

2010

興大農業

農產品加工技術專輯

72期

穀類預糊化技術與應用

冷凍乾燥技術的開發與應用

由水果中培養天然微生物應用於天然酵母麵包製程之研究：袋裝冷藏法

擠壓技術簡介及其應用

包裝食品的熱處理加工與包裝技術

可食膜塗佈技術在輕加工蔬果的發展與應用

談果蔬汁加工



穀類預糊化技術與應用

(1) 江伯源、(2) 詹依屏

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 (1) 副教授
國立中興大學食品暨應用生物科技學系 (2) 研究生

穀類 (cereal) 富含碳水化合物 (澱粉)、蛋白質、粗纖維、粗脂質及其他礦物質、維生素等成分，是人類之主要糧食之一，其常經脫殼、碾白、製粉等初級加工後，常供作主、副原料、添加物，更進一步加工、調理而成各種加工食品 (process food)，以提高人類飲食多樣化，食品價值及增加食品用途。「東方稻米、西方小麥」是人類的主食作物，近年玉米、大麥、燕麥、高粱、小米等作物更是營養、美食、食品加工業者的熱門素材。另許多根莖作物如馬鈴薯、甘藷、芋頭、菱角、荸薺及綠豆、紅豆等均含大量澱粉，一直是國人及全世界華人重要的食材及加工素材。如何有效、多元化利用、加工成爲重要研究及待突破之課題，預糊化技術使穀類即食、方便化更是近年穀類食品業者努力投入的技術，各位讀者朋友如何了解、學習，不妨先從下文介紹著手、入門。

一、澱粉的組成與結構

澱粉 (starch) 是穀類及根莖作物含量最多之組成分，其廣泛分布在植物的各部分，是植物的貯藏物質，它供應人類所需的熱量較其他食品物質 (組成分) 多。從澱粉的使用習慣與加工、成品特性觀之，直接利用生澱粉顆粒者很少，幾乎都先經加水、加熱，經過蒸煮—糊化 (gelatinization)，才能進行食用。依生化及食品化學觀點，天然澱粉爲 β 澱粉；加熱糊化的澱粉爲 α 澱粉。普通澱粉粒約含 20% 直鏈澱粉 (amylose) 和約 80% 支鏈澱粉 (amylopectin)；直鏈澱粉是含 $\alpha-1,4$ 糖苷鍵 (glycoside linkage) 的葡萄糖聚合物 (glucan)，它原呈螺旋狀 (α -helix) 與碘液接觸時，碘分子極易嵌入螺旋環內部呈現藍色。支鏈澱粉的葡萄糖苷基有 90% 以 $\alpha-$

1,4糖苷鍵結合，10% 則以分支狀的 $\alpha-1,6$ 糖苷鍵結合，其遇碘液呈紫紅色。澱粉顆粒由於直鏈與支鏈澱粉含量及排列不一會形成結晶 (crystalline region) 與不定型區 (amorphous region)，使其成爲半結晶性物質。各種來源之生澱粉，其結晶型態並非一成不變，在不同氣候溫度下生長的同類澱粉，其結晶型態可能不同。利用 X-射線研究得知，天然澱粉結晶性可歸納 A、B、C 三型，A 型澱粉大多屬禾穀澱粉，例如：米、玉米、小麥、高粱；B 型澱粉有馬鈴薯、百合、粟；C 型澱粉結晶度介於 A 與 B 型之間，以根、種子及豆科澱粉較多，例如：甘藷、樹薯、綠豆等。另有直鏈澱粉與脂質共同形成的螺旋複合物—V 型結晶。

二、澱粉的糊化與回凝特性與應用

生澱粉有一定結晶構造，在充分水分 (懸浮液) 下加熱到某一臨界溫度時，會造成顆粒之氫鍵開始破壞，澱粉顆粒體積及黏度開始增大，形成膨潤 (swelling) — 糊化 (gelatinization)。Ollku 及 Rha (1978) 指出澱粉糊化爲澱粉顆粒會進行水合 (hydration) 並膨潤，漸漸喪失偏十字光、增加澱粉糊的透明度、黏度顯著增加。

Burt (1983) 指出澱粉糊化的過程是一種有秩序 (order) 到無秩序 (disorder) 的變化過程。其含有 (1) 澱粉的水合，澱粉顆粒開始膨潤 (2) 顆粒結構之破壞，失去偏十字光 (3) 熱之吸收。不同澱粉其糊化特性會有不同，如糊化溫度、黏度、冷卻、貯存之外觀、黏性、凝膠性各有不同，如馬鈴薯、樹薯澱粉糊，化物呈半透明、黏性高；玉米澱粉則呈白濁狀、易硬化，因此在許多食品及產品研發上亦有不同使用考量及限制。一



般影響澱粉糊化因子很多，如澱粉種類、水分含量、添加物：油脂、糖及鹽等均有不同影響性。

完全糊化後的澱粉，若在室溫下放置慢慢冷卻時，澱粉分子長鏈間又可再度發生氫鍵結合，並形成半固體狀之膠質物（gel）。時間一久，膠體又會漸漸乾燥脫水，氫鍵結合益盛，終之成為無法復水的高度結晶物，即為回凝（老化）之 β_R 澱粉。在日常生活中的穀類製品常發生此種現象，如煮熟白米飯乾燥後呈半透明、外表乾硬、龜裂，年糕、麻糬變硬即屬此種現象，其常影響穀類製品之外觀、彈性、質地、口感，不僅影響產品之適口性、品質，並會造成商品儲架期（shelf life）縮短。澱粉的老化現象受種種因素影響，如溫度、水分含量、pH值、分子構造，共存物質或糊化溫度等因子影響。一般2-4°C溫度、水分含量30-60%，酸性條件及高直鏈澱粉含量等均較容易促進澱粉回凝。在許多食品加工業者常選擇高支鏈澱粉含量之糯米製作年糕、麻糬，其配方常加入砂糖、麥芽糖、乳化劑除作調味外，亦可達到防止回凝、變硬。

三、預糊化技術與應用

一般澱粉質食品在加工過程中，最主要為天然生澱粉（ β_n ）、糊化澱粉（ α ）及回凝澱粉（ β_R ）三種型態之間之轉換及控制技術。多數的穀類（澱粉）製品大都希盼控制澱粉在 α 型態下，使其產品之吸水膨潤、黏性、凝膠等特性，能達到較適之控制條件及成品特性。預糊化澱粉（pre-gelatinization starches）又稱預煮澱粉或 α -澱粉，主要將穀粒穀粉、穀粉漿、澱粉或澱粉漿以乾式預糊化：膨發、焙炒或濕式預糊化：滾筒加熱（乾燥）或擠壓機等方式進行糊化，乾燥、粉碎（研磨）、過篩而得；此種 α 化穀粉、澱粉食品具有下列特徵：（一） α 化度（糊化度）達90%以上，回凝較慢、少發生，（二）加入冷水或熱水，可於短時間內完全復水、膨潤，（三）易受澱粉分解酵素作

用，消化性良好，（四）如經乾燥處理（水分12%以下）可長期儲存、變質少。經預糊化之穀類、澱粉，其研磨顆粒大小，會影響其產品之性質，粒徑較大者，較易懸浮於水溶液中，且產品之質地彈性不會太強；粒徑較小者，產品會較平滑且黏度較高。

1. 膨發（化）預糊化技術

主要機械設備為膨發鎗（puffing gun）（如圖一），加熱膨發是由於因加熱產生之蒸汽壓突然高升，而在食品內形成數量又多之大之空（孔）洞。膨發加工的方法可以分為兩類（Matz, 1970）：

（1）在大氣壓下利用突然高溫使膠質食品遇到低壓（低於大氣壓）處膨發。如市售爆米花（puffed rice）即利用膨發鎗將定量玉米或穀物（燕麥、黑豆…）經加熱達到8-10kg/cm²時，進行瞬間洩壓，即達到膨發及預糊化之效果，其可直接作休閒點心、什錦穀物，另經研磨、調配即成沖泡粉型穀物營養粉。控制技術有穀類特性（直鏈澱粉、蛋白質、黏度、水分）、膨發壓力及溫度之控制；膨發穀物品質因子有體積密度（bulk density）、吸水性、黏度、保水性、色澤等。



2. 焙炒預糊化技術

主要機械設備為焙炒機（圖二），早期大都為煎炒鍋手工焙炒，主要乃將穀粒（碾製）或粉粒置入焙炒食品，利用熱源（碳火、瓦斯）達到熱傳—乾式糊化之目的，為防止直火燒焦，會加入砂、石頭、石英砂、金鋼砂為介質，並導入機械旋

轉，以促進熱傳及防止燒焦，焙炒屬乾熱式，其焙炒過程中易發生脫水乾燥，並有糊精（dextrins）產生，市售麵茶即為此類製品。另有應用於糊精製作，將澱粉（水分少於 15% 以下）加入少量催化劑，利用 100-200°C 乾式焙炒後，冷卻所得即糊精產物，其分子量較原澱粉分子量小。其在冷水中溶解佳，熱糊精具有黏度及可形成凝膠特性。



3. 滾筒乾燥預糊化技術

主要機械設備為滾筒乾燥機（圖三），在加熱乾燥機表面常呈薄膜，又稱薄膜乾燥（film drying）。預糊化技術，主要在加熱迴轉筒（drum）表面，塗在以薄層之穀漿液（泥），其會形成薄膜達到加熱（糊化）、熱交換及乾燥效果，利用滾筒（旋轉式）以擴大蒸發表面積，促進乾燥作用，同時隨轉筒的迴轉，乾燥穀物能自動由刮刀由轉筒下剝離下來，完成糊化及乾燥效用，此處理適合高黏度糊狀物



及固形物含量多難以乾燥之穀類製品，此預糊化技術之乾燥速度取決於被乾燥穀物（漿）之厚度，迴轉筒加熱速度及迴轉速度，有些熱敏感性食品或不宜與空氣相接觸之食品，則可將迴轉筒置於減壓或真空中來進行加熱乾燥—真空轉筒乾燥機（Vacuum drum dryer），常應用於糯米紙、乾燥馬鈴薯泥、糊化澱粉等，以供各種沖泡速食（粉）食品及嬰兒食品等之製造。

4. 擠壓預糊化技術

主要機器設備為擠壓機（extruder）（圖四）。穀類粉原料利用擠壓機之進料器，在套筒內依螺軸的推進送至出口處，此過程中原料會被壓縮、混合、剪斷，另在套筒內有加熱器，使穀類製品受熱形成熔融狀，達到加熱糊化效果，最後再自出口模孔處放出，形成一定形狀或發生膨脹。經擠壓蒸煮處理，澱粉會發生糊化或分子切斷等現象，蛋白質發生變性、分子崩壞、再組合、組織化等現象。目前常使用擠壓機有單軸及雙軸兩種，擠壓機各種加工功能中，影響之機件主要為螺軸，改變螺軸之支數、形狀、螺距等，其原料在擠壓機內部發生之物理、化學現象即改變，另產品之特性亦有不同如體積、質地、口感等。目前國內業者常利用製作米粉絲、麵條、休閒食品（如：乖乖）及各種熟粉製作，市場潛力十分龐大。





四、預糊化技術多元化應用及未來市場

預糊化穀粉或澱粉，利用各式預糊化設備（乾式或濕式）經加熱、糊化、乾燥後粉碎（研磨）、過篩而得之預煮粉或 α 粉，其可不須再經加熱糊化之程序，可直接溶於水，也可再行加熱（簡易），利用其溶解性、黏性，提高水結合力，並可利用澱粉凝膠特性，製備成各式早餐穀粉、麵茶、米麩、蔥油餅、湯圓、米粉絲及糕點水果餡、泥餡、休閒食品馬鈴薯脆片、膨發點心等，近年流行之預拌粉、湯種麵包等即屬預糊化技術多元化應用之成果，展望預糊化技術系列、多元化產品日益增大，未來大陸及廣大華人市場潛力更是龐大、無窮；以下部分實例介紹大夥可更了解預糊化技術之多元化及發展潛力。

1. 預糊化可溶性澱粉（穀粉）之應用

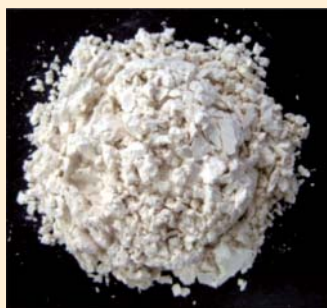


將不同澱粉：玉米、小麥、樹薯或其它植物穀類粉末，調成 5-10% 粉漿液，以 95°C 加熱、攪拌 15 分鐘使其達到糊化，再行乾燥或直接利用滾筒乾燥機，使成薄膜、加熱糊化、乾燥，經刮刀刮下之片狀物，其糊化度達 90% 以上，冷水、熱水中吸水增黏效果佳，可供即食穀粉或沖泡粉（圖五）之基材，亦有作為動物、魚飼料之黏著劑，此類成品用途十分廣泛。

2. 麵茶、米麩及預拌粉之應用

傳統麵茶大都以焙炒鍋進行麵粉焙炒，其在乾熱焙炒下，常伴隨加糖調味，產生焦糖化作用，使麵茶具有誘人香氣及色澤（淡米黃色），食用時只要乾吃（記得喝水）或沖泡即可食用。另米麩與麵茶

十分相似，近年大都利用膨發槍先爆成爆米香（圖六），再經磨粉、過篩而成。此兩類穀粉均有易沖泡、黏度高、口感佳之特色（圖七）。近年烘焙業者十分流行“預拌粉”，有使用預熱處理之預拌粉及修飾澱粉（化學型），經微細化之預拌粉末質地平滑、復水迅速，常調配不同配料（色素、香料、增黏劑等），製備成許多點心、糕餅預拌粉，使用時只須添加固定比例水分、拌勻即可供使用，十分方便，如水果餡料、布丁粉、速食湯粉等即是。



3. 即食米飯、粥製品之應用

在工商繁忙的社會裡，即食米飯（粥）製品（圖八），十分熱門，其只須沖泡熱水，即可成



熱騰騰的米飯、粥，其成品為達快速復水，質地、微細構造須成多孔性，早期大都以膨發槍進行膨發，但因其外表

有糊精化形成，內部孔洞大小不均，容易在沖泡後，呈現上浮、質地、口感軟、不佳；為改進口感，有些產品則將煮熟米進行冷凍乾燥或將米飯壓延成片再乾燥以增加復水表面積及口感。如何增進吸水性及口感改善成爲重要待突破技術。



4. 早餐穀物及休閒食品之應用

早餐穀類食品（breakfast cereals foods）主要以多種穀類玉米、小麥、稻米、燕麥、大麥、高粱等，依食用方式大致可分爲兩大類：一爲熟食穀物（hot cereals），即在食用前須經加熱處理者；一爲即食穀物（ready-to-eat cereals）即已經完全煮熟可立即食用。國內近年來流行的“大燕麥片”（圖九）屬熟食穀物，消費型態大多爲壓研（片）型最受歡迎，亦有生食烹煮型及熟食沖泡型，市售“十穀米”中之穀物大都須再行加水、加熱，而沖泡型燕麥片大多先經加壓烹煮，再經壓延成片，增加復水面積，達到即食及軟化質地效果。另即食穀物有玉米脆片（corn flakes）、小麥脆片（wheat flakes）、細條餅乾（shredded biscuits）、膨發穀物（puffed cereals）等大都利用擠壓機（extruder）製作成熟食、質地膨鬆、多孔、可快速復水食用，亦可直接食用；另有業者

利用擠壓機出口處控制擠壓穀物之流動狀態、溫度及壓力，以使其體積膨大（脹），配合擠出口模型，可有不同型態，並經包覆調味料（醬油粉、糖霜等）使成不同風味之休閒點心食品如乖乖、喜瑞爾等。

5. 非油炸 α 化麵（米）食製品之應用

市售速食麵（instant noodles）食用只須沖泡即可食用，其主要將麵條經蒸熟後，再經油炸處理（ α 化）使其達到多孔，以利快速復水。另有將蒸熟麵條利用真空乾燥或微波乾燥使其達到 α 化、多孔之質地，以達非油炸麵條（圖十）之製作。另國內有米粉絲（rice noodles）（圖十一）利用蒸煮（預糊化）、混合（成糰）、壓研、擠絲、蒸熟、乾燥成細絲狀（即食米粉），沖泡即可食用。



穀類預糊化技術可由傳統到現代機械（連續化），也可由簡單（穀粉）到複雜（擠壓、預拌），在工商繁忙社會裡，其多元化的加工利用，十分具有市場及消費潛力，在二十一世紀糧食十分短缺的日子裡，更能顯出其重要性及急迫性，有關更新技術及更可口、營養的穀類食品開發，更突顯出急迫及必需性喔！

冷凍乾燥技術的開發與應用

金安兒

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 教授

冷凍乾燥是目前保存產品品質最佳的乾燥方法，特別是對於具活性之生物性材料其適用性更佳，因此多被應用於醫學和藥學等方面。冷凍乾燥的主要缺點在於能量的消耗太大以及乾燥所需要的時間甚長，乾燥時間長則是由於熱傳及質傳的阻力等不利因素所致，若能縮短乾燥時間，則生產量便可因操作時間的縮短而成比例地提高，進而可以節省成本。遠紅外線輻射相當適合作為冷凍乾燥的熱源，亦即將陶瓷材料製成之遠紅外線發射器應用於冷凍乾燥，利用遠紅外線之輻射熱提供冰昇華所需之能量。由微觀的觀點而言，在冷凍乾燥的過程中，產品中的冰昇華之後會形成多孔質的結構，多孔質的結構具有絕熱的效果，會使熱傳效率降低，但是遠紅外線輻射可以直接穿透不會被多孔質吸收，可以達到提高熱傳效率的目的。另一方面，在熱輻射電磁波中，遠紅外線的光子能量小於紫外線、可見光線，因此一般只會產生熱效應，不會引起物質的化學變化，而且加熱時間較短，可以減少加熱過程中營養成分及色、香、味等優良品質的損失。另一方面，應用間歇性加熱乾燥的方式可以供給適當的能量，減少能量的使用進而節省能源，並且可達改善品質之效。間歇率是加熱程序中循環時間的比率，使用適當的間歇率可以提高乾燥程序中熱傳及質傳的效能，並獲致品質較佳的乾燥產品。本文即是針對本研究室所開發出之間歇性（intermittent）遠紅外線加熱冷凍乾燥裝置來進行介紹。

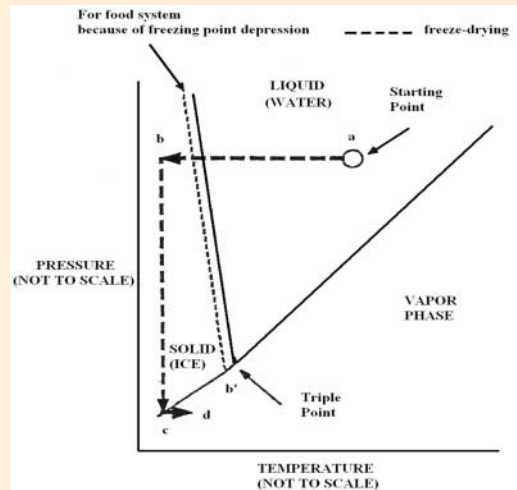
一、冷凍乾燥的介紹

一般所謂冷凍乾燥（freeze-drying）是指在真空中進行的低溫乾燥，亦即真空冷凍乾燥（freeze-drying under vacuum），是一種幾乎不會損害被乾燥食品之色、味、芳

香、物理性質、形狀、營養成份等重要品質，並且能得到還原性良好的乾燥產品之優良乾燥方法。以目前的乾燥技術而言，可說是最佳的一種食品乾燥方法，特別是對於具活性之生物性材料其適用性更好。

（一）冷凍乾燥方法的原理與特徵

冷凍乾燥的操作，首先是將被乾燥樣品先進行急速凍結，再將此凍結後的樣品置入能保持 0.2~2 torr 左右低壓之真空度的乾燥室內，再利用傳導或輻射的方式供給熱量，使冰晶直接昇華（sublimation）氣化。純水之固態、液態及氣態之三態交會點稱為三相點（triple point），條件為壓力 4.579 torr、溫度 0.0075°C（圖一）。當水處在三相點以下的溫度、壓力範圍時，冰與水蒸氣間能夠達到平衡，此時若對冰供應適當的熱源，則凍結的冰會由外而內漸漸昇華成水蒸氣，進



