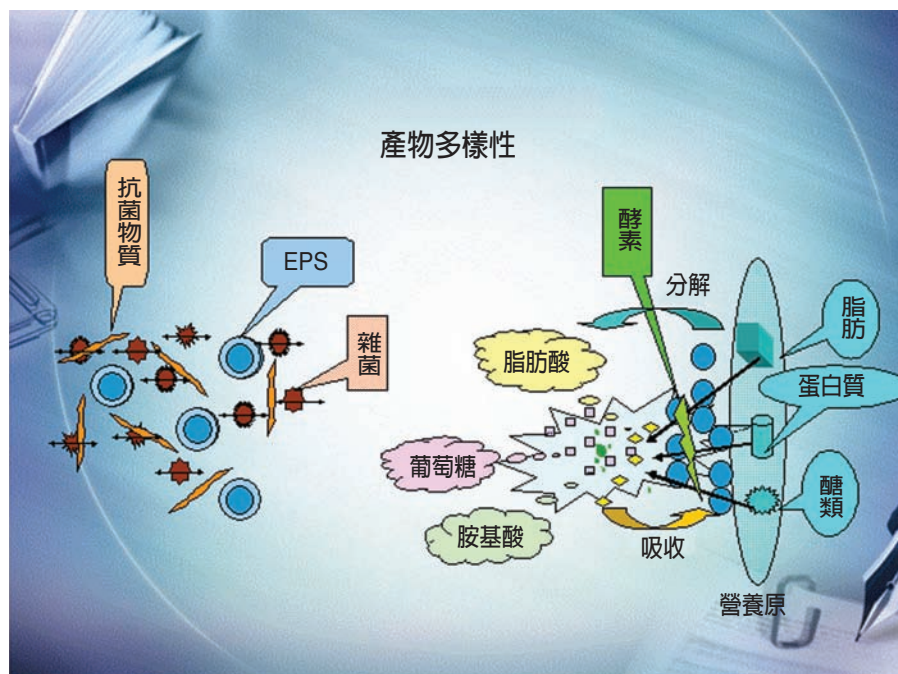


微生物發酵產業

利用微生物發酵生產各式各樣美味可口的食物和飲料，已經有數千年的歷史。直到今日，這一座具體而微的化學工廠仍然被持續應用，產品的範圍更擴大到保健用品、醫療藥品、化妝保養品等。它的奧祕在哪裡呢？

■ 林昇慧 陳婉伶 郭武東

微生物發酵有悠久的歷史，酒的釀造就是一個典型但又古老的發酵技術。同樣是高粱、米、葡萄、小麥等基質，由於不同地區栽種植物品種的差異，經由不同的菌種、釀造方式與氣候的影響，可以釀出截然不同風味的酒。這也顯示傳統發酵是一個略帶藝術，並且成為製造特殊風味食品產業的技術。一直到現在，發酵在生活



