

The cover features several stylized, abstract shapes representing microorganisms. In the top left, there is a vertical chain of green, rounded, bubble-like structures. In the top center, there is a single green, cloud-like shape. In the middle right, there is a large, dark green, multi-lobed shape. In the bottom right, there is a diagonal chain of orange, rounded, bubble-like structures. In the bottom left, there are several dark green, bean-shaped structures with long, thin, wavy tails, resembling flagellated bacteria. The background is a light, off-white color.

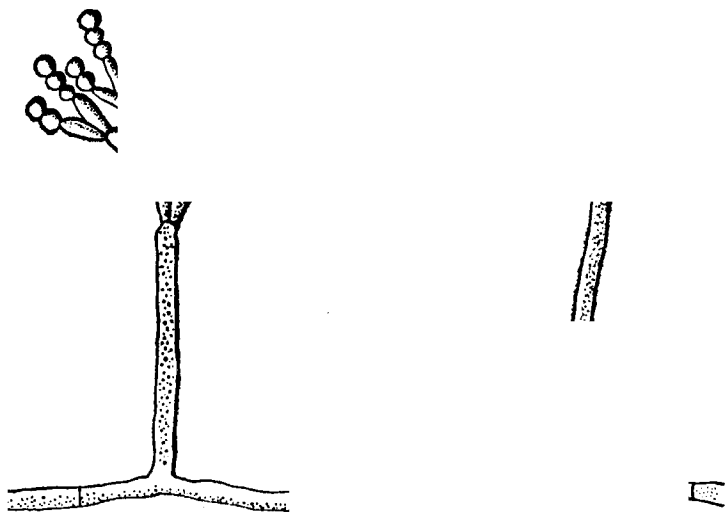
微生物與工業

李長庚編・香港萬里書店出版

OBES AND INDUSTRY

微生物與工業

MICROBE AND INDUSTRY



• 李長庚編 • 香港萬里書店出版

微生物與工業

李長庚編

出版者：香港萬里書店

香港北角英皇道 486 號三樓

(P.O. BOX 15635, HONG KONG)

電話：H712411 & H712412

承印者：立信印刷公司

九龍新蒲崗伍芳街 23-25 號 11 樓

定價：港幣三元六角

版權所有*不准翻印

(一九七二年十二月版)

目 次

一、微生物	1
(1) 微生物的特性	2
(2) 常用微生物的類羣及其形態結構	3
一、細菌	4
二、霉菌	9
三、酵母菌	15
四、放線菌	17
五、噬菌體	21
(3) 微生物在工業上的應用	28
二、微生物的營養與培養基的製備	32
(1) 微生物生活的基本營養	32
(2) 培養基的選擇	36
(3) 培養基的滅菌	40
(4) 製備培養基的操作步驟	45
三、微生物的選種、育種、保藏和復壯	49
(1) 選種	49
(2) 育種	61
(3) 菌種保藏和復壯	73
四、微生物發酵	80
(1) 工業發酵的類型	80

(2) 微生物發酵的工藝過程.....	81
(3) 綜合利用.....	104
(4) 發酵設備.....	105
(5) 石油微生物.....	119
五、 酶製劑在工業上的應用	125
(1) 酶的特性.....	125
(2) 酶的來源.....	127
(3) 使用酶製劑需注意的條件.....	127
(4) 酶製劑的應用.....	130

一、微生物

微生物是一羣很小的生物，一般用肉眼看不見，只有在顯微鏡把它們放大後才能看清楚。

雖然人們在沒有儀器的幫助下看不到微生物，但是在日常生活中卻經常感覺到它們的存在。例如，夏天食物放的時間久了，就會變餿變酸，表面上長出一層綠色或黑色的絨毛（放置了幾天的麵包是最好的實驗），這些絨毛狀的東西就是一類微生物，叫做霉菌。肉類食物放置時間久了會發臭，這多是由於一類比霉菌更小的微生物——細菌生長繁殖的結果。