圖一 純水的固態-液態-氣態三相圖及冷凍乾燥路徑（a→b→c→d）

而達到乾燥的目的。尤其是在處理生物性材料時，生物性材料先經過冷凍處理，使其內部所含的水分形成冰的結構，然後經由減壓抽真空的過程，使得其中的水分子不必經過

液體狀態，直接由固態昇華為氣體並由冷凍物中直接逸出。在此冷凍乾燥過程中物質之固態粒子一直被「鎖」於基質中而不相互作用，所以可以保持處理後的物品，其成份及結構與原物品相同，只是除去其中所含之水分而已，與一般將水分由液態蒸發成氣態除去之乾燥方法有很大的不同。

冷凍乾燥程序的進行經過以下四個階段：

1. 預備凍結的第一階段：

溶液中開始有冰晶析出，最後逐漸擴及於全體。由於冰晶被分離出來，剩下的溶液即呈濃縮狀態（concentration）。

2. 預備凍結的第二階段：

進一步冷卻至共晶點（eutectic point）的溫度，在此過程中，冰晶增大，被進一步濃縮、冷卻了以後的濃縮部分，最後形成共晶現象進而整個固化。

3. 昇華期（一次乾燥期）：

主要的乾燥在昇華面上進行，並伴隨著已乾燥部分的脫濕作用。昇華期的長短依材料而有不同，隨著已乾燥部分之熱傳（heat transfer）及質傳（mass transfer）阻力的增大，乾燥速度逐漸減緩，從而進入了減率期。

4. 終結乾燥期（二次乾燥期）：

為昇華完畢之後，材料內不凍水（結合水）的脫濕過程，乾燥速度以約略和含水率成比例的關係，顯著地降低。

然而在工業上的實際乾燥過程中，被乾燥物表面上的昇華作用並非均一進行，因此昇華作用並非全面同時完成。由於材料組成、材料充填厚度不均、凍結時結晶形式不均等材料方面的原因，以及盤、熱板等之末端效應（end effect）等裝置方面的原因，皆會造成影響，使得凍結部份的乾燥消失是由局部開始，最後才會及於全面。此期間中之乾燥速度，大略會以和殘留凍結部份面積成比例的形式逐漸降低。若要對工業上之乾燥階段來進行區分，則宜在（全面）昇華期及終結乾燥期的中間，加入斑狀殘冰昇華期。

冷凍乾燥是在真空中利用冰的昇華來進

行產品的乾燥，產品可避免一般乾燥方法因暴露在空氣中及高溫下所受到的不良影響，經歸納後冷凍乾燥具有以下之優點：

1. 因為乾燥作用是利用冰的昇華來進行，在形狀方面不會產生變形或收縮，能得到保持乾燥前原形的乾燥製品。
2. 乾燥過程中，水分的乾燥幾乎是在-30°C到室溫之間進行，因此成分變化幾乎不會發生，色、味、維生素類及其他營養素亦幾乎沒有變化，芳香、風味等的損失亦極少，且完全不會有異臭的發生。
3. 乾燥製品的組織為多孔狀的結構，而且由於不會收縮形成不透水層，因此食用時使用水或熱水即可快速地令其吸水還原。
4. 製品乾燥至 2-5% 的水分含量，貯藏性及輸送性均甚佳。

另一方面，冷凍乾燥也具有下列之缺點：

1. 乾燥產品呈多孔狀且水分含量甚低，因此吸濕性高，容易形成固結等現象，同時也容易因外力作用而崩裂。
2. 因產品呈多孔狀且水分含量甚低，所以容易發生氧化作用，導致脂質酸敗及褪色等變化的發生。
3. 操作步驟多以及在低溫凍結狀態下的熱傳和質傳阻力等不利因素，導致乾燥時間過長。
4. 乾燥時須提供水分昇華所需的潛熱，以及維持真空、冷凍及冷凝所需的能量，因而相當耗能。
5. 為避免物理性及化學性的崩裂與變質，乾燥成品需採用具有耐濕、不透氣及耐撞擊等性質的包裝材料，以致包裝成本增加。

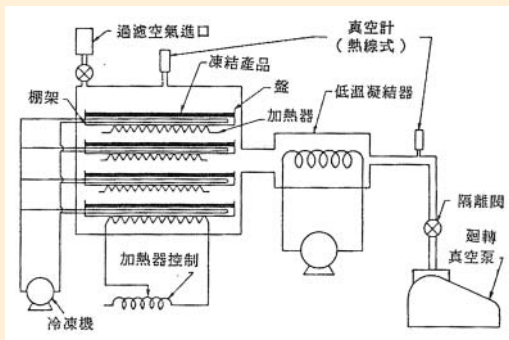
（二）冷凍乾燥系統的構造與裝置

冷凍乾燥設備主要由乾燥系統、真空系統、冷凝系統以及控制裝置等所組成（圖二）。

乾燥系統為一密閉乾燥室，為放置食品以進行乾燥的地方。水分的乾燥幾乎皆在溫度-10~-25°C之間以及壓力低於 1 torr 的情況



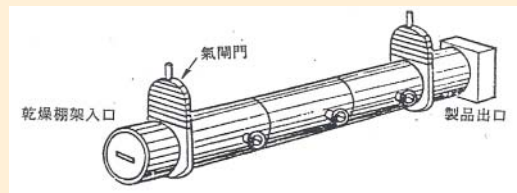
下進行。加熱裝置的目的在供給昇華潛熱，以促進乾燥。在實際操作上，可以採用鎳絡合金線固定在乾燥架上以進行加熱，或是將高沸點熱媒溶液或蒸汽循環於架中以進行加熱的方式。在加熱形式方面，一般有只從乾燥盤（板）底面供給熱量的單面加熱方式（single plate heating），能由被乾燥食品的兩面加熱的雙面加熱方式（double contact heating），以及利用輻射熱由被乾燥食品的兩面行間接加熱的輻射加熱方式（radiant heating）等。此外，尚有釘板加熱方式（spike heating）、紅外線加熱式（infrared heating）、微波介電加熱方式（microwave heating）等，一般多採用加熱板傳導加熱方式。



圖二 冷凍乾燥系統的裝置

真空系統的目的是在冷凍乾燥過程中，利用真空幫浦以及排氣管線等設備，維持乾燥室的壓力降至 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ torr 以下。冷凍乾燥剛開始時，真空幫浦負荷甚大，但是進入正常運轉時期後，其負荷即大為減輕。冷凝系統的目的，在於使由冰層所昇華之水蒸氣，在前往真空系統之中途，即在此被冷凝成固態，以減輕真空幫浦之負荷。一般冷凝器均採用很低的溫度，故須另行裝置溫度可降至 -30°C 以下之冷凍機。控制裝置主要在自動地控制並記錄乾燥過程中的加熱溫度及真空度，以確保正確而且規律的運轉。為確保乾燥產品的品質以及節省乾燥操作的勞力及時間，實用規模裝置中均必須裝設控制裝置。

在原料處理量多的場合，也可採用連續式的冷凍乾燥系統，在時間、勞力、成本上均相當有利（圖三）。



圖三 連續式冷凍乾燥系統的裝置

（三）冷凍乾燥方法的應用

冷凍乾燥技術的應用範圍十分廣泛，不只可以應用於食品，在其他很多領域中均有很高的應用價值。不過由於冷凍乾燥相當耗能及費時，操作成本昂貴，所以適用於高價值、高品質之乾燥產品，因此多被應用於醫學和藥學等方面。近來冷凍乾燥技術已普遍應用於食品工業，目前市面上販售之商品，許多皆以冷凍乾燥方法來進行加工製造生產（表一）。

二、遠紅外線加熱

（一）遠紅外線的定義

紅外線最早是在西元 1800 年，被英國天文學家 Sir William Herschel 所發現。他經由三稜鏡的分光作用，偶然發現太陽光中紅光外側有一種不能為肉眼所見的電磁波，波長介於 $0.76\text{-}1000\mu\text{m}$ 之間，由於波長範圍相當寬，所以又進一步把這部分的電磁波劃分為近紅外線 ($0.76\text{-}2\mu\text{m}$)、中紅外線 ($1.5\text{-}5.6\mu\text{m}$) 和遠紅外線 ($4\text{-}1000\mu\text{m}$) 等三部分。其中實際具有輻射加熱功能的能量範圍約為 $2\text{-}25\mu\text{m}$ ，因此也有人將這一段電磁波稱為遠紅外線。

（二）遠紅外線加熱的特徵及其優缺點

遠紅外線加熱之所以近年在食品加工中得到很廣泛的應用，主要是因為與熱風乾燥或熱風加熱比較，遠紅外線輻射的能量可以直接被食品原料吸收，減少了能量損失。其主要特徵有如下：

1. 遠紅外線輻射有著較高的輻射效率。

表一 各式各樣的冷凍乾燥食品

肉類	牛肉、豬肉、雞肉、羊肉、鴨肉
畜產加工品	火腿、香腸、紅燒豬肉
魚貝類	鮭魚、鱒魚、鮪魚、鯨魚、蝦、螃蟹、蛤蜊、干貝
海產類	海帶、裙帶魚、洋菜、海苔
蔬菜類	甘藍菜、白菜、菠菜、蔥、黃瓜、茄子、南瓜、荷蘭芹、蘿蔔、青豌豆粒、紫蘇、筍、蕃茄、芹菜、青花菜、白花菜
味噌	紅味噌、白味噌、八丁味噌、金山寺味噌
薯類	馬鈴薯、青芋、紅薯、山藥、芋頭
乳製品	乾酪
蛋類	雞蛋（全蛋、蛋黃、蛋白、炒蛋）、鴨蛋、鵪鶉蛋
水產煉製品	魚肉卷、魚肉山芋丸子、魚糕、魚糕卷、貢丸、魚丸
穀類、豆類	紅豆、全粒穀物、豌豆、扁豆、綠豆
水果類	柳橙、草莓、梅子、鳳梨、檸檬、甜瓜、蘋果、百香果
嗜好性飲料	咖啡、可可、紅茶、綠茶、麥茶、果汁
菇茸類	香菇、蘑菇、玉蕈、洋菇
醃漬物	白菜漬、黃蘿蔔、鹹菜、泡菜
油炸物	天婦羅、油炸豆腐、炸薯類、油豆腐
糖果類	口香糖、葡萄乾
大豆加工品	豆腐、納豆、豆腐乳、豆乳
其他食品	梅子醬、麩皮、肉餡、豆餡
酵素	澱粉酵素、蛋白酵素、脂肪酵素
健康食品	蜂王乳、人蔘、乳酸菌、紅麴
藥品	中藥草、硫酸鋇
調味品	香辛料

- 大部分食品材料對遠紅外線輻射的吸收率最高。這也是遠紅外線輻射技術在食品工業中極為受到重視的原因。遠紅外線輻射對食品中水和其他物質分子的特殊振動效果，可以作為促進分子間互相結合、交聯的動力，這對於食品的熟成作用具有幫助。
- 相較於其他光波，遠紅外線輻射不僅可以直接把能量傳送到物體表面，而且還能把能量傳送到物體的一定深度。儘管這深度只有 1-2mm，但是對於一些厚度薄的食品原料，可以顯著提高加熱效率。遠紅外線被物體吸收的程度與被照

射物體的顏色無關。因此，使用遠紅外線輻射加熱時，不會受到食品本身顏色影響，受熱比較均勻。此外，在熱輻射電磁波中，遠紅外線的光子能量比起紫外線、可見光線都要小。因此，一般只會產生熱效果，不會引起物質的化學變化，而且加熱時間較短，所以可以減少加熱過程中營養成分及色、香、味等的損失。

遠紅外線加熱具有下列之優點：

- 乾燥樣品不必接觸熱源或傳熱介質即可進行加熱乾燥。
- 在原料周圍保持低溫狀態下，可對樣品



進行加熱。

- 3. 加熱速度快、效率高，穿透性佳。
- 4. 加熱的供給及切斷易於控制，並且可以利用間歇性加熱的方式來達到節省能源及提高乾燥效率的目的。
- 5. 遠紅外線加熱時，因放射所造成的化學分解作用小，不致破壞樣品分子間的化學鍵結，故可保有樣品原有之特性。

遠紅外線加熱除了具有上述之優點外，仍然有如下的一些缺點：

1. 無法加熱陰影部分。

在紅外線輻射加熱中，由於必須直接作用於被加熱物體，而且紅外線呈直線進行，如果被加熱之物體有陰影時，其陰影部分無法被加熱。因此紅外線輻射加熱不適合用於形狀複雜的物體，也不適用於批式加熱裝置。

2. 選擇性吸收。

物質具有紅外線選擇吸收性，所以紅外線輻射加熱並不是對所有的被加熱物體都有效。一般紅外線加熱不適合於金屬及離子結合性強的物質，例如以鋁箔包裝的食品或食鹽等食品。

3. 肉眼無法察覺。

紅外線是可見光區外的光線，不能用肉眼察覺。使用近紅外線域的加熱器，因放射一部分的可見光線，可察覺到加熱品的作用狀態；但是使用遠紅外線域的加熱器時，幾乎不放射可見光線，因此無法用

肉眼察覺其作用狀態。

(三) 遠紅外線放射器的裝置

遠紅外線放射器之構造，基本上是由發熱之電阻體（電熱絲）、放射材料、絕緣體等組成。電熱絲一般採用鎳鉻絲，放射材料則為具有接近黑體放射率的陶瓷材料及 Zr、Ti、Mn 等的金屬氧化物。放射器之型態有陶器型及塗佈型兩種，其形狀有燈管型、棒狀型以及板式。熱源則有瓦斯、電力、蒸汽、燃油等。

(四) 遠紅外線加熱在食品工業上的應用

遠紅外線的應用已由早期的乾燥省能設備，進而發展至具高附加價值的養生設備等，目前應用之領域相當廣泛如表二所示。遠紅外線在食品加工上的利用，主要是利用其放射及加熱的特性，應用的範圍包括殺菌、乾燥、烘焙、解凍、熟成及包裝等。

三、間歇性加熱乾燥

間歇性乾燥方法能夠提升乾燥效率和產品品質，目前亦廣泛受到探討。傳統的乾燥程序利用連續性恆定的乾燥溫度、空氣流速來去除水分，對於具熱敏感性的生物性材料，熱傳為品質控制之重要因子，不僅僅是溫度的提高與降低並且需要精確地監控熱的分布狀態，才能確保產品品質。熱敏感性物質除了材料本身對於乾燥的阻力較高之外，過高的溫度及質傳速率作用於產品的表面，也會導致過熱的現象或是表面層的過度乾燥

表二 遠紅外線的應用領域

食品	烘焙、燒烤、焙煎、乾燥、加熱、釀造、解凍、發酵、殺菌、保鮮、活化、抗菌、除臭...
農、畜、水產	保溫、育苗、生物工程、促進發育、暖氣...
醫療、保健	溫熱、復健治療、蒸汽浴...
熱機械	燒烤、乾燥、加熱、保溫、暖氣、活化、防止腐敗、預防變質...
資訊、計測	感應器、紅外線攝影、遙測、分光、纖維傳輸、夜視...
化學	預熱、燒烤、乾燥、加熱、凝膠化、生物工程、材料...
日常生活	加熱、暖氣、健康、衣料、美容、住宅、寵物、家事、飲食...
未來	醫療、資源開發、軍事、生物科技...

而造成品質的降低，對於乾燥的動力學的提升並未有太大的幫助。而且在乾燥過程中，水分由內層移至蒸發表面的速度控制整個乾燥速率，適當的能量供給，可達改善品質之效。

(一) 間歇性乾燥的介紹

有別於傳統的乾燥操作，近年來所發展の間歇性乾燥應用了因時而變的熱量輸入，更符合乾燥動力學的需要。此外，混合數種熱傳模式的能量輸入方式（對流配合傳導，同時利用對流和輻射，同時應用介電加熱及對流等），更能提供最適的乾燥動力學性質及產品品質，特別是應用於對熱敏感的物質，例如食品、醫藥、保健食品、草藥、香辛料及生藥等效果尤佳。間歇的型態主要為輸入的熱、溫度、壓力及風速，依照控制的類型可分為 1.開/關式；2.循環或者是升起變化；3.任意變化或者由特定的控制因素加以控制，例如由乾燥物體的表面溫度來加以控制等。

(二) 間歇性乾燥的特性及應用

乾燥程序中，熱能的供給因時而變化的方式，基本上可以分為如下幾類：

1. 熱通量之供給為間歇性。

藉由中斷熱風的流動，使乾燥物質處於休息或者調溫的狀態，然後週期性改變熱風的流動。

2. 通風循環。

利用高溫短時通氣，接著進行調溫及慢速冷卻，上述操作循環進行，持續進行至乾燥完成。

3. 改變空氣流動方向。

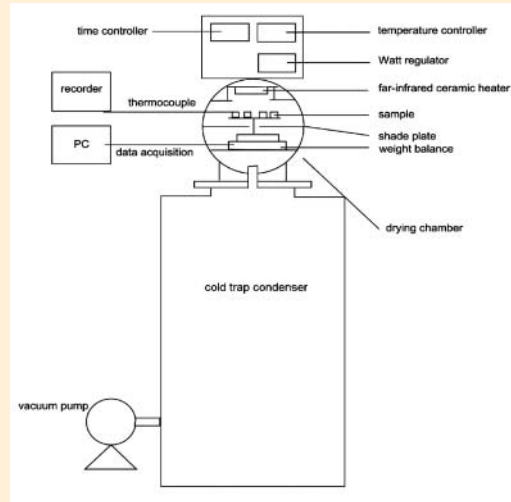
此種方式應用於厚層乾燥（deep bed drying），對於乾燥產品施以順向、逆向等不同方向之熱風來加以乾燥。

4. 循環乾燥。

對於空氣溫度、溼度、空氣流速或操作壓力等操作變因施以特定的循環型態變化，例如，正弦波、方形波或鋸齒狀的變化等。

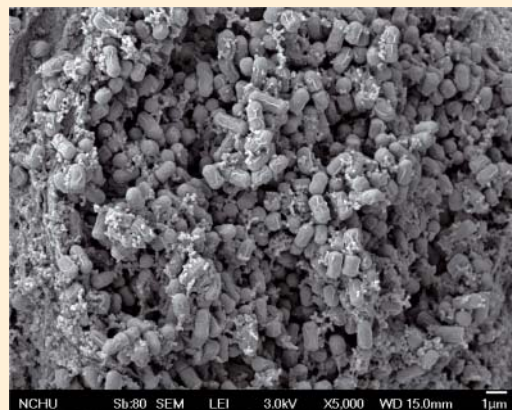
四、間歇性遠紅外線加熱冷凍乾燥裝置

本研究室所開發出之間歇性遠紅外線加熱冷凍乾燥裝置如圖四所示，相當適合於具活性之生物性材料的乾燥，並已獲得兩項相關的發明專利（中華民國發明專利第 I252296 及 I253357 號），同時更有多項相關的發明

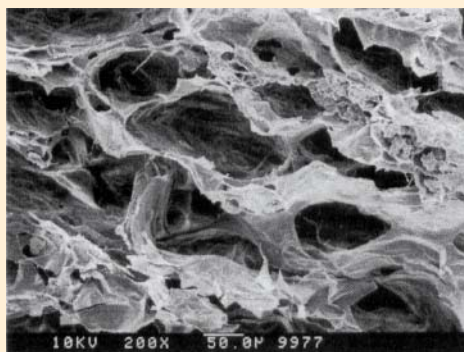


圖四 實驗型間歇性遠紅外線加熱冷凍乾燥裝置

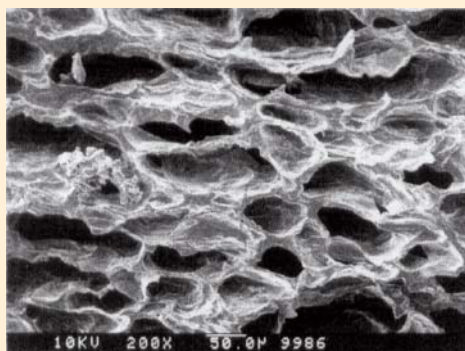
專利正在申請，將其應用於乳酸菌的乾燥上面，不但存活率高，活性佳，由掃描式電子顯微鏡（SEM）相片（圖五）更可發現菌體形態完整，將其配合上乳酸菌的微膠囊化，更可獲得效果良好的乾燥產品。另一方面，



