

## 103 年第二次專門職業及技術人員高等考試 食品技師考試

等別：高等考試

類科：食品技師

科目：食品化學

一、黃豆經天貝菌發酵成天貝，經納豆菌發酵成納豆，請說明其物質改變之原理；並分別討論其機能性。(30 分)

【擬答】

**命中特區：詳見本班講義 103-2 食品化學 A01, P270-271; 103-2 食品微生物學 P64-65**

### 1. 黃豆經天貝菌發酵成天貝：

天貝是印尼傳統黃豆餅，是接種寡孢根黴菌 (*Rhizopus oligosporus*)到煮熟的脫皮黃豆，再以香蕉葉包覆接種過的黃豆，經過1-2天發酵，所得到的白色餅狀食品。

天貝物質改變之原理：由於天貝製作時經過發酵的過程，黃豆的某些組成成分及含量產生變化，蛋白質分解成游離胺基酸，產生大量的維生素B1、B2、B6、維生素D、菸鹼酸、泛酸、葉酸及生物素等。天貝菌在生長代謝期間還會產生素食者最易欠缺的維生素B12，因此經常攝食可防預防惡性貧血。天貝本身不含膽固醇，經動物實驗發現，其能夠降低血液中60 - 70%的膽固醇，較未發酵黃豆具更佳生物價及蛋白質利用率。

在過發酵的過程，黃豆內含的纖維和蛋白質被分解，使它們更容易被消化吸收，人類食用後較少產生脹氣，且含有豐富的維生素，是肉類很好的替代品，所以歐美國家將天貝視為是素食者的健康食品。

天貝的機能性：

發酵使黃豆減少豆腥味、減少抗營養因子及引起脹氣的碳水化合物，且增加必需胺基酸。天貝是相當營養且含有多種促進健康的成分，包括大豆植物化學物質。天貝含有所有胺基酸的完全蛋白質食物。蛋白質及異黃酮有許多有益身體的功效：異黃酮強化骨骼、幫助舒緩停經症狀，降低心血管疾病及某些癌症。天貝含大豆豐富纖維素及許多因為發酵所產生的消化酵素，對懷孕婦女、小孩及體弱多病的人幫助甚大。

所含的GABA可降低血壓的上升、天貝激酶 (tempeh kinase) 與納豆激酶同具效果、抗氧化物質如過氧化物歧化酶SOD可以抗老化與心血管疾病。在已知的益生菌中，天貝菌所產出的SOD量是最高的。

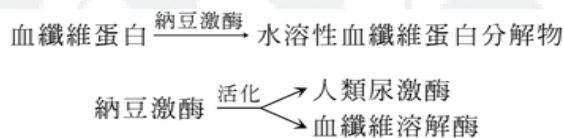
### 2. 黃豆經納豆菌發酵成納豆：

納豆菌(*Bacillus natto*)為芽孢桿菌屬(*Bacillus*)的一個亞種，將納豆菌接種於滅菌過的黃豆中進行醱酵，可以得到含有納豆激酶(nattokinase)與產生黏稠的絲狀物的產物稱為納豆。納豆黏稠外觀主要來自成分中的聚麩胺酸( $\gamma$ -polyglutamic acid, GPA)，被認為是納豆美味的來源。

納豆物質改變之原理：大豆的蛋白質具有不溶解性，而做成納豆後，變得可溶並產生胺基酸，原料中不存在的各種酵素會由於納豆菌及關聯細菌產生，幫助腸胃消化吸收。納豆黏絲狀外觀主要來自成分中的聚麩胺。它的粗蛋白、脂肪最豐富。納豆含有非基改黃豆全部營養，再加上發酵後增加的特殊養份，含有皂素，異黃酮，不飽和脂肪酸，卵磷脂，葉酸，食用纖維，鈣，鐵，鉀，維生素及多種胺基酸、礦物質及100多種以上的種類，維生素K2，二吡啶酸等重要養分，適合長期食用維護健康。

納豆機能性：

- (1) 納豆係高蛋白滋養食品，含有的酵素可排除體內部分膽固醇、分解體內酸化型脂質，使異常血壓恢復正常。
- (2) 納豆激酶是一種絲胺酸蛋白酶(serine protease)，存在於納豆的黏質物中，在 pH 6~12 的範圍內具有很高的穩定性。納豆激酶的作用方式有：(a) 為血栓溶解酵素，可以直接分解血栓，使其形成水溶性血纖維蛋白分解物；也可活化人類尿激酶(urokinase)，尿激酶可使血纖維蛋白酶原(plasminogen)活化形成血纖維蛋白溶解酶(plasmin)，而具有溶解血栓的功能；可催化血纖維溶解酶形成量之增加，以提高血栓溶解的效力。