如果在顯微鏡下仔細觀察，就能看到，微生物是一些形態不一，結構簡單，由一個細胞或多個細胞構成「身體」的生物。要是把它們分類，則可以區分為細菌、放線菌、酵母菌、霉菌、病毒、立克沈氏體及其他單細胞生物等幾大類羣。

微生物這東西，在其生命活動過程中，對於人類來說，不僅能使食物、物品腐敗變質，還可以使入、畜、家禽、農作物等染病，這是它的壞處；但另一方面，也有很多微生物在其生命活動過程中或在它們的作用下產生的很多東西，則是工農業生產、人們生活所必需的，例如：酒、醋、醬油、味精、丙醇、甘油及各種抗菌素等等。因

此，人們必須對微生物的特性有所認識，並掌握它們的生命活動規律，從而能夠應用它們，使其在工業生產上充分發揮作用。下面談談微生物的特性、類羣及工業上常用的微生物。

(1) 微生物的特性

微生物具有體積小、種類多、分佈廣、繁殖快、便於培養和容易發生變異等特性，並且在生產中不易受時間性、季節性、地區性的限制，所以在工農業生產上、在保健事業上越來越廣泛地被重視和應用。

現將微生物的上述共同特性分別加以說明。

1. 分佈廣、種類多 工業上應用微生物進行生產，首先必須找到一個符合具體要求的菌體。由於微生物在自然界分佈廣而且種類多，因此，在空氣、土壤、水及一些腐敗物上面均能找到。

2. 繁殖快 微生物的繁殖速度很快，而且基本上每一個細胞能夠獨立生活。例如，生產丙酮丁醇的梭狀芽孢桿菌，在生長旺盛的時候，20分鐘左右就能繁殖一代，因此在短時間內可以產生很多細胞。由於細胞基本上都能獨立生活，它們能充分接觸並吸收養料，所以有利於在短期內積累大量的產物。又如生產酒精的液體麴，從一個試管裏的黑麴霉 (*Aspergillus niger*) 孢子開始，逐步擴大到幾十萬升的液麴，其繁殖時間只要花三、四天。這些液麴能把幾百噸的山薯乾轉化為發酵時酵母菌所能利用的糖

類，生產幾百噸的酒精。

3. 易於變異 大多數微生物都進行無性繁殖 (Asexual reproduction)，容易發生變異，而且這種變異具有相對的穩定性，因此在工業上利用這一特性，通過生產菌種的選育工作，配合發酵條件的改革，可以使產量大幅度地提高。例如，在某些抗毒素生產中，開始產量每毫升中只有幾十或上百單位，經過菌種的選育，配合發酵工藝的改革，產量可以提高到上千單位。

4. 易於培養 工業上應用微生物不但要求能很快地繁殖，而且要求容易培養。微生物在固體培養基上已經比別的生物長得快，而在液體培養基中則比在固體培養基上長得更快，同時還能產生更多的發酵產物。工業上培養微生物的原料主要是山薯粉、玉米粉、麩皮、米糠或糖廠的糖蜜等，這些原料成本低，容易得到。目前，人們正在進一步利用野生植物或農副產品作為原料，這就使到微生物的利用更加廣泛。

同時，微生物的作用比較溫和，它的轉化作用一般是在常溫常壓下進行的。因此它相對於某些化工生產工藝來講，有其特點。許多國家正在利用微生物從事化工生產。

(2) 常用微生物的類羣及其形態結構

在微生物的幾大類羣中，目前工業生產上常用的是細菌、霉菌、酵母菌和放線菌等幾大類，下面把它們的一般形態特徵、結構，分別介紹如下：

一、細菌

細菌的形態大小 細菌 (Bacteria) 多是單細胞生物 (Unicellular organism)，它的單個細胞是肉眼看不見的，但是把細菌接種到固體培養基上，經過一定時間的培養、生長繁殖，在培養基上就形成各種各樣肉眼看得見的微生物羣體，稱為菌落。菌落的形態、結構、大小、色