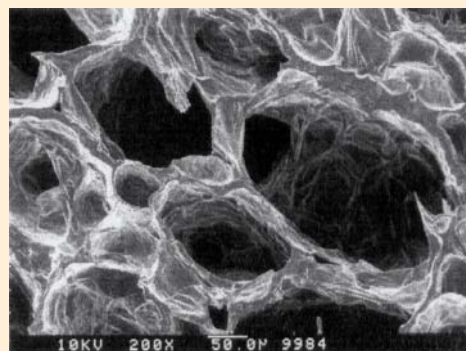
圖五 間歇性遠紅外線加熱冷凍乾燥乳酸菌之 SEM 相片圖



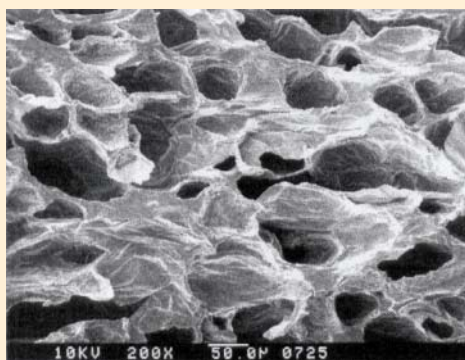
A



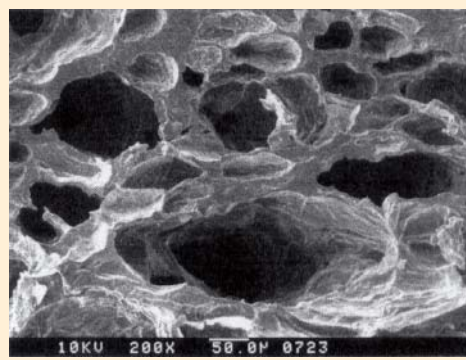
B



C



D



E

圖六 冷凍乾燥甘藷之 SEM 相片圖

- (A) 非遠紅外線加熱
- (B) 連續性遠紅外線加熱 (30°C)
- (C) 連續性遠紅外線加熱 (40°C)
- (D) 間歇性遠紅外線加熱 (間歇率 0.5, 30°C)
- (E) 間歇性遠紅外線加熱 (間歇率 0.5, 40°C)

將間歇性遠紅外線加熱冷凍乾燥應用於傳統的農產加工，亦可獲得良好的結果。圖六為配合不同加熱方式進行冷凍乾燥所得到之乾燥甘藷的 SEM 相片，由其中可發現藉由間歇性遠紅外線加熱所得到的樣品，孔洞細緻平

滑，質地優於其他加熱方式所得到的成品。整體而言，間歇性遠紅外線加熱冷凍乾燥具有多項優點，而且適用性廣，實為一深具開發潛力的優良乾燥方法。

由水果中培養天然微生物應用於天然酵母麵包 製程之研究：袋裝冷藏法

(1) 傅以中、(2) 王意雯、(2) 許雅瑀

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 (1) 副教授

國立中興大學食品暨應用生物科技學研 (2) 研究生

前言

最早出現酸麵糰 (Sourdough) 的紀錄為西元前 1500 年 (距今大約 6000 年前) 的古老埃及文化歷史中, 壁畫上出現利用陽光烤麵餅的圖騰。因尼羅河區域盛產小麥, 當時的人民已知使用小麥來製造啤酒作為飲料, 意外的觀察到啤酒發酵汁液中混合麵粉會有膨起的現象, 並在經過許多嘗試與失敗後, 成功的作出酸麵糰。埃及人將小麥磨成的粉加入水、馬鈴薯和鹽拌在一起, 放置於溫熱的地方讓野生酵母自然發酵, 最後將麵糰在炙熱太陽曬過的石頭上烘烤成麵餅。這種麵糰食用起來有特殊風味, 這些未經過曬烤的麵糰有一特性, 可藉由前一部分未使用完的酸麵糰經培養後, 可以不斷的繼續使用於麵包製作上。這種酸麵糰因為探險者的攜帶, 使之傳播於世界各地 (Anonymous, 2007)。

十五世紀時瑞典的王室公主非常喜愛烘焙, 也隨著這位公主外嫁至法國而興昌法國的烘焙業。時間轉移到十九世紀美國加州的淘金時代, 法國有名的 Bondin 烘焙家族把酸麵糰帶到舊金山地區, 當地人民品嚐到此種麵包有股特別的風味, 而身受許多礦工的喜愛, 大多作為早餐食用。酸麵糰一辭在十九世紀美國淘金熱時, 才開始將這種帶酸的麵包稱為酸麵包 (Sour bread), 也可稱為天然酵母麵包, 用來製作酸麵包的麵糰稱為酸麵糰 (Sourdough) (Lonner and Preve-Akesson, 1988)。製作酸麵包最出名的國家是義大利和美國舊金山, 義大利 30% 以上烘焙製品為酸麵糰製成 (Ottogal *et al.*, 1996)、舊金山酸麵包在近幾年甚為風行, 許多烘焙學校紛紛成立吸引許多世界各地烘焙愛好者前往學習。

酸麵糰

所謂的酸麵糰是指利用乳酸菌 (lactic acid bacteria, LAB) 和酵母菌發酵而成之麵糰。傳統中式以老麵糰製作的饅頭與包子, 以及西方裸麥麵包與舊金山酸麵包等皆為酸麵糰經天然發酵製作的產品。由於酸麵糰中的乳酸菌具有降低麵糰 pH、蛋白酵素分解出許多氨基酸分子、分泌抗菌素等功能, 因此使用酸麵糰製作成的天然酵母麵包具有改善麵包風味、增加比體積、延長保存期限、提高營養價值等優點, 不僅符合現代人對健康的需求, 更因其中麵包的保存期限明顯提高, 最多可達六個月, 使得此種麵包產品可行銷至更遠之地區。天然酵母的培養相當繁複, 如水果源的天然酵母培養必須先從水果中培養酵母菌與乳酸菌, 培養時間依不同水果而定, 大約需要 3~7 天左右, 再進入第二階段, 添加數次的麵粉與水培養才可完成, 至少須花費二星期左右培養才可製作麵包產品。天然酵母麵包的獨特風味, 不是使用人工調味可達成的, 但長時間的培養與繁複的製程使得品質上的控制也不易穩定。

坊間天然酵母麵包的製作方式包含兩種: 第一種方式可從不同微生物來源 (例如: 穀類源、水果源等) 培養天然酵母, 並將其麵糰製備成較具可塑性的原種, 裝入帆布袋後, 使用麻繩緊緊網綁並放置於 10°C 左右的低溫下冷藏數天, 直到裝有麵糰的帆布袋有緊繃膨脹的現象, 此即麵包師父們稱為有力的麵糰, 這樣狀態的麵糰適合製作麵包。第二種培養天然酵母的方法與前述方法的差異為原種水分含量較高, 以半液態式方式培養, 培養溫度也較高。因此在法國便發



明了適合液態培養的機器，稱為「Fermentol-evain」。不論使用上敘那種方式培養酸麵糰，都需要花費相當長的時間，且必須每天不斷添加麵粉與水的方式來維持微生物的生長。

從眾多資料中發現，並沒有整個天然酵母的培養過程中微生物與化性的變化，因此我們使用水果源（水蜜桃、葡萄）為材料，以坊間常見的『袋裝冷藏法』製作酸麵糰。製作方法以新鮮水果等材料混合後，培養發酵汁液，再經過兩次全麥麵粉的添種作業變成液種，最後經過數次的高筋麵粉與水添種製成團狀原種，團狀原種需要裝入帆布袋中於低溫 10°C 下冷藏數天後才可製作麵包；主要觀察整個培養過程中其乳酸菌與酵母菌、pH、TTA 和麵包成品比體積的變化，希望了解低溫冷藏效果與使用帆布袋裝袋的意義；也進行將經過冷凍後的酸麵糰再活化後，觀察麵糰微生物與化性與烘焙後麵包品質的變化。除了培養酸麵糰外，還將液種階段的樣品經冷凍乾燥處理，經冷凍三個月後再觀察其酵母菌與乳酸菌存活的情形，了解冷凍乾燥對酸麵糰中菌種保存的可行性。最後將培養的天然酵母進行產品化，製作義大利最具代表性的兩種天然酵母麵包：黃金麵包（pandoro）和潘那多尼（panettone），使研究與應用做實際結合。

製作過程與方法

下面內容中提到的名稱，包含綜合發酵液、液種、原種、酸麵糰及天然酵母麵包，定義如下：

1. 綜合發酵液（Fermented liquid）：

混合新鮮水果和部分乾果，利用水果和乾果本身富含的微生物（主要為酵母及乳酸菌）及一些酵素活性，搭配果汁及糖水提供的營養源，定溫下經過長時間的培養間發酵完成的汁液。

2. 液種（Pre-starter）：

綜合發酵液添加兩次全麥粉與水發酵

完成的液態麵糊。

3. 原種（Starter）：

液種添加一次高筋麵粉與水，定溫下培養一段時間即為原種。本實驗以不同比例的麵粉製備團狀原種與液態原種。

(a) 團狀原種（Dough style starter）：液種添加比例較高的麵粉形成可塑性和不具流動性的團狀原種。

(b) 液態原種（Semi-liquid starter）：液種添加比例較低的麵粉形成溼稠狀、流動性好的液狀原種。

4. 酸麵糰（Sourdough）：

原種添加麵粉、水及其他副材料經過多次發酵形成麵包烘烤前的麵糰。

5. 天然酵母麵包（Sourdough bread）：

使用酸麵糰在不添加任何商業酵母條件下，經長時間多次發酵烘烤完成的麵包。此次天然酵母麵包包含甜麵包及吐司。

6. 添種作業（Refreshment）：

綜合發酵液、液種及原種製備過程中，添加麵粉及水的程序。

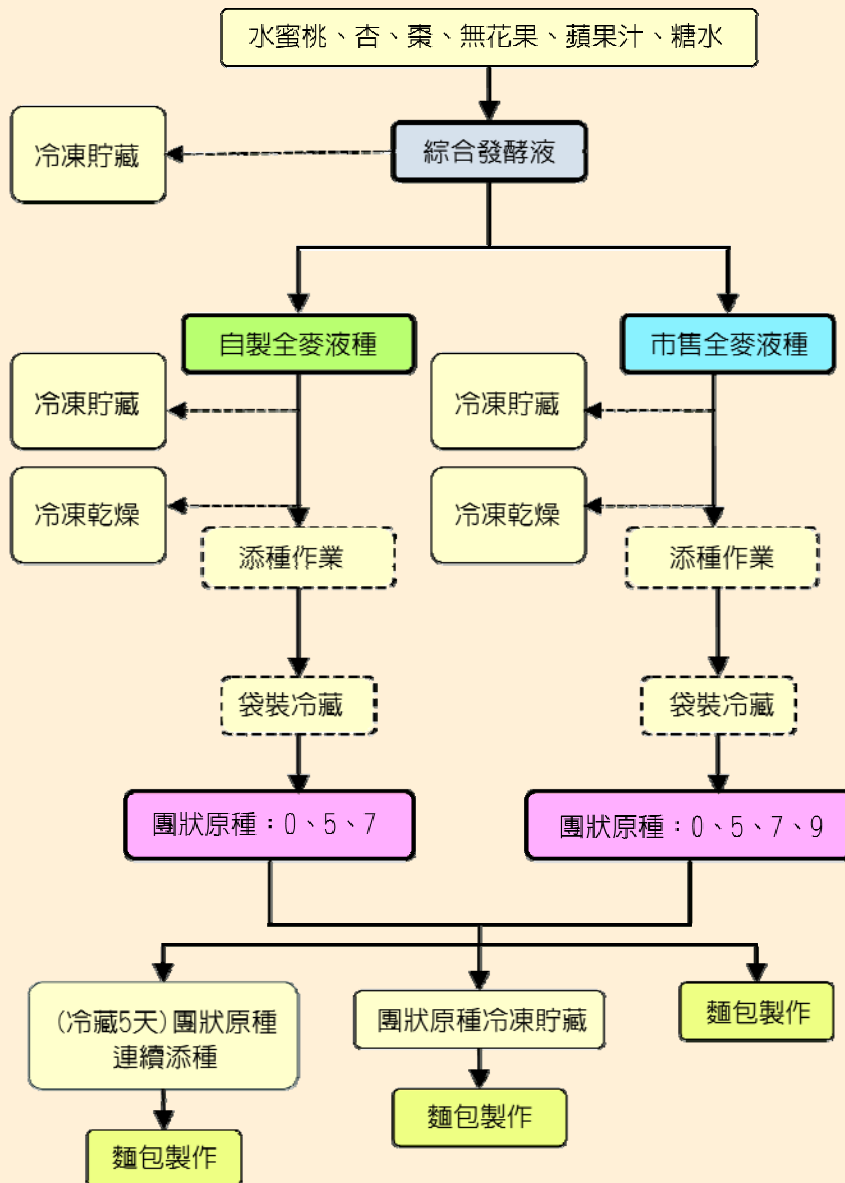
綜合發酵液製作

圖一為綜合發酵液之製作到天然酵母麵包各階段流程圖，包含綜合發酵液、市售及自備全麥液種、團狀原種、酸麵糰及酸麵糰製成的天然酵母麵包。

新鮮水蜜桃以 RO 水稍微清洗、拭乾、切塊後以果汁機攪打約 10 秒；杏、棗及無花果三種乾果含水率低，全部當作固形物，三者以 1：1：1 秤重與蘋果汁混合並攪打成泥狀；砂糖加水調至飽和糖水。綜合發酵液製作過程如圖二。綜合發酵液為混合新鮮水果及部分乾果，用果實本身富含的微生物（主要為酵母及乳酸菌）及酵素活性，再用果汁及糖水提供的營養源，固定溫度下經長時間培養發酵完成的汁液。這階段新鮮水果以水蜜桃為主，其表皮附著的微生物，添加部份乾果類增加微生物種類及菌數，而市售蘋果

汁內含微生物可利用的糖類及一些微量礦物質，可提供微生物生長所需之營養源。先將水蜜桃泥、乾果混合蘋果汁的泥狀物放入保鮮盒容器均勻混合，加入飽和糖水調整糖度至22°Brix，蓋上鑽孔之蓋子，將完成之綜合汁液放入發酵箱中，發酵箱溫度設定為27°C、水溫50°C，相對濕度92%。放入發酵

箱開始培養當作第0天，每隔1h觀察糖度變化情況至穩定為止；12h後測乳酸菌、酵母菌菌數；並分析糖度、pH、TTA；再測量糖類、有機酸及酒精之含量；接下來每隔數小時測量糖度、pH、TTA之變化情形，從糖度、pH及TTA之變化判斷發酵是否接近完成。



圖一 水蜜桃 10°C 袋裝冷藏法製作天然酵母之架構



1. 刷子稍微清洗



2. RO 水洗淨後



3. 切塊



4. 攪打成泥



5. 蘋果汁及乾果



6. 綜合發酵液製備完成

圖二 水蜜桃綜合發酵液製作過程

製作全麥液種

分別使用兩種不同廠牌之全麥高筋麵粉來製作水蜜桃液種。一種是市售全麥高筋麵粉，產地為加拿大，成品包裝即為粉狀，外觀顏色較白且接近膚色，自行過篩 100mesh 備用，稱為「市售」全麥粉；另一種「自製」全麥粉，即為完整之小麥種子，產地澳洲，成品包裝為整粒小麥種子，形狀大小似

米粒、顏色褐黃，自行用磨粉機攪打約 50 秒，先以 100mesh 過篩，殘留部份麩皮及較大顆粒粉末以 60mesh 過篩，過篩完成的「自製」全麥粉顆粒較「市售」全麥粉略為粗且褐黃，分別將上述過篩完成之全麥粉裝入樣品瓶備用。兩種全麥粉因為產地不同，其蛋白質含量有些微差異。「市售」及全麥液種製作過程如圖三。綜合發酵液添加兩次全麥



1. 「市售」全麥粉



2. 小麥種子磨成粉



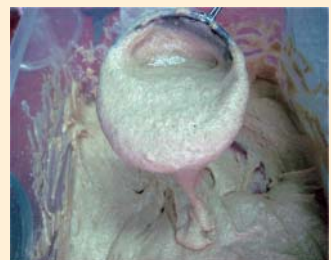
3. 「自製」全麥粉



4. 過篩添種



5. 添加一次全麥麵粉



6. 添加二次全麥麵粉

圖三 水蜜桃全麥液種製備過程

粉與水，發酵完成的液態麵糊稱為液種。液種製作分為兩部份，一部份添加「市售」全麥粉稱為「市售」全麥液種，另一部分為「自製」型全麥粉稱為「自製」全麥液種。綜合發酵液完成當天，個別添加「市售」及「自製」兩種全麥粉，攪拌均勻後放入發酵箱中，培養條件與綜合液相同。經過一天發酵後，第二次添粉並繼續發酵一天即完成「市售」全麥液種及「自製」全麥液種。

團狀原種製作

團狀原種製作過程如圖四。「市售」全麥液種及「自製」全麥液種完成後，添加高筋麵粉和水稱為添種作業。液種麵粉添加比例的較高，添種次數一次以上即可形成具可塑性、不具流動性的團狀原種。當「市售」及「自製」全麥液種完成後，個別添加一定比例的高筋麵粉及水，均勻攪拌後，放入發酵箱中，發酵條件與綜合發酵液、液種相同。經過一天發酵後再重複同樣動作，所添加高筋麵粉及含水量視麵糰情況調整，共添種三次完成「市售」及「自製」團狀原種。每次添種、經過一天發酵後，測其乳酸菌、酵母菌及 pH、TTA 之變化、糖類、有機酸

之含量分析。添種三次的團狀原種以少量的高筋麵粉調整麵糰溼度，使麵糰不黏手後，分裝成每等分約 220g 裝入帆布袋中，放置 10°C 冷藏庫中進行低溫發酵。發酵過程中持續噴水保持帆布袋溼潤，經過不同天數冷藏發酵即完成「市售」全麥團狀原種及「自製」全麥團狀原種。「市售」全麥團狀原種經冷藏 0、5、7、9 天與「自製」全麥團狀原種冷藏 0、5、7 天後即完成冷藏後的團狀原種，各取一袋置入 -20°C 冷凍做成冷凍貯藏之團狀原種。

酸麵糰與天然酵母麵包之製作

酸麵糰就是原種添加麵粉、水及其他副材料經過多次發酵形成麵包烘烤前的麵糰。而天然酵母麵包就是酸麵糰在不添加任何商業酵母條件下，經長時間多次發酵烘烤完成的麵包。天然酵母麵包製作可分為甜麵包及吐司兩部份，兩者不同之處只在最後一階段的添加配方及烘烤溫度、時間不同。團狀原種發酵完成後，裝入自製帆布袋中，放置 10°C 冷藏庫中冷藏不同天數，冷藏後團狀原種製作天然酵母麵包。由冷藏庫中取出的團狀原種、經過數階段發酵完成的酸麵糰測其



1. 添加一次高筋麵粉



2. 添加一次高筋麵粉



3. 添加二次高筋麵粉



4. 添加三次高筋麵粉



5. 團狀原種裝袋



6. 團狀原種裝袋後冷藏

圖四 水蜜桃團狀原種製作過程



乳酸菌、酵母。冷藏不同天數的團狀原種，放置-20°C冷凍庫中做成冷凍後團狀原種。

團狀原種經添種作業後可以維持乳酸菌及酵母菌之活性及菌相組成。根據一開始試做結果，團狀原種冷藏3~7天後其乳酸菌及酵母菌活性及麵包比體積各方面為較佳狀態。所以我們用冷藏5天後團狀原種進行添種作業並製作天然酵母麵包，以了解添種次數對團狀原種之乳酸菌及酵母菌活性可能之變化。

結果與討論

水蜜桃綜合發酵液

綜合發酵液培養過程中乳酸菌菌量變化與pH、TTA相同，pH與TTA同時於32~86h間下降及上升，乳酸菌與酵母菌菌數則在72h有最大量9.14、8.00 log CFU/ml，雖未測量32~86h菌數，但可由乳酸菌表現的酸化特性，產生乳酸與醋酸，造成pH、TTA改變得知菌的生長狀況。綜合發酵液的TTA與乳酸含量的相關性達0.96，推測以水蜜桃為主所製備的綜合發酵液，乳酸菌菌種以同質乳酸菌為優勢產生乳酸導致TTA改變。

發酵液的變化與pH、TTA、糖度、酵母菌和乳酸菌菌數變化以及觀察到的產氣、酒味產生息息相關；但pH、TTA與糖度的測定為立即可知數據，酒精含量則須約3~4小時左右，但平板計數需要三天才可得知菌數生長狀況，其他糖類、有機酸也需要一天以上的時間，才知分析結果。時間上微生物的生長並不允許平板計數與其他分析結果揭曉才決定是否發酵完成，因此藉由pH、TTA與糖度可以快速了解發酵狀況，並配合酒精測定來確定酵母對糖類的利用，再加上觀察綜合發酵液產泡情形，為一簡單迅速判斷發酵完成的方法。

