

# 乳酸菌 的微膠囊化

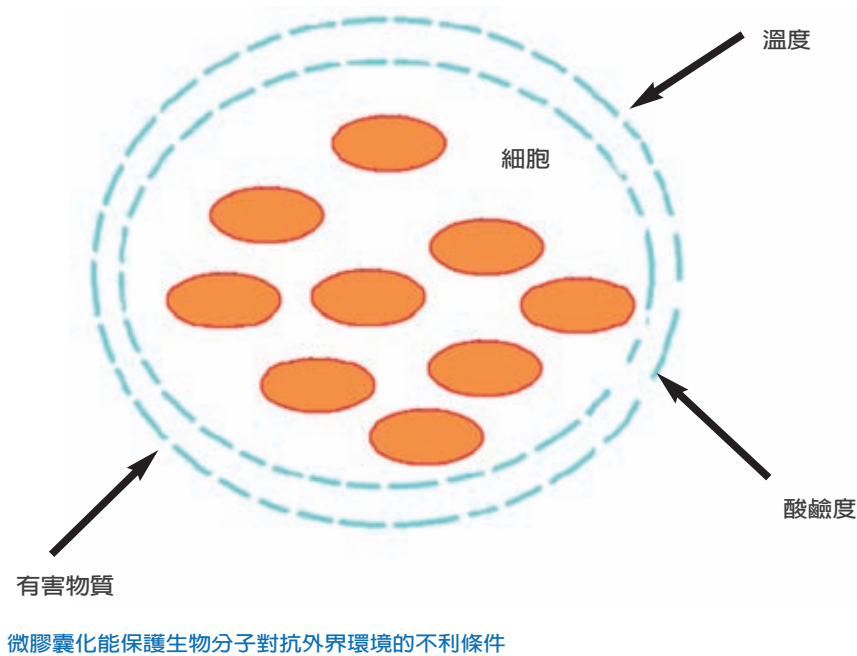
■ 金安兒

乳酸菌被微膠囊化後，  
並不是只能做為晶球添加在優酪乳中，  
在乾燥產品、冷凍產品、  
共生質產品等新食物產品的開發上，  
也有許多令人意想不到的應用潛力。

膠囊化技術開發至今已四十多年的歷史，形成的膠囊是由包埋在內部的心材與包裹在外部的壁材所組成，隨著所用心材、壁材及膠囊化方法的不同，膠囊的形態、大小、結構等會有相當大的差異。

一般直徑小於1微米的稱為奈米膠囊，直徑介於1微米與1毫米的稱為微膠囊。由於在製作過程中，沒有辦法以膠囊的大小做如此嚴格的限定，因此直徑數毫米的膠囊也歸類為微膠囊。所謂的微膠囊，其實就包含了由數微米到數毫米的膠囊顆粒，而製作微膠囊的技術就稱為微膠囊化技術。

人類對乳酸菌的利用已有長遠的歷史，傳統上偏重於發酵產品的製造，近年來更開發出益生菌的概念。再由益生菌進一步發展出益生質、共生質、複合式益生菌等，在保健食品的應用方面相當具有潛力。本文就針對目前乳酸菌配合微膠囊化技術的各項應用做一介紹。



## 微膠囊化技術

微膠囊化技術是利用天然或合成的高分子材料，把液體、固體甚至氣體包裹起來，藉由壁材的包覆提供心材與外界環境間的物理屏障，能賦予心材以往所沒有的特性，在食品、紡織、化妝品、造紙、醫藥、生物技術、農藝、畜牧等領域中都可以應用。在食品的應用上，更使許多以往做不到的事情變成可能，並把傳統的技术加以簡化，對於食品產業技術水準的提升與高價值產品的開發，有極大的貢獻。

微膠囊化能改變物料的狀態，隔絕外界環境的影響，提供使用的方便及貯藏的安定，像粉末油脂就是一個最好的例子。利用微膠囊化技術把液態的油脂固化，使用起來就如同胡椒粉一樣，簡單、清潔、方便，而且可以很容易地和其他原料均勻混合，也因為有壁材的包覆，可以有效防止油脂的氧化

