

# 109 年度第一次食品技師考試

科目：食品化學

一、請以化學反應說明 Karl Fischer titration 測定水分含量的原理，並說明此測定方法在食品水分含量檢測上的限制。(15 分)

【擬答】100%北志聖阮籍老師食品化學 A01, p.31-34

利用水與試劑的特殊化學反應，產生顏色或電位差之改變，而測得食品中水分含量，前者為容積定量法(Volumetric)，後者為庫倫定量法(Coulometric)。

## 1. 庫倫定量法(Coulometric):

卡爾費雪法(Karl Fischer method)乃利用卡爾費雪(KF)試劑中二氧化硫與碘之氧化還原反應，需一定量的水參與，由白金電極測得其電位差，並計算出卡爾費雪試劑之水當量。再以卡爾費雪試劑之水當量乘以樣品滴定消耗之 KF 試劑體積，計算食品之水分含量。

## 2. 容積定量法(Volumetric):

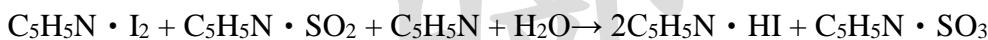
卡爾費雪滴定(Karl Fischer titration)利用氧化還原反應在非水溶液中進行容量分析的方法，主要用於微量水分的測定。

利用 Karl Fischer 氏試劑來測定樣品中的含水量，

利用甲醇及吡啶溶解碘及無水亞硫酸，研發出 KF 試劑。

KF 試劑是由碘(I<sub>2</sub>)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、吡啶(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N)和甲醇(CH<sub>3</sub>OH)所組成的。

此試劑對水的化合力相當高，其反應式如下：



反應比例 H<sub>2</sub>O:I<sub>2</sub>:SO<sub>2</sub>:CH<sub>3</sub>OH:pyrimidine = 1:1:1:1:3

當水分完全消耗光時，C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N 與 I<sub>2</sub> 將呈現棕色，則為滴定終點。

KF 滴定儀則是利用雙微電及其電流分析技術，更精確的偵測滴定終點。當達到滴定終點時，檢流器將偵測到電流非函數性的變化，不需經由目測來判斷，直接經由滴定曲線找出滴定終點，進一步計算出樣品的含水量。

KF 試劑中存在過量碘分子時→ 呈深棕色。

當試劑與過量水分子反應後→ 變為黃色→ 加入數滴甲烯藍→ 呈綠色。

二、穀物類的植物蛋白可依照其溶解程度差異將蛋白質分為四類，即所謂的 Osborne classification，請說明此四類蛋白質的溶解特性，並且藉此比較並說明小麥蛋白與黃豆蛋白本質上的差異。(20 分)

【擬答】100%北志聖阮籍老師食品化學 A02, p.160-161, p.164。

植物性蛋白質傳統分類上依其溶解度可分為四大類：

(一)水溶性蛋白質：如白蛋白(albumin)，溶於水或稀的中性緩衝溶液，蛋白質分子可藉加熱而互相凝聚。這類蛋白質通常為酵素。

(二)鹽溶性蛋白質：如球蛋白(globulins)，不溶於水，溶於 0.4M 鹽溶液，溶於稀溶液；鹽析便是其不溶於高鹽溶液之結果。

(三)醇溶性蛋白質(prolamins)：可溶於 70~90% 乙醇溶液。

(四)麩蛋白(glutelins)：溶於稀酸或稀鹼溶液之麩蛋白(glutelins)。

通常具有酵素活性的蛋白質為白蛋白或球蛋白。

以穀類而言，白蛋白和球蛋白常集中在胚乳、糠及糊粉層，少部分在內胚芽，以營養觀點來看，白蛋白和球蛋白都是屬良好胺基酸平衡的蛋白質，含較豐富離胺酸、色胺酸及甲硫

## 公職王歷屆試題 (109 專技高考)

胺酸。在穀類中，醇溶蛋白和麩蛋白屬儲存性蛋白質，可供種子使用。

1. 小麥蛋白：40%醇蛋白、46%麩蛋白、9%白蛋白、5%球蛋白。

醇溶蛋白所含離胺酸、色胺酸及甲硫胺酸低，單鏈形成分子內雙硫鍵，提供小麥麵糰的黏性。

麩蛋白在胺基酸的組成方面變化較大。以小麥而言，其麩蛋白的胺基酸組成和醇溶蛋白相似，而在玉米方面，就和小麥有差別，其麩蛋白質比醇溶蛋白含較豐富的離胺酸。

麩蛋白多鏈形成分子間雙硫鍵，提供小麥麵糰的彈性。

2. 黃豆蛋白：60%球蛋白、40%白蛋白、0%醇蛋白、0%麩蛋白。

白蛋白和球蛋白都是屬良好胺基酸平衡的蛋白質，含較豐富離胺酸、色胺酸及甲硫胺酸。

三、) 請說明新鮮肉在存放過程中肌紅素(Myoglobin)、氧合肌紅素 (Oxymyoglobin)、氧化肌紅素 (Metmyoglobin)之間的變化及其對肉色的影響。(20 分)

