

慶端午 包高粽

——淺談粽子內餡的奧秘



王瓊蘭／新店高中

每逢六月，驪歌聲響，正是莘莘學子揚帆待發準備大考的時期。適逢端午佳節，許多考生莫不期盼一舉高中，金榜題名。於是，親手包粽子，以及吃粽子（吻粽：「穩中」），便成為學校祝福畢業生的一個重要慶典活動了。

粽子的種類繁多，有包粟、棗…等，稱為「棗粽」，取「棗」、「早」諧音；寒假學測時，可以先吃「棗粽」，希望能夠捷足先登「早日高中」。平時則吃添加益智等藥材的「益智粽」，所以，內餡必須講究，不能隨便，為博得一個好采頭，考前千萬別錯吃包了花生與蛋黃的粽子，以免適得其反，變成了落地生，並且考了個零鴨蛋，因而抱憾不已。

當然，也別拚命吃粽子，以免消化不良。所謂「世界在變小，健康在變大」，在粽葉飄香之際，如何吃出健康，才是幸運之道。

糯米的性質、結構與其在生活中的重要用途

一、糯米的性質

糯米的主成分包含有支鏈澱粉（含量占 99%）及直鏈澱粉（含量占 1%），黏性強，吸水性高。其中米穀蛋白組成，以麩胺酸(glutamic acid)及天門冬胺酸(aspartic acid)含量較多，色胺酸(tryptophan)及半胱胺酸(cysteine)含量較少。依形狀可分為：梗糯（圓糯）及秈糯（長糯）兩種，梗糯較黏，可作鹼粽（臺灣話為更