變質。目前市面上販售的速食麵中都有調味用的液態油包，如果能夠改用粉末油脂，不但使用方便，也可以和其他的固態調味粉混合成一包，可說是一舉數得。

此外，微膠囊化後也能控制心材的釋放速率。像傳統的口香糖味道在咀嚼過程中沒有辦法持久，如果把口香糖有味道的成分先利用微膠囊包埋起來，在咀嚼過程中慢慢釋出，口香糖的餘香就不會在咀嚼三兩下後就消失了。

微膠囊的心材可以是單一的固體、液體或氣體，也可以是混合物，以食品產業來講，就是各種要包埋的食品材料。另一方面，可以做為微膠囊壁材的物質也很多，可分為天然高分子材料、半合成高分子材料、全合成高分子材料、無機材料等。微膠囊的製備方法，則包括化學法、物理化學法、物理與機械法等。像前面提到的粉末油脂，壁材可以使用阿拉伯膠，

**微膠囊化技術是利用天然或合成的高分子材料，把液體、固體甚至氣體包裹起來，藉由壁材的包覆提供心材與外界環境間的物理屏障，能賦予心材以往所沒有的特性。**

微膠囊化能改變物料的狀態，隔絕外界環境的影響，提供使用的方便及貯藏的安定。

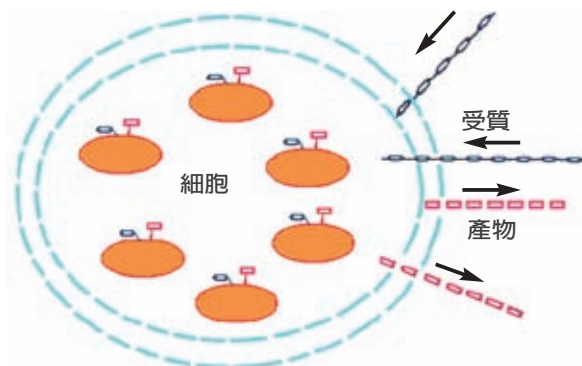
屬於天然高分子材料，製備方法可以使用噴霧乾燥，屬於物理與機械法。

微膠囊化技術也能和生物分子的固定化技術結合，開發出微膠囊化的生物反應器，依據包埋心材的不同，例如與酵素固定化或細胞固定化結合，可以開發出微膠囊酵素反應器與微膠囊細胞反應器。利用微膠囊把生物分子包埋後進行生物反應，可以保護生物分子，有效對付外界環境的不利條件，提升對環境的耐受能力，還可以增加單位體積中生物分子的數量，提高作用效率。

另外，由於生物分子是被包在微膠囊裡面，在分離、回收上也比較方便。但是，微膠囊的包埋會影響生物反應過程中參與反應的受質，以及反應產生物的進出，這點是這項技術美中不足之處。

### 益生菌

人體中有相當多的微生物，有的和人體是寄生關係，有的則是共生；有的對人體有害，有的有益，有的則是無害也無益。像各種會導致疾病的病原菌便是有害菌，病原菌由於會對人類造成危害，因此對它們的研