【擬答】100%北志聖阮籍老師食品化學 A02, p.33-34

肌紅素(myoglobin, Mb)乃屬肌漿蛋白，為水溶性之蛋白質，肉類的呈色時，肌紅素的影響遠大於血紅素，影響呈色的因素主要在於原血紅素的紫質環內鐵的狀態 ( $Fe^{2+}$  或  $Fe^{3+}$ )，以及與其所配位的配位基 (如： $O_2$ 、CO、CN、NO)，其次是蛋白質部分是否變性。

肌紅素、氧合肌紅素、氧化肌紅素之間的變化及其對肉色的影響：

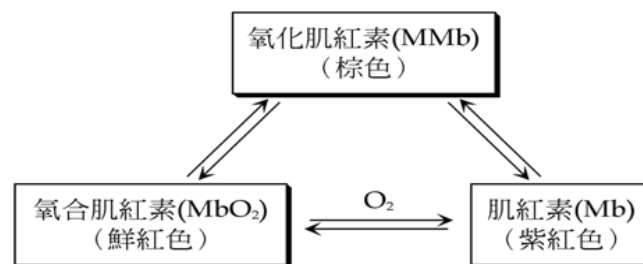
1. 鮮肉的呈色乃是動態的平衡，其中最主要的呈色物質為肌紅素( $Mb-Fe^{2+}$ )、氧合肌紅素( $Mb-O_2$ )與氧化肌紅素 (又稱為變性肌紅素  $Mb-Fe^{3+}$ )

2. 在鮮肉中三者可互相轉換，而形成鮮肉之肉色，此平衡乃受系統中氧分壓的影響，在氧氣分壓高時有利於氧合肌紅素的形成；反之，當氧氣分壓低時，氧化肌紅素則較易形成。

(1) 肌紅素( $Mb-Heme-Fe^{2+}$ )呈紫紅色。

(2) 氧合肌紅素 ( $Mb-Heme-Fe^{2+}-O_2$ ) 呈鮮紅色。

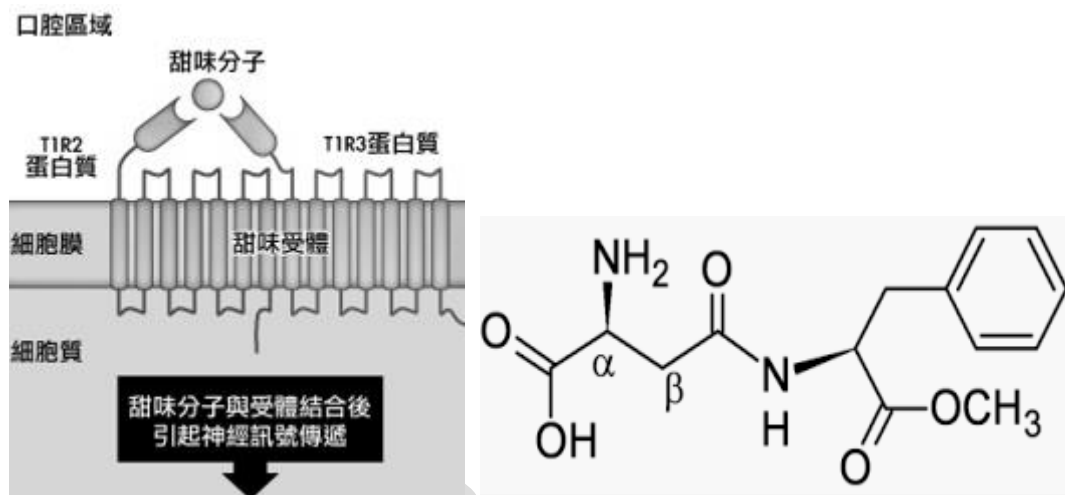
(3) 氧化肌紅素( $Mb-Heme-Fe^{3+}$ )呈棕色。



四、請繪出阿斯巴甜 (Aspartame) 的化學結構式，並以甜味理論說明為何阿斯巴甜具有甜味。(15 分)

【擬答】100%北志聖阮籍老師食品化學 A01, p.84-86, p.94-95。

人類味覺細胞表面的甜味、苦味與鮮味受體都是由 G 蛋白耦合受體 (G protein-coupled receptor, GPCR) 家族所組成。對於甜味的感受，乃是由這類蛋白質家族中的 T1R2 和 T1R3 蛋白質共同形成甜味受體來接收糖類、人工甘味劑而引起。