液種與團狀原種製作

使用不同的全麥麵粉製作液種與團狀原種會造成乳酸菌量與微生物菌相不同，因此

連帶使pH、TTA、有機酸及糖含量有所差異。本次以「自製」全麥麵粉製作的團狀原種其酸化能力較好（TTA與有機酸含量較高）；「市售」全麥麵粉製作的團狀原種在冷藏過程中穩定性較高。製作「市售」與「自製」全麥液種時，乳酸菌與酵母菌菌數皆下降，可能為養分不足以維持兩菌的生存；製作團狀原種時，經過第三次添種後，乳酸菌已超越酵母菌數（比例為100:1）。冷藏不同天數（0、5、7、9天）基本上對酵母菌與乳酸菌數影響不大。雖然冷藏過程中，酵母菌與乳酸菌菌量大致維持不變，但可從TTA的變化知道乳酸菌受冷藏影響，在過程中乳酸菌可能處於不同的階段，以及菌相可能改變，使TTA在經過不同冷藏天數後有升高或下降的現象。

一開始的試做結果發現在自製帆布袋中放入較多麵糰量（9分滿），其麵糰經冷藏發酵數天後，有充滿氣體使得袋子有堅硬充氣的飽實感；實際製作時，麵糰分裝量比較少（7分滿），從外觀上雖可見到袋子有膨脹跡象，但卻不達飽和硬實程度。兩者做成麵包的發酵力皆良好。因此可知傳統上使用麻繩網綁已裝有麵糰的帆布，是為了縮小空間，可以較容易看到麵糰的發酵變化；基本上，袋裝冷藏的麵糰不會因為袋子還有多餘的空間而失去判斷麵團發酵狀況的時機。

不同冷藏天數的團狀原種製作天然酵母麵包

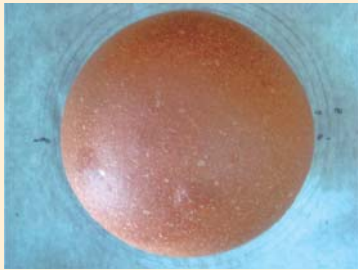
雖可藉由菌數測定知道不同冷藏的團狀原種酵母菌菌數，但實際製成麵包產品的過程中又有許多因子影響成品，因此必須實際以做出烘焙產品才能了解菌數是否與產品相關。麵包若膨脹過度會使內部組織多孔而過分鬆散；膨脹不足則會使組織緊密、顆粒粗糙。根據徐等（1997）的敘述，比體積是單位重量的體積，標準白麵包的比體積應為6；最低不可低於4.5。依麵包之比體積體積評分，比體積5.6~6.0麵包評為10分滿分，而比體積為4.0~4.5評為8.5分。



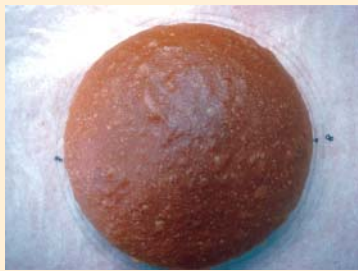
1. 冷藏 0 天「市售」全麥樣品



2. 冷藏 0 天「自製」全麥樣品



3. 冷藏 5 天「市售」全麥樣品



4. 冷藏 5 天「自製」全麥樣品

圖五 比較不同冷藏天數之「市售」全麥與「自製」全麥液種至團狀原種製作甜麵包成品

圖五為不同冷藏天數的「市售」全麥與「自製」全麥團狀原種製作成甜麵包後的比體積。兩種不同材料製成的團狀原種在甜麵包表現上不同，使用「自製」全麥團狀原種製作甜麵包可在較短的冷藏天數（<5 天）有高比體積；取冷藏 0~5 天的團狀原種製作

甜麵包則可達到分數 10.0 的麵包。相對的，「市售」全麥團狀原種則可在冷藏溫度下保持較久（7 天），其麵包膨發力還是一樣很好，實際應用上「市售」全麥團狀原種可以分批使用。

一般麵包製作主要使用烘焙酵母菌 *Saccharomyces cerevisiae*，而發酵溫度約為 28°C 左右，此溫度下烘焙酵母菌發酵作用非常快速，可使麵糰在短時間內膨脹因此必須馬上烘烤，否則麵包質地與口感會變差。由於麵包中此種酵母菌生長比乳酸菌快速太多，使得即使有乳酸菌的存在下，卻沒有足夠時間（12~24h）作用產生有機酸與其他風味物質。低溫冷藏後可以發現，因為有較長的發酵時間，且所含酵母菌與一般商業酵母不同，使得酵母菌與乳酸菌大都有維持平衡不變的趨勢，菌相在冷藏過程中有所轉移，因此使烘焙出來的麵包產品比體積雖然不同但都可達標準；同時冷藏後的麵糰遠較一般正常麵糰酸，此也代表乳酸菌有足夠時間產生許多風味物質。因此傳統上將麵糰放置在 10°C 環境下讓麵糰緩慢發酵，主要原因為使得乳酸菌有充分時間作用，而酵母菌種的菌相改變有利於改善麵包的比體積。

綜合發酵液與液種之冷凍（-20°C）貯存

綜合發酵液的乳酸菌（72h）可能需要比酵母菌（48h）較長的解凍時間恢復活性；隨著冷凍時間越長對酵母菌與乳酸菌造成的傷害越大。但冷凍三個月添加砂糖組的酵母菌與乳酸菌菌數有增加現象，可能在較長的解凍時間以及營養源的添加的條件下，使兩種菌逐漸活化使菌量增加；由於此部分數據不夠，所以添加糖的效用還無法下定論。液種的部分為：「自製」全麥液種雖可於前兩個月的冷凍貯藏時間有較高的存活率，但冷凍第三個月的「市售」全麥液種其乳酸菌與酵母菌經過添種後，活性比「自製」全麥液種好，特別是乳酸菌。「自製」全麥液種雖可於短貯藏時間下有較高的生存，但「市售」全麥液種可耐較長時間的冷凍貯存而菌仍保



有活性。使用冷凍方式保存綜合發酵液和液種的微生物效果並不佳，乳酸菌與酵母菌菌數存活低，但藉由添加營養成分可提升兩菌種的活性。

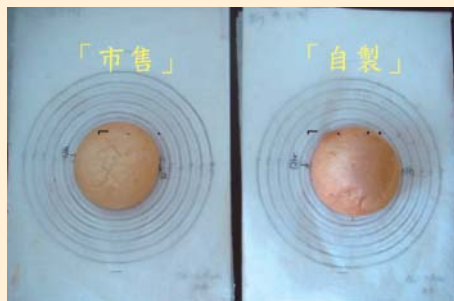
團狀原種冷凍貯存後製作天然酵母麵包

(1) 冷藏不同天數的樣品經冷凍貯藏後所製成的甜麵包，會隨冷藏天數增加(0、5、7、9天)其比體積越高，與未冷凍時的狀況一樣，都隨冷藏天數增加麵包發酵能力越好。經過低溫冷藏後的團狀原種，不僅對冷凍前的麵包製作有正面效應，更對冷凍後的樣品影響重大，使得冷藏天數增加，耐凍力越好。(2) 不論團狀原種經過冷藏5天還是7天，都在冷凍四個月後對甜麵包的比體積影響比前冷凍一~三月大，可能菌相的耐凍能力以四個月為界線。(3) 藉由添種的方式可以提升酸麵糰的發酵能力。(4) 「市售」全麥團狀原種冷凍前經冷藏發酵後對乳酸菌有正面的影響，可耐較長的冷凍貯藏；而「自製」全麥團狀原種卻剛好相反，冷藏發酵後再冷凍對乳酸菌有負面影響，在冷凍二個月後有隨著冷藏天數增加而比體積下降的現象，可耐冷凍的期限較短。若需求量較大、不易囤積團狀原種的情況下，可採用「自製」全麥樣品製作甜麵包，製作的麵包發酵力比「市售」樣品更佳；但若以長期貯存為需求，則可以「市售」全麥樣品為大。

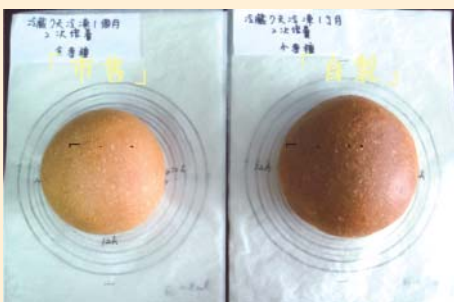
解凍後的「市售」全麥團狀原種與「自製」團狀原種，菌數變化上差異不大；但分別製成酸麵糰後，卻有差異明顯。兩種不同材料所附著的菌種差異性不但可由 TTA 與 pH 觀察，更可由麵包與吐司察覺。整體來說，若要長時間冷凍貯存，「市售」樣品的菌種似乎耐凍性較自製佳；「自製」樣品冷凍前不適合經過發酵，會使其可以保存的期限縮短；「市售」樣品卻與其相反，冷藏反倒有助於菌種在冷凍後的生存。

圖六為冷凍後團狀原種製作成天然酵母麵包產品的變化。(1) 為冷凍一個月的冷藏0天「市售」與「自製」全麥甜麵包使用三

階段方式發酵 12h，發酵狀況相當差。但「自製」樣品的甜麵包仍略比「市售」樣品大。(2) 冷凍二個月的冷藏7天「市售」與「自製」甜麵包發酵情形，採用5階段方式，發酵狀況都不錯，「自製」樣品的甜麵包仍比「市售」樣品大。(3) 同樣為冷凍二個月冷藏7天「市售」與「自製」吐司發酵情形，採用5階段方式，發酵狀況都不錯，「市售」樣品的吐司比「自製」樣品大。(4) 為「市售」全麥的冷凍一個月，冷藏7天與冷藏9天的甜麵包。(5) 為冷凍兩個月後冷藏0、5、7天團狀原種製成的甜麵包的剖面圖，上排為「市售」全麥樣品，下排為「自製」全麥樣品。兩者在冷藏0天的甜麵包都有發酵力差，造成上部大空洞現象。



1. 冷凍1月-冷藏0天



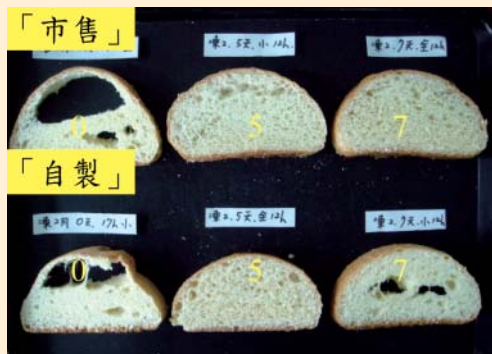
2. 冷凍1月-冷藏7天



3. 冷凍1月-冷藏7天



4. 冷凍 1 月-冷藏 7、9 天



5. 冷凍 2 月-冷藏 0、5、7 天

袋裝冷藏之團狀原種進行添種作業對麵包製作的影響

使用「市售」與「自製」全麥兩種不同材料製備的團狀原種，經連續添種後菌數與 pH、TTA 沒有太大差異；酵母菌與乳酸菌大約維持 100:1 的比例，且兩者有同步變化的趨勢：當酵母菌菌數變低時，乳酸菌菌數也跟著變低，推測兩菌種處於穩定共存狀態。一般研究中提到乳酸菌與酵母菌大多以穩定菌相共生。「市售」與「自製」全麥團狀原種都有隨著添種次數增加，酵母菌與乳酸菌都有隨添種次數增加而漸漸下降的現象。TTA 在前五次較高，第六次添種以後 TTA 明顯下降，添種的效果似乎只能維持五次。推測主要為營養源不足導致這種現象，因此除了添種以外，可以添加其他額外的糖類來補充不足的碳源，使酵母菌更能維持穩定；此由 24 與 25 次使用全麥麵粉添種後，酵母菌與乳酸菌菌數升高，以及 TTA 增加可以證實。

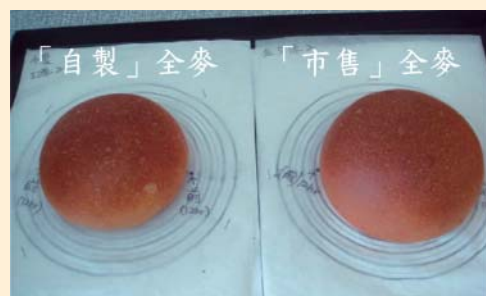
兩種酸麵糰的菌數、pH 與 TTA 變化都與其團狀原種有相同變化，團狀原種菌的狀況會影響製作成酸麵糰及麵包的變化，可由團狀原

種推測酸麵糰與麵包的發酵情形。第 24、25 次添種採用全麥麵粉，比體積皆有回升的現象，代表酵母菌需要更多的營養源來維持，而不是僅僅使用高筋麵粉與水就足夠了。

圖七為不同添種次數團狀原種製成甜麵包與吐司的變化，(1) 為調整吐司的重量的情形，由左至右重量分別為 300、320、360、400g，圖七可以明顯看出，360 與 400g 發酵力相同。(2) 為添種 2 次之「市售」與「自製」樣品製成的甜麵包。「市售」全麥樣品的甜麵包比「自製」樣品大。(3) 為添種 5 次之「市售」與「自製」樣品製成的吐司。「市售」全麥樣品的吐司比「自製」全麥樣品明顯大。(4) 為添種 17 次之市售與自製樣品製成的甜麵包。「市售」全麥樣品的甜麵包形狀比「自製」樣品挺，「自製」樣品製作的甜麵包外型較扁塌。(5) 為添種 17 與 21 次之甜麵包剖面圖；上排為「自製」樣品製成的甜麵包，下排為「市售」樣品製成的甜麵包，左邊都為添種 17 次、右邊都為添種 21 次。(6) 為添種 1~13 次「市售」與「自製」全麥樣品製成的甜麵包的剖面圖。



1. 不同重量之吐司發酵情況



2. 添種 2 次後之甜麵包



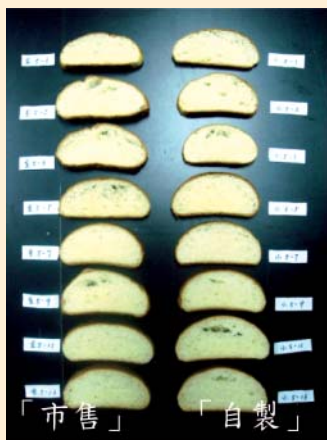
3. 添種 5 次後之吐司



4. 添種 17 次後之甜麵包



5. 添種 17 與 21 次後之甜麵包



6. 添種 1~13 次麵包

圖七 不同添種次數之團狀原種製成甜麵包

總結

此次以水蜜桃做為主要微生物來源，用袋裝冷藏法（10°C/可塑性麵糰）培養天然酵母於麵團中。天然酵母麵包的微生物來源主要為水果與穀物，結果顯示，水蜜桃培養的綜合發酵液所製作出的麵包口味較酸，表示乳酸菌生長好。根據比體積的大小比較，袋裝冷藏方式培養的天然酵母製作出來的麵包品質與發酵穩定性好，可連續添種達 25 次以上，適合應用於烘焙麵包店的製備。

團狀原種經適當天數的袋裝冷藏（10°C）與冷凍（-20°C）後，可以改變微生物的菌相，篩選出對烘焙體積及風味具貢獻性的菌種，即存活的酵母菌菌種具有較好的發酵能力，乳酸菌有適當的產酸性。經過冷凍乾燥的液種，其酵母菌與乳酸菌的存活率明顯的較直接冷凍的液種與綜合發酵液好，因此未來可以發展成以冷凍乾燥液種的方式，保存階段性已培養好的天然酵母與乳酸菌，縮短整個繁複的製程。

天然酵母麵包具備獨特的酸味，適當的酸甜對比造就出與一般市售麵包完全不同的風味。整個製程中的長時間發酵往往令人垢病，但這也是醞釀天然酵母麵包獨特風味最關鍵之所在。由於一般市售麵包使用烘焙酵母（*Saccharomyces cerevisiae*）在 28°C 下製作，使得酵母菌生長相當快速，麵糰在短時間內發酵完成，必須立即烘烤。此種麵糰即使含有乳酸菌，也因酵母菌迅速的發酵，使乳酸菌沒有足夠的時間作用產生風味物質與有機酸類。相較之下，使用天然酵母與豐富乳酸菌製作的天然酵母麵包，由於其酵母菌需要較長時間之發酵，恰好也提供了乳酸菌充分的時間進行生長與代謝，以產生有機酸和風味物質，使得天然酵母麵包具備獨特的酸甜口味與風味。

擠壓技術簡介及其應用

彭錦樵

國立中興大學生物產業機電工程學系 教授

本文作者自 1988 年赴美國密蘇里大學專攻食品擠壓技術，取得博士學位返校繼續任教至今，一直從事擠壓技術之相關研究，從未間斷。今受本校食品暨應用生物科技學系賴麗旭教授邀請撰稿，謹簡單介紹擠壓技術，且就二十餘年來之研究心得與讀者分享，並請不吝賜教！

一、何謂擠壓技術

所謂擠壓技術 (Extrusion Technology) 乃指物料經由外力推擠流動，使其於前進輸送過程中，受到混合、剪切、揉捏、加熱等作用而成一糊化或塑化之物質，通過模孔而形成或膨發之高溫短時間 (HTST) 加工技術。故擠壓主要是指塑膠或柔軟物料通過模孔所造成之連續成形作用，它係結合了數個食品單元操作的功能於一體，是一種既快速

又經濟的連續性加工技術 (Rossen and Miller, 1973 ; Harper, 1981 ; Riaz, 2000) 。

二、擠壓技術之演進

擠壓技術源於西方國家，最早被應用在冶金工業，後來又逐漸廣泛應用於化工業與食品業界，如表 1 所示 (彭，1992) 。

三、擠壓機簡介

完成擠壓程序之機械稱為擠壓機 (Extruder)。擠壓機可簡單區分為單軸擠壓機 (分為生麵糰擠壓機、高壓成型擠壓機、低剪力蒸煮擠壓機、夾頭式擠壓機、高剪力蒸煮擠壓機等五種) 與雙軸擠壓機 (同向或反向兩種)。典型之單軸擠壓機其基本構造如圖 1 所示 (Harper, 1981)，簡述各部組成如後。

表 1 擠壓技術之演進史 (彭，1992 ; Riaz, 2000)

西元	重要事紀	應用範圍
1797	活塞式擠壓原理的出現	冶金工業(英國)
1869	簡易雙軸擠壓機的出現	製作香腸(英國)
1873	單軸擠壓機的出現	橡膠工業(德國)
1930	最早應用單軸擠壓機於食品工業界	物料混合、通心粉和即食食品(RTE)的加工
1940	擠壓機廣泛被食品工業界利用	膨發性休閒點心食品與即食早餐食品
1950	飼料製造業引進擠壓技術	生產乾膨發性的寵物飼料
1960	各種穀類加入脫脂黃豆作為擠壓原料	組織化植物蛋白質之加工
1970	雙軸擠壓機問世	多樣化食品之開發
1990	雙軸比單軸擠壓機性能更優異且廣泛被應用	廣泛的應用於食品業、塑膠業及飼料業之加工

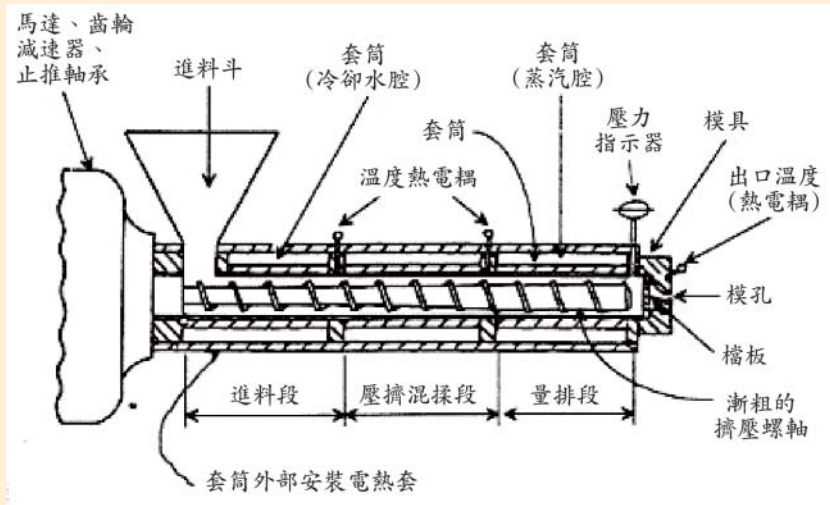


圖 1 單軸擠壓機之基本構造 (Harper,1981)

1. 擠壓驅動部 (Extrusion drive)

此部份由底座、驅動馬達、變速器、減速機構、止推軸承所組成。主要之功能為：提供擠壓機運轉時所需之動力。

2. 進料部 (Feed assembly)

此部份由預調理室、原料攪拌器、進料漏斗、進料螺軸所組成。主要之功能為：將原料混合預調質並使其穩定持續進入機器之擠壓螺軸部。

3. 擠壓螺軸 (Extrusion screw)