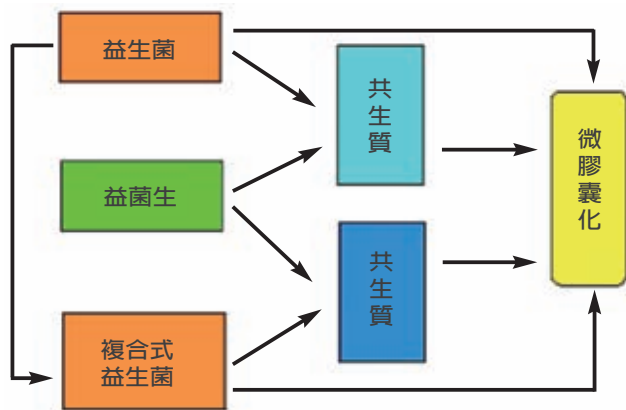
受質與產物在生物反應過程中進出微膠囊

究很早就已開始，而且對於其防治與相關性狀也已經有相當程度的了解。

另一方面，對於人體中有益菌的探討，例如人體中最具代表性的益生菌，由於不像病原菌般的生死攸關，因此起步較慢。凡是應用於人類或其他動物，藉由改善體內微生物相的平衡而有益於宿主的活菌，不論是單一或混合的菌株，都可看成是益生菌。這是目前最廣泛採用的定義，其中最具有代表性的就是乳酸菌。

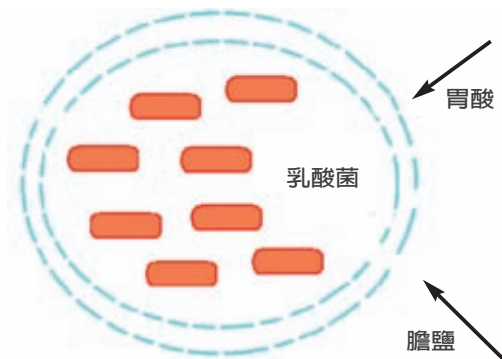
乳酸菌是一個相當龐雜的菌群，是能利用碳水化合物發酵產生多量乳酸的細菌的總稱。並不是所有的乳酸菌都有益生的功能，有的反而是造成食品腐敗的有害菌。人類把乳酸菌用在發酵上，已經有相當久遠的歷史，長久以來乳酸菌便與人類食品息息相關。然而人類並不知道它的存在及價值，直到1908年諾貝爾醫學獎得主俄國微生物學家邁克尼可夫（Elie Metchnikoff, 1845 – 1916）的研究，才確認乳酸菌的保健效果。

乳酸菌的許多益生功效也在隨後陸續證實，研究認為乳酸菌具有的益生效應可能和代謝過程中產生的抗菌代謝物質，以及細胞本身的特殊結構有關。具益生功能的乳酸菌會定殖於腸道中，維持宿主腸道



益生菌及益菌生相關產品的演進

利用凝膠形成的膠球把乳酸菌包埋起來，能夠避免優酪乳中的乳酸菌受到腸胃道中胃酸、膽鹽的破壞，以讓更多的乳酸菌活著到達目的地，發揮益生保健的效果。



微膠囊化能保護乳酸菌不受消化道中胃酸、膽鹽的破壞。

中菌相的平衡，可以降低腸道疾病、降血脂、增強免疫力、抑制致突變及致癌物質、緩和乳糖不耐症等，對人體健康有相當大的正面功效。

益菌生的應用則是配合益生菌的發展而興起的，所謂的益菌生是指不會被宿主消化吸收，但是可以選擇性地刺激宿主腸道中某些益生菌的生長與活化，是一種可增進宿主健康的難消化性的食物成分。也就是說，益菌生不會被宿主消化吸收，因此可通過宿主的消化系統到達腸道，被常駐結腸中的益生菌所利用，為宿主提供益生菌必需的營養成分，間接提升宿主的健康。

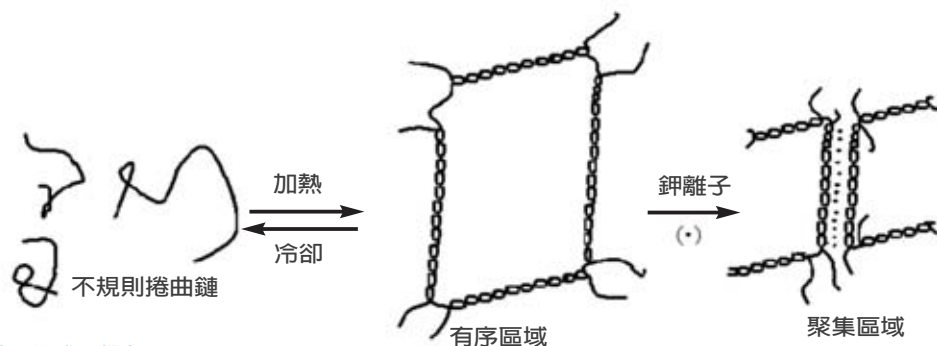
果寡糖是一種最具代表性的益菌生，它是由3到10個果糖分子聚合而成的寡糖，人體不能吸收，因此幾乎能百分之百通過上消