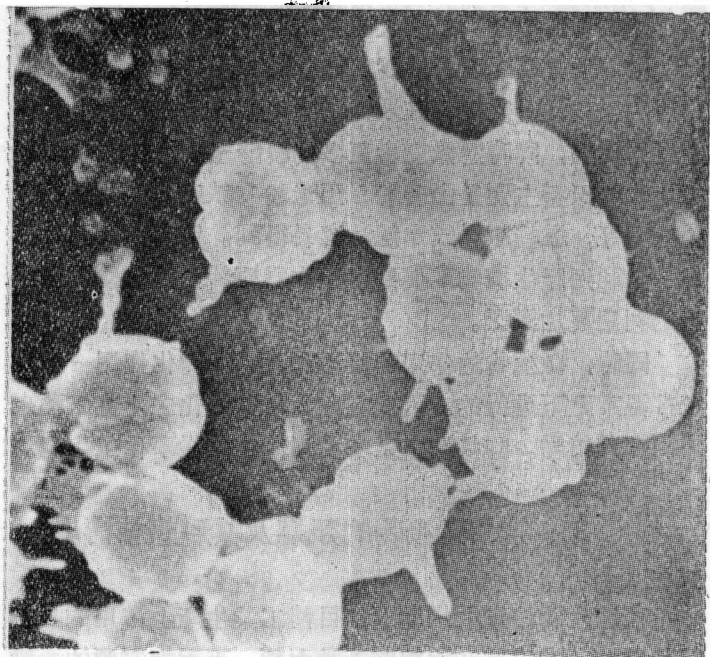


圖 1.A 葡萄球菌在顯微鏡下之真像
大者為葡萄球菌，旁邊細小的為分泌物。

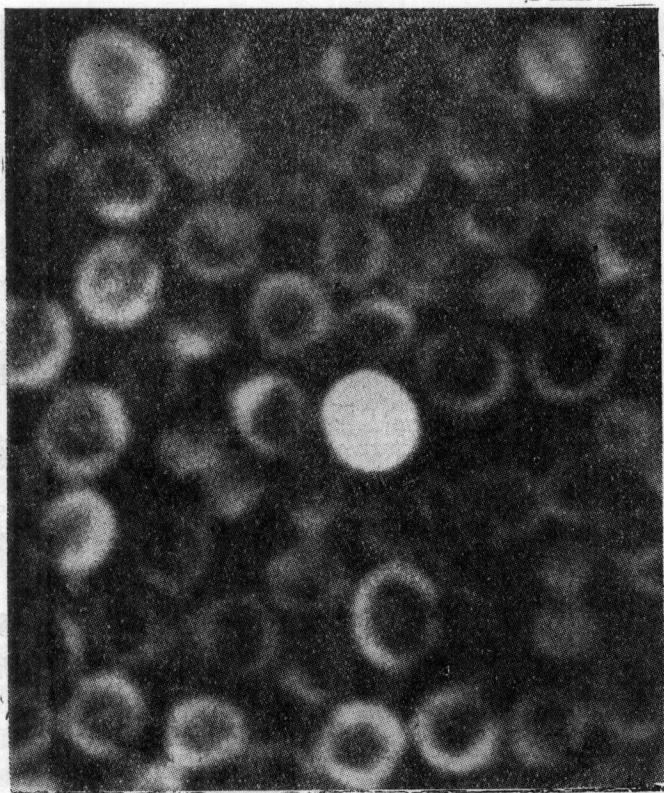


圖1B 葡萄球菌之一種在顯微鏡下之真像

澤、透明度、黏稠度、邊緣結構以及菌落所產生的色素等，均隨着細菌種類的不同而不同。在一定的條件下，每一種細菌保持一定的形態：如球狀、桿狀、弧狀或螺狀等幾種基本形態（見圖1）。但是當生活環境改變時，細菌個體形態常有所改變。現在工業生產上常用的細菌以桿狀

