N 鹽酸溶液定容至 100 mL，呈混濁時，需離心或過濾，供作檢品溶液(於波長 560 nm 吸光度約 0.5)。取檢品溶液 20 mL，加 DEAE 纖維素(具有 1.0 mEq/g 結合容量) 140 mg，充分混合數分鐘，離心或過濾，取上清液。取檢品溶液及上清液分別置於 1 cm 石英管，按照吸光度測定法(附錄 A-13)，以 0.025 N 鹽酸溶液為對照溶液，於波長 560 nm 測定吸光度，依下列計算式求得本色素與 DEAE 纖維素結合百分比(%)：

$$\text{本色素與 DEAE 纖維素結合百分比(\%)} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100$$

X₁：檢品溶液之吸光度

X₂：上清液之吸光度

- (3)磷酸纖維素結合試驗：取本品 200~300 mg，以 0.025 N 鹽酸溶液定容至 100 mL，呈混濁時，需離心或過濾，供作檢品溶液。取檢品溶液 40 mL，加磷酸纖維素(具有 1.2 mEq/g 結合容量) 1.42 g，混合數分鐘，離心或過濾，取上清液。取檢品溶液及上清液分別置於 1 cm 石英管，按照吸光度測定法(附錄 A-13)，以 0.025 N 鹽酸溶液為對照溶液，於波長 560 nm 測定吸光度，依下列計算式求得本色素與磷酸纖維素結合百分比(%)：

$$\text{本色素與磷酸纖維素結合百分比(\%)} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100$$

X₁：檢品溶液之吸光度

X₂：上清液之吸光度

4. 固形物含量：(1)液態檢品：取可通過 40 號篩網，但不通過 60 號篩網之石英砂，經鹽酸消化，以水清洗至不含酸，再乾燥熾灼。取本品 1.5~2.0 g，加入預經處理之石英砂 30 g，混合後於 60℃ 減壓乾燥(50 mmHg = 6.7 kPa)至恆重，依下列計算式求得檢品中固形物含量(%)：

$$\text{固形物含量(\%)} = \frac{W_F - W_S}{W_C} \times 100$$

W_F ：本品及石英砂乾燥後之重量(g)

W_S ：石英砂重量(g)

W_C ：檢品重量(g)

- (2)固態檢品：取本品 1.5 g~2.0 g，置於空容器，精確稱定，於 60℃減壓乾燥(50 mmHg = 6.7 kPa)至恆重，依下列計算式求得檢品中固形物含量(%)：

$$\text{固形物含量(\%)} = \frac{(W_D - W_B)}{(W_S - W_B)} \times 100$$

W_D ：檢品及容器乾燥後之重量(g)

W_B ：空容器重量(g)

W_S ：檢品及容器乾燥前之重量(g)

固形物含量(%)應為

第一類：62-77%

第二類：65-72%

第三類：53-83%

第四類：40-75%

5. 色彩強度：取本品 10 mg，以水定容至 100 mL (0.1%)，呈混濁時，需離心，供作檢品溶液。檢品溶液置於 1 cm 石英管，按照吸光度測定法(附錄 A-13)，於波長 610 nm 測定吸光度，依下列計算式求得色彩強度：

$$\text{色彩強度} = \frac{A_{610} \times 100}{S}$$

A_{610} ：0.1%檢品溶液於波長 610 nm 之吸光度

S ：固形物含量(%)