粽ㄍ一ㄣ，ㄉㄤ、）、鹹粽、八寶飯、筒仔米糕、年糕、酒釀、紅糟…等；秈糯則較韌有強度，可作臺式燒肉粽、油飯、珍珠丸…等食品。

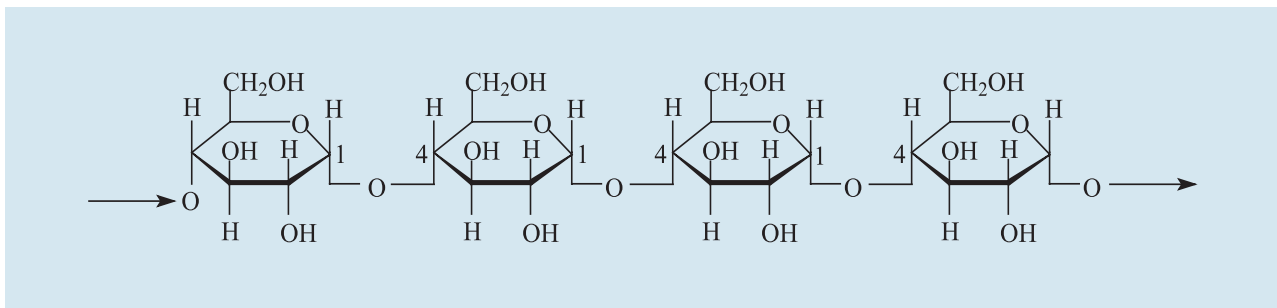


▲梗糯（圓糯）去殼米粒圖 ▲秈糯（長糯）去殼米粒圖

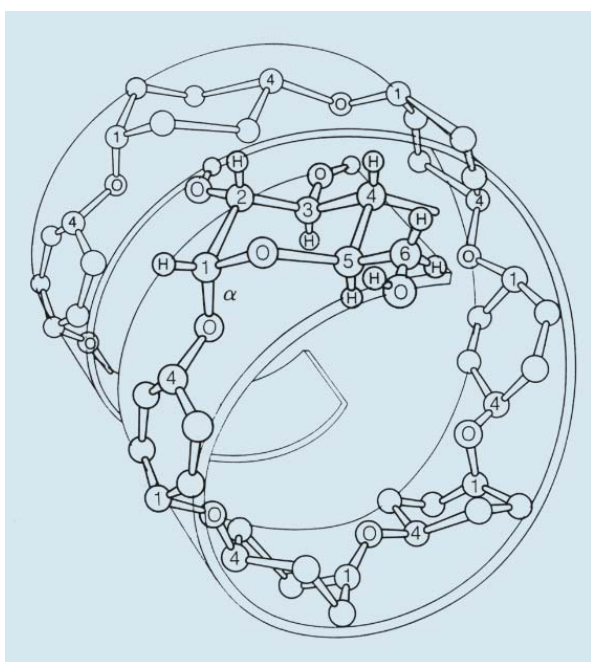
二、澱粉的結構

直鏈澱粉(α -amylose)是直鏈式多醣，完全以 D-葡萄糖為單位，可溶於水，由 α -1,4 糖苷鏈聯結，如同麥芽糖一樣，每個長鏈有 200~2000 個葡萄糖的單位，實驗證明，其並非直鏈式，而是像彈簧般的盤繞，每一轉有六個葡萄糖單位，如此一來，中心有足夠空間來吸引一個碘分子，而形成藍色錯合物。

支鏈澱粉(amylopectin)是以 α -1,4 糖苷鏈聯結 30 個葡萄糖，其中並以 α -1,6 糖苷鏈聯結分支出去，每 20 到 30 個單位為一支，最多可達到有 200,000 個葡萄糖所組成，因為支鏈澱粉有膠體性質，會產生黏稠現象，因此又稱為膠黏澱粉。支鏈澱粉的粒子比直鏈澱粉大，而且黏度也強，其主鏈的螺旋形會被分支破壞，



▲直鏈澱粉 (α -1,4 糖苷鏈聯結) 的平面構形

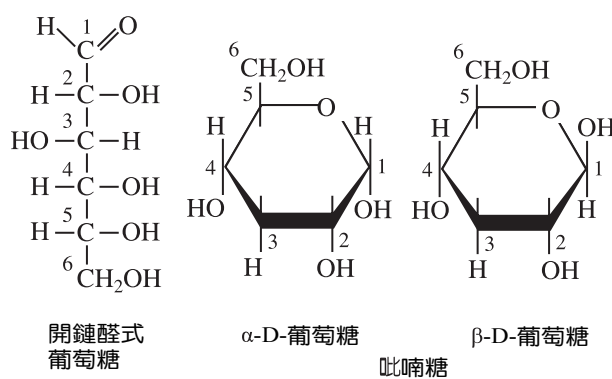


▲直鏈澱粉 (α -1,4 糖苷鏈聯結) 的彈簧狀立體旋式構形

而由分支的螺旋來吸引碘分子形成錯合物，故呈現較淺的紅紫色反應。

吡喃糖(pyranose)為六邊環形糖，其 α 和 β 構造之不同，在於環中 1 的碳(C)原子，其位置上的鍵結 H 和 OH 基，上下顛倒而已。如上圖所示：羥基(-OH)朝下的為 α -D-葡萄糖，朝上的為 β -D-葡萄糖。

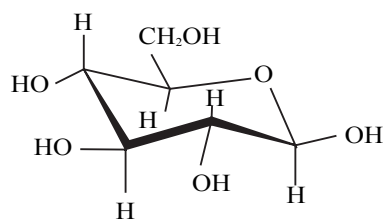
葡萄糖在水溶液中，上述的三種形式同時存在，並且不斷地互相轉變。達到平衡時，其構形分別維持在直鏈 D-葡萄糖占不到 1%， α -D-葡萄糖占 36%， β -D-葡萄糖占 64%。



▲葡萄糖在水溶液中的三種變旋形式

註：葡萄糖(D-Glucose)為自然界的單糖，以其距離醛基(-CHO)最遠的不對稱碳原子為準，即圖上標示 5 的碳(C)鍵結的羥基(-OH)在右邊的為 D 構形。