擠壓螺軸可分為三段：進料段、擠壓段、物料排出段。主要的功能為：將在擠壓機內的物料予以混合、剪切、揉捏及擠壓排出。它為擠壓機的核心部份，可依據不同產品的需求，選擇合適的螺軸。

4. 擠壓套筒 (Extruder barrel)

此部份是由分段組合式的套筒、中空套筒腔、套筒內壁襯紋、加熱器所組成。主要的功用為：將擠壓螺軸緊密包覆，具有控溫（加熱、保溫、冷卻、摩擦等功能）。

5. 物料成型部 (Extruder discharge)

此部分由模版孔、模孔、切刀所組成。主要的功用為：將套筒內加工完成的物料，由模孔擠出，成為產品的最終形狀。

四、擠壓技術之優點

Harper (1981) 指出，擠壓技術具有下列優點：

1. 多元化產品 (Versatility)

選用不同之原料配方，便可製造出各式各樣之擠壓產品，故擠壓技術常被認定為一種藝術。

2. 降低生產成本 (Low cost)

使用擠壓設備來從事生產工作，其相同產量所使用的廠房空間及勞動力，比其它蒸煮或成形系統低，因此成本較低。

3. 提高生產效率 (High productivity)

擠壓機的連續式生產比起其它任何蒸煮系統或成形系統的批次生產，具更高的效率。

4. 產品形狀變化多 (Product shapes)

擠壓機藉由多變之模孔設計，可以生產形狀多變的產品。

5. 提昇產品品質 (High quality product)

擠壓技術為一高溫短時間的加工製程，可減低食品營養成份受熱破壞之程度，且可破壞食品中不必要成分如：脂肪分解酵素 (*Lipases*)、脂肪氧化酵素 (*Lipoxidases*)、血球蛋白 (*Hemagglutinins*) 等，進而提昇產品品質。

6. 能源利用效率高 (Energy efficient)

擠壓加工之原料含水率較低，因此蒸煮原料或乾燥產品時所需之能量會較少，故可以等量的能源生產更多的產品。

7. 容易開發新產品 (Production of new foods)

擠壓技術可以修飾植物蛋白質、澱粉及其它食品原料，以製出各種新產品。

8. 無廢棄物 (No effluents)

擠壓加工過程可達無廢棄物之要求，避免環境污染。

五、擠壓技術之應用範圍

擠壓食品在西方社會幾乎已是每日不可或缺的食物來源，在東方社會之飲食習慣，亦有與日俱增之趨勢。Mercier et al. (1989) 指出，擠壓技術之應用範圍如下：

1. 即食早餐食品 (RTE, Ready to Eat Breakfast Cereals)
2. 休閒食品 (Snacks)
3. 寵物飼料 (Pet Foods)
4. 人造肉 (TVP, Texturized Vegetable Protein)
5. 通心麵、餅乾等 (Macaroni, Confectionery)
6. 生物可分解塑膠原料粒或緩衝材料 (Degradable Pellets or Cushioning Loose-fill Extrudates)
7. 其他 (Others)

六、興大生機系應用擠壓技術之研究成果

(一) 生物可分解材料之研發

1. 緩衝材料之研發

本實驗室利用國產之單軸擠壓機 (圖2)，改變擠壓機之操作條件及原料 (聚乙烯醇，PVA) 中添加玉米澱粉之含量，開發生物可分解之包裝緩衝材料 (圖3)。利用反應曲面

法 (Response surface methodology, RSM) 進行分析並探討主原料聚乙烯醇 (PVA) 與膨發劑 (碳酸鈣、氫氧化鈣、尿素及二氧化矽等) 對於生物可分解擠壓緩衝產品之裝運假密度、徑向膨發率、彈性指數及壓縮性四項反應性狀之影響。生物可分解擠壓緩衝產品之各項反應性狀係利用一可旋轉中心組合因子設計 (Central composite design, CCD) 來建立其迴歸模式。同時，依據上述四項反應性狀統計出最適化之原料配方。

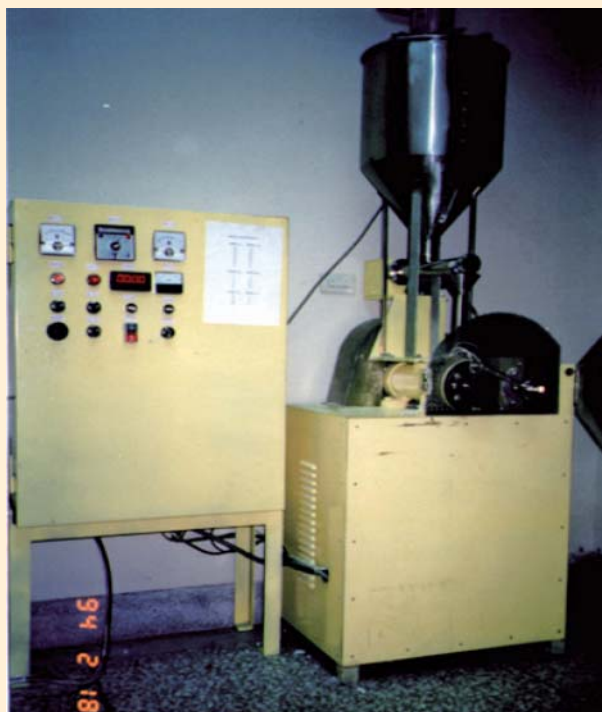


圖2 國產之單軸擠壓機



圖3 本實驗室所研發之擠壓緩衝產品

研究成果顯示（雷，1997；李，1998；蕭，1998；莊，2000；魏，2002；雷，2005）：

- (1) 產品之徑向膨發率隨 PVA 添加而下降；隨膨發劑添加比例之增加而呈現先升後降之趨勢。添加膨發劑可使產品內部氣孔數量增加，孔室結構變得細緻均勻，並可有效降低壓擠產品之壓縮性，減少擠壓產品遇衝擊後遭受破壞之程度，並同時降低其產生碎屑所產生污染之可能性。
- (2) 本實驗產品之彈性指數在 0.88 至 0.92 之間，已相當接近市售保麗龍產品之彈性指數 0.90~0.96。
- (3) 施力程度對產品每週期吸收能量及總吸收能量都有顯著影響。荷重速率對產品每週期吸收能量沒有顯著影響，但對產品總吸收能量卻有顯著影響。

本實驗室所開發出的擠壓緩衝產品，已達商品化之價值。若適當地添加各種膨發劑，可使產品的彈性指數提高，壓縮性下降，提高產品之緩衝性能。已有業界洽詢此成果技術移轉之可行性，本實驗室希望能將此研究成果儘快技術移轉給產業界，以積極

協助解決保麗龍污染環境之嚴重問題。

2. 塑膠原料粒之研發

單螺桿押出成型機（圖 4）已是塑膠加工中常見且重要的基本設備之一。在單螺桿押出機主要功用上，是將固體膠料以及添加劑進行固體輸送、溶化、混煉，溶膠膠體輸送，並且在螺桿末端增壓以便迫使膠料擠入模頭進而形成出特定形狀之擠壓產品。本實驗室累積多年於生物可分解材料之研發經驗，方能開發出生物可分解塑膠原料粒。本項研究係利用反應曲面法之實驗設計，探討不同添加比例之塑化劑【甘油 (Glycerol)、檸檬酸三乙酯 (TEC)、甲基乙烯丙烯酸 (EAA) 等】，配合擠壓加工之技術，開發生物可分解塑膠原料粒（圖 5），並對此塑膠粒進行各項性質之分析測定。各項性質包括化學性質、機械性質、熱特性、樣品表面結構等。將分析結果之水溶性指標、吸水性指標及最大荷重三項反應性狀利用中心組合因子設計 (Central composite design, CCD)，建立其迴歸模式，並尋找出最適產品特性之最適擠壓加工作業條件，並將此最適擠壓加工作業條件之產品進行生物分解性測定。



圖 4 單螺桿押出成型機



圖 5 本實驗室所開發之生物可分解塑膠原料粒



圖 6 國產單軸食品擠壓機



圖 7 本實驗室生產之乖乖

研究成果顯示（陳，2006；李，2007；鄭，2008；洪，2009）：

- (1) 產品最大荷重對於塑化劑添加量過多或過少，均會使產品最大荷重下降。當塑化劑遞減時，產品最大荷重則有慢慢上升之趨勢，代表產品最大荷重會隨塑化劑遞減而上升。添加適量的塑化劑於原料中，能改變產品最大荷重值。
- (2) 產品水溶性指標會隨著塑化劑的添加比例增加而增加，且塑化劑的添加量對於產品的水溶性指標具有一定的影響。
- (3) 產品吸水性指標亦會隨著塑化劑的添加，有先平緩後快速上升之趨勢，亦即添加越多塑化劑於原料中，將使產品吸水性指標提升。

本實驗室所開發出的塑膠原料粒，均經過國家標準 CNS14432 之生物可分解塑膠之測試標準進行產品分解度測試，於第 45 天時其生物分解度已達 70% 以上，已符合政府法規之標準，亦即本實驗室所開發出的塑膠原料粒已具有生物可分解之特

性。本實驗室亦希望能將此研究成果儘快技術移轉給產業界，積極的推廣，以協助解決垃圾減量之問題。

(二) 食品（保健食品）之開發

1. 擠壓休閒食品之開發

為了因應我國加入 WTO，穀類及雜糧加工產品趨向以高品質、高經濟效益及精緻化為導向來突破困境。利用擠壓技術來進行加工，既可達到上述之效益，又可增加穀類加工產品之多樣性。本實驗室利用國產單軸食品擠壓機（圖 6），藉由全脂大豆、胡蘿蔔、綠茶粉及蕎麥粉之添加開發膨發米食休閒食品（圖 7）。擠壓實驗之操作參數包括螺軸轉速、模具溫度以及全脂大豆、胡蘿蔔、綠茶粉及蕎麥粉添加於米穀粉及玉米粉之比例；實驗之目的在於探討操作參數對產品之物理特性（膨發特性、色度值等）及化學特性（糊化程度指標、水溶性指標與吸水性指標等）之影響，並利用反應曲面法找出擠壓機之最適操作條件。



實驗結果顯示（涂，1994；陳，1995；潘，1997；宋，2000；張，2001）：

- (1) 提高螺軸轉速會使產品之徑向膨發率、糊化程度指標、水溶性指標以及吸水性指標呈現先上升後下降之趨勢；而產品之縱向膨發以及亮度值會因而增加。
- (2) 提高模具溫度對於產品之徑向膨發率有負面之影響；而產品之縱向膨發、糊化程度以及亮度值會增加；產品之水溶性指標會呈現先下降後上升之趨勢；產品之吸水性指標以及色相值則會有先上升後下降之趨勢。
- (3) 提高全脂大豆、胡蘿蔔、綠茶粉及蕎麥粉等之添加比例對於產品之徑向膨發率、糊化程度指標、水溶性指標、吸水性指標、亮度值以及色相值有負面之影響。
- (4) 藉由反應曲面法評估擠壓機之最適操作範圍，並經實驗之驗證，證明在各個最適操作範圍內各反應性狀迴歸模式之預估值與產品實際量測值並無統計上之差異，故可確認迴歸模式之適當性。亦即，由各實驗尋找之擠壓機最適操作條件下生產之休閒食品，可獲得最高品質。

目前本實驗室擠壓技術應用於休閒食品之研發，已開發出白米乖乖、全脂大豆乖乖、胡蘿蔔乖乖、綠茶乖乖及蕎麥乖乖等休閒食品。

2. 休閒保健食品之開發

近年來由於食品加工技術、食品生物技術與醫學營養保健之研究快速進步，越來越多食品成分對人體健康之功效逐漸被發現而運用。現代人大多無法從日常飲食中攝取到足夠的營養素，人們為了維持健康，開始設計具有保健功效的特定食品，吸引消費者的注意，因此，保健食品產業亦隨之應運而起，市場不斷擴大並且提升產品之附加價值，迄今保健食品蓬勃發展，產值年年上升。目前，眾多的研究致

力於尋求具有抗氧化性且安全無毒害之天然物以降低生物體內之氧化性傷害，許多食藥用作物，例如：薏仁、番茄、芝麻、山藥、洛神花以及菇類等均被廣泛的研究，且亦可當作抗氧化物來源。因為上列原料都具有許多抗氧化成分（如茄紅素、類胡蘿蔔素及多醣類化合物等）。如能將具有保健功效的農產品原料（諸如薏仁、番茄、芝麻、山藥、洛神花以及菇類等）進行擠壓加工，除了可開發多元化之產品外，尚可提高該農產品的附加利用價值。

近年來，本實驗室致力於添加不同比例之具有保健功效的農產品於玉米粉中，利用擠壓技術加工製造膨發性休閒保健食品。首先，利用反應曲面法實驗設計，探討擠壓操作參數（擠壓機螺軸轉速、保健素材之添加比例）對於產品之物理性質（徑向膨發率、縱向膨發、假密度、硬度值）以及化學性質（糊化程度指標、水溶性指標、吸水性指標）之影響，以尋求最佳品質下之最適擠壓加工作業模式。綜合各項物理及化學性質之結果，本實驗室歸納出四項產品反應性質分別為產品徑向膨發率、硬度值、糊化程度指標與水溶性指標，以作為產品最適化評估指標之主要項目。其次，將各種最適化之擠壓產品，進行清除 DPPH 自由基能力、螯合亞鐵離子能力、還原能力與共軛雙烯之測定等各項抗氧化功能評估，並且與 BHA、 α -生育醇與 Vitamin C 等進行對照實驗。再以 IC₅₀ 之判定方法去評估各項保健素材之擠壓產品，與純保健素材、純玉米乖乖等之各項抗氧化功能，俾作為未來商品化之依據。

實驗結果顯示：添加保健素材之擠壓產品其各項抗氧化能力顯著高於純玉米粉擠壓產品，但低於純保健素材。目前已開發出薏仁乖乖（楊，2004）、番茄乖乖（黃，2005）、芝麻乖乖（黃，2006）、香菇乖乖（李，2008）及山藥乖乖（邱，2008）等休閒保健食品（圖 8）。現正進行南瓜乖乖之研究，未來擬按衛生署健康

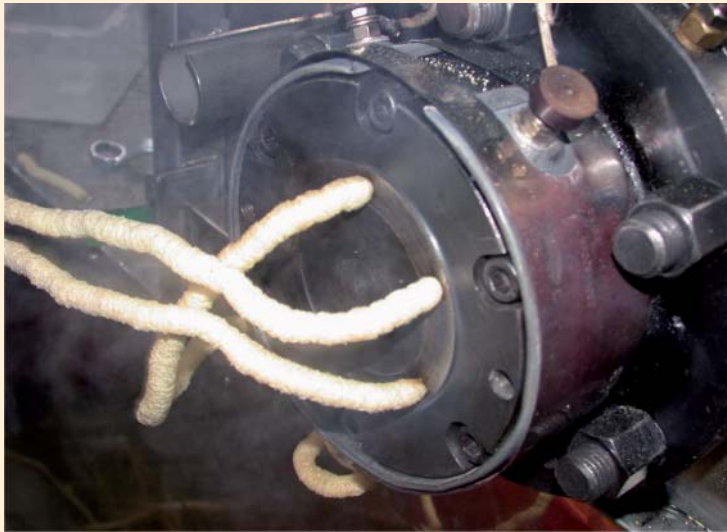


圖 8 山藥乖乖之生產情形

食品管理辦法中之「健康食品功能性評估」方法，針對山藥乖乖與南瓜乖乖進行「健康食品功能性評估」相關實驗，期望能瞭解添加保健素材之乖乖是否具有健康食品中宣稱之指標性功能。

(三) 工程特性之研究

影響擠壓產品品質之最重要因素有二，其一為擠壓機之操作條件，其二為物料在擠壓機內之流變學特性 (Rheological properties)。物料在擠壓機內之滯留時間分佈 (Residence time distribution, RTD) 一方面受到各項操作條件的影響，另一方面亦能反應出物料之流變學特性。因之，徹底瞭解擠壓機內物料之滯留時間分佈情形是擠壓操作中一項非常重要的工程特性指標 (Fellows, 1988)。影響物料在擠壓機內滯留時間分佈之因素有許多，諸如：原料配方、原料含水率、進料速率、螺軸轉速、螺紋組態、套筒溫度以及模口設計等。因為擠壓機種類及構造不同，各種因素影響滯留時間分佈之差異程度亦不一樣 (Harper, 1981; Mercier et al., 1989; Peng, 1991)。對於滯留時間分佈之研究，須逐項分析如平均滯留時間 (\bar{t})、滯留時間分佈變域 (σ^2)、滯留時間分佈曲線 (E-curve)，以及物料在擠壓機內之流動模

式 (F-curve) 等。Bounie (1988) 指出以模式來模擬擠壓機內滯留時間的分佈情況，有助於瞭解反應器內流體流動行為，對於生產擠壓食品及擠壓機的設計很有助益。

本實驗室近年來針對擠壓機之滯留時間分佈及其模式推導 (圖 9、圖 10)，配合分析擠壓產品的基本理化特性 (含水率、假密度、膨發度、色度值、水溶性指標及吸水性指標等)，已獲如下結論 (Peng, 1991; 陳, 1995; 陳, 1996; 李, 1996; 王, 1997)：

- (1) 滯留時間分佈模式的推導，本實驗室發展出修飾 Tanks-in-Series 以及 Wolf-White 模式，為最接近物料在擠壓機內之滯留時間分佈模式。此種創新之模式推導方法，可應用於任何擠壓機內滯留時間分佈模式之推導。
- (2) 低進料速率或低螺軸轉速，均會降低螺軸與套筒間之填充度，導致平均滯留時間加長。
- (3) 不同之螺紋組態會影響物料在擠壓機內滯留時間之分佈。
- (4) 一般 40~60 mesh 的原料多使用於雙軸擠壓機，但本實驗室利用單軸擠壓機加工後之產品橫向膨發度、總色差值、水溶性指標及吸水性指標均較



14~20 mesh 或 20~40 mesh 之原料來得高，顯示 40~60 mesh 之物料於單軸擠壓機中可以擠壓且熱加工程度良好。

另外，本實驗室亦探討模孔形狀、進料速率、螺軸轉速對擠壓產品特性（寬度膨發率、橫向膨發率、截面積膨發率、縱向膨發、假密度、水溶性指標、吸水性指標、最大破碎力、穿刺力等）及擠壓滯留時間分佈之影響。實驗結果如下（林，1998）：

- (1) 模孔形狀對滯留時間分佈有極顯著的影響，S 形模孔的平均滯留時間最長，滯留時間分佈變域最大，而 I 形模孔的擴散數最好。
- (2) 四種形狀產品的寬度膨發率都有中間較高兩側較低，且左右呈對稱的趨勢，此為模孔中間物料的流速較快所導致。

(3) 平均滯留時間對產品截面積膨發率有顯著的正相關，對縱向膨發有極顯著的負相關，對假密度與產品穿刺力有顯著的負相關。滯留時間分佈變域對截面積膨發率有極顯著的正相關，對假密度有極顯著的負相關，對穿刺力有顯著的負相關。

(4) 進料速率增加會導致產品膨發率增加、縱向膨發、假密度及穿刺力減少。螺軸轉速增加會導致產品膨發率增加、穿刺力減少。

本實驗室針對擠壓機工程特性之相關研究，不但可提供擠壓機操作條件（如原料配方、原料含水率、進料速率、螺軸轉速、螺紋組態、套筒溫度以及模口設計等）對該台擠壓機進行擠壓加工時，物料在擠壓機內之滯留時間分佈的詳細資料，亦可對該台擠壓機操作時，提供正確的操作模式。