化道，直到消化道的後段才被益生菌利用，使其在腸道中成為優勢菌種。相對地，像葡萄糖、果糖等單糖，益生菌當然也能利用，但是由於也會被人體消化吸收，不可能到達益生菌所在的消化道後段，也就不適合做為益菌生使用。

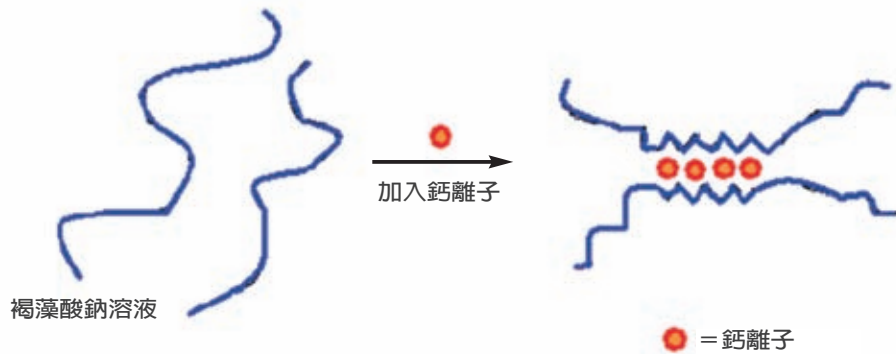
由於益生菌和益菌生兩者具有相輔相成的功效，近年來便把兩者混合成為共生質，同時具有符合益生菌和益菌生的條件，不但能改善益生菌在腸道中的存活和定殖，並能選擇性地刺激一種或數種具健康促進效果的益生菌的活化，進而改善宿主的健康。另一方面，由於各種益生菌之間能夠相互共生，功能也互補，因此也有人把多種益生菌混合開發出複合式益生菌。

## 多元化的產品

在乳酸菌微膠囊化產品中，大家最熟悉的應該就數「晶球優酪乳」中的「晶球」了。晶球就是利用凝膠形成的膠球把乳酸菌包埋起來，提供保護效果，避免優酪乳中的乳酸菌在飲用後，受到腸胃道中胃酸、膽鹽的破壞，以讓更多的乳酸菌活著到達目的地，發揮益生保健的效果。 $\kappa$ -紅藻膠及褐藻酸鈣常用來做為包埋乳酸菌膠球的材料，膠球的製造可以採用擠出法或乳化法，所形成的膠