色彩強度應為：

第一類：0.01-0.12

第二類：0.06-0.10

第三類：0.08-0.36

第四類：0.10-0.60

6. 總氮含量：取適量本品，按照氮測定法(附錄 A-22)測定之。

總氮含量(%)應為：

第一類：最高 0.1%以下

第二類：最高 0.2%以下

第三類：1.3-6.8%

第四類：0.5-7.5%

7. 總硫含量：取適量本品(總硫含量小於 2.5%，取 5 g；大於 2.5%，取 1 g)，

加氧化鎂 1~3 g 或同當量之硝酸鎂 $[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 6.4~19.2 g、蔗糖 1 g 及硝酸 50 mL，置於坩鍋中，另取相同試藥做空白試驗，置於蒸氣水浴，加熱蒸發至均勻濃漿狀，放入灰化爐逐漸加熱至 525℃，直至二氧化氮揮散殆盡，靜置冷卻，加水 100 mL 溶解，使用 pH 試紙，以鹽酸調整 pH 至 7，再加鹽酸 2 mL，過濾至燒杯中，加熱至沸騰，再邊攪拌邊緩慢加入氯化鋇試液 20 mL，持續加熱沸騰 5 分鐘，靜置隔夜。以無灰濾紙過濾，以熱水充分清洗濾紙及沉澱物，將洗後之濾紙移至已以 800℃ 熾灼 1 小時之坩堝中，於 105℃ 加熱 1 小時使之乾燥後，先低溫加熱，再逐漸升溫至 800℃，並持續加熱 1 小時灰化之。冷卻及精確稱重後，依下列計算式求得檢品之總硫含量(%)：

$$\text{總硫含量}(\%) = \frac{W_S - W_B}{S} \times 13.74 \times \frac{F}{A_{610}}$$

W_S ：檢品熾灼殘留重量(g)

W_B ：空白試驗熾灼殘留重量(g)

S ：檢品重量(g)

F ：顏色當量，0.1

A_{610} ：0.1 % 檢品溶液於波長 610 nm 吸光度

總硫含量(%)應為：

第一類：最高 0.3% 以下

第二類：1.3-2.5%

第三類：最高 0.3% 以下

第四類：1.4-10.0%

8. 二氧化硫：取本品 0.5 g，按照二氧化硫測定法(附錄 A-45)測定之，以顏色當量表示(以本色素之色彩強度為 0.1 吸光單位計算)。

二氧化硫應為：

第一類：-

第二類：最高 0.2% 以下

第三類：-

第四類：最高 0.5% 以下

9. 銨鹽氮：取本品 2 g，加氧化鎂 2 g、水 200 mL 及沸石數粒，置於 800 mL 凱式長頸圓底分解燒瓶中，搖晃混合，迅速接於 kjeldahl 蒸餾裝置，以 0.1 N 硫酸溶液 25.0 mL 為接收液，加熱至沸騰，經蒸餾收集餾出液 100 mL 於接收瓶，以水數 mL 洗玻璃管尖端，洗液併入接收瓶，加甲基紅試液 4~5 滴，以 0.1 N 氫氧化鈉溶液滴定並記錄消耗體積。取另一 800 mL 凱式長頸圓底分解燒瓶，加氧化鎂 2 g、水 200 mL 及沸石數粒，同樣操作，作為空白檢液。依下列計算式求得檢品之銨鹽氮含量(%)：

$$\text{鉍鹽氮含量(\%)} = \frac{(B - S) \times W_N \times 100}{W} \times \frac{F}{A_{610}}$$

B：空白檢液之 0.1 N 氫氧化鈉溶液消耗量(mL)

S：檢品溶液之 0.1 N 氫氧化鈉溶液消耗量(mL)

W_N ：0.1 N 氫氧化鈉溶液之莫耳當量，0.0014

W：檢品重量(g)

F：顏色當量，0.1

A_{610} ：0.1 %檢品溶液於波長 610 nm 之吸光度

鉍鹽氮(%)應為：

第一類：-

第二類：-

第三類：最高 0.4%以下

第四類：最高 2.8%以下

10. 4-甲基咪唑 (1)液相層析串聯質譜儀：

(4-Methylimidazole, 4-MEI)：離子源：電灑離子化正離子(positive electrospray ionization, ESI⁺)

層析管：Agilent Pursuit 5 PFP, 5 μ m, 內徑 4.6 mm $\times$ 15 cm, 或同級品

(2)移動相溶液之調製：

移動相溶液A：取甲酸 1mL，加去離子水使成 1000 mL，混勻後，經濾膜過濾，取濾液供作移動相溶液A。

移動相溶液B：取甲酸1 mL，加甲醇使成1000 mL，混勻後，經濾膜過濾，取濾液供作移動相溶液B。

(3)標準溶液之配製：

取 4-甲基咪唑對照用標準品約 50 mg，精確稱定，以去離子水溶解並定容至 50 mL，作為標準原液，冷藏儲存。臨用時精確量取適量 4-甲基咪唑，以去離子水稀釋至 20 μ g/mL，供作標準溶液。