謝誌

本篇文稿之內容，承本人實驗室歷年來研究生之辛勤研究，始有豐富之研究成果。文稿之撰寫，承博士班洪福良同學協助整理部分內容，始克完成。謹此一併致上最深之謝忱！



圖 9 物料在擠壓機內之滯留時間分佈實驗



圖 10 以紅色染料測定物料在擠壓機內之滯留時間分佈

包裝食品的熱處理加工與包裝技術

(1) 陳健賢、(2) 賴麗旭

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 (1) 博士後研究員

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 (2) 教授

一、緒言

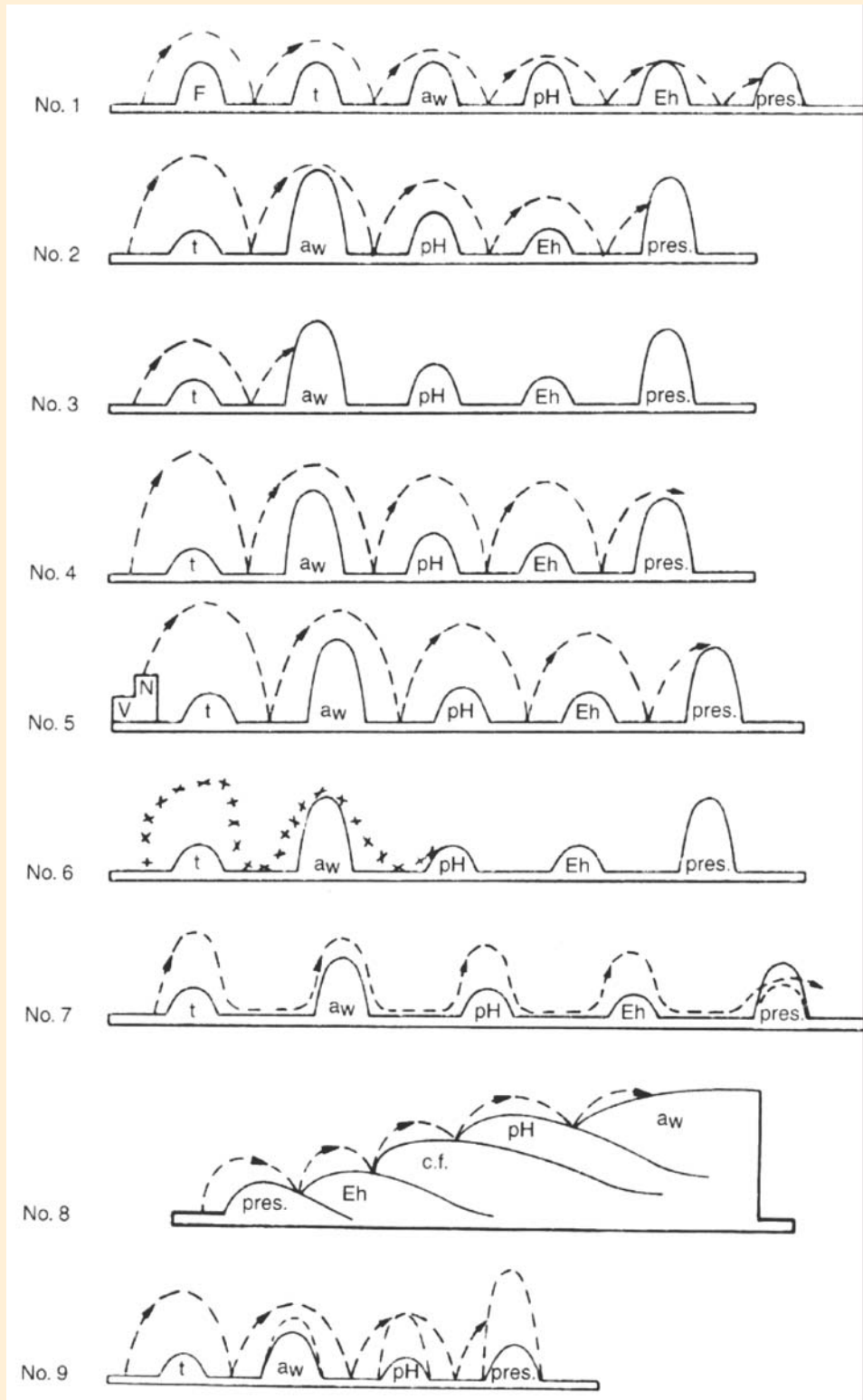
罐頭食品是最常見的熱處理包裝食品，其原理是將食品充填在密封容器內，以高溫施行商業滅菌，並靠著包裝容器阻隔水氣、氧氣或光及避免從環境中再度地受污染，使得食品能夠長期保存及常溫流通（圖一）。罐頭食品的發展使得農、魚、牧、畜產品經加工後能創造更多價值，在常溫下長期儲存及廣泛流通，提供消費者豐富、多樣化及方便性的食品供應。然而，罐頭食品因產品受到長時間高溫滅菌的影響，可能造成產品內容物的質地、外觀顏色、營養等品質因此而降低。

因食品科技的進步、新的包裝材料如殺菌軟袋（Retort Pouch）或塑膠罐頭的研發推出，及殺菌設備的功能更強，使得罐頭食品有更好的品質，種類及樣式更具多元化，更能滿足現代生活型態對食品之需求，包括食品衛生安全、食品營養、美味可口、便利及多樣化。

欄柵技術則是結合不同的食品保存技術，如加熱處理、低溫冷藏或冷凍保存、降低水活性、降低 pH 質或提高酸度、氧化還原電位、添加防腐劑與競爭微生物，形成一道道柵欄防止微生物的生存或生長繁殖（圖二）。因此，在包裝食品的熱處理上能



圖一 一般罐頭食品的加工流程及各式各樣的罐頭食品

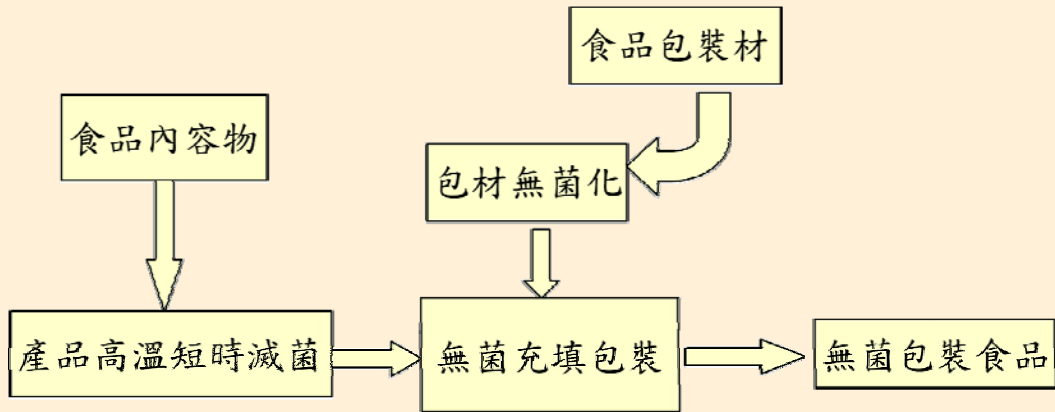


圖二 結合不同食品保存技術的欄柵技術，包括加熱處理 (F)；低溫冷藏或冷凍保存 (t)；降低水活性 (a_w)；酸度 (pH)；氧化還原電位 (Eh)；維生素 (V)；營養 (N)；添加防腐劑 (pres) 與競爭微生物 (c.f.) 等對微生物生存或生長繁殖的影響 (Leistner, & Gould, 2002)

夠配合其他一種或多種的食品保存技術就能減少熱處理的溫度及時間，因而降低熱對內容物品質的影響。

無菌包裝加工（圖三）是將食品內容物及包裝材料分別進行滅菌處理後，在無菌環境中進行充填、封口，因食品內容物加熱滅菌的熱傳較好與時間短，受熱破壞較少，所以能夠有較高的食品感官與營養品質。無菌包裝產品的容量小從數公克的鮮奶精，大到1-2公噸包裝如冬季牛乳產量過剩之常溫貯存，並且包裝材料不必承受熱處理的高溫及高壓加工過程，所以包裝材料的設計及運用

更具彈性及變化。然而，無菌包裝加工設備投資高，食品內容物顆粒過大或固體不易流動則不易進行超高溫短時間滅菌，無菌包裝也不易多樣少量化生產，操作人員技術要求高。因此，本文就非無菌包裝加工的熱處理包裝食品，可能採取的熱處理加工與包裝方式，或以熱處理配合攔柵技術如低溫冷藏，以獲得較高的食品內容物品質與便利性及多樣化，或者是以現有的設備及較少的投資成本，生產可常溫流通，長期保存的產品，或配合低溫保存增加食品內容物品質及保存期限。



(volunteer.blogs.com/winewaves/2006/08/premium_3_liter.html)



圖三 無菌包裝加工流程及其相關產品（如利樂包、盒中袋、線上成形-充填-熱封口塑膠盒包裝產品等）(www.oystar.erca-formseal.com/aseptic.html)



二、加壓高溫熱處理常溫流通食品

對於低酸性的包裝食品（ $\text{pH} > 4.5$ ，水活性 > 0.85 ），如八寶粥、洋菇、玉米、竹筍、蘆筍，需以加壓高溫殺滅細菌及其孢子，並靠著包裝容器阻隔水氣、氧氣或光及避免從環境中再度地受汙染，使得食品能夠長期保存及常溫流通。低酸性的包裝食品的商業殺菌，殺菌程度主要以最耐熱的肉毒桿菌（*C. botulinum*）及耐熱性產孢菌腐敗菌為指標。肉毒桿菌殺菌致死值達 12D 及殺菌值 F_0 大於 3.0，即將肉毒桿菌的菌數減少到原菌數的 12 個對數值，以確保食品的安全，但通常實際上操作會使殺菌值 F_0 大約達到 5。罐頭食品的包裝容器最早使用的是玻璃罐及金屬罐，殺菌軟袋或塑膠罐頭具有便利性，另外含氣調理食品包裝具較好的產品外觀。

（一）殺菌軟袋包裝食品

殺菌軟袋因具美觀、速食性、重量輕與方便性等特點，廣泛受到消費者喜愛。例如在速食麵內附加或外出攜帶不佔體積。殺菌軟袋包裝食品具扁平形狀，因此可降低殺菌時間而增加內容物品質。然而，殺菌軟袋包裝在殺菌過程中應該注意內外壓的差異，特別是當冷卻過程中內壓大，而外壓過小時，則容易產生破袋現象。殺菌軟袋包裝材質需要考慮能承受在殺菌過程的高溫及高壓，因此，材質主要是耐熱性塑膠材料如 PET、PP、NY，及鋁箔經乾式積層貼合而成。殺菌軟袋特色之一為可製成透明形式能見內容物，並可依內容物特性製訂材質組成，以達到保存內容物所需要的阻隔性。例如內容物含油脂、維生素 C 或天然色素易產生氧化變色，則需要高的氣體阻隔性及光線阻隔性，應該選擇含鋁箔的殺菌軟袋材質。對於含有骨頭或帶刺的內容物要加強殺菌軟袋的抗穿刺強度。另外，需要注意的是使用包含殺菌軟袋及塑膠罐頭的塑膠包材需要合乎內容物性質及使用或加工溫度所需測定的食品容器衛生溶出試驗。

（二）塑膠罐頭包裝食品

塑膠罐頭，能夠符合各種產品需要製成各種形狀，且食品時可用微波、熱水或蒸氣復熱，加上包裝容器可直接作為餐具上桌，容器重量輕等之優點，更能滿足現代生活型態之需求。塑膠罐頭通常具有多層的結構，最內層是 PP 層，主要是提供熱封性及水蒸氣阻隔及結構強度，中間層是乙烯-乙炔醇共聚物（Ethylene Vinylalcohol, EVOH）或聚偏二氯乙烯（Polyvinylidene Chloride, PVDC）作為氧氣阻隔層，最外層也是 PP 層，用以提供水蒸氣阻隔及結構強度，而在 PP 與 EVOH 或 PVDC 之間各有接著層材質將不同層緊密結合。然而，不同於玻璃和金屬罐之具剛硬結構及絕對阻隔性，塑膠容器則呈半剛性及微量的氣體通透性，因此對於部分的內容物，產品的保存期限會較玻璃和金屬罐包裝者短。塑膠罐頭不同於玻璃和金屬罐的真空密封，因為真空密封易造成塑膠罐頭變形，取而代之以先以真空排除內部氣體，再補充氮氣後密封。塑膠罐頭在高溫殺菌的過程中產生的內壓會大於加熱殺菌蒸氣的飽和壓力，而內壓主要是由包裝內水蒸氣壓力加上內部氣體因溫度上升膨脹產生，且塑膠容器在受熱時會變軟，容易受內外壓差之影響造成嚴重變形或破裂，然而，能程式控制殺菌過程殺菌釜內部溫度與壓力的新式殺菌釜能克服此問題（圖四）。



塑膠罐頭包裝食品

(www.stress.com/plasticstier3.php?pid=309)



(三) 含氣調理食品

對於經高溫殺菌的袋裝調理食品，一般會抽真空處理再高溫殺菌處理，主要是避免產品在高溫殺菌過程發生破袋，另一方面亦可防止氧氣造成的氧化。然而，對於含醬汁液較少、顆粒大的調理食品，因真空處理外觀顯得凹凸不平影響包裝外觀。含氣調理食品以氮氣充填取代真空包裝，高溫殺菌處理則有賴新式殺菌釜，以程式控制釜內的溫度與壓力，使高溫殺菌過程中維持釜壓與袋內壓力的差異不可過大。

三、常壓熱處理常溫流通食品

(一) 酸性食品

包裝水果產品如果肉、果汁、果醬，當 pH 值 < 4.5 或更低時，耐熱細菌如肉毒桿菌 (*C. botulinum*) 的生長被低 pH 值抑制，主要的腐敗性微生物為乳酸菌、酵母菌與黴菌，採用 100°C 以下（一般以 85-90°C）的熱處理即可殺死。殺菌熱處理方式可以是充填包裝後進行殺菌熱處理，也可以內容物殺菌熱處理後，以熱充填的方式包裝密封，惟要注意包材的衛生程度。酸性熱處理食品在常溫流通保存期間，因微生物已經不活化，食品品質變化主要可能是內容物在長期貯存期間的物理、化學變化。玻璃罐裝有最好的水氣及氣體阻隔性，並且玻璃不會與內容物產生作用。使用塑膠包材需要配合內容物成份特性選擇適當的材質。因熱處理的溫度在 100°C 以下，PE 通常可作為積層塑膠袋的熱封層及提供結構與耐衝擊強度。如當氧氣阻隔性不足，可能造成顏色的改變，維生素 C 氧化破壞與油脂氧化酸敗。使用金屬包裝容器也要注意內容物成份對罐頭內壁的影響。

(二) 配合食品欄柵技術

低酸性食品可藉著添加酸調整 pH 值、降低水活性 (a_w)、添加抗菌劑等，降低熱處理的程度，一方面能夠不需要使用加壓高溫殺菌釜的設備，另一方面可減少內容物受熱破壞，提高品質以達食品輕加工的目的 (Holdsworth, 1997)。



(www.cens.com/cens/html/zh/product/product_main_39622.ht)



(www.steriflow.com/en/29-static-steriflow)

圖四 塑膠罐頭包裝食品及程式控制殺菌過程溫度與壓力的新式殺菌釜



(1) 加酸調整內容物的 pH 值（酸化處理）

微生物有其最合適生存的 pH 值，當 pH 值變動時，微生物的生長速率下降，直到生長停止，如肉毒桿菌（*C. botulinum*）於 pH 值 < 4.6 時無法生長或產生毒素。低酸性食品可藉著添加酸調整 pH 值時，酸必須均勻分散在內容物中，經熱處理後，最終平衡的 pH 值 < 4.6。在較低的 pH 值中，一般而言細菌有較低的熱抵抗力。常用的調酸劑是醋酸、乳酸、檸檬酸、蘋果酸、己二酸、丙二酸與琥珀酸，有研究指出以醋酸及乳酸能較好的降低微生物的熱抗性，並隨醋酸及乳酸濃度增加，微生物的熱抗性降低（Palop & Martinez, 2006）。

(2) 降低內容物的水活性於常溫貯存產品（ a_w -SSP）

降低內容物的水活性於常溫貯存產品（ a_w -SSP），如兩種國外的香腸肉製品 Italian mortadella 及 German brühdauerwurst 香腸主要是降低其水活性 < 0.95，再配合其他食品欄柵技術，能夠於常溫貯存與食品安全性。為了達到此類產品（ a_w -SSP）的微生物安全及品質穩定，產品水活性一定要小於 < 0.95，真空包裝後進行熱處理使內部中心溫度至少達 75°C，內容物有低的氧化還原電位，肉品添加少量的亞硝酸鹽（Leistner, & Gould, 2002）。

因此農產品如竹筍、筍絲、菇類、榨菜、醬菜、酸菜、蘿蔔乾、果汁與果醬等等利用產品本身的酸度或添加酸調整 pH 值，或適度的脫水或添加鹽水以降低內容物的水活性，或添加天然植物香料萃取物與辣油，以適當的容器如玻璃瓶或殺菌軟袋真空包裝，利用於 100°C 以下（一般以 85-90°C）的蒸煮熱處理，即可生產常溫流通、長期保存食品，減少內容物受熱破壞，提高產品品質，或不需要使用加壓高溫殺菌釜的設備，以發展精緻、小型加工、地方特產或休閒農業產品。

四、熱處理配合低溫流通的包裝調理食品

隨著現代生活型態的改變，如越來越多的婦女投入工作職場，花費在廚房備餐時間減少。因此除了增加外時用餐，也增加於家庭消費者對包裝調理食品（或家庭代用餐）的需求。再者，因消費者健康意識及對品質要求的提升，包裝調理食品需能夠提供食用便利性（能加熱即食）、家常菜、創新料理、低脂、低鹽、低糖、口感佳與輕加工的要求。因此使用輕度的加熱滅菌處理，配合適當的包裝材料及冷藏或冷凍，以提供新鮮高品質的食品內容物及適當的保存期限。並作好低溫管理，明確的標示及指出產品貯存溫度條件，發展具顯示內容物品質功能包裝，以確保微生物品質及食品安全。

(一) 冷藏調理食品



圖五 冷藏調理食品

冷藏調理食品是食品預先調理烹煮，藉著在烹煮加熱的溫度（一般為 70-95°C，屬於巴斯德滅菌溫度）過程中進行殺死已萌芽生長污染的細菌，因此烹煮加熱的溫度及時間要嚴格控制。加熱後冷卻，在清淨室定量充填包裝（或再次進行熱處理滅菌），並迅速的降溫處理及冷藏（0-3°C）或冷凍保存。另一作法為食品預先調理烹煮，然後熱充填並真空包裝，再進行 100°C 以下溫度的熱處理以殺滅或降低病原菌及腐敗菌、降低酵素活性並同時在包裝內完成食品的調理烹煮，同樣的，熱處理後迅速的降溫處理及冷藏

(0-3°C) 或冷凍保存(圖五)。由於熱處理已大量的殺死微生物,但未達商業殺菌,配合低溫貯藏以降低及抑制微生物生長。使用真空包裝及低氣體穿透的包裝材料,可減少食品內容物的氧化及好氣性細菌生長。食品的熱處理同時包含調理烹煮及滅菌,降低熱處理對食品內容物的破壞。在此由於低溫是控制微生物生長的欄柵防線,冷藏室的溫度要控制於 0-3°C,並有 24 小時連續式溫度記錄及溫度超過設定時的警報器。從中央廚房工廠在運送至消費的最終端的廚房也必須確保維持於 0-3°C。在食用前適當的復熱能夠殺菌及維持食品的感官品質。

(二) 真空調理冷藏食品 (Sous-Vide 加工食品)



(www.steriflow.com/en/26-pasteurized-products)

圖六 真空調理冷藏食品 (Sous-Vide 加工食品) 的熱處理與冷卻設備

真空食品調理(圖六)最早發展起始於法國。法文"sous vide"意思為"真空下",將食品以高氧氣阻隔性包材真空包裝,以減少或隔絕與氧氣的接觸,在低溫下(65-95°C)加熱調理烹煮,並同時達到殺死或減少萌芽生長污染的細菌及病原菌,熱處理後迅速的降溫處理及冷藏(0-3°C)或冷凍保存。以中央廚房生產供應餐廳及超市與消費者。在貯藏期間高氧氣阻隔性真空包裝可抑制好氣性細菌生長與減少食品內容物的氧化速率及化學變化。低溫貯藏是真空調理冷藏食品控制微生物生長的欄柵防線,因此冷藏期間溫度的控管相當重要。由於低溫調理,真空調理冷

藏食品具有較少的營養及食品感官的破壞、較佳的食物組織口感與減少食品中油脂的氧化酸敗。雖有研究指出真空調理食品在<3°C貯存,保存期限可達42天(Ghazala, 2004),目前美國食品藥物管理局認可在合適的加工條件及冷藏溫度管理及監控下,保存期限可超過10天。