$\kappa$ -紅藻膠的成膠機制

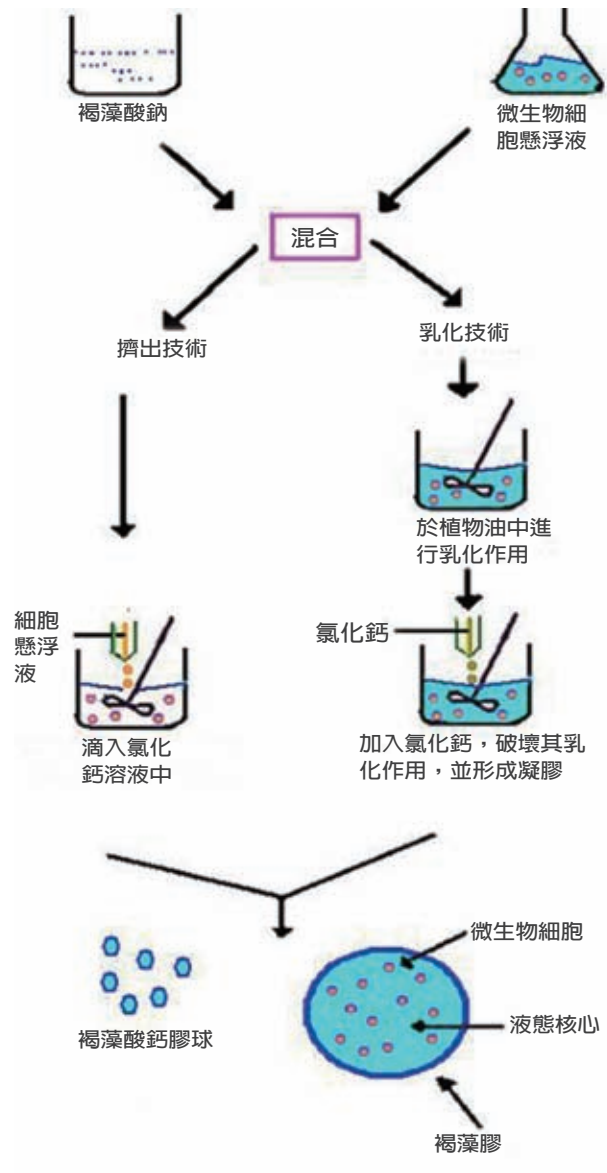


褐藻酸鈣的成膠機制

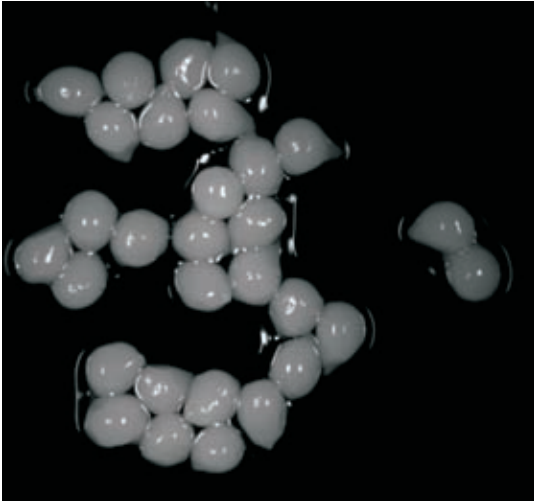
球中乳酸菌的存活比率可達80~95%。

在上述兩種方法中，擠出法由於操作程序簡易、成本低、菌體存活比率較高，因此開發較早，使用也較普遍。這個方法是先把乳酸菌與膠液混合成溶液，再以針頭滴入促凝劑，使它凝固成膠球。形成膠球的直徑大小取決於所用針頭的尺寸，通常介於2到5毫米之間。至於乳化法，是先把混合乳酸菌的膠液加入多量的植物油中，攪拌使膠液分散於油中，成為油中水滴型的乳化狀態，然後再加入促凝劑使油中的膠液小液滴凝固形成膠球。膠球的直徑大小取決於攪拌速度，通常介於25微米到2毫米之間。

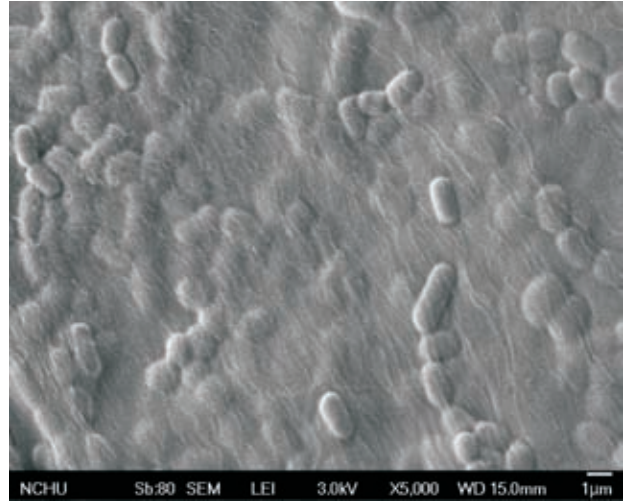
微膠囊化除了能夠像上述的晶球一樣，在保健飲料中提供乳酸菌對胃酸、膽鹽的保護效果之外，也能提高乳酸菌對一些食品加工操作的抵抗力。例如乾燥是一種常用來進行微生物菌株處理的加工方法，而且乾燥產品具有相當的方便性，在市面上普遍可見。但是乳酸菌對乾燥操作的耐受性不佳，多數菌體會隨乾燥過程中死亡，如果利用微膠囊膠球加以包埋，乾燥後的存活比率可以顯著提高，使得這種乾燥產品的益生保健效果更好。