甜味分子需與甜味受體結合，以傳達感覺甜度強弱，結合越強甜度越強，完全不結合則不感應甜味。AH-B-X 甜味三角理論是目前最有效的甜味學說，它成功解釋了三氯蔗糖、阿斯巴甜等強力甜味劑的作用機轉。

以阿斯巴甜(aspartame)為例，說明 A-H, B,X-甜味三角理論(three-point attachment theory, AH-B-X) 如下：

阿斯巴甜是 Asp-Phe-methyl ester 的二肽類人工合成甜味劑，甜度是蔗糖的 180-250 倍。甜味受體則有 3 區域：(1)帶正電的 AH<sup>+</sup>區域 (2)帶負電的 B-區域 (3)忌水性的 X 區域。當阿斯巴甜進入甜味受體部位時，Asp-COO<sup>-</sup>與受體 AH<sup>+</sup>區域結合；Asp-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>與受體 B-區域結合；Phe-benzyl & -COCH<sub>3</sub> 與受體忌水 X 區域結合。其結合後 X-AH 間 0.55 nm，X-B 間 0.35 nm，AH-B 間 0.3 nm，呈三角形，故稱 AH-B,X 甜味三角理論 (three-point attachment theory)。此一結合非常緊密，因此經味覺傳導，而感覺出很高甜度。

A-H<sup>+</sup>, B<sup>-</sup>,X-甜味三角理論(three-point attachment theory, AH-B-X)鍵結距離：

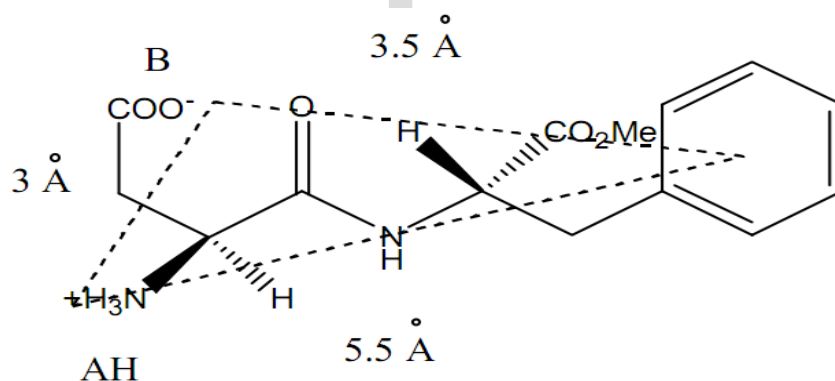
AH<sup>+</sup>提供氫鍵和受器接合的位置。

B<sup>-</sup>：和受器形成離子鍵的 anion group。

X：提供凡得瓦爾力以及增加疏水基疏水基之間的作用力。

擁有此 AH-BX 結構的分子，能夠藉由所產生的兩個氫鍵級疏水鍵結與味蕾上甜味受器成三角型結合，疏水基團能夠協助先前所提出的 AH-B 系統去和受器作用，加深它們之間的吸引力進而產生更強的甜味。

甜味物質 AH 基團與味蕾接受器上 Br 結合，甜味物質 B 基團與味蕾接受器上 HA 結合，甜味物質 X 基團與味蕾接受器上疏水區結合，形成 AH-B,X 系統。



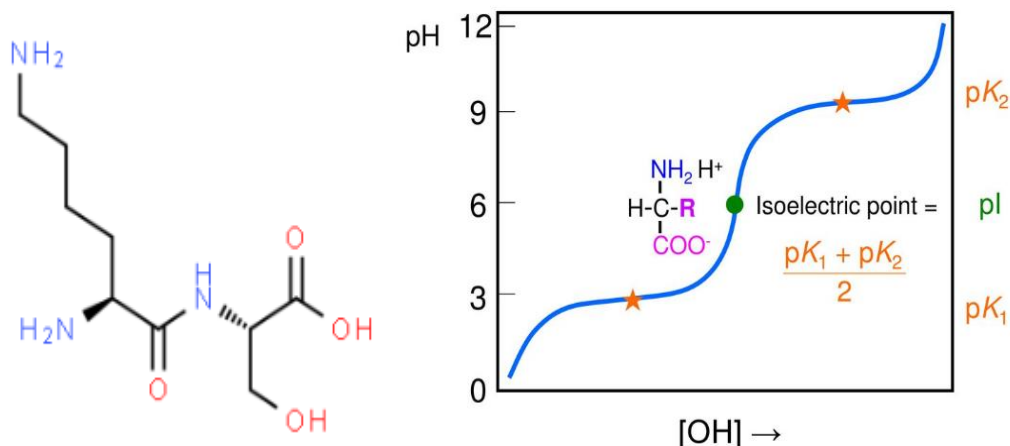
阿斯巴甜與 AH-B, X 系統 (1 nm = 10 Å)

公職王歷屆試題 (109 專技高考)

