

109 年度第二次食品技師考試

科目：食品化學

一、請說明食用膠 (gum) 的定義，並以果膠、關華豆膠及刺槐豆膠為例，分別說明其組成特性及食品上的應用。(20 分)

【擬答】100% 出自志聖阮籍老師食品化學 A01, p.58-60, p. 79-81

食用膠(gum)的化學結構因來源不同而有差別。主要的成分是醛酸、半乳糖酸、阿拉伯糖及甘露糖所形成的多糖，它可分散於水中，具粘稠性，有增稠劑的作用。

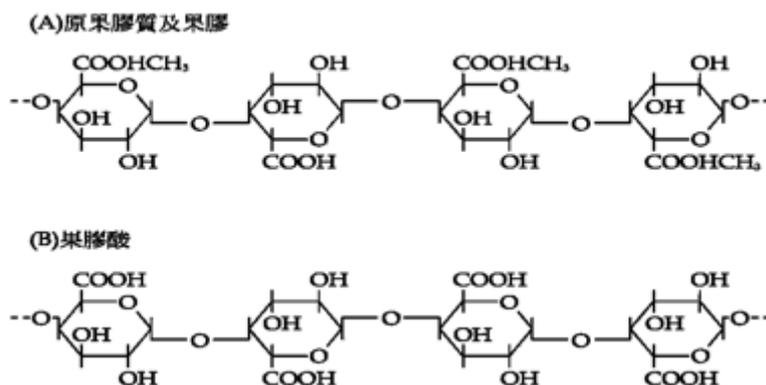
(一)果膠(Pectin)

1. 組成特性：

果膠是膳食纖維的水溶性纖維一種，含有半乳糖醛酸和其他單糖的長鏈，屬多醣體，主要存在於植物的細胞壁中果膠是一種無定形的物質，存在於水果和蔬菜的軟組織中，可在熱溶液中溶解，在酸性溶液中遇熱形成膠態。

果膠質存在植物的細胞壁作為黏合性物質，植物中果膠質含量以果實及蔬菜類較高，特別是柑橘類、蘋果及愛玉子的果皮中含量最多。

原果膠質(protopectin)為未成熟水果中分子量較大、甲基酯化比例較高之水不溶性果膠質多醣。



水果成熟過程中，原果膠質會轉變成水溶性較高之果膠(pectin)。

完全未被甲基酯化之半乳糖醛酸聚合物即為果膠酸(pectic acid)。

2. 食品加工時果膠的成膠機制

半乳糖醛酸會有超過半數的羧基被甲基酯化，即甲氧基(methoxy group)含量會超過 7% 者，稱為高甲氧基果膠(high methoxy pectin, HMP)

若其甲氧基含量小於 7% 者，稱為低甲氧基果膠(low methoxy pectin, LMP)

(1)高甲氧基果膠

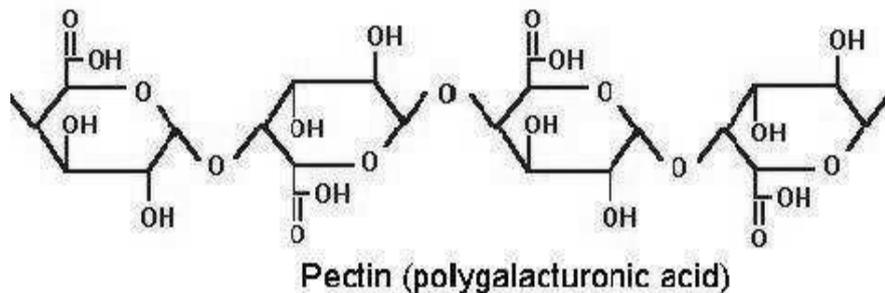
高甲氧基果膠在製作果醬時常調整 pH 值為 2.8~3.5，還需加入 65~70%的糖以及有機酸。不易凝膠，但膠體不易解離，常見於一般果醬。