(4)檢液之調製：

取檢品約 1 g，精確稱定，加去離子水混勻並定容至 10 mL，經濾膜過濾後，供作檢品溶液。

(5)基質匹配檢量線製作：

稱取空白檢體各1 g，分別加入標準溶液5~500 μ L，以去離子水定容至10 mL，經濾膜過濾後，依下列條件進行液相層析串聯質譜分析。就 4-甲基咪唑定量離子之波峰面積與對應之4-甲基咪唑添加濃度，製作0.01~1 μ g/mL基質匹配檢量線。

(6)液相層析串聯質譜測定條件：

移動相溶液：A 液與 B 液以下列條件進行梯度分析

時間(min)	A (%)	B (%)
0.0 → 1.0	98 → 98	2 → 2
1.0 → 2.0	98 → 0	2 → 2
2.0 → 5.0	0 → 0	100 → 100
5.0 → 6.0	0 → 0	100 → 2
6.0 → 10.0	98 → 98	2 → 2

移動相流速：1 mL/min。

注入量：10 μ L。

離子噴灑電壓(Ion spray voltage)：4.5 kV。

氣簾氣體(Curtain gas)：10 psi。

碰撞氣體(Collision gas)：5 psi。

霧化氣體(Gas 1)：50 psi。

加熱氣體(Gas 2)：50 psi。

加熱溫度(Temperature)：500°C。

偵測模式：多重反應偵測(multiple reaction monitoring, MRM)、偵測離子、去集簇電壓(declustering potential)及碰撞能量(collision energy)如下表：

分析物	前驅離子(m/z)> 產物離子(m/z)	去集簇電壓 (V)	碰撞能量 (eV)
4-甲基咪唑	83 > 56*	13	30
	83 > 42	13	44

* 定量離子對

(7)鑑別試驗及含量測定：

精確量取檢品溶液及標準溶液各 10 μ L，分別注入液相層析串聯質譜儀中，就檢液與標準溶液所得波峰之滯留時間及多重反應偵測相對離子強度^(註)鑑別之，並依下列計算式求得檢品之 4-甲基咪唑含量(mg/kg，以顏色當量計)：

$$4\text{-甲基咪唑含量(mg/kg)} = \frac{C \times V}{M} \times \frac{F}{A_{610}}$$

C：由基質匹配檢量線求得檢品溶液中 4-甲基咪唑之濃度(μ g/mL)

V：檢品定容之體積(mL)

M：取樣分析檢品之重量(g)

F：顏色當量，0.1

 A_{610} ：0.1%檢品溶液於波長 610 nm 之吸光度

註：相對離子強度由定性離子與定量離子之波峰面積相除而

得($\leq 100\%$)。容許範圍如下：

相對離子強度(%)	容許範圍(%)
> 50	± 20
> 20~50	± 25
> 10~20	± 30
≤ 10	± 50

4-甲基咪唑(4-Methylimidazole, 4-MEI, 以顏色當量計)應為：

第一類：-

第二類：-

第三類：以顏色當量計，最高 200 mg/kg 以下

第四類：以顏色當量計，最高 250 mg/kg 以下

顏色當量：色彩強度以 0.1 為吸光單位表示

11. 2-Acetyl-4-tetrahydroxy-butylimidazole (THI)：

- (1)DNPH-HCl 之調製：取 dinitrophenylhydrazine (DNPH) 5 g 及鹽酸 10 mL，置於 100 mL 錐形瓶中，輕搖瓶身使顏色由紅轉黃，加入乙醇 100 mL，於蒸氣水浴加熱至固體溶解。冷卻至室溫，待鹽酸鹽結晶析出，將其溶液過濾，取濾紙上結晶之鹽酸鹽，以乙醚清洗，於室溫下風乾後儲存於乾燥器中。
- (2)DNPH-HCl 試劑之調製：取 DNPH-HCl 0.5 g，加入 5% 甲醇之乙二醇二甲醚(aminoethoxy ethanol)溶液 15 mL，混合 30 分鐘，儲存於 4℃，可保存三個月。
- (3)THI-DNPH 標準品之製備：取 DNPH-HCl 0.5 g，依序加入鹽酸 1 mL 及乙醇 10 mL，於蒸氣水浴加熱溶解，加入 2-acetyl-4(5)-tetrahydroxybutylimidazole (THI) 100 mg，於數分鐘內開始形成結晶，冷卻至室溫，過濾懸浮之 THI-DNPH，加入鹽酸-乙醇溶液(乙醇每 5 mL 加入一滴鹽酸)進行再結晶。儲存於 4℃，可保存一年。
- (4)無羰基甲醇之調製：取甲醇 500 mL，加入 Girard's Reagent 5 g 及鹽酸 0.2 mL，迴流兩小時，以 Vigreux 短管柱蒸餾，貯存於密封瓶中。
- (5)THI-DNPH 標準溶液之配製：取 THI-DNPH 標準品 10 mg，以無羰基甲醇溶解並定容至 100 mL，取適量此溶液，以甲醇稀釋 10 倍，作為 THI-DNPH 標準原液，其 THI 濃度(mg/L)為 THI-DNPH 標準品之 0.47 倍，可穩定儲存於 4℃ 至少 20 週。取 THI-DNPH 標準原液 1、2、5 mL，分別以無羰基甲醇定容至 10 mL，供作標準溶液。
- (6)組合管柱：