(三) 冷藏調理食品的微生物安全與預防

冷藏調理食品或真空調理冷藏食品皆是以輕度熱處理,通常是70-95°C殺死或降低生長的細菌及病原菌,但未達到無菌狀態,然後再以低溫(<3°C)貯存作為第二道欄柵防線防止或降低微生物的生長及繁殖,以延長保存期限,有時可達42天。然而在殺菌不當或是殺菌後再污染,在真空包裝無氧環境下,有利於一些嗜冷性病原菌可能在冷藏溫度緩慢生長。此外,腐敗菌已被抑制,缺少競爭微生物及腐敗菌生長繁殖時產生的顏色及風味等食品不宜食用的訊號。當真空調理冷藏食品在貯存及運輸時,溫度不當的升高至5-12°C,一些食品病原菌如 *Bacillus cereus*、*Salmonella spp.*、*Staphylococcus aureus* 與 *Vibrio parahaemolyticus* 可能會緩慢生長。因此對於溫度的不當管理產生時,即可能產品食品安全問題及食物中毒事件。在運送及零售時是最易產生溫度不當的地方,因此溫度控制及保存期限必須要嚴格的被遵守。肉毒桿菌能產生嚴重或致死的食物中毒。有些肉毒桿菌菌種在高於10°C能生長及產生毒素,部分肉毒桿菌菌種甚至在3.3°C的低溫能生長及產生毒素。如果這些肉毒桿菌存在時,競爭微生物的成長在真空包裝下被抑制,食品中可能有肉毒桿菌生長而產生毒素,但食品內容物卻無產生或被察覺出感官的異常。因此,為了要能夠達到保存期限,食品保藏溫度一定要全程維持於3.3°C以下以防止肉毒桿菌生長及產生毒素。然而李斯特菌可能於此低溫生長,因此務必告知消費者確定的使用期限。有些冷藏調理食品或真空調理冷藏食品熱處理冷卻後,有時採冷凍保存直到使用時。未來可配合活性及聰明包



(www.freshpoint-tti.com/productspec.asp?id=1)

圖七 貼上時間-溫度顯示功能的包裝冷藏食品

裝、時間-溫度的顯示功能(圖七)，確保產品沒有溫度的不當貯存及安全衛生問題。再者，亦可針對產品增加對微生物的生長及繁殖的欄柵防線，如添加有機酸降低 pH 至 5.0、添加天然抗菌劑、降低水活性 (<0.97)、鹽在水溶液的濃度高於 3.5%、添加香料植物萃取物、細菌素、抗菌可食膜與縮短保存期限等配合冷藏，以增加食品的品質、安全 (Leistner, & Gould, 2002)。此外，有研究建議真空調理冷藏食品的熱處理要達到降低李斯特菌殺菌致死值達 4D，其他研究報告則建議降低 *Streptococcus faecalis* 殺菌致死值達 12-13D，如此，將可確保破壞其他所有的病原菌。

(四) 冷藏調理食品的良好作業生產、危害分析及重要管制點

爲了要確保冷藏調理及真空調理食品品質與安全，應導入及落實食品良好作業規範、危害分析及重要管制點。工作人員應該施以訓練並驗證真空包裝作業規範及食品相關潛在危害點。在冷藏設備方面，因爲冷藏調理及真空調理食品對於肉毒桿菌唯一的阻擋，必須冷藏於 5°C 以下。所以爲了要達到 14 天以上的冷藏貯存，冷藏溫度必須維持或低於 3°C。在包裝的正反兩面必須明顯標示“一定要維持冷藏於 5°C 以下”及“製造及保存期限”(Ghazala, 2004)。

五、結論

隨著食品及包裝科技的進步，消費者對食品輕加工品質、方便性、多樣化的需求增加及供應鏈的建立，便利商店林立在生活四周與低溫宅配之便利。因此，食品生產者能夠提供消費者享受各式各樣的便利與高品質的食品商品。包裝熱處理產品之一的罐頭產品，以加壓高溫滅菌作爲唯一的細菌危害的欄柵，配合包裝進行商業殺菌，達到無菌狀態使罐頭得以常溫流通與長期保存。提供百年來，農、漁、牧、畜產品經加工後能創造更多價值，提供消費者豐富、多樣化及方便性的食品供應。殺菌軟袋、塑膠罐頭與含氣調理食品進一步提高罐頭的內容品質、便利性與產品多樣化。然而，罐頭食品因產品受到長時間高溫滅菌的影響，產品內容物的質地、外觀顏色、營養等品質因此而降低。酸性食品與酸化處理食品的 pH 值 <4.5 可作爲微生物生長及危害的另一道欄柵，以 100°C 以下的熱處理即可殺死細菌與長期的常溫流通保存。降低熱處理的程度，一方面能夠不需要使用加壓高溫殺菌釜的設備，另一方面可減少內容物受熱破壞，提高品質以達食品輕加工的目的。然而必須強調，微生物的生存及耐熱性受食品內容物成份影響，因此包裝食品的熱處理處理條件只能用於相同的產品。冷藏包裝調理食品以輕度的熱處理，殺死或降低生長的細菌及病原菌，但未達到無菌狀態，然後再以低溫貯存作爲第二道欄柵防線防止或降低微生物的生長及繁殖。因此，更能夠提高食品內容品質，尤以真空調理對食品質地感官品質更佳。配合隨著低溫供應鏈的建立，冷藏包裝調理食品能以中央廚房生產供應餐廳及超市與消費者。因低溫是冷藏包裝調理食品第二道欄柵防線，低溫的維持及管理是必須包含生產、銷售與消費者全程，並藉由包裝的正反兩面必須明顯標示冷藏溫度製造及保存期限。未來可配合活性及聰明包裝，例如時間-溫度的顯示功能與增加對微生物的生長及繁殖欄柵防線，以增加食品的品質、安全。

可食膜塗佈技術在輕加工蔬果的發展與應用

(1) 陳健賢、(2) 賴麗旭

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 (1) 博士後研究員

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 (2) 教授

一、緒言

蔬菜和水果提供人們每日所需的營養及能量，包含了大量的維生素、礦物質、膳食纖維素及其他的植物化學成份。近年來的研究顯示，飲食中蔬果的攝取能夠增進健康，增加飲食中蔬果的攝取量可降低新生兒缺陷、心智及生理遲緩、免疫力降低、心血管疾病及癌症等疾病的發生 (Olivas, & Barbosa-Cánovas, 2009)。因此、蔬果已逐漸的受消費者的重視及需求增加。

再者，隨著生活型態的改變及對食品品質的要求提升，食品不僅要提供便利性、營養、衛生安全，並且品質要天然及新鮮。所以要減少加工過程及貯存架售期間對品質的破壞，使產品的色、香、味及質地接近未加工天然的食品，並且降低化學性防腐劑的使用，盡可能改用天然性具有保鮮效果及有益身體機能的添加物。因此維持食品新鮮及接近未加工天然食品品質的輕加工技術已成為當前重要的食品加工技術。

蔬果在採收後，仍然具有生命活力的組織，進行合成及分解的生化過程，使蔬果的物理及化學狀態產生改變，而影響外觀、質地、風味、及營養等蔬果的品質。當蔬菜和水果經過去皮或剪切處理時，將加速蔬果的物理及化學反應，微生物趁機成長，造成加速蔬果的老化及品質敗壞，使得輕加工蔬果品質的維持更不易。

可食膜塗佈能在輕加工蔬果表面形成連續薄膜包覆，具有對水氣、氣體及揮發性成份的半通透性，可提供類似氣調包裝條件而維持蔬果的品質。並且可食膜塗佈能利用其

攜帶食添加物如抗褐變、抗菌劑、抗氧化劑等，經由緩慢擴散釋放在食品表面維持高濃度活性物質，能夠抑制或減緩蔬果的生化變化及微生物生長，而增進輕加工蔬果的保存期限及品質。

二、輕加工蔬果的生理作用及品質變化

蔬菜和水果是由具有生命活力的組織所組成，在採收後生理及生化作用仍然持續進行。主要影響採收後蔬果品質的因素為呼吸作用、水份蒸散及乙烯的生成。當蔬菜和水果經過輕加工處理時，生理作用會加速，去皮致使原本保護失重、微生物侵入及氣體阻隔的功能喪失，令酵素作用增加及微生物生長問題產生 (Olivas, & Barbosa-Cánovas, 2009)。

(一) 呼吸作用

蔬菜和水果為要維持其生理及生化作用而必要進行呼吸作用。當呼吸作用時，氧氣被消耗，而產生二氧化碳。呼吸作用受到貯存環境的溫度、溼度及氣體組成份的影響。然而，當氧氣濃度低於臨界值時，會產生無氧呼吸，產生乙醇及不良風味。蔬果經去皮或剪切處理時，受傷的蔬果組織其呼吸速率會增加，因而增加氧氣的消耗及二氧化碳的生成，加速蔬果老化。呼吸速率的增加也將依蔬果種類、貯存溫度及受傷程度的影響而變化。當輕加工蔬果包裝在過低的氧氣濃度的氣調貯存時，可能會產生無氧呼吸，產生不良風味、乙醇及其他揮發性氣體。

(二) 失重

由於水份蒸散作用造成的失重是蔬菜和



水果等農產品重要的品質變化之一。蔬果的失重伴隨著蔬果外觀的萎凋、皺縮及失去表面光澤，進而降低其商品價值。蔬果經去皮或剪切處理後，由於失去表皮的保護及暴露於外界的表面積增加，其水份蒸散速率增加，加速其失重及品質變化。失重亦可引起蔬果的代謝改變、酵素活性改變、加速老化、降低風味及營養、易產生低溫障礙及受微生物侵害。

（三）產生乙烯

乙烯引起蔬果的成熟及老化，造成其風味、顏色、質地的改變。因此移除乙烯能夠減緩蔬果的成熟及老化。在控制氣體（CA）及調整氣體（MA）貯存中能夠降低乙烯的生成，較長期的保存蔬果的品質。一般而言，當蔬果組織受傷時，會顯著的增加乙烯的生成。在輕加工蔬果中，乙烯的生成速率受到產品種類及成熟度的影響。

（四）外觀變化及變色

外觀是新鮮及輕加工蔬菜和水果等農產品重要的品質之一。外觀包含了大小、顏色的均一、表面受傷及表皮完全。褐變是鮮切蔬菜和水果的常發生的問題，因為來自與氧氣接觸產生的氧化及酵素性褐變將導致顏色改變。當蔬果被剪切時，多酚氧化酶在氧氣存在下，將酚類化合物轉化具暗色的物質。酵素性褐變主要發生在蘋果、梨子、香蕉、楊桃、桃子、馬鈴薯及萵苣。鮮切胡蘿蔔則會產生表面白化。

（五）組織質地軟化

水份蒸散作用造成的水份喪失，蔬果細胞的膨壓降低，將使組織質地軟化。鮮切蔬菜和水果的加工過程促使果膠酵素與受質的作用，造成硬度的下降。

（六）微生物生長

鮮切蔬菜和水果的加工過程破壞蔬果的完整結構及造成組織受傷，使鮮切蔬果比未

加工的蔬果更易腐敗。具有物理化學阻隔性及防止微生物生長的表皮層在加工過程亦可能被移除。鮮切蔬果的表面水份、糖份及蛋白質等則提供了微生物生長的良好條件。微生物生長往往造成鮮切蔬菜和水果的品質敗壞及食物中毒事件。

三、可食膜塗佈在輕加工蔬果的應用

表一整理一些利用可食膜塗佈在輕加工蔬果的應用，以增加輕加工蔬果的品質、延長保存期限、控制微生物生長與食品安全及增加營養價值。可食膜塗佈應用於輕加工蔬果有下列的作用（Olivas, & Barbosa-Cánovas, 2009）。

（一）降低呼吸作用

可食膜塗佈能在蔬果表面形成薄層膜的氣體半透過性，降低蔬果內部與外部環境氣體的交換，達到類似氣調包裝條件降低呼吸速率，而增加蔬果的保存期限。然而應該避免造成氧氣濃度過低，否則會導致無氧呼吸而產生不良風味、乙醇及其他揮發性氣體。

（二）減少失重

可食膜的水氣阻隔性，能夠有效的阻止蔬果水份的蒸散，減少產品在貯藏期間因水份蒸散作用造成的失重。特別在低溫貯藏下，貯藏環境濕度低時，蔬果易失重，可食膜塗佈則能有效的降低失重。然而可食膜的水氣阻隔性深受到環境溫度及濕度的影響，特別是親水性可食膜用於鮮切蔬菜和水果高水活性的表面塗佈時，將減少防止失重的效果。

（三）減少乙烯產生

當可食膜塗佈造成蔬果內部氣體成份改變時，其內部氧氣濃度降低。當蔬果內部氧氣濃度低於 8% 時，乙烯的產生降低，因此蔬果產品的品質保持得比較長。

（四）防止褐變

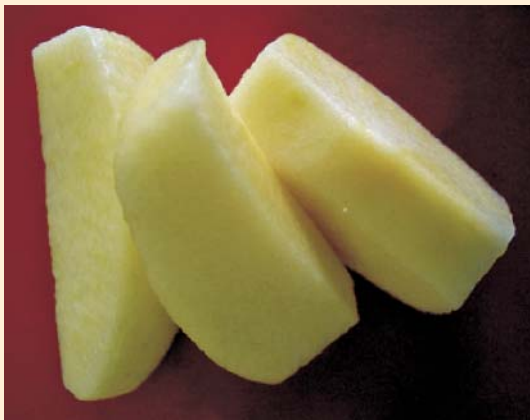
表一 可食膜塗佈在輕加工蔬果的應用例

蔬果種類	可食膜塗佈材料	添加物	功能及效果	參考文獻
鮮切蘋果	褐藻膠及結蘭膠	乙醯半胱胺酸、氯化鈣	維持顏色與質地硬度	Rojas-Graü, et al. (2008)
鮮切蘋果	羧甲基纖維素(CMC)、大豆蛋白	抗壞血酸	降低褐變的效果較浸於水溶液好	Baldwin et al. (1996)
鮮切蘋果	褐藻膠	精油(肉桂、丁香、檸檬草)、乳酸鈣	抑制微生物及病原菌 <i>E. coli</i> O157: H7 生長，維持質地硬度	Raybaudi-Massilia, et al. (2008a)
鮮切蘋果、木瓜	褐藻膠及結蘭膠	益生菌(<i>Bifidobacterium lactis</i>)	減少失重，攜帶益生菌	Tapia et al. (2007)
鮮切木瓜	褐藻膠	抗壞血酸	保存水果中天然抗壞血酸含量	Tapia et al. (2008)
鮮切香瓜	褐藻膠	蘋果酸、精油(肉桂、檸檬草、玫瑰草)、乳酸鈣	抑制微生物及病原菌生長，維持質地硬度	Raybaudi-Massilia, et al. (2008b)
鮮切芒果片	幾丁聚醣		減少失重，維持感官品質，抑制微生物生長	Chien et al. (2007)
鮮切鳳梨	褐藻膠	氯化鈣	維持內部水份	Montero-Calderón, et al. (2008)
鮮切梨子	甲基纖維素	抗壞血酸	經由褐變延長保存期限	Olivas et al. (2003)
鮮切胡蘿蔔	澱粉、幾丁聚醣		抑制微生物生長	Durango et al. (2006)
鮮切胡蘿蔔	幾丁聚醣		減少表面白化	Vargas et al. (2009)
新鮮草莓	幾丁聚醣	葡萄糖酸鈣	減少表面受傷及長黴，維持質地硬度及外觀顏色	Hernández-Muñoz et al. (2006)
新鮮草莓	幾丁聚醣	葡萄糖酸鈣、維生素 E	減少失重及長黴，增加營養價值	Han et al. (2004)
新鮮杏、青椒	甲基纖維素	硬脂酸、抗壞血酸、檸檬酸	減少失重及維生素 C 損失	Ayranci and Tunc (2004)
鮮切蔬果沙拉	澱粉、仙草葉膠	綠茶萃取物	維持感官品質，抑制微生物生長	Chiu and Lai (2010)



表二、用於可食膜塗佈輕加工蔬果的添加物

抗氧化劑(抗褐變)	抗壞血酸、半胱胺酸、乙醯半胱胺酸、檸檬酸
抗菌劑	有機酸、脂肪酸酯、細菌素(nisin, pediocin)、酵素(peroxidase, lysozyme)、幾丁聚醣、植物抗菌成份萃取物、精油
質地改善	氯化鈣、葡萄糖酸鈣、乳酸鈣
增加營養價值	抗壞血酸、葡萄糖酸鈣、維生素 E、益生菌(<i>Bifidobacterium lactis</i>)



圖一 鮮切蘋果以可食膜塗佈處理以維持顏色 (Rojas-Craü et al. 2009)

可食膜塗佈能夠攜帶抗氧化劑(褐變劑)，而防止鮮切蔬菜和水果的褐變產生。抗壞血酸是用於蔬菜和水果最常見的抗氧化劑，其他的抗氧化劑包含半胱胺酸、乙醯半胱胺酸、檸檬酸等(表二)。研究結果指出，可食膜塗佈中添加抗褐變劑能夠有效防止鮮切蘋果(如圖一)及梨子的表面褐變。

(五) 質地改善

可食膜能夠減少蔬果產品的失重，防止蔬果細胞的膨壓降低。最常用於控制鮮切蔬果軟化現象是以鈣鹽處理。鈣離子能夠與果膠高分子作用形成交聯網狀結構，增加機械強度，因此延緩蔬果的老化、及生理失調。組織質地改良劑能夠添

加在可食膜塗佈中，以減少鮮切蔬菜和水果在貯存期間的軟化。研究結果指出，可食膜塗佈中添加鈣鹽能夠維持鮮切蘋果、香瓜於冷藏貯存期間的硬度，或冷凍草莓解凍後的硬度。

(六) 控制微生物生長

鮮切蔬菜和水果浸漬於含抗菌劑的水溶液，進行表面的消毒是常用於控制微生物生長的方法之一(如圖二)。然而浸漬後抗菌劑活性物質將逐漸與食品成份中和而失去活性作用。將活性物質固定在可食膜經由緩慢擴散釋放在蔬果表面維持高濃度活性物質，將提供更有效的抑制腐敗菌及病原菌生長的效果。用於可食膜的



圖二 鮮切蔬果沙拉以含天然抗菌成分的可食膜塗佈處理以控制微生物生長及維持品質

抗菌劑種類包含有機酸、脂肪酸酯、細菌素（nisin, pediocin）、酵素（peroxidase, lysozyme）、幾丁聚醣、植物抗菌成份萃取物、及精油（表二）。近年來，由於消費者注重養生及保健，減少及不用化學性添加物，取而代之使用天然抗菌成份，以成爲此時的趨勢。研究結果指出，可食膜塗佈中添加抗壞血酸、草酸、檸檬酸，可延長蘋果片保存期限。可食膜塗佈中添加苯甲酸及檸檬酸，可顯著減少草莓的微生物菌數及延長保存期限。可食膜塗佈中添加精油，可顯著減少的李斯特菌及 *Escherichia coli* O157:H7 病原菌數及延長蘋果片保存期限。雖然精油添加於可食膜塗佈中具有很好的抗菌效果，但其主要的缺點及使用限制爲強烈的味道可能改變原本食品的味道。

（七）增加營養價值

可食膜塗佈能攜帶抗氧化劑而減少食品成份的油脂氧化，或維生素 C 因氧化而減少。亦可將營養成份添加在可食膜塗佈中，以補充或提高鮮切蔬菜和水果的營養價值。一些研究曾將草莓以添加鈣及維生素 E 的可食膜塗佈，鮮切的木瓜以添加抗壞血酸的可食膜塗佈，及鮮切的蘋果與木瓜以添加益生菌（probiotic）的可食膜塗佈。

四、可食膜的材料

製造可食膜的主要材料爲生物性高分子如碳水化合物（包括澱粉及多醣類）、蛋白質、脂質或這些材料混合使用形成的複合膜（Lin & Zhao, 2007; Vargas et al., 2008）。這些生物性高分子的理化特性將影響可食膜塗佈層的功能特性。

（一）碳水化合物

碳水化合物在自然界中存量豐富，取得容易，故常被作爲開發可食膜的原料。碳水化合物可食膜常用的材料包括澱粉、纖維素

衍生物、化學修飾澱粉、食用膠（例如褐藻膠、果膠、紅藻膠、阿拉伯膠、刺槐豆膠、鹿角菜膠、三仙膠）、幾丁聚醣等。碳水化合物可食膜屬水合膠膜，具親水性，因此水氣穿透性高，在高潮濕下其機械強度易變差，但在低相對濕度下有較高的氣體阻隔性質。

1. 澱粉

澱粉是最常用於可食膜的天然生物性高分子之一，因其具低成本、在自然界存量豐富、來源具再生永續性、生物分解性及可成膜性。澱粉可食膜具無色、透明性、無味、低的氧氣透過性，然而澱粉可食膜的水氣及氣體的阻隔性質顯著的受環境相對濕度或可食膜含水量的影響。澱粉中含較高量的直鏈澱粉，一般而言具有較高的膜強度。澱粉可食膜最常用的塑化劑爲甘油，可改善其易脆性，增加其延展性。經由食用膠的添加，可進一步的改善膜強度。