由於 β -D-葡萄糖在立體椅式構象中，其半縮醛羥基全為平伏鍵，從熱力學的觀點來看是較穩定的，故占優勢為 64%；而 α -D-葡萄糖，其半縮醛羥基為直立鍵，則較居劣勢，占 36%；還有少於 0.02% 的開鏈醛式葡萄糖，這種交互變換叫作變旋作用。



▲ β -D-葡萄糖的立體椅式構形



▲旁系支鏈成簇連結在一起的支鏈澱粉之分子結構圖

三、直鏈澱粉與支鏈澱粉的比較

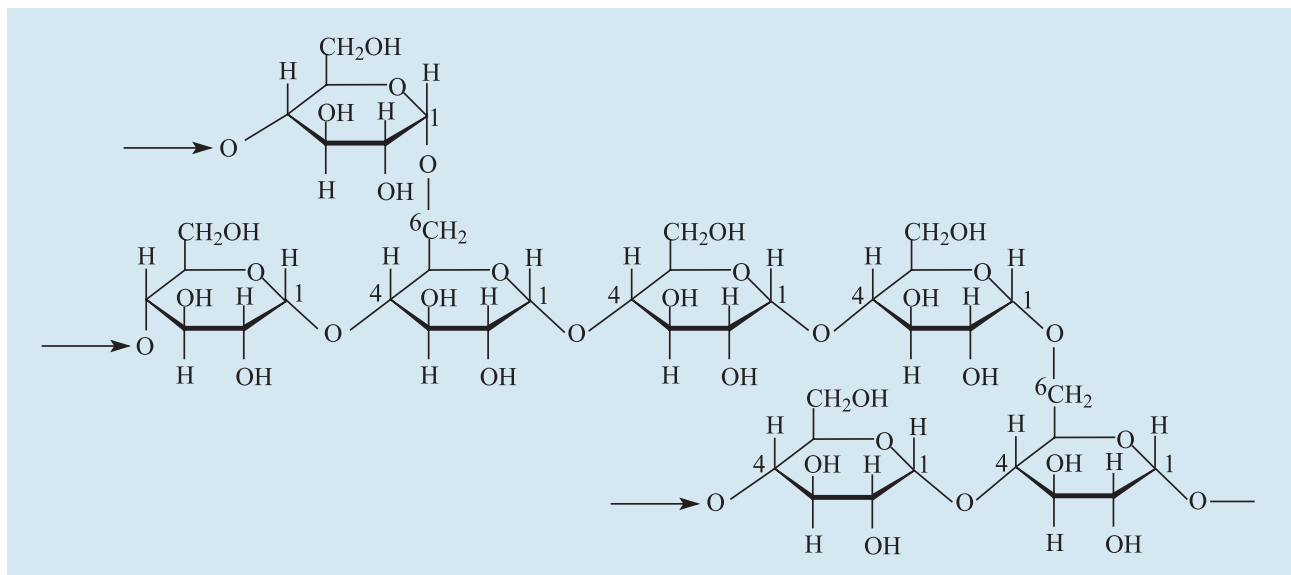
直鏈澱粉較相同分子質量的支鏈澱粉在水中的溶解性差，可能是由於其封閉性的螺旋線形結構緊密，有利於形成較強的分子內氫鍵，而不利於水分子的進入。反之，支鏈的高度分支性結構比較開放，與水分子間的氫鍵結合，使得其溶解性及保水性都較佳。

四、生澱粉與熟澱粉

生澱粉又稱為 β -澱粉，其分子排列緊密，能形成囊狀的膠囊，彼此間的縫隙狹小，類似於直鏈澱粉結構，會聚集成束狀，使得消化

很難將其分解。但是在水中加熱時，部分的膠囊會被溶解，形成空隙，水分子便可以由此滲入內部；再繼續加熱時，膠囊便會全部崩潰，形成熟澱粉，又稱為 α -澱粉，即澱粉糊化。當水分處於高溫、高壓的情境下，突然間的減壓，瞬間汽化，填充在間隙內的水分便會產生強大的膨化力，促使澱粉體積膨脹，呈多孔狀，如此鬆軟的結構，類似保水性的支鏈澱粉，因而變得容易消化。