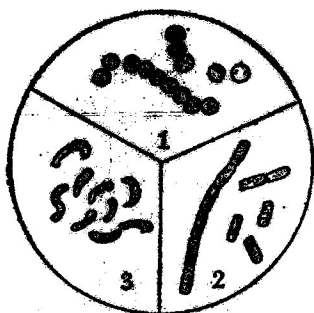


圖1 C細菌的各種形態
1. 球菌 2. 桿菌 3. 弧菌

菌(*Bacillus*)為多, 如生產谷氨酸的短桿菌, 生產丙酮丁醇的梭狀芽孢桿菌, 生產蛋白酶及澱粉的枯草桿菌(*Bacillus subtilis*)都屬於桿菌類。製做「乳酶生」藥品的是鏈球菌(*Streptococci*)。弧形菌生產上很少用到, 它們能引起人的疾病, 如霍亂病原菌就是一種弧狀菌, 叫做霍亂弧菌。

細菌的大小隨種類不同有很大差異, 但一般不超過幾個微米(一微米等於千分之一毫米, 一微米又以 μ 作單位)。球菌直徑一般為0.5~2微米, 桿菌和弧菌一般長1~5微米、寬0.5~1微米。

細菌以裂殖的方式來繁殖後代, 即一個細菌細胞分為兩個, 兩個分裂為四個, 四個分裂為八個, 如此連續不斷地進行分裂繁殖(即無性繁殖, *Asexual reproduction*)。一般在幾十分鐘或1~2小時就能繁殖一代。

細菌的細胞結構 細菌細胞是微小的, 但其內部構造與高等生物細胞一樣是很複雜的。它的基本結構包括細胞壁、細胞質膜、細胞質和細胞核等構成。圖2為細菌細胞結構模式圖: 1為夾

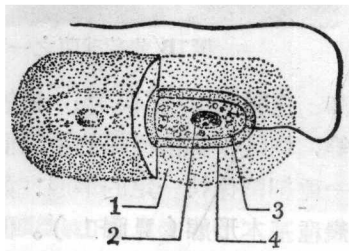


圖2 細菌細胞結構模式圖

膜，2 爲細胞核，3 爲細胞質膜，4 爲細胞壁。現分別敘述於後：

【細胞壁】 細胞壁 (Cell wall) 處於細菌細胞的最外層，無色透明，堅韌而富有彈性，能使細菌保持一定的外形，並且有保護作用。

【細胞質膜】 細胞質膜 (Plasma membrane) 是在細胞壁裏面的一層薄膜，主要由脂類、蛋白質和核糖所組成。它是具有選擇性吸收作用的半透性膜，在吸收營養物質方面起着重要作用。

【細胞質】 細胞質 (Cytoplasm) 是細胞質膜裏面的一種黏稠的膠體物質，其主要成分是水、蛋白質、核糖核酸、類脂質等。細胞質中含有一系列酶系統，依靠酶的作用，將營養物質進行合成和分解，不斷更新細胞內部的結構和成分，維持菌體的生長代謝等活動。

【細胞核】 細胞核 (Nucleus) 和核質中的脫氧核糖核酸與微生物的遺傳變異有密切的關係。細菌和放線菌的核沒有核膜 (Nuclear membrane)，霉菌和酵母菌的核具有核膜。一般霉菌的菌絲細胞爲多核，孢子則常爲單核。酵母菌一般只具單核，細菌則常是單核的或雙核的。

某些細菌除了上述的結構外，在一定條件下或生長到一定階段時，能產生另外一些特殊結構，可作爲鑒別細菌種類的依據。細菌的特殊結構敘述如下：

【荚膜】 有些細菌在一定條件下，向細胞壁表面分泌一種黏液狀物質，形成黏液層，某些細菌的黏液層增厚，就成爲荚膜。細菌的荚膜有保護作用，是一種多糖類

物質。當營養缺乏時，細菌可以利用莢膜多糖作為它的碳源和能源物質。

【鞭毛】 某些桿菌 (*Bacillus*)、弧菌及少數球菌 (*Coccus*) 的幼齡時期，菌體上長有纖細的絲狀物，稱為鞭毛，鞭毛的成分是蛋白質，它是細菌的運動「器官」。細菌鞭毛 (*Flagellum*) 的數目和着生位置隨種類不同而異，因此可作為鑒別細菌的依據之一。由於鞭毛極其細微，在普通染色塗片上不易見到。所以一般可以通過深層半固體培養基穿刺接種來判斷鞭毛的有或無。即在半固體培養基 (試管) 內穿刺接種，如該菌有鞭毛，則在接種的周圍彌漫生長，若該菌沒有鞭毛則菌只能在接種上生長，見圖3。

