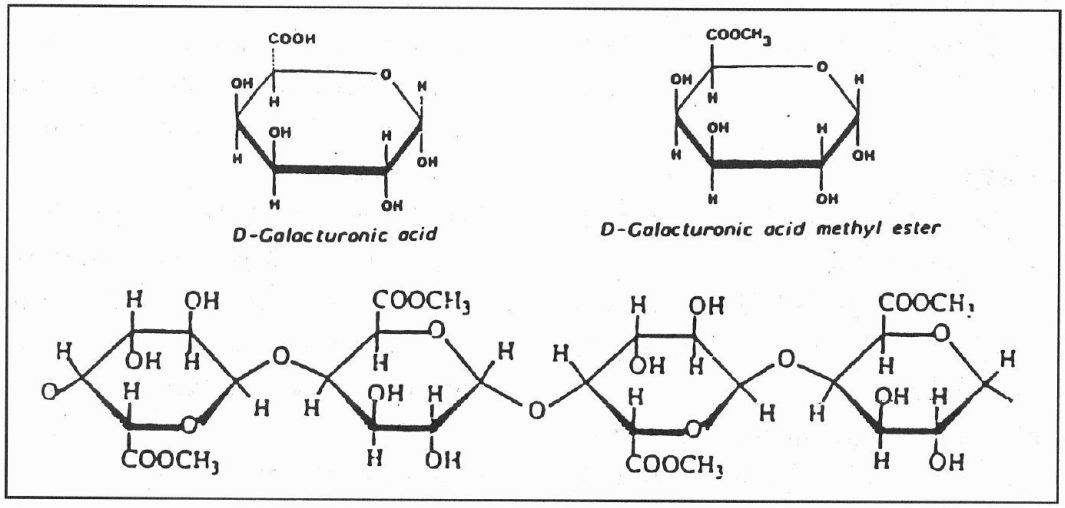
認識果膠

◎農試所農化系　羅淑卿、林木連

一、何謂果膠

蔬果在食用時感覺具有脆性及滑性，係因含有果膠（pectin）使然，果膠存在植物細胞與細胞間之中膠層內，就如同磚塊與磚塊間的水泥般作爲細胞間之黏結物質，爲一種高分子量聚合體，其成分主要爲α-1,4-D半乳糖醛酸（D-galacturonic acid）爲單體所組成之長鏈，詳細結構如下：



單體之間鍵結稱爲醣苷鍵（glycosidic linkage），其中部分半乳糖醛酸之羧基會與甲醇形成酯鍵，酯化程度因植物種類而異，因而造成高甲酯果膠與低甲酯果膠之分，因此在食品加工上應用時成膠條件亦有別。

果膠質因酯化度不同可分：

㈠原果膠（protopectin）：通常與甲醇結合而成酯化度高之水不溶性果膠，與纖維素等物質有較緊密的結合，形成堅硬組織，存在於未成熟的蔬果中。

㈡果膠酯酸（pectinic acid）：甲基酯化程度較低，爲水溶性或懸浮狀存在於成熟的蔬果中。

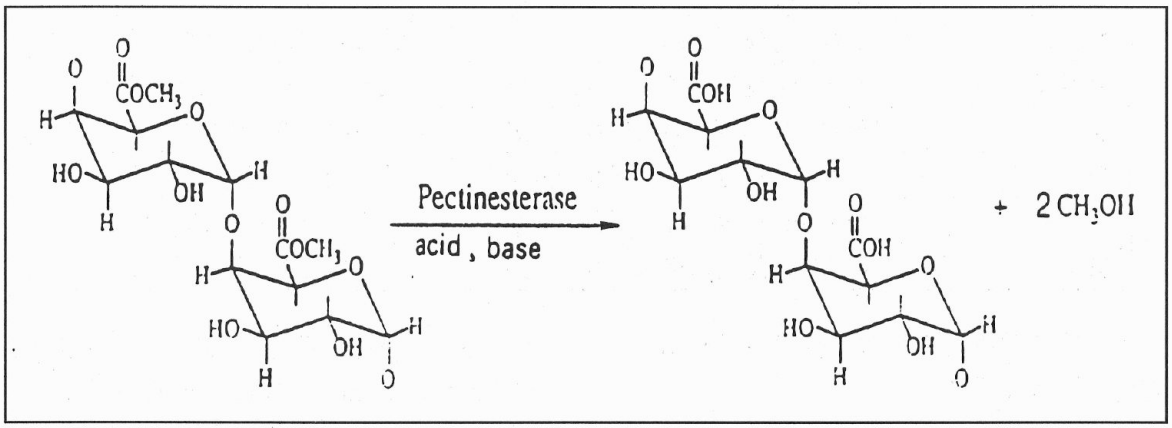
㈢果膠酸（pectic acid）：水果過熟時（over ripening），果膠幾乎爲被去除甲基的聚半乳糖醛酸。