微生物發酵有悠久歷史，且產品又非常多樣化的產業。

中仍然扮演了一個非常重要的角色。從嚴謹的醫藥業，到一般的農業或環保產業，都可以見到它的蹤影。

發酵得到的產品範圍極廣，從極高單價的醫藥級產品，例如降血脂藥物或抗生素，到工業用的酵

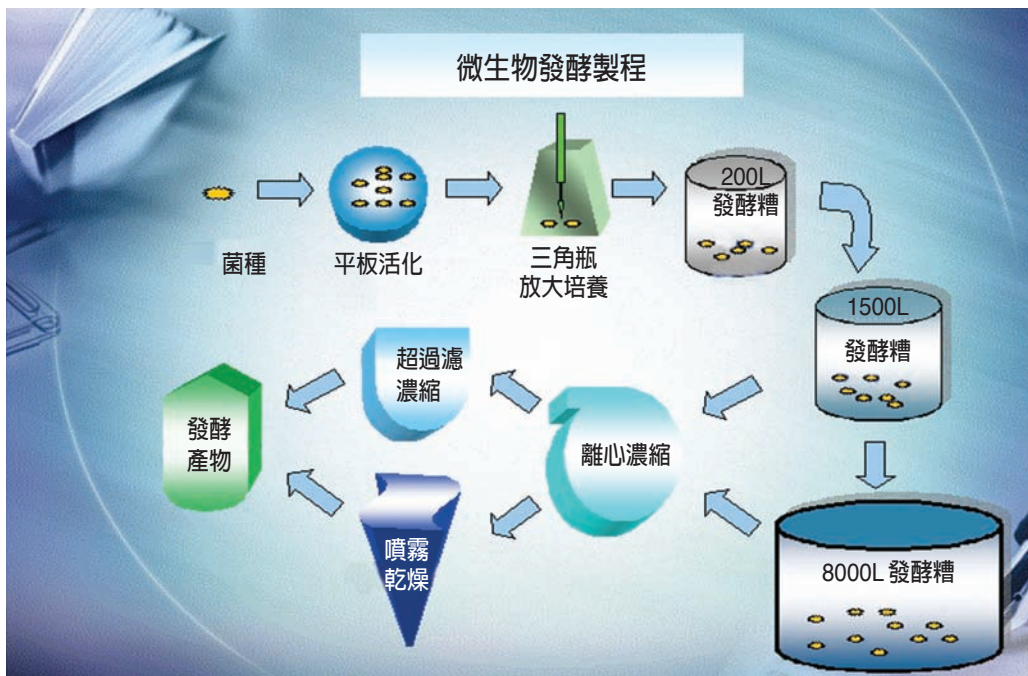
素，像是澱粉分解、纖維分解、蛋白質分解酵素等；還有食品用的有益微生物，例如乳酸菌、紅麴菌、納豆菌、食藥用菇菌等，以及味精類的調味品，農業用的生物殺蟲劑，像蘇力菌，或者枯草桿菌、放射線菌、木黴菌等拮抗菌類的微生物；甚至，從動物飼料藥劑或直接添加在飼料中的微生物等，到廢棄物回收、各類污染處理及清理用的微生物，以及其他的特殊酵素。

微生物就像一個精細的微小生產工廠，人們可以依靠現代發酵技術，指揮每毫升中的數十億個微小工廠，生產出想要的產物。只要能掌握技術與菌種，這種生產方式既有效率又便宜。一般來說，只要技術成熟，部分發酵生產製造的成本會比完全化學合成的低廉，操作危險性也較低，而且液態發酵可以快速進行規模放大而降低成本。簡單地說，就是透過培養環境來告訴微生物，什麼時候該做什麼動作，讓它乖乖地依照你的需求來生產。

所謂調整微生物培養環境的方法，就是進行物理或化學環境的改變，例如調整剪力、壓力、光照、溫度、濕度及氧氣，或提供生長、代謝所需營養成分，像碳氮源、微量元素、特殊胺基酸、自身的代謝產物等。

調整培養環境包括下列方式：跟它競爭食物讓它飢餓、提供前趨物或訊號物質來誘導或欺騙它、清除它的代謝產物、改變酸鹼值、改變溶液中特定離子的濃度、提高菌量、提供依附介質、甚至加入其他微生物或其代謝產物，或者殺死一部分的微生物等。這些方法的目的不外乎是操控微生物，讓它聽話並遵循你的指令來生產。

挑選可以讓微生物聽話的方法雖然不少，但是什麼樣的控制方式才是你應該用的呢？基本上要從了解微生物開始，包



一般來說，微生物發酵的製程先從實驗室的小規模培養逐步放大，一直到工業級的數千公升的發酵槽培養。在這一段放大培養的過程中，研發人員通常都要經過無數次的挫折才能得到最好的生產條件。