製作乳酸菌微膠囊化膠球的流程



乳酸菌微膠囊化所得到的膠球



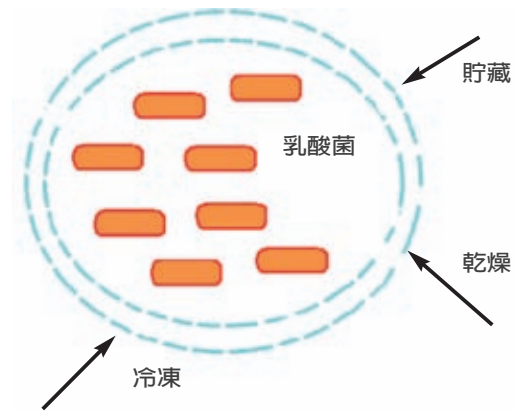
冷凍乾燥後的微膠囊中的乳酸菌

微膠囊化也能提升乳酸菌對冷凍處理的耐受能力，使冷凍產品中乳酸菌的存活比率提高。此外，不論是冷凍產品還是乾燥產品，在生產製造完成後都需要貯藏，微膠囊化處理在貯藏過程中也能發揮保護效果，提升乳酸菌的存活比率。

最後以一個實際的例子，說明微膠囊化在乳酸菌產品開發上的應用。台灣盛產的香蕉是一種營養豐富的熱帶水果，富含各種醣類，包括單醣與果寡醣。然而香蕉中的葡萄糖、果糖等單醣，經乾燥處理後會產生褐變，也就是顏色會變深，賣相不佳。此外，乾燥處理後也很容易吸收空氣中的水分，不容易保存。然而香蕉富含果寡醣，是一個天然益菌生的良好來源。

由於香蕉中富含葡萄糖、果糖等單醣，因此乳酸菌也能使香蕉泥發酵，但是香蕉泥中的一些不利條件像是果膠，會妨礙乳酸菌的作用，使得發酵效果不佳。如果能先把乳酸菌微膠囊化後，再使香蕉泥發酵，微膠囊便可以發揮保護效果，避免果膠等不利環境條件妨礙乳酸菌，而提升發酵效率。此外，由於微膠囊的壁材形成的物理性阻隔，使得只有小分子的葡萄糖、果糖等單醣會進入膠球中被乳酸菌利用，分子大一點的果寡醣則無法進入，而被保留下來。

所得到的發酵產物再拿去做乾燥處理，



微膠囊化能提升乳酸菌在冷凍、乾燥、貯藏過程中的存活率。

由於裡面的單醣已被發酵掉，得到的乾燥產品就不會有吸濕、褐變的問題。而且經過發酵生長後，微膠囊中乳酸菌的菌數提高，可以發揮更佳的益生菌功能，香蕉泥中原有的果寡醣則被有效保留，可以做為益菌生，二者綜合起來便是一個相當具代表性的天然發酵共生質產品。此外，由於乳酸菌已被微膠囊化，攝食後可抵抗腸胃道中的胃酸、膽鹽，可以說是一舉數得。從本例說明可以了解微膠囊化確有諸多優點。

總結而言，微膠囊化乳酸菌不論是在製作、應用等方面都相當多樣化及多元化，預期將來會有很大的發展空間。 □

金安兒

中興大學食品暨應用生物科技學系