五、請繪出 Lys-Ser 之化學結構式，並繪出在酸性條件下利用鹼滴定的酸鹼滴定曲線，請標示出雙肽結構中每一潛在可解離氫離子的 pKa 值。(20 分)

【擬答】100%北志聖阮籍老師食品化學 A01, p.156-163

Lys-Ser 之化學結構式如下左圖：



$pK_1 = pK_{COOH} = 2.3$     $pK_2 = pK_{-NH_3^+} = 8.9$     $pK_{LYS-R} = 10.5$     $pK_{SER-R} = 10.0$

$pK > pH$  (正電荷),  $pK < pH$  (負電荷),  $pK = pH$  (無電荷)。

因此，在  $pH=7.0$  時，Lys-Ser 二肽的電荷為 +2 價。

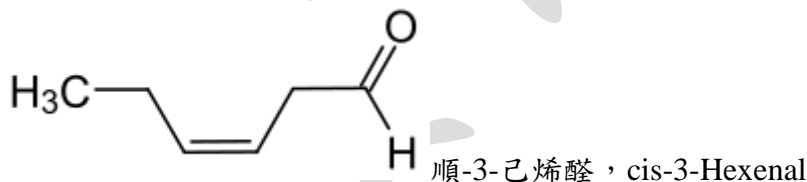
Lys-Ser 二肽的酸鹼滴定曲線如上右圖，其等電點  $pI = \frac{pK_2 + pK_1}{2}$ 。

2

六、cis-3-Hexenal 為油脂存放過程常產生的揮發性物質，請繪出其化學結構並說明其可能的生成機制。(10 分)

【擬答】100%北志聖阮籍老師食品化學 A01, p.125-129, A02, p.18-19

cis-3-Hexenal 化學結構如下：

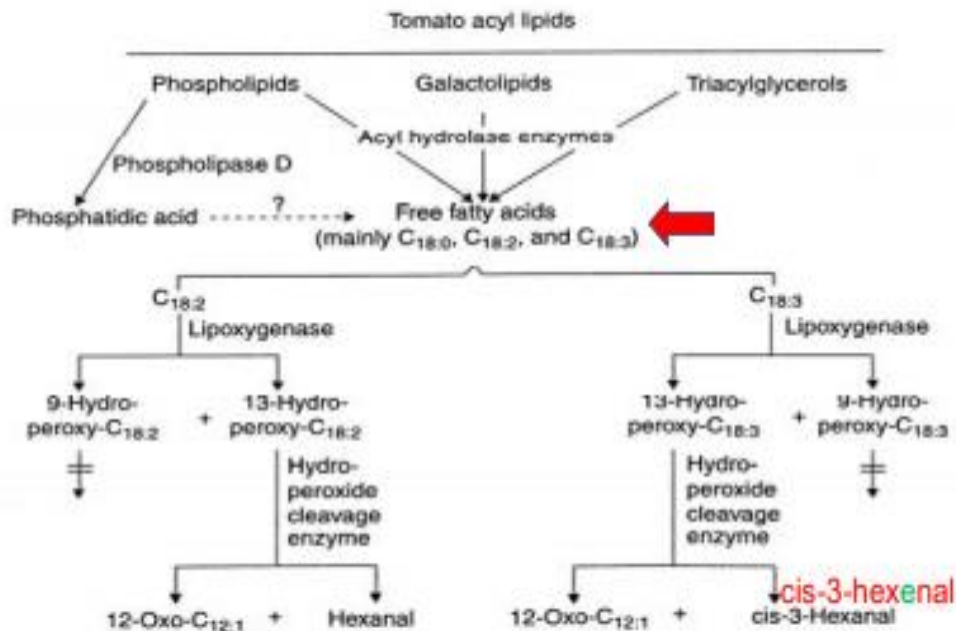


脂肪酸代謝生成的香氣化合物

揮發性風味化合物可經過幾種不同的途徑而由脂質生成。主要的途徑包括  $\alpha$ -及  $\beta$ -氧化( $\alpha$ - and  $\beta$ -oxidation)，及脂氧合酶 (lipoxygenase) 的酵素性催化氧化。

水果和蔬菜的風味形成的揮發性成分己醛(hexanal)及順-3-己烯醛(cis-3-hexenal) 的形成途徑如下：

番茄中脂氧合酶催化的脂質氧化機制，產生兩種最豐富的揮發性成分己醛(hexanal)及順-3-己烯醛(cis-3-hexenal)



水果中的亞麻油酸及次亞麻油酸受到脂氧合酶(lipoxygenase)及過氧化物裂解酶(lyase, hydroperoxide cleavage enzyme)的氧化降解，產生 OXO 酮酸類、醛類及 allyl alcohols 烯丙基醇類，醛類中的 hexanal 及 cis-3-hexenal 乃是水果中重要的香氣成分。

職  
王