作者：羅助理淑卿
聯絡電話：04-23302301轉432

作用於果膠的酵素中最重要的爲果膠脂酶（pectinesterase，PE）及聚半乳糖醛酸酶（polygalacturonase，PG），PE在植物界中分布甚廣，幾乎所有植物組織中皆含有，在果實成熟過程中活性會漸升高，而PG分布較窄，只存於番茄、梨、鳳梨、酪梨等水果中。草莓等柔軟的果實果膠含量少，蘋果等較硬之果實含量較多。

二、生鮮植物的果膠

蔬果自未熟至成熟時，其組織漸爲軟化，乃由於果膠質之變化而來，其中最大功臣歸功於三酵素Protopcerinase、PE、 PG 之促成，在未成熟的蔬果中，不溶於水的原果膠質與甲醇結合而成高度酯化狀態，在蔬果中造成較硬之質地感，隨著其日漸成熟（包括後熟），PE會將高酯化度的果膠水解，即去酯化成低酯化度的果膠酯酸，其反應如下：



切斷甲氧基的果膠酯酸進一步供PG進行切斷醣苷鍵，而將果膠降解，果實因而軟化。流程如下：

原果膠（protopectin）

不溶於水，與纖維素等結合（高酯化度）

↓（原果膠酶，protopectinase）

果膠酯酸（pectinic acid）

中性可溶

↓（果膠酯酶，PE）

果膠酸（pectic acid）

可溶於水（酯化度約爲0）

↓（聚半乳糖醛酸酶，PG）

α-1,4-D半乳糖醛酸(D-galacturonic acid)

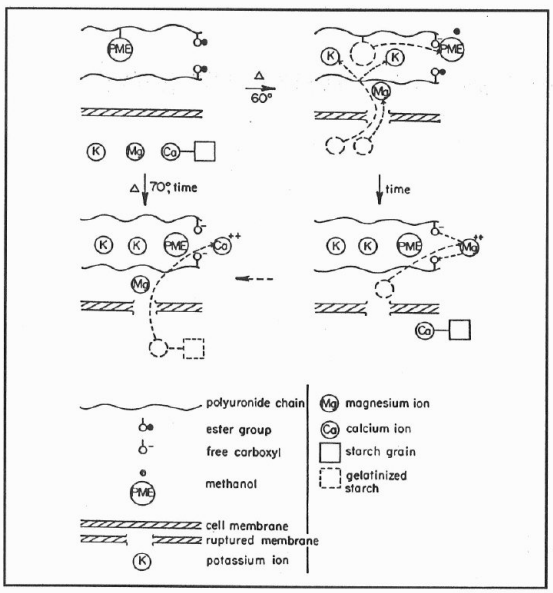
三、烹煮蔬果中的果膠

對一般蔬果而言，高溫烹煮會使其組織硬度快速軟化，即烹煮蔬果時，熱會使蛋白質發生變性，細胞因而死亡，液泡破裂，滲透壓改變，當水分、溶質自細胞中移出或流失，細胞瓦解，熱並可將蔬果中不溶性的原果膠轉變爲可溶性的果膠酯酸，二者皆會造成蔬菜組織的軟化，但有些蔬菜若先以中溫（60～70℃）預煮（或低溫殺菁）處理後，則可使其質地變硬而且可增加其對高溫烹煮的抵抗力，即會表現出較高的耐煮性，有關加熱處理對蔬菜組織硬度變化的影響，整理於下表：