(2)低甲氧基果膠

不需糖與有機酸，低甲氧基果膠不必刻意調整 pH 值。

若對低甲氧基果膠加入二價的金屬離子，如鈣及鎂等，則二價金屬離子會和已解離之羧基離子形成架橋作用，有助於成膠之堅實性。

低甲氧基果膠易凝膠，但膠體易解離，常見於無糖或低糖果醬及愛玉。



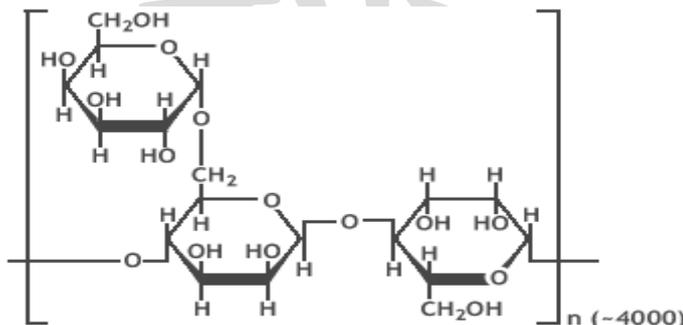
果膠酶可以水解果膠：原果膠酶(Protopectinases)、多聚半乳糖醛酸酶(Polygalacturonases, PGase)、果膠裂解酶(pectin lyases, PL)、果膠酯酶 (Pectinesterase, PE)。果膠經果膠酯酶水解會產生甲醇。

(二) 關華豆膠 (guar gum or guaran)

1. 特性：

來自印度、巴基斯坦等地豆科植物 *Cyamopsis tetragonolobus* 種子所萃取得到多醣，聚半乳糖甘露糖是主要成分 (89%)，由 D-半乳糖與 D-甘露糖以 1:2 比例鍵結而成。其特性為可迅速溶於冷水而形成高黏度之搖動變性(thixotropic)膠體溶液，為商品膠中黏度最高者，其溶解速率因加熱而加速，但在非常高溫下會受熱分解。

2. 食品加工用量為 1% 以下，主要用為增稠劑，用於奶酪可避免離水，也與其它食用膠如 CMC、紅藻膠及三仙膠複合，應用於冰淇淋中。



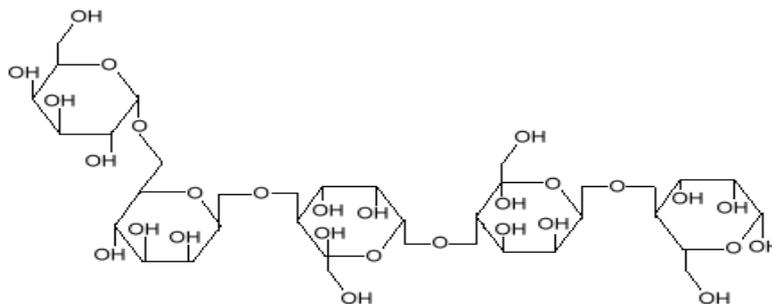
(三) 刺槐豆膠 (locust bean gum)

1. 特性：

來自美國加州豆科植物 *Ceratonia siliqua* 種子所萃取得到的多醣，聚半乳糖甘露糖是主要成分 (90%)，由 D-半乳糖與 D-甘露糖以 1:3~4 比例鍵結而成。部分可溶於冷水，加入熱水則完全溶解，其特性為與紅藻膠、褐藻膠、三仙膠並用時，會形成三維網狀結構的黏彈性黏膠，可降低產品的離漿性。

2. 主要用於乳製品與冷凍甜食製品，作為品質穩定劑，用量為 0.05-0.25%。

刺槐豆膠結構：



公職王歷屆試題 (109 專技高考)

二、畜肉與魚肉皆為動物性蛋白質來源，請說明兩者蛋白質組成之差異及其對加工方式之影響。
(20 分)

【擬答】100% 出自志聖阮籍老師食品化學 A02, p.183, p.196-197, A01, p.204-207

(一)蛋白質組成之差異

骨骼肌約占動物全體重之 35~65%，其主要機能為運動(locomotion)。

各種動物間肌肉之異同，如下：

項目	魚肉	哺乳動物與禽畜肉
膠原蛋白(結締組織)	含量較少	含量較多
冷凍後蛋白質品質	容易變化	較為安定
屠宰後風味變化	快速	緩慢
肌肉纖維排列	W 型	直線型
硫氫蛋白質酵素	較高	較低
自我消化(autolysis)速率	快速 (微生物多)	慢
水分	多 70-85%	較少 65-72%
蛋白質含量	較高	較低