- (3) 納豆中的其他重要成分包含大豆異黃酮、皂素、卵磷脂、血管收縮素轉化酵素抑制劑(angiotensin converting enzyme inhibitors)、吡啶二羧酸與聚麩胺酸等；血管收縮素轉化酵素抑制劑可阻止血管收縮素被活化，以預防動脈硬化、高血壓等功能；吡啶二羧酸具有抗菌作用；聚麩胺酸為可分解性且無毒之高分子聚合物。
- (4) 納豆含有活性甚高的超氧歧化酶(superoxide dismutase, SOD)與過氧化酶等能夠去除自由基的酵素系統。

二、請說明微生物生長、油脂氧化、酵素性褐變、非酵素性褐變與水活性的關係。(15 分)

【擬答】

**命中特區：詳見本班講義 103 食品化學 A01, P20-23**

(一) 各種微生物生長的水活性：

細菌類：下限約為0.91、酵母菌：約為0.88、黴菌：可低至0.80、嗜鹽性細菌：可耐受至0.75、耐滲透壓型酵母與耐乾性黴菌則可低至0.60、生長繁殖速率會隨水活性提高而加速。

(二) 油脂氧化

脂質的脂肪酸-COOH基團自動氧化為過氧化物-COOOH稱為脂質自氧化(lipid auto-oxidation)，通常是自由基、高溫、高熱、Aw0.7-0.8或Aw <0.3所引起。

1. 水活性達 0.7~0.8 時氧化速率最快。
2. 當水活性降低至 0.3 時，油脂之氧化安定性最佳，此等水分含量恰與許多食品的「BET 單分子層吸附水含量」相當。
3. 在水活性低於 0.3 以下時，油脂氧化速率反而隨水活性降低而提高。
4. 保持水分含量在單分子層吸附水含量（水活性等於 0.2~0.3），各項食品儲存時的變質劣化反應速率均被抑制至最低。
5. 在水活性 0.2~0.3 時，食品的含水量稱為「臨界水分含量」(critical moisture content)

#### (三) 酵素性褐變

酵素性反應包括：酵素性水解、脂質水解、及褐變。都隨著水活性下降而減低反應。一般研究指出在水活性0.3以下，幾乎所有酵素均完全不活化。例如，蘋果、梨、牛蒡等切開後，因為多酚氧化酶的酵素反應使得多酚氧化而呈褐變，在 $A_w > 0.6$ 時反應加速。

#### (四) 非酵素性褐變

非酵素性褐變反應使得食品顏色加深，使品質與風味劣變，無法儲存。

非酵素性褐變原因：梅納反應、抗壞血酸氧化、高溫下焦糖化反應。

當水活性在0.2以下時，非酵素性褐變反應並不明顯；隨著水活性逐漸升高，非酵素性褐變反應的速率加快，直到水活性約為0.65~0.75時，反應速率達到最大值。

### 三、請說明比較花青素、類胡蘿蔔素、葉綠素三種天然色素的特性。(15分)

【擬答】

**命中特區：詳見本班講義 103-2 食品化學 A02, P28-44**

#### (一) 花青素

花青素是苯吡喃色素在天然物中多以配糖體的糖苷型態廣泛存在的多酚類色素。基本構造是由花青素的配質(flavylium)與一個或多個糖分子所形成的配糖體(糖苷)，因有不同之取代基而分別為不同之配質，與其作用的單糖分子，主要有葡萄糖、鼠李糖、半乳糖、木糖及阿拉伯糖，分子中的第三種結構是來自糖分子與醯基的酯化。

花青素的光學特性隨著pH值而有明顯的改變：

當pH值偏鹼性的情形下，藍色之醌式易於形成，而在偏酸性時，紅色的陽離子型則較安定；鮮花中的花青素常與金屬離子形成複合物，而使顏色更加鮮豔；花青素亦可與無色的類黃酮及多酚類物質(如類黃酮)以非共價鍵結形成複雜之混合物，加深花青素色澤，稱為共色現象(copigmentation)。

在加工及儲藏中亦會發生氧化，所產生的紅褐色產物有多酚結構，因此酵素性褐變反應也會發生，與蛋白質作用的結果與食品之澀味有關。

#### (二) 類胡蘿蔔素

類胡蘿蔔素主要有胡蘿蔔素與葉黃素。類胡蘿蔔素基本構造是一群聚有八個異戊二烯單位結構為中心的脂溶性化合物，其終端基團結構不同。目前已知的類胡蘿蔔素，由60種不同終端基團結構而成，共有約450種化合物。雞飼料中添加類胡蘿蔔素，可以加深雞皮與雞蛋的黃色。