唯長時間的存放，或是緩慢地冷凍脫水後，又會再次回復成 β -澱粉的狀態，而變得難



▲支鏈澱粉 (α -1,6 糖苷鏈連結) 的平面構形

以消化。乾燥飯、冷凍飯、速食麵、餅乾、糯米紙…等，都是急速乾燥至水分含量達 15 % 以下的 α -澱粉化食品，以避免澱粉的老化 (retrogradation)。

難怪冰冷的飯必須炒熟或再蒸熟了才可以吃，否則飯粒硬梆梆的，實在令人難以下嚥。尤其是冰凍過的粽子，為將水分結晶於糯米的支鏈澱粉中，即使再回溫，依舊是生硬得像米粒一般，必須完全蒸熟煮透後才能再吃。

五、糯米在生活中的特殊用途——糯米橋

臺灣的糯米古橋，是以糯米和糖當黏著劑，並以黏土為接著劑的古老建橋方法，藉著分子間的氫鍵、靜電引力、凡得瓦力間的交互吸引作用，小兵立大功的結合成安定、穩固、堅實、並且造型優美的橋樑，據說車子從上面開過去是不會搖晃的。

由此可見，粽子雖然好吃，但是內餡的糯米，黏著性高而不好消化，胃腸較虛弱者或是上了年紀的人，還是少吃點好。

六、鹼粽的製作

為圓糯米加鹼水（碳酸鈉 Na_2CO_3 和碳酸鉀 K_2CO_3 ）浸泡，讓糯米煮熟後QQ的，彈性度增加，顏色變得黃澄澄的。冰過後的鹼粽，沾糖吃或包紅豆內餡，配著粽葉的清香，在炎炎的夏日，真是十分可口。但是，有些經驗不足者，很容易加了過量，不僅會讓粽子出現苦味，對人體多少也會造成傷害。更糟糕的是，為了不使煮好的米粒沾黏粽葉而加入少許的硼砂，雖使粽子晶瑩剔透容易剝取，卻產生毒性，不宜食用。

儘管報章雜誌一再呼籲，用偏磷酸鈉（sodium metaphosphate 俗稱：普美能）取代硼砂，它有類似硼砂的功能，能減低糊化黏結的現象與速度，也可以增進組織黏彈性，並使產品乾爽，除了應用在鹼粽外，也可在製作紅龜

粿、粉粿、板條時增加黏彈性。但是，還是有許多人以為意，總存著只用微量一點，哪有那麼嚴重的心態，依循古法，仍舊添加硼砂。甚至在浸泡糯米和煮粽時，使用鋁製的鍋具，仔細想想，鋁為兩性元素，鹼與鋁會起化學反應，再加上高溫加熱，釋出的有害離子更多，原本是吃粽穩中的，沒想到反遭毒害，愈吃愈笨，變得呆呆的，考試如何高中呢？

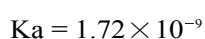
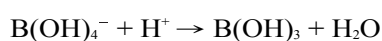
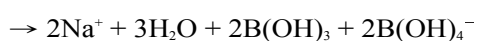
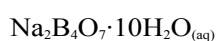
七、鹼液的性質與在食品中的用途

鹼麵又稱油麵，日本人稱為中華麵 (Chinese noodle)，為麵粉裡添加鹼水（古代使用天然鹼，為內蒙古、河套一帶的特產，主成分為碳酸鈉 Na_2CO_3 和碳酸鉀 K_2CO_3 ，現在除使用上述的天然鹼之外，也可使用磷酸鈉、磷酸鉀的單品或兩種以上的混合物），使麵筋發生變性，增加麵糰的黏彈性，使麵粉粒的膜破裂，促進部分的膨潤糊化，以幫助麵條的成形。並且使麵粉中的類胡蘿蔔素 (carotenoids) 或類黃素母酮 (flavonoids) 變為黃色，亦可應用於燒賣皮的製作。