魚肉(70-85%水分) 較畜肉(65-72%水分)容易變質腐敗的原因:

魚肉水分多，蛋白質含量高，結締組織量少，肉質柔軟。

魚肉膠原蛋白在 50-55°C 快速水解，禽畜肉膠原蛋白十分堅韌，久煮不爛。

(二)對加工方式之影響

1. 保水性 (促進食品水合性、濕潤性、溶解性與膨脹性)

肌凝蛋白的含量、pH 值的調整、鹽與磷酸鹽的添加、以及黏合劑的添加，均可增加製品的保水性

2. 熱凝膠作用

魚肉蛋白質添加食鹽，形成具有黏性的溶膠(sol)，經高溫、酵素、與離子誘導後，產生有彈性的凝膠(gel)。

(1)熱凝膠作用為將肉塊黏合一起，使加工肉製品達到最佳強度

(2)有較高的經濟價值

(3)熱將肉漿轉變成凝膠，並形成立體網狀結構，而這結構除了提供毛細作用與非共價鍵結，增加保水性與多汁感，同時也可降低烹調失重。

鹽濃度 0.6 M 以上有較佳的肌凝蛋白萃取效果。

3. 乳化作用

鹽溶性蛋白質的主要功能成分為肌凝蛋白，肌凝蛋白有如乳化劑一般，分子上兼具有親水性和親油性或疏水性基，所以容易同時在水和油之界面形成吸著層，此現象稱為乳化作用。

4. 起泡性、吸油性、吸香性

5. 黏彈性：蛋白質變形屬於彈性體。

6. 界面特性：蛋白質為雙性離子(zwitterion)化合物，可移動到氣-液界面與油-水界面。疏水性基團較多且分散者，能穩定界面膜。安定界面膜的鍵結：疏水鍵、氫鍵、靜電作用力、與部分的雙硫鍵。

三、巧克力的主成分可可脂為同質多晶性之脂質，請說明可可脂之可能結晶型態與特性，並說明製備巧克力時如何做到「只融於口，不融於手」的要求。(20 分)

【擬答】100% 出自志聖阮籍老師食品化學 A01, p.118-119, p.145

(一)在不同的熱變化條件與溫度下，油脂會有不同的固態脂質產生，而此種固態油脂分子於空間中因不同排列情形，所造成熔點或凝固點的變異現象，即稱為同質多型性 (polymorphism)。同質多型性可利用紅外線光譜及 X-光繞射而測出。

β -型三斜晶系(triclinic system)為三斜方堆積，排列規則方向相同，顆粒最大，熔點 35-37°C，如大豆油、玉米胚芽油、橄欖油，最穩定。

巧克力可可豆仁中約含 50%的可可脂，它不只提供香氣，更創造出巧克力柔滑的口感。可可脂屬於同質多晶性 (相同的分子可能因堆積的方式不同有不同的結晶型態)的脂質，其主要分為 r 、 α 、 β 及 β' 四種形態，每一種型態的晶型有不同的熱穩定性造成不同融點， r 型態融點在 16~18°C，此型態最不穩定，約三秒即轉變成 α 型， α 型的融點在 21~24°C，其也不穩定，在室溫下約一小時即轉變成 β' 型，而 β' 型融點在 27~29°C，此型態在室溫下約一個月會轉變成 β 型， β 型的結晶最為安定，也是我們一般最想要得到的型態，其融點約在人體體溫 35~37°C 附近，品質好的巧克力會在吃到口中才融化，而不會拿在手上就融化，因此有了一句話：「只融於口，不融於手」，

如此獨特的性質是由於可可脂獨特的脂肪酸組成，其主要含有 23-30% 棕櫚酸、32~37% 硬脂酸、30~37% 油酸、2~4% 亞麻油酸及 0~3% 次亞麻油酸。