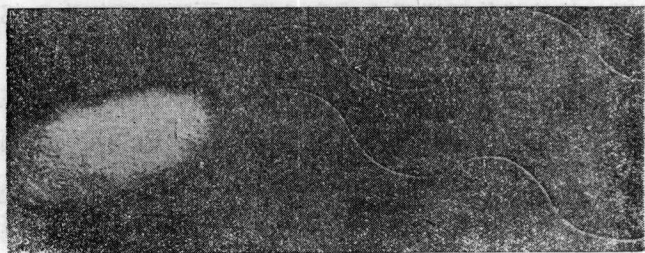


圖3 綠膿桿菌的鞭毛 (放大20,000倍)

【芽孢】 某些細胞在其生活過程中，由營養細胞內原生質 (*Protoplasm*) 和核質凝結起來，外面形成一層緻密的膜，成為一個休眠體，稱為芽孢。芽孢的折光性強，在顯微鏡下成為一個透明體。芽孢的含水量較營養細胞少，代謝活力低，對不良的外界環境如高溫、乾燥、光

線、化學藥品等有較強的抵抗力。有些芽孢能保持十幾年以上，而不喪失其活力。一般細菌的營養細胞約在 100°C 沸水內10分鐘就死亡，而芽孢在濕熱加壓的情況下，則要到 120°C 以上15分鐘才能殺死。因此，在工業生產中，如何殺死有芽孢的細菌是值得重視的問題。

芽孢的形狀、大小，在菌體中的位置等，都因細菌的種類而不同。芽孢是芽孢桿菌鑑定的標誌之一。

二、霉菌

霉菌的菌體是由許多菌絲 (Hypha) 組成的菌絲體 (Mycelium)，菌絲為管形絲狀組織，大部分為無色透明，有的含有色素。菌絲比細菌粗3~5倍。在固體培養基上菌絲又分為兩部分：一部分是營養菌絲，伸入培養基內部或漫生於培養基表面，攝取營養，排泄代謝物；另一部分是氣生菌絲，生長在培養基上面，可產生孢子 (Spore)，繁殖後代。根據霉菌的不同種類，菌絲可分為兩種類型，即有多細胞隔膜和單細胞無隔膜兩種，其中以有多細胞的霉菌佔大多數。

霉菌的繁殖方式有無性繁殖 (Asexual reproduction) 和有性繁殖 (Sexual reproduction) 兩種。無性繁殖產生分生孢子或孢子囊孢子；有性繁殖產生囊孢子。通常在試管斜面培養的種子，就是應用霉菌無性繁殖產生的分生孢子或孢子囊孢子。好氣菌在液體靜止培養時，於培養基表面形成菌膜，菌膜上部產生氣生菌絲，形成無性孢子。在

發酵液體罐內液體培養時，霉菌只產生菌絲，不形成孢子。霉菌生活在自然界中，有些能產生有性孢子，而在生產上很少能進行有性生殖。

霉菌是工農業生產中廣泛應用的一類微生物，特別是赤霉素和發酵飼料的推廣應用，開闢了霉菌為農業服務的廣闊天地。霉菌種類佔微生物種類的絕大部分，但目前用於工農業生產的僅是極少數，所以在這方面的豐富資源，仍有待於人們進一步去發掘。現在就幾種工業上常用的霉菌介紹一下。

(1) 根霉

根霉的菌絲向四周蔓延，形成密密的棉絮狀的菌絲，充滿整個培養皿，這一特點很容易被人們認識。在顯微鏡下可以看到，菌絲不分隔，從蔓延的匍匐菌絲向基質中生長形成假根（Rhizoid），向上形成直立的小梗，稱孢子囊柄，頂端着生孢子囊（Sporangium），孢子囊內產生