滴液漏斗：100 mL，配有鐵氟龍活栓及 14.5 mm 標準磨口玻璃接頭，作為溶劑儲存槽。

上管柱：玻璃材質，配有內徑 1 mm 毛細管流出口及 14.5 mm 標準磨砂玻璃接頭。內徑 12.5 × 150 mm，填充高度最大 9 cm，填充高度 50-60 mm；或是內徑 10 × 200 mm，填充高度最大 14 cm，填充高度 80-90 mm。

下管柱：玻璃材質，配有內徑 1 mm 毛細管流出口、鐵氟龍活栓及 14.5 mm 標準磨砂玻璃接頭，內徑 10 mm × 175 mm，填充高度 60 mm。

組合：上管柱填充弱陽離子交換樹脂(Amberlite CG AG 50 I, proton form, 100-200 mesh)，下管柱填充強陽離子交換樹脂(Dowex 50 AG × 8, proton form, 100-200 mesh)，上下管柱相連並將滴液漏斗接於兩管柱之上方。

- (7)檢品溶液之調製：取本品 200-250 mg，溶於去離子水 3 mL 中，倒入組合管柱之上管柱，以去離子水 100 mL 流洗後，取下上管柱，再以 0.5N 鹽酸溶液流洗下管柱，棄前 10 mL 洗出液，續收集洗出液 35 mL，於 40℃ 減壓濃縮(15 mmHg)至乾。殘留物以無羰基甲醇 250 μL 溶解，加入 DNPH-HCl 試劑 250 μL，置於有瓶塞之樣品瓶中，於室溫下可存放 5 小時

- (8)高效液相層析測定條件：

移動相溶液：甲醇：0.1 M 磷酸溶液(1:1, v/v)。

紫外光檢出器：波長 385 nm。

管柱：內徑 4 μm × 250 mm，10-1m LiChrosorb RP-8，或同級品。

注入量：5 μL。

移動相流速：2 mL/min。

- (9)含量測定：精確量取標準溶液及檢品溶液 5 μL，分別注入高效液相層析儀中，就檢品溶液與標準溶液之滯留時間比較鑑別之，並依下列計算式求得檢品中 THI 之含量(mg/kg，以顏色當量計)：

$$\text{THI 含量(mg/kg)} = \frac{C \times V}{M} \times \frac{F}{A_{610}}$$

C：由標準曲線求得檢品溶液中 THI 之濃度(μg/mL)

V：檢品定容之體積(mL)

M：取樣分析檢品之重量(g)

F：顏色當量，0.1

A₆₁₀：0.1%檢品溶液於波長 610 nm 之吸光度

2-acetyl-4(5)-tetrahydroxylbutylimidazole (THI，以顏色當量計)應為：

第一類：-

第二類：-

第三類：以顏色當量計，最高 25 mg/kg 以下

第四類：-

顏色當量：色彩強度以 0.1 吸光單位表示

12. 砷：取本品 1.0 g，精確稱定，按照砷檢查第 II-2 法(附錄 A-8)檢查之，其所含砷(以 As 計)應在 1 mg/kg 以下。
13. 鉛：取本品 1.0 g，精確稱定，按照鉛試驗第 I 法(附錄 A-24)試驗之，其所含鉛(Pb)應在 2 mg/kg 以下。

參考文獻：

1. JECFA. 2011. Caramel colours. FAO. JECFA Monographs 11.
2. United States Pharmacopeia Convention. 2012. Caramel Color. Food Chemicals Codex. 8th ed. pp. 202–208. United States Pharmacopeia Convention. Rockville, MD, U.S.A.