硼和磷的化合物

一、硼砂的性質與其在生活中的特殊用途

硼砂 (Borax) 為硼酸鈉 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, Hydrated sodium borate) 的俗稱，臺灣話叫做冰西，我國自古就習慣使用硼砂作為增強韌性、脆度以及改善食品保水性、保存性的添加物，例如：年糕、油麵、燒餅、油條、魚丸…等，因為其毒性較高，即使少量而可自行分解排出體外，但是，硼砂進入體內後，經過胃酸作用，就會轉變為更多的硼酸，其化學反應式為



由於硼酸會在體內積存，妨害消化酵素的作用，引起食慾減退、消化不良，抑制營養素的吸收，進而影響身體的健康。硼砂的中毒症狀為嘔吐、腹瀉、紅斑、循環系統障礙、休克、昏迷等；致死劑量成人約為 20 g，小兒約為 5 g。所以，世界各國早已嚴格禁止硼砂作為食品添加劑了。

但是，現今還是有一些不法的漁業者，以偷加硼砂的方法，來防止蝦類因酪胺酸(tyrosine)的作用而引起黑變，除了採取魚目混珠方式來保持美觀的色澤外，實質上，對於細菌的繁殖並無任何抑制的功效。因此，消費者在挑選蝦類時，寧可挑頭已變黑，但新鮮度尚可的蝦類，千萬別被其美麗的外表色澤所誘惑，而買到不新鮮、又有害人健康的蝦類。信譽好的漁船業者，有完善的冷凍設備，也可在結凍前，先用維他命 C 的水溶液浸漬魚蝦，同樣的可以防止黑變，並且對於健康有益。

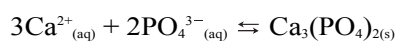
其實，硼酸也非十惡不赦，泡成稀薄的溶液，加在眼藥水裡，可用來消毒殺菌。甚至拌入洋蔥麵粉團中，作成蟲餌，也能用來終結蟑螂及螞蟻，達到清潔環境的目的。

前陣子，美國佛羅里達大學(University of Florida)的研究人員才宣布，他們發現礦物質在地球形成生命的最初階段，起了關鍵性的作用。特別是一種叫硬硼鈣石(colemanite $\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, hydrated calcium borate hydroxide)的含有硼砂的礦物質，能把在星際塵埃雲中的有機分子，轉變成一種叫核糖的糖，而核糖是組成核糖核酸(RNA)基因起始物的核心成分。這一發現似乎提醒了我們，無機礦物與有機生命體間，似乎存在著什麼秘密，正等待著人類邁開步伐來尋解答呀！

二、磷酸鹽的性質與其在人體中的親和性

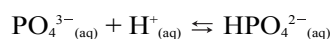
人體內主要的礦物質首要為鈣，其次為磷，大約有 85 % 的量，是以磷酸鈣鹽的形式，存在於牙齒及骨骼中。牙齒的琺瑯質和骨骼裡，包含有礦物質的氫氧磷酸鈣($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, hydroxyapatite)，可以在水中添加氟離子來取代氫氧根離子，形成質地更穩固的氟化磷酸鈣($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, fluoroapatite)以防止牙齒的蛀蝕。

兒童成長期，牙齒及骨骼中的磷酸鈣會不斷地在體液中成長沉積，並且在沉積周圍處保持高濃度的鈣離子及磷酸根離子，使其超過溶解度積而發生沉澱反應：



$$K_{\text{sp}} = 4.4 \times 10^{-25}$$

但是，成人的牙齒及骨骼卻不再成長，主要的原因是：成長體液附近的 pH 值略低於 7.4，這是由於細胞新陳代謝所致，氫離子將磷酸根離子套住了。這使得磷酸根離子的濃度降低，剛好滿足溶解度積的需求。使得正常的牙齒及骨骼既不再增長也不會消失。其化學反應為：