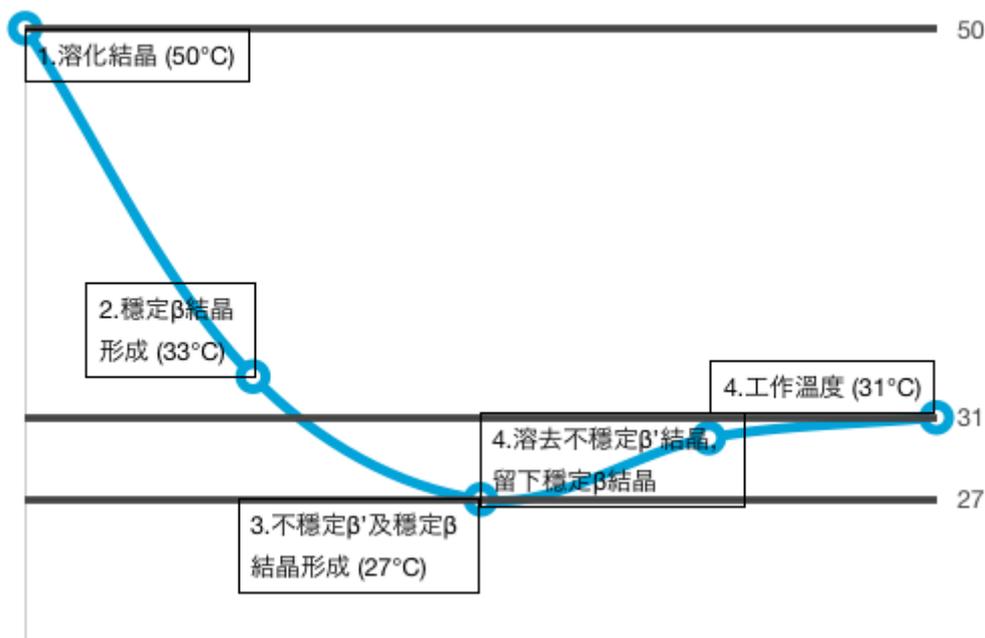
1. 製備巧克力時如何做到「只融於口，不融於手」：

調溫巧克力要的是融解溫度在 33.8°C 的穩定 β 結晶。33.8°C，接近人類體溫的 36°C，這就是巧克力為什麼有“只融你口不融你手”的特色。

基本的巧克力調溫程序：

- (1) 完全融化可可脂的結晶
- (2) 降溫至穩定 β 結晶形成
- (3) 讓穩定 β 結晶成長
- (4) 升溫融去不穩定 β' 結晶，並且維持工作溫度。

黑巧克力調溫基本程序



公職王歷屆試題 (109 專技高考)

四、茶葉中的酚類化合物(如兒茶素)為無色物質，然經過製茶後沖泡可得不同顏色的茶湯，請說明酚類化合物於製茶過程產生之化學變化對茶湯色澤的影響。(20分)

【擬答】100% 出自志聖阮籍老師食品化學 A02, p.137-146

茶葉的化學成分會因茶樹品種、生長環境(如：氣候、土質、地勢)、栽培管理(如：施肥)、採摘條件(如：季節、部位及方法)及製程(如：發酵程度)等因素的不同而異。

黃烷醇類又稱兒茶素，是茶葉中最主要的多元酚類成分，約占多元酚類的 75~80%，主要的成分包括：兒茶素 C、表兒茶素 EC、表兒茶素沒食子酸酯 ECG、表沒食子兒茶素 EGC、表沒食子兒茶素沒食子酸酯 EGCG 及沒食子兒茶素沒食子酸酯 GCG。其中 EGCG 含量最多，佔總兒茶素的 50-60%。

茶葉品質在製造儲藏期間的變化：化學組成成分的變化

(一)兒茶素類之再氧化

兒茶素類的氧化速率會因茶葉受到吸濕作用或光照的影響而加速。成茶之兒茶素類在儲藏過程的再氧化對品質影響如下：

1. 導致成茶外觀失去光澤、茶湯水色褐變、失去活性、缺乏刺激性與醇厚感，變得平淡無味。
2. 會促使其他茶葉香氣成分(如：脂肪族化合物)再氧化，導致異味生成，尤其是典型之油耗味及陳味。
3. 兒茶素氧化後結合茶葉中其他成分(如：胺基酸類等)，進行非酵素性褐變反應，使茶湯變混濁。