物開始，包含了解微生物的來源、在什麼樣的環境下生長繁殖、在哪一個生長階段或什麼時候會產生你想要的東西。接下來就是在實驗室模擬微生物生長的自然環境，利用上述的條

人們可以依靠現代發酵技術，指揮每毫升中的數十億個微生物，生產出想要的產物。簡單地說，就是透過培養環境來告訴微生物，什麼時候該做什麼動作，讓它乖乖地依照你的需求來生產。只要能掌握技術與菌種，這種生產方式既有效率又便宜。

利用發酵最大的好處，就是把原本來源、數量及品質都不穩定的野外採集菇菌類，改成液態或固態發酵，以確保有效成分、縮短時間及放大產能。同時，也可以減少批次間的差異，確保不因採集時期或地區的不同而有不同的功效。



液態發酵生產工廠

件來調控關鍵因子。一般來說，會先搜尋前人的基礎研究，看看要生產的產物跟哪一類比較接近，其所需要的條件是哪一些。而當很多條件可以選擇時，就要

考慮成本與設備的需求，以及產物回收的難易度。

在一般情形下，尋找達到提高產率與降低成本的方法有很多種，例如一次一因子的測試、多因子測試、反應曲面法、田口法等，各種方法各有其適用的時機。現代大規模的工業微生物發酵生產胺基酸、酵素、抗生素、藥物、色素等，為了生產便利與成本考量，會把所需要的特殊產物，由原來可能在比較不熟悉、不好培養或不安全的微生物上，轉換到基因轉殖菌株來生產，像是我們已相當熟悉且易培養的酵母菌、大腸桿菌、青黴菌、枯草桿菌等，以利快速進入量產的階段。

除此以外，因應極高單價的特殊抗癌藥物、生長激素等的生產，可以利用植物細胞與動物細胞來進行跨物種間的基因轉移，由發酵生產出所需的產物。

在發酵型態方面，一般來說，液態發酵的優勢在於可以做比較細微的產程條件的調控，容易監控批次生產的過程與結果。相對來說，比較穩定也容易放大生產，缺點則是生產設備的投資金額比較高。如果想在短時間內達到相當量的生產規模，液態生產會是最佳的選擇。固態發酵生產通常是在液態生產結果不佳、產量需求較小、或發酵結果要求比較不嚴謹時才會選用。

發酵的應用面相當廣泛，單單以農業為例，從病蟲害防治到堆肥製作，可用的微生物菌株與功能特性不下數十種。而在食品產業中，發酵的應用範圍包含直接添加的有益微生物，以及食物、食品調味或添加物的生產等，例如味精、醬油、食用色素、酒、醋、味噌、豆腐乳、臭豆腐、醬菜及乳酪。以下針對食品產業進一步舉例說明。

食品產業

味精 味精是台灣近代在食品發酵方面稱霸全世界的產品之一。台灣大學蘇遠志教授利用微生物，把簡單的原料直接轉化成味精，達到降低成本與拉升產量的目的，使台灣成為味精工業技術與市場的領先者。

醬油 純釀造醬油是大豆經過水解處理後，在鹽分環境下經過長時間發酵的產物。不過，一般市面上的醬油並非全是完全釀造而成，有些是經過化學程序處理的。

食用色素 紅麴菌在發酵過程中產生的色素，是常使用的紅色或黃色色素之一。

特殊胺基酸 一些保健食品中常添加的特殊胺基酸，也是由特定菌種發酵生產而來的。

酒類 以不同的植物原料，配上適合的微生物發酵而得。有些會經過再蒸餾處理，例如各種水果酒、葡萄酒、啤酒、高粱酒、白蘭地、米酒、伏特加等。它們發酵所需要的時間、酒精的濃度與風味，並不完全相同。