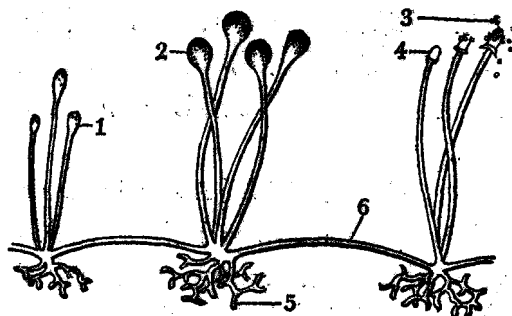


圖4 根霉形態圖

- 1-未成熟的孢子囊 2-成熟的孢子囊 3-孢子囊孢子
4-散發孢子後的孢子囊 5-假根 6-匍匐菌絲

許多孢子囊孢子，成熟時孢子囊破裂，孢子（Spore）放出，再繼續繁殖。圖4為根霉的形態。

根霉對環境的適應性很強，生長極為迅速，常出現在腐敗物上如饅頭、甘薯等物上，空氣中也存在着大量的孢子。在發酵工業上，根霉用作澱粉糖化菌、有機酸發酵以及甾體物質的轉化等方面。在飼料發酵中根霉能糖化飼料，增加飼料的營養價值。

(2) 麴霉

麴霉種類繁多，分佈廣泛，目前在發酵工業上應用的霉菌，大部分是這類菌。工業上利用麴霉生產各種酶製劑，如澱粉酶、蛋白酶等，各種有機酸，如檸檬酸、葡萄糖酸、五倍子酸等。農業上發酵飼料，也常應用麴霉。

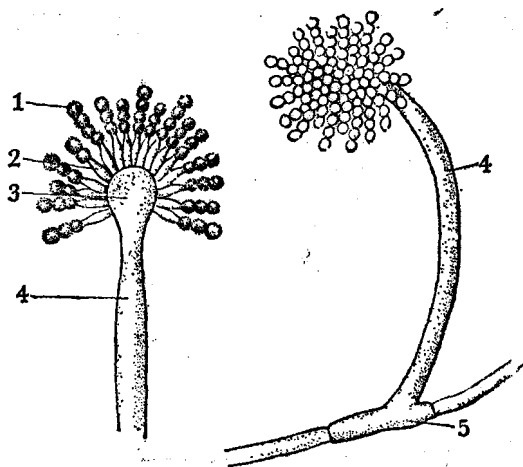


圖5 曲霉形態圖

1- 分生孢子 2- 小梗 3- 頂囊 4- 分生孢子柄 5- 足細胞

黴霉的形態與根霉不同，其菌絲有隔膜，從基質菌絲分化出厚壁的足細胞，上面生出分生孢子柄，其特點是頂端膨大，成爲圓形或橢圓形的頂囊，在頂囊外面產生輻射狀一層或兩層小梗，小梗上長有成串的分生孢子，分生孢子因種類不同呈黃、綠、黑、白等各種顏色。一般分生孢子的顏色決定菌落正面的顏色。圖5爲黴霉的形態。

(3) 青霉

青霉十分接近於黴霉，同樣也分佈極廣，種類甚多，其中點青霉 (*P. notatum*) 和黃青霉 (*P. chrysogenum*) 是產生青霉素 (*Penicillin*) 的菌種。在醫藥上起着重大作用。目前在工業上還應用青霉製造有機酸及分解纖維素等。青霉菌絲也有隔膜，但無足細胞，分生孢子柄頂端不膨大成頂囊，而是直接分叉生出小梗，並連續分枝，最後

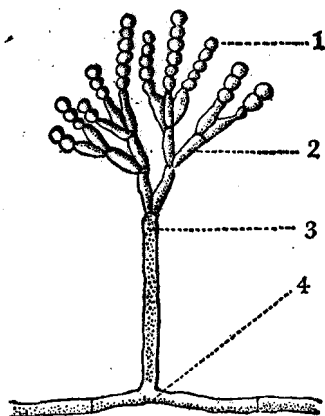


圖6 青霉形態圖

1- 分生孢子 2- 分生孢子小梗 3- 分生孢子柄 4- 菌絲