細胞膜的組成中，一半是蛋白質，一半是脂質。脂質之中八成是磷脂質，剩下的是膽固醇，磷為構成轉移系統的主要成分。除此之外，磷酸鹽類更扮演著體液內的重要緩衝角色，磷酸也是重要的基因物質成分，能量轉移化合物 ATP（腺嘌呤核苷三磷酸）具有高能鍵，為生化界中動植物世界通用的能量貨幣。因此，磷化物在人體內具有舉足輕重的地位，倘若以其作為食品添加劑，似乎不會有意想不到的毒害。

只是過了 35 歲，吸收鈣的效率會逐漸地降低，而飲食中又大都含有磷的化合物，舉凡肝

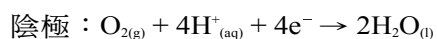
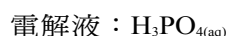
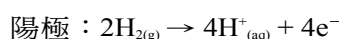
臟、優格、酸乳酪、葵瓜子、蜂窩乳酪、牛奶…等，還有一般含蛋白質的食品，也都含有磷的成分。如此富含磷而缺乏鈣，反而使得鈣離子的吸收受到了限制而減少，為了避免導致骨質疏鬆症或骨碎症，必須額外的再補充鈣質，以維護健康，許多含鈣的補品也就因應而生了。

因此，雖然改由偏磷酸鈉代替硼砂來製作鹼粽子，還是儘量少放點得好，畢竟是添加劑，不妨點到為止，這才是明智的安全之舉。

三、磷在生活中的特異功能

磷還有一項鮮為人知的特異功能，就是以磷酸為電解質作成燃料電池，其結合了熱和功率(combined heat and power CHP)的系統，效率可以達到 80%，使用後幾乎沒有任何需要維修或耗損的部分，並且產物是水，沒有有害廢氣與廢物污染的問題，只是燃料氫的成本仍然很昂貴而已。

以下為磷酸燃料電池的兩極化學反應式：



粽子的保存

粽子一定要注意保存溫度，吃不完的粽子就放在冰箱裡，但冷藏時，最好不要超過三天，如果能擺在冷凍庫是最恰當的，但也不要超過二個星期，吃之前再加熱就可以了。

事實上，低溫不保證殺菌或完全抑菌，冷凍環境，反而有利於李斯特菌等一些嗜冷性致病菌的繁殖。若粽子剝開後有黏絲產生，表示粽子可能放很久了，不新鮮就別吃了。

民以食為天，科學的精神在追求真、善、美，而飲食的要求是否也是新鮮、天然、可口、美味，最後才是「秀色可餐」呢？



據說，包粽子時，為避免熟米的沾黏，也可在米中拌入少許食用油，同樣不會沾葉，或改用內面光滑的籐葉，則煮時就可不加普美能了。

我喜歡吃粽子，年輕時一天可以吃七、八個，無論有沒有花生，只要聞到粽香，就令我垂涎。有一句形容粽子的話，最令我撼動，就是這粽子好好吃呀！它包得好藝術呀！實在是深得我心，太貼切了。

參考資料

1. 蔣廷錫等《古今圖書集成·食貨典》，臺北鼎文，1977.06。
2. <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates.html>
3. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e17/17b.htm>
4. <http://www.nd.edu/~aseriann/amylose.html>
5. <http://www.nd.edu/~aseriann/ampec.html>
6. http://www.innovations-report.com/html/reports/life_sciences/report-24613.html
7. 汪復進、張志陽、李上發編著《食品加工學》，文京圖書有限公司，1999.06。
8. 丸山工作著，何士慶譯《生化學入門》，科技圖書股份有限公司，2003.05。
9. Loretta Jones/Peter Atkins : Chemistry : Molecules, Matter, and Change, Fourth Edition 2002.