保健食品產業

除農業與食品以外，近年來發酵也延伸應用在保健食品與化妝品產業上。

腸胃道益生菌 國內所用的菌株以乳酸菌為主，包括耳熟能詳的養樂多代田菌、被稱呼成ABC三益菌的嗜酸乳酸桿菌、比菲德氏菌以及代田乳酸菌。雙叉桿菌（又常被稱作龍根菌）也經常用在食品中。此外，也有少數使用芽孢型乳酸菌。

這些益生菌的來源多是向丹麥、法國及日本購買的，然後在國內進行發酵或稀釋調配成產品，例如發酵乳、乳酸菌飲料、乳酪、優酪乳、酸乳、冷凍優格、乳飲料、奶粉或冰淇淋。另外，也有不少使用在點心、糖果、糕餅、蔬果汁、豆奶、發酵豆奶上，但還是以優酪乳、優格與養樂多類的飲料食品市場較大

腸胃道益菌除了傳統的腸胃道保健功能以外，近來也有科學報導指出，可用腸胃道益菌改善過敏。這些益菌已經商品化，並添加在幼兒食品中。此外，在日本已有相當久食用歷史的納豆，近幾年在廠商推廣下也變得熱門。除了原有的納豆鮮食型態外，液態發酵的納豆也單獨或混合紅麴、中草藥成分等做成保健食品。它的保健訴求在於納豆激酶可以改善血液黏稠度，以及納豆菌對於腸胃道的保健及幫助睡眠。這幾年也陸續出現相關專利，整體市場尚在成長中。

食藥用真菌類 這些真菌類包括靈芝、樟

前幾年相當火紅的原料－茄紅素，也不一定要由番茄生產而得，也可以經由像是三孢布拉撒的微生物來發酵生產胡蘿蔔素，再轉化成茄紅素。原本存在於紅藻內的蝦紅素，目前也可以利用紅酵母大量發酵生產。



微生物發酵的應用－醬油。



發酵技術於保健食品的應用

目前化妝清潔用品有含菌量上限的規定，因此活菌不能直接做為化妝品的原料，而主要是採用在化妝品中添加不含菌的發酵產物的方式，其中最具有知名度的是含有豐富的營養與生長促進因子的酵母萃取物。



含有輔酵素Q10的飲品、美容保養品及彩妝。

芝、雲芝、茯苓、舞菇、巴西蘑菇、冬蟲夏草、桑黃等。其中，比較早開始研究的是靈芝，已有豐富的相關資料，不管是在日本、大陸或台灣，都有相當多的單位或公司研究它的成分。菌類有效成分的功能主要在

免疫力調控、抗癌等，其他則因不同種類菌菇而有不同的功能，像是樟芝強調保肝、冬蟲夏草強調體力增強等。

利用發酵最大的好處，就是把原本來源、數量及品質都不穩定的野外採集菌類，改成液態或固態發酵，以確保有效成分、縮短時間及放大產能。同時，也可以減少批次間的差異，確保不因採集時期或地區的不同而有不同的功效。當然，減少野外採集對自然保育也有一份貢獻。

自然生長與人工發酵培養的差異處，就是後者需要靠發酵技術來改良。有些藥用的菌株因為每批採集都不盡相同，其實也不容易界定工業生產所用菌株是否就是原來真正的藥用菌株，甚至有些藥用菌原本就是多菌株的通稱。菌株本身的差異與培養的技術，其實都會影響到它的實際效果，因此儘量挑選知名廠商與有實驗數據的產品，對消費者比較有保障。

傳統上，紅麴是使用於防腐與食物染色，近代則把它應用於生產可以降低膽固醇及血脂的莫那可林K (Monacolin K)，即通稱的羅他他汀 (lovastatin)。此外，也可以用另外一種真菌—土麴菌來生產它。把中藥像是黃耆當成基質，再利用微生物發酵，經過安全性測試與功效測試後，也已在市場上銷售。