表一、加熱處理對蔬菜組織硬度變化的影響

材料	加熱條件	硬度變化
敏豆莢	70℃預煮20分鐘再以沸水烹煮15分鐘	比直接烹煮者增加1.8倍
花椰菜	70℃殺菁15分鐘並加鈣	比100℃殺菁者增加1.8倍
胡蘿蔔	60℃預煮30分鐘再以沸水烹者20分橦	比直接烹煮者增加3倍
蘿蔔	60℃預煮30分鐘再以沸水烹煮20分鐘	比直接烹煮者增加1.6倍
嫩莖萵苣	60℃預煮30分鐘再以沸水烹煮30分鐘	比直接烹煮者增加1.7倍
大黃瓜	70℃預煮20分鐘再以沸水烹煮20分鐘	比直接烹煮者增加2.0倍
瓠瓜	70℃預煮20分鐘再以沸水烹煮15分鐘	比直接烹煮者增加5.5倍

有學者曾指出馬鈴薯中溫預煮硬化效應的可能機制如下圖：



在60～70℃的溫度下加熱，會造成細胞的破壞，使細胞的電解質（主要爲鉀離子）游離至細胞壁而活化PE，PE水解中膠層的果膠甲氧酯鍵，釋出游離羧基，而在不同果膠分子上的游離羧基之間再和內源性的鈣離子結合，而形成鈣架橋使組織硬度的增加。如此即可製作低鹽之醃製食品如蘿蔔乾、脆瓜等避免消費者因飲食而攝入過多鈉鹽。

四、果膠之其他特性及其加工上的利用

果膠本身有形成強凝膠之特別性質，所以在加工上藉以變化加工條件來操縱其特性，達成我們想要的質感。高甲酯化的果膠（大於7%）具有高粘性，但若要成凍，須有一定量之糖、酸相配合，將0.3～0.4%之果膠水溶液加熱後，冷卻至室溫，並不會形成

凝膠，但若有酸及糖的存在，酸將pH值調至2.0～3.5，糖加至60～65%之濃度，冷卻後即會產生凝膠，成膠後即使再加熱至100℃左右，膠體亦可維持其網狀結構並不瓦解，爲一熱不可逆凝膠體。此原因爲果膠之羧酸根會於pH7時解離，若加酸使pH下降可抑制其解離發生，而糖的添加可搶水，使果膠分子脫水，果膠分子距離縮短，增加氫鍵之發生機率，果膠形成之三度空間網狀結構，內部包埋了吸了水之糖分子，於是凝膠隨即產生。低甲氧基之果膠成膠無需糖之參予，所以應用於低糖或無糖之果凍製造，作爲低熱量之果醬或果凍，其可於pH2.5～6.5之條件下凝膠，即較不受pH影響，且不需糖之參與即可成膠，但若添加10～20%之蔗糖，形成的膠體質地較佳，若加入鈣離子等二價離子則會使其凝膠硬度提高，所以在一般醃漬胡瓜加入鈣離子，則會使質地脆，口感爲佳。二者凝膠機制如下：

果膠酵素於工業上使用於果汁的澄清，它會將果菜汁內懸浮於汁液中的過量果膠分子切成小斷，使包埋於果膠分子的果汁釋出而碎片會因而沈澱下來，黏稠度降低而方便過濾，亦可增加果汁收率，用於果汁濃縮、水果酒的澄清與蔬果廢物之脫水處理等。單利用果膠者如乳品安定劑及低熱量沙拉食品等。其它，如利用水果中本身含有的果膠及有機酸與糖形成膠凝狀的食品包括果凍、果糕、果醬及果膏等等。