有些色素在動物體內會與蛋白質結合而形成特殊顏色，例如，蝦子紅色的還原蝦紅素 (astaxanthin) 在蝦殼中與蛋白質結合成藍綠色，一但加熱後，被釋出並氧化為蝦紅素 (astacin)，蝦殼即變回紅色。類胡蘿蔔素主要有胡蘿蔔素與葉黃素類胡蘿蔔素因光照、氧化而引起異構化（雙鍵位置的逆／順式互換）或氧化分解的現象脂氧合酶(lipoxygenase) 亦被認為是加速類胡蘿蔔素分解及異構化的原因之一。

### (三) 葉綠素

植物性的綠色色素－葉綠素：凡具有四吡咯結構之可進行光合作用的紫質皆可稱為葉綠素天然的紫質環中第七個位置上有一丙酸之取代，此時分子稱為phorbide。而當phorbide上的丙酸被具有20個碳的長鏈葉綠醇(phytol)酯化後，鎂以配位的方式位於紫質結構之中央，此為完整的葉綠素分子。

葉綠素有a、b二者，在結構上唯一的差別乃在紫質環的第三個位置，前者為甲基所取代，後者為甲醛所取代。當長鏈葉綠醇被去除為去植醇葉綠素a、b時，因不具葉綠醇，故溶解性改變而具水溶性，但二者皆與相對應的葉綠素具相同的綠色及光學性質。當脫鎂葉綠素及脫鎂葉綠酸時，氫取代了鎂在紫質環中的位置，葉綠素或葉綠酸的顏色將變為棕橄欖色。當添加銅取代鎂時，使葉綠素顏色更加深。

四、製作貢丸時，使用棍棒捶打之目的為何？要製作出好的貢丸其影響因子有那些？(20分)

【擬答】

**命中特區：詳見本班講義 103-2 食品化學 A02, P201-217，另參考食品加工學**

貢丸是以畜肉、禽肉或畜肉混合禽肉為原料，經細碎成漿（乳化）後，再用木棒捶打為肉漿，成型、煮熟至中心溫度達72℃以上、冷卻、包裝等過程而製成者。

1. 貢丸加工使用棍棒捶打之目的：

台灣新竹的貢丸是以木棒或機器「搥（槌擊肉塊）」出來的，因閩南語中，槌擊為「搥」，故稱貢丸[搥丸]。沒有槌擊為「搥」，就不稱貢丸[搥丸]。

台灣的貢丸很特別，它不像一般肉丸只是把絞肉捏成丸子，而是像魚丸、蝦丸、花枝丸一樣，把肉加鹽打「出膠」，打成肉漿，利用蛋白質的鍵結性形成網狀結構，造成彈性口感。

瘦肉加鹽後，將鹽溶性蛋白抽出，作為乳化劑，包覆在肉中不互溶的脂肪和水分表面，將水和脂肪連接，形成一種安定的乳化肉漿，再經加熱使蛋白質變性定型，製成熱不可逆具纖維感、黏彈性的安定乳濁物。

製作出好的貢丸的影響因子：

- (1)肉質：最傳統的貢丸製造，原料肉是用豬的後腿肉，（未發生僵直前之溫體效應豬肉，其乳化力和保水性均比冷凍肉高）。
- (2)加工：用木棒捶打為肉漿，可以使肉泥產生黏力。
- (3)溫度：由於用溫體效應豬肉製作，木棒捶打加工過程中溫度容易升高，不易控制溫度，也容易造成乳化力降低，製作時，必須加冰水，控制溫度控制產品品質。
- (4)添加黏稠劑或乳化劑，來提高貢丸的黏彈性，並降低成本。

五、製作香腸時，一定會添加亞硝酸鹽，請說明其原因與發色作用機制？(20 分)

【擬答】

**命中特區：詳見本班講義 103-2 食品化學 A02, P36, P122**

1. 製作香腸時，一定要添加亞硝酸鹽原因：

- (1) 硝酸鹽及亞硝酸鹽的保色作用
- (2) 增加香腸風味
- (3) 加工肉品的包裝主要在於防止細菌的污染、避光、除氧、嚴防水分損失及增加吸引力。
- (4) 使之在食品加工、保藏等過程中不致分解、破壞，抗氧化作用。

2. 亞硝酸鹽呈色原理：

亞硝酸鹽是能與加工肉製品如製作香腸時，做為呈色與保色的作用，其呈色與保色的作用主要是由於亞硝酸鹽所產生的一氧化氮與肉類中的肌紅蛋白和血紅蛋白結合，生成一種具有鮮豔紅色的亞硝基肌紅蛋白和亞硝基血紅蛋白所致。

鮮肉加工及儲存的過程中，氧化肌紅素大量增加，肉色漸暗

加入硝酸鹽或亞硝酸鹽，肉中的色素將轉換成鮮紅色的氧化氮肌紅素、變性肌紅素亞硝酸鹽及氧化氮血色元，使肉色鮮豔。