2. 纖維素衍生物

纖維素爲構成植物細胞壁結構的生物性高分子。纖維素衍生物包含羧甲基纖維素（CMC）、甲基纖維素（MC）、羥丙基纖維素（HPC）、羥丙基甲基纖維素（HPMC）常用於蔬果的可食膜塗佈，以提供對氧氣、油脂及水氣轉移的阻隔。

3. 褐藻膠

褐藻膠萃取自褐藻的多醣類。褐藻膠有很好的成膜性，具成膜均一、透明、可溶於水的薄膜。褐藻膠能與多價陽離子如鈣離子形成強膠或不溶於水的高分子結構。

4. 幾丁聚醣

幾丁聚醣來自於甲殼動物的甲殼及菌類的細胞壁的幾丁質經去乙酰化而來，是一種陽離子性多醣。幾丁聚醣具抗菌性，一般認爲是其帶正電性能與細胞膜上帶負



電物質作用，破壞細胞膜的半滲透性及完整性。幾丁聚醣能溶於含弱酸（醋酸）的水溶液，具有良好機械強度的薄弱膜。幾丁聚醣用於蔬果的可食膜塗佈，主要是因為能夠在蔬果的表面形成薄膜，並且能夠控制微生物的生長。研究報告顯示，幾丁聚醣可食膜塗佈能夠有效減緩蔬果的老化及呼吸速率。幾丁聚醣可食膜塗佈能有效延長草莓保存期限，降低失重及長黴。

（二）蛋白質

蛋白質可食膜，常用的材料包括酪蛋白、乳清蛋白、麩質（gluten）、大豆蛋白及玉米醇溶蛋白（zein）。蛋白質是由各種不同官能基的胺基酸組成，因此分子間能產生高度的分子間鍵結，而此鍵結則受蛋白質種類與濃度、表面疏水基、構型、溫度、蛋白質溶解度、pH值、分子間交聯與離子強度等因子的影響。蛋白質可食膜具有良好的氣體阻隔特性及機械強度，但因其亦屬水合膠膜，水氣阻隔性質不如脂質類可食膜。

1. 酪蛋白、乳清蛋白

酪蛋白與乳清蛋白同樣是來自於牛乳蛋白質。乳清蛋白依其蛋白質含量分為濃縮乳清蛋白（WPC，蛋白質含量25-80%）及分離乳清蛋白（WPI，蛋白質含量90%以上）。酪蛋白與乳清蛋白皆能夠形成透明性、無味及柔軟性可食膜，氣體阻隔特性佳，但水氣阻隔性質較差。研究報告指出，酪蛋白與乳清蛋白塗佈用於葡萄乾、冷凍豌豆及花生能阻隔氧氣及水氣轉移而延長產品保存期限。乳清蛋白塗佈的阻隔氧氣特性及所含胺基酸的抗氧化性，能夠延緩蘋果片及馬鈴薯的酵素性褐變。

2. 麩質及大豆蛋白

麩質是小麥及玉米的主要蛋白質。麩質及大豆蛋白可食膜同樣的具氣體阻隔特

性佳，但水氣阻隔性質較差。因含有半胱胺酸形成雙硫鍵的架橋，所以膜具有高的強度。研究報告指出，花生以麩質及大豆蛋白可食膜塗佈處理能夠防止油脂變質。由於麩質及大豆蛋白可食膜的高氧氣阻隔性，因此被用於製藥及調味的微膠囊包覆，或蔬菜、水果及乾酪（cheese）的可食膜塗佈。

3. 玉米醇溶蛋白

玉米醇溶蛋白是玉米中的主要蛋白質。玉米醇溶蛋白可食膜具光澤性、強度佳、防油性、氣體阻隔特性佳，而其水氣阻隔特性相對的較其他蛋白質可食膜好。玉米醇溶蛋白已經商業化用於藥錠的表面塗佈。研究報告指出，玉米醇溶蛋白可食膜塗佈可應用於堅果類、新鮮及乾燥水果或開發作為生物分解性包裝材料。

（三）脂質

脂質類可食膜大多由臘質（蜜臘、棕櫚臘）、油脂、脂肪酸、蔗糖酯或脂肪酸甘油酯所組成。脂質類可食膜的具有良好的水氣阻隔性，然而此類可食膜之機械強度差。臘質常用於塗抹在蔬果，延緩水果和蔬菜的呼吸速率的作用及防止產品水分損失，延長保存期限。脂質結構呈結晶緊密排列者較結構疏鬆或液狀油脂具有較高的氣體及水氣阻隔性。然而，脂質類可食膜類的缺點為呈現油滑的表面、臘質的不良口感及油脂酸敗。

（四）複合材料

碳水化合物類、蛋白質及脂質可食膜各具有優缺點，因此，可以以複合膜方式結合水合膠膜及脂質可食膜各自的優點，製得具機械強度、阻隔水氣及氧氣穿透等特點的可食膜。如在碳水化合物類、蛋白質等親水性材料中添加不同種類、濃度的脂質以乳化或積層方式，降低其水氣穿過率。乳化石膜雖能提高水合膠膜的水氣阻隔性，但通常而言其

透明度及光澤度會較差，應用於水果和蔬菜的表面塗佈時應當要注意。積層膜則最能兼顧及結合水合膠膜及脂質可食膜各自的優點，有較好的機械強度、阻隔水氣及氧氣穿透等特點。

五、感官品質的影響

當可食膜塗佈應用於輕加工蔬果時，可能會對蔬果的外觀、顏色、色澤、風味、香味、質地等感官品質產生影響，而影響消費者對產品的接受性。可食膜塗佈材料本身、抗氧化劑、抗菌劑、營養添加物等皆有可能影響蔬果的感官品質特性，因此必須作感官品評分析加以確認。例如精油雖然可作為天然的抗菌劑活性物質以控制不要的微生物生長，但其具強烈的味道可能會影響原有產品的風味。另外，乳化膜的透明度及光澤度較差，亦可能會影響產品外觀（Lin & Zhao, 2007）。

六、可食膜塗佈技術未來展望

（一）多層塗佈技術

多層可食膜塗佈可能包含數層結構，以提高功能性；一層以水合膠作為結構層，內層作為控制活性物質的釋放速率，另外加上阻隔層以控制氣體的穿透（Rojas-Craü et al., 2009; Vargas et al., 2008）。

（二）微米或奈米微膠囊包覆活性物質

活性物質以微米或奈米微膠囊包覆再添加於可食膜塗佈。活性物質的釋放可能以溶劑活化，或以 pH 值、溫度、輻射、滲透壓改變而引發。微膠囊包覆能保護物質如酵素或益生菌易受水份、熱或其他嚴苛條件的破

壞，亦可保護 omega-3 脂肪酸的氧化，或作活性物質風味及氣味的遮蔽（Rojas-Craü et al., 2009; Vargas et al., 2008）。

（三）改善親水性可食膜的水氣阻隔性

開發新的可食膜塗佈材料，具有高水氣阻隔性及在蔬果表面的附著性。現有的親水性可食膜，可經由疏水性材料的加入以提高其水氣阻隔性（Lin & Zhao, 2007）。

（四）改善可食膜塗佈附著性

蔬果表皮含臘，鮮切蔬菜和水果的表面具高水活性，因此可食膜塗佈要能夠有效的附著在表面及形成穩定的保護層（Lin & Zhao, 2007）。

七、結論

可食膜塗佈在輕加工蔬果應用，能增加輕加工蔬果的品質、延長保存期限、控制微生物生長與食品安全及增加營養價值。在應用可食膜塗佈時，應先對加工的蔬果的採收後生理作用特性有充分的了解，選擇合適特性的可食膜塗佈材料，設定可食膜塗佈在輕加工蔬果的目的及功能。可食膜塗佈在輕加工蔬果上要避免造成內部的氧氣濃度過低，以致進行無氧呼吸產生不良風味。應用可食膜塗佈在輕加工蔬果，或開發新的可食膜塗佈材料要注意對蔬果感官品質影響。可食膜塗佈能夠攜帶食品添加物如抗褐變、抗菌劑、抗氧化劑、營養及益生菌等活性物質，未來將經由多層塗佈、微膠囊包覆等技術更有效控制活性物質的釋放，以提高可食膜塗佈在輕加工蔬果應用效果。

談果蔬汁加工

區少梅

弘光科技大學營養醫學研究所 教授

國立中興大學食品暨應用生物科技系 退休教授

月前接獲賴麗旭教授的電話，要我為興大農業的食品加工特刊撰寫有關果蔬汁加工的文章，盛情難卻，加上本人對果蔬汁的加工一直是情有獨鍾，果蔬汁是我早期曾經深入研究過的題材，就勇敢地接下這項任務。

一、什麼是食品加工？

果蔬汁加工是食品加工中重要的一環。談果蔬汁，不能不先談食品加工。眾所週知，新鮮食物不論是採摘的蔬果或是屠宰後的雞、鴨、魚、肉等，都會因為受微生物、寄生蟲、光、溫度、水分、氧氣等各項環境因子以及食物體內的酵素之影響隨時間而漸趨向死亡。食品加工即是利用生物、物理、化學等基本知識將會壞的食物運用各類加工技術，使其貯藏壽命得以延長的一門技術。感到困惑的是，一般大眾一提到加工食品時，不是把眉頭皺起來，就是馬上以很嚴肅的語氣說一些，加工食品不能碰，對身體不好、吃多了會得三高，膽固醇高、血壓高和血脂高，吃了會生病、會得癌症等等的『專業知識』。最近還在電視上聽到一位講其飲食經驗談時，說的『要吃食物，不要吃食品』！我猜想他必定將加工過的食物統稱之為食品，看得到原來長相的食物，像蘿蔔、花椰菜、菠菜、南瓜等等的才叫做食物吧！事實上，凡是可以吃的東西都統稱為食物，而食品則是經過人為整理、調理或加工過成為商品流通的食物稱之。一竿子打翻整條船，實在有欠公正。諸不知，日常生活中，柴、米、油、鹽、醬、醋、茶，沒有一樣不須要經過加工的，除了比喻加熱要用的柴不能吃外，其他都是加工食品的食物每天都會吃到，大家都習以為常、司空見慣地食用。

特別感到有趣的是，很多消費者都喜歡到傳統市場買菜，認為青菜、肉類、魚等，都是眼睛看得到的，就是新鮮的。而且買回

家的魚、肉類，會很自然地把肉就在水龍頭下沖洗，然後切成一塊一塊的，用塑膠袋一袋一袋地裝起來，放到冰箱的上層，等要燒菜前一晚把肉從冰箱上層拿到下層，第二天就可以用來烹調用。事實上這就是我們肉品冷凍加工所進行的步驟，只是冷凍工廠所進行的每一個步驟，從趕豬到屠宰場裡，一直到成為包裝袋裡的肉品的每個步驟，沒有不是在衛生嚴格管控條件下處理的。在超級市場或大賣場販賣的冷凍肉類也必須確保櫃溫不可高過-20°C，甚至不可高過-25或-30°C，以確保冷凍食品的新鮮品質。

國內各大專院校設有食品科技相關科系(所)就不下二、三十個，加上設有食品科技相關學科的高職等學校就更多了。若加工食品都不能吃，我們培育這些人才不就都是製造不能吃的食品嗎！事實上，人的成長與維持生命所須的物質或營養素，不可能自己製造！必須要靠外來的，包括自然界提供的、人類栽種、飼養的各類生物。古老的祖先全靠自然界提供，有什麼吃什麼；漸漸地會自己栽種、飼養家禽家畜等等，除自需外也可以供應他人，進而有交易的行為；後漸漸地有都市與鄉村的區別；當都市與鄉村兩者的距離愈離愈遠之後，新鮮未處理的食物就因會劣變而有了加工的必要，為了就是要讓會壞的食物有適當的貯藏期，得以減少浪費，這就是食品加工的由來。

二、食品加工業也是服務業！

而在現今的社會裡，人們可以因為有加工食品而有了多樣的選擇，單拿牛乳而言，就有生乳、鮮乳、保久乳、調味乳、煉乳、奶粉、牛油、乳酪、乾酪、雪糕、冰淇淋、霜淇淋等等。除生乳只能在乳牛擠乳時吃得到外，其它所有都是加工過了的產品，到處都可以買得到，提供了消費者非常多樣化的

選擇，豐富了生活的品質與情趣。相信任何加工食品都無意取代所謂的新鮮食物，更何況，加工食品是以加工的方法把食物的新鮮包裝起來的產品。就以奶粉為例，將生乳以瞬間高溫加熱的方法殺滅有害的細菌後以噴霧乾燥法成粉狀即成，嬰兒奶粉的產品更是在原料、衛生、配方上小心翼翼地處理，但它絕無任何企圖想取代母乳，只是提供給沒法授乳的母親們一種替代品而已。同樣地，另舉蔬菜為例，蔬菜都有季節性，冬天盛產價廉，例如把豌豆莢或豌豆仁在二小時的時間裡快速冷凍並包裝與凍藏起來後，一年到頭想吃就可以買得到，而且只要打開包裝就可以很短的時間內加熱後上餐桌，這造就了食品加工業也是一項服務業的例證。

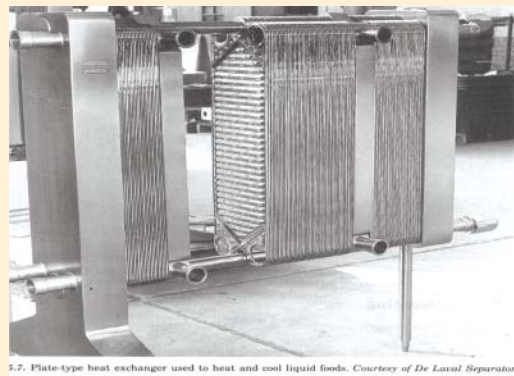
三、什麼是果蔬汁？

由上述的解釋，回到果汁的主題來，相信就不難了解，為什麼市面上瓶裝的果蔬汁到處都有的原因了。顧名思義，果蔬汁就是水果和蔬菜裡的汁液！事實上，蔬菜和水果裡所有可吃的部份都可以包含在內，只是以流體的形態呈現。營養學家們告訴我們，我們每天五大營養素的攝取，除蛋白質、脂肪和碳水化合物外，就是維生素和礦物質，加上膳食纖維都是由蔬菜和水果來的。而每天要吃的蔬菜和水果又有許多種吃法，包括入三餐裡當菜餚、飯後水果、飲料等等。而今由於食品加工業的發達與普遍，包括果蔬汁在內，人們所須的一切食物都可藉由適當的加工技術製造成各式各樣的加工食品，提供消費者除在市場上可以買得到的未加工的蔬菜和水果外，有著更多樣的加工品供選擇。

四、果蔬汁的種類

果蔬汁的種類，可依其原料分為果汁、蔬菜汁及蔬果汁；也可依其果實利用的方式是取其果汁的果汁型果汁、取其果肉的果肉型果汁與取整個果實都利用的全果型果汁；並依國家標準的規定，完全從果實取汁不添加任何東西的稱之為純果汁、純蔬菜汁及純蔬果汁，如柑桔汁、蘋果汁、葡萄汁、鳳梨汁、番茄汁、鳳梨胡蘿蔔汁等；果肉型的果

實因果汁少果肉多的關係，必須外加水分才能在加工時有足夠的流動速度，(圖一所示即為果汁加工時常用的板式瞬間熱交換器，由此不難了解為什麼要加水的原因了)因而變稀後須要添加糖、酸、色素或香料才能有果汁特有的色香味，如芒果汁、木瓜汁、番石榴汁等，此類果汁不能稱之為純果汁且必須含原水果量 30% 以上才通過國家標準，稱之為稀釋果汁；若稀釋到只含原水果量 10% 以上的果汁就只能稱之為清淡果汁；至於原水果量少於 10% 的就不准稱之為果汁，如一些稱為果汁汽水的飲料就必須含原水果量 10% 以上；低過 10% 的飲料就不能有果汁的字眼，如加味汽水或加味水等。至於全果型的蔬果汁，如柑桔與胡蘿蔔，其榨汁剩下的果皮或果渣，仍可以將之磨細回添加入果蔬汁內，此不但可以增加果實利用率且可以增加纖維量，反而深受健康意識強的消費者的歡迎。事實上，果蔬汁種類之變化是可以很大的，基於上述果汁份量的規定下，幾乎所有水果或蔬菜都可以相互搭配，只在於食品公司的研發人員如何下功夫，研發出消費者喜愛的各種果蔬汁。



圖一 板式瞬間熱交換器(資料取自"Food Science"5th ed. by Potter, N.N. and Hotchkiss, J.H.)

五、果蔬汁之營養成分與感官品質的保存

加工食品與未加工的食品之間一個很重要的差別之處，就是加工食品可以有著比未加工的食品較長的保存期。例如一般的罐頭食品，若經過適當的殺菌步驟，達到商業上

無菌的程度(commercial sterility)就可以在室溫之下保存 2-3 年之久。所謂商業上無菌就是殺菌後罐頭裡沒有會讓我們生病的病原菌，特別是肉毒桿菌以及沒有在正常貯運下會導致食物腐敗的腐敗菌。當然要達到這種殺菌程度，免不了相比之下加熱程度就會嚴重些。而果蔬汁中的營養成分都是我們每日必定要攝取的，因此，對以營養掛帥的純果汁或牛乳而言，我們可以利用較輕微的加熱殺菌方式，即只須保證沒有病原菌即可的巴斯德殺菌方法(pasteurization)，就可以減少許多營養成分或色香味的感官品質之破壞，當然食物裡許多細菌也相對地沒完全被殺滅。因此，這些產品就得須要在低溫貯運，而且必須規定僅 7-10 天的短保存期。大家都是在超級市場的冷藏櫃裡選取鮮乳和純果汁，並且知道它們都得盡快喝完，就是這個道理。而許多果蔬汁的加工更是為了保留其營養成分與感官品質，利用冷凍濃縮的加工方法。由此可見，食品加工業者無不竭盡心力為消費者著想及服務消費者。把會壞的食物趁新鮮利用加工包裝起來，給它一個適當的貯藏期，否則不加工拖到壞就會產生浪費了；同時在加工過程中去除不可食部，並應消費者之需求，先切成各式各樣如片、塊、絲、條等的形狀；加上加工時有殺菌或殺菁等的加熱步驟，讓消費者買回去只需打開包裝，稍微加熱或入菜等等，方便之極，這就是加工食品具有方便性的另一個利器。

六、果蔬汁之原料的考量

台灣地處亞熱帶與熱帶地區，氣候溫和、雨量充沛、土壤肥沃等等的優勢，適合蔬菜與水果之栽種，加上一向勤奮的農民，台灣春夏秋冬四季都有著不同種類的蔬菜和水果，造就台灣有蔬果王國之美譽。這讓在這塊土地上的我們盡情享受嚐鮮的滋味，也因此讓農政單位忽視了蔬果加工的重要。但隨著時代的進步、經濟的繁榮，在時間即金錢之下，食品加工業的發達是有目共睹的，且加工食品深入消費者的生活當中。在財團法人食品工業發展研究所編印的 2009 年版的食品工業統計資料彙編裡，即可清楚了

解，2008 年果蔬汁的進出口量分別為 34,023 及 33,028 公噸，進出口值分別為新台幣 15.9 及 13 億元，而 2007 年果蔬汁的進出口量分別是 32,855 及 30,292 公噸，進出口值分別為新台幣 14.7 及 13.2 億元。可見 2008 年果蔬汁的進出口量與值比較 2007 年仍有些許的增加，此足以表示消費者對果蔬汁的接受程度是相當高的。

既然果蔬汁已相當普遍了，現就須要回頭思考果蔬汁原料的得當與否的問題。從蔬果加工的角度，並不是所有水果或蔬菜都可以當果蔬汁的原料。蔬菜與水果之種類很多，就算單一種的水果或蔬菜，有適合鮮食不適合加工的鮮食品種，也有適合加工但不適合鮮食的加工品種，當然若有既可鮮食也可加工的品種是最好不過的了。因此，要發展果蔬汁的工業，不得不注意到，須要適合加工的加工品種來當原料，才能有好的果蔬汁，而絕不是盡拿些生產過剩的非加工品種或格外品的果蔬來當原料。目前大陸發果蔬汁也一樣遇到這個問題，慧聪网談到中國大陸，由于加工果汁的專用果品種少，面積和產量嚴重不足，很多企業採用鮮食果中的殘次果和落果作為加工原料，質量受到很大影響，價格與國際高品質產品相差很大。其專家們呼籲加強專業品種的研究開發，以提升果汁加工水平。要有好的加工品，必須要有好的原料！這也是我們農政單位應面對的問題。

希望有一天果蔬汁的加工可以進步到果蔬汁就像圖二所示的一樣所流出來的品質，既有貯藏性又能像鮮榨的一樣。



圖二 希望有一天果蔬汁的加工可以進步到果蔬汁就像這樣所流出來的品質。