(二)茶黃質類與茶紅質類氧化裂解聚合

茶黃質與茶紅質乃兒茶素類之氧化聚合物，茶黃質與紅茶茶湯明亮度、滋味活性、收斂感、醇厚感具有密切關係，因紅茶品質愈好，茶黃質含量愈高，故茶黃質可做為紅茶品質與價格之客觀指標。

在紅茶儲藏過程中，茶黃質可能再繼續氧化形成更大分子之不溶性茶紅質化合物，或在後續儲藏中，茶黃質與咖啡因、胺基酸、茶紅質等結合，其結果將導致紅茶水色變暗褐、茶湯失去明亮度與滋味。

兒茶素 → 茶黃質 → 茶紅質 → 氧化聚合。

五、請說明食品水活性(water activity)與平衡相對濕度(equilibrium relative humidity)的關係，以及水活性的高低對食品於貯存過程中可能發生之微生物繁殖與油脂氧化速率之影響。(20分)

【擬答】100% 出自志聖阮籍老師食品化學 A01, p.9-10, p.19-21, p.30

(一)食品水活性(water activity)與平衡相對濕度(equilibrium relative humidity)的關係

在密閉容器中，食品的平衡水蒸氣壓(P)與同溫度下純水之飽和水蒸氣壓(Po)的比值(P/Po)，稱為該食品的水活性(Aw)。

ERH(equilibrium relative humidity)是樣品周圍的空氣平衡相對濕度

Aw 值剛好等於水分的平衡相對濕度(ERH%, equilibrium relative humidity)。

水活性的定義公式：

$$Aw = \frac{P}{Po} = \frac{ERH}{100} ; ERH (\%) = \frac{P}{Po} \times 100$$

純水的 P = Po，所以純水的 Aw = 1

食品的 P < Po，所以食品的 Aw < 1

(二)水活性的高低對食品於貯存過程中可能發生之微生物繁殖與油脂氧化速率之影響

1. 水活性與微生物生長繁殖

微生物生長繁殖速率會隨水活性提高而加速。食品進行脫水乾燥，以及儲存食品時的溫濕度控制，即是著眼於降低食品的自由水含量與水活性，而達到抑制微生物滋長的目的。

能夠使得微生物生長繁殖最好的水活性，稱為最適生長水活性(optimum A_w)。

微生物生長繁殖最低水活性 (minimum A_w)，是最起碼的生存要件：

微生物 & minimum A_w	微生物 & minimum A_w
耐滲透壓酵母菌 0.61	黴菌 0.80
耐乾性黴菌 0.65	酵母菌 0.88
耐鹽黴菌 0.75	細菌 0.90

為防止食品在長期保存中長黴發霉，一般會將 A_w 降至 <0.60 。

因此，米含水量降至 13-14%時，其 A_w 約為 0.60 - 0.64，可長期保存不長黴。但水量 15-16%時，其 A_w 約為 0.70 - 0.73，儲存中的麴菌屬灰綠麴菌(*Aspergillus glaucus*)即開始生長繁殖，以很快就發霉變質。

2. 水活性與脂質氧化：

A_w 值達 0.7~0.8 時氧化速率最大。當 A_w 降至 0.3 左右時，油脂之氧化速率最低，0.3 以下又反而升高。

- (1)高 A_w 下(0.7~0.8)：氧化速率高，與油脂可以浮在水面，水中溶氧高，水分子與氧化反應物作用有關。
- (2)低 A_w 下(約 0.3)：氧化速率最低，水分可與氫過氧化物結合，抑制後續反應，且水可提供電子，抑制自由基的形成，水也可與金屬離子水合而減低金屬離子催油脂氧化的反應。
- (3)極低 A_w 下(0.3 以下)：水分幾乎不存在，原先水分子存在的空間形成多孔狀，增加脂質與氧氣接觸面積，金屬離子也更容易與油脂接觸而催化油脂氧化。