茶類發酵飲料—紅茶菇，是利用多種菌株把茶飲料發酵而成的，由於多菌株共同發酵，製程與品質控管比較困難。在低溫下把蔬菜無氧發酵幾個月，再分裝成飲

品販售，最早是由日本開始，目前也陸續引進台灣。

在台灣市場上可以見到的發酵原料，有幾丁質、幾丁聚醣等。其中一種生產方式是利用液態發酵生產大量真菌細胞壁，再經過酸或鹼處理，製備幾丁質或幾丁聚醣，做為機能性食品的原料，通常應用於瘦身或免疫調節方面。在醫藥上，也可以應用在降血壓及降膽固醇、生醫材料、藥物、新型止血劑等方面。

利用被孢黴菌屬可生產人體無法自行合成的 γ -亞麻油酸，能協助舒緩肌膚不平衡現象，是捍衛細胞膜健康的重要因子。

前幾年相當火紅的原料—茄紅素，不一定要由番茄生產，也可以經由像是三孢布拉黴的微生物來發酵生產胡蘿蔔素，再轉化成茄紅素。原本存在於紅藻內的蝦紅素，目前也可以利用紅酵母大量發酵，除了在抗氧化方面引起注意外，在增加肌肉對氧的利用力與視覺保護上，都有正面的研究報告出現。

化妝保養品產業

目前化妝清潔用品有含菌量上限的規定，因此活菌不能直接做為化妝品的原料，而主要是採用在化妝品中添加不含菌的發酵產物的方式，其中最具有知名度的是含有豐富的營養與生長促進因子的酵母萃取物。此外，對於追求美容保養流行趨勢的時尚消費者而言，對輔酵素Q10的功効應該不陌生吧！含有輔酵素Q10的飲品及美容保養品，在日本、香港地區都造成旋風式的搶購風潮。

衛生署在95年1月開放輔酵素Q10做為合法的食品原料，也引起國內搶購的旋風，目前也有相當多的產品問市。日本鐘淵化學工業公司是目前世界上輔酵素Q10供應量與市占率最大的廠商，就是利用酵母菌發酵生產的。

如果以產品的功能性來區分，微生物生產的各式各樣的化妝品原料有下列幾項。

保濕劑原料 例如透明質酸可以用基因轉殖的枯草桿菌來生產，而聚麩胺酸用一般的納豆菌來生產就可以了。

去角質原料 蛋白質及角質分解酵素或用在清潔產品中的油脂分解酵素，都可用枯草桿菌生產。

抗氧化原料 強效抗氧化劑—蝦紅素可由紅酵母合成，而麩胱甘肽及 γ -麩胺醯半胱胺酸可以用麵包酵母菌生產。

美白原料 麴黴菌屬和青黴菌屬都可以生產鞣酸。鞣酸的作用機制是藉由與銅離子結合，阻止酪胺酸酶的生成，進而降低酪胺酸酶活性，達到抑制黑色素生成、淡化黑斑的美白效果。

「仿曬」原料 利用二羥丙酮會和表皮蛋白質結合的梅納反應特性，可達到皮膚變褐色的目的，而以甘油為基質由弱氧化醋酸菌發酵，即可得到二羥丙酮。

除皺原料 肉毒桿菌所純化的肉毒桿菌素具有抑制神經的功用，在美容產業上是極具速效的除皺原料。

發酵產業的未來

發酵產業的好處在於不受自然環境的影響，只要發酵的技術與設備足夠成熟，都可以生產多樣化產品。現代社會逐漸邁入老年化，也更重視工作與休閒的平衡，因此，有益身體健康的保健食品會是未來的發展重點。隨著研發技術的精進，可以有效地降低成本及加速商品化的發酵技術，在保健食品產業中扮演的角色會越來越重要，而化妝保養品產業在未來也會仰賴發酵達到降低成本的目的。整體而言，微生物發酵技術除了應用在傳統產業中之外，將來也會因為保健食品與化妝保養品的需求而蓬勃發展，值得多加關注。 □

林昇慧 陳婉伶 郭武東
台鹽實業股份有限公司