

BOOK

FU-WEN

食品群

教育部審定

食品微生物

Food microbiology

黃忠村 編著



圖書有限公司

20121

FU-WEN

食品群

教育部審定

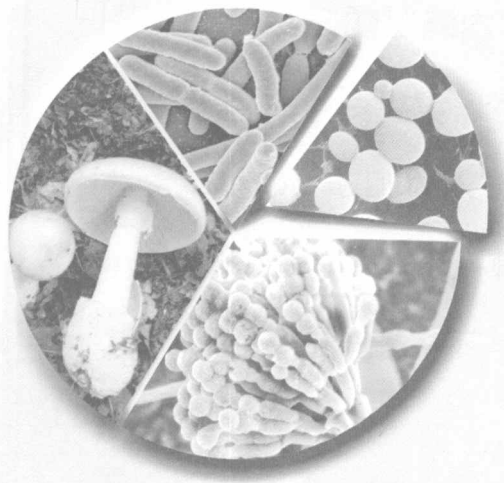
港台書

編輯大意

食品微生物

Food microbiology

黃忠村 編著



國家圖書館出版品預行編目資料

食品微生物 / 黃忠村 編著. --初版. --

臺南市：復文圖書，2011.03

面；公分

ISBN 978-986-6368-62-2 (平裝)

1. 食品微生物

369.36

100004636

食品微生物

編 著：黃忠村



版權所有·翻印必究

發行人：吳 佳 勳

出版社：復文圖書有限公司

住 址：台南市林森路二段63號

E-mail：fuhwen.book@msa.hinet.net

網 址：www.fwbook.com.tw

電 話：(06)3132755 · 3135219 · 2386935

傳 真：(06)3134544 · 2386937

劃撥帳號：31561190 戶名：復文圖書有限公司

出版日期：二〇一一年四月審定初版發行

香港地區經銷處：

精美圖書有限公司

香港柴灣永泰道50號港利中心802室

電話：2964-0238 傳真：2549-7223

基價：6.40 元

F 208

編輯大意

1. 本書依據中華民國97年教育部修正發布之職業學校食品群食品微生物（Food Microbiology）課程綱要編輯而成。
2. 本書章節之編排分六個單元主題，提供食品加工科二年級上、下學期，每週一小時，每學期一學分之課程使用。
3. 本書目的在使學生或有志於此領域的學習者，認識食品微生物、食品腐敗及食品安全與微生物之關係。
4. 本書資料豐富，圖片說明清楚，教材完整並力求簡潔，教師可依實際需要斟酌授課內容；每章之後，並附有學習評量，可供學生練習，強化學習效果。
5. 附有※之章節，教師可依實際需要取捨教學。
6. 筆者才疏學淺，雖本書編輯力求簡要明瞭，但疏失之處在所難免，尚祈各界先進，不吝惠予指教。

中華民國九十八年八月十六日

編著者 謹識

目錄

Contents

第1章 食品微生物概論/1

第 1-1 節 微生物發展史/1

第 1-2 節 微生物在食品的利用/10

學習評量（一）/15

第2章 食品微生物的種類/18

第 2-1 節 微生物的命名與分類 /18

第 2-2 節 細菌/22

第 2-3 節 酵母菌/44

第 2-4 節 黴菌/56

第 2-5 節 食用菇類/72

學習評量（二）/81

第3章 微生物的一般生理/87

第 3-1 節 微生物生長環境/87

第 3-2 節 微生物的營養/98

第 3-3 節 微生物的增殖及保存/102

學習評量 (三) /119

第4章 微生物的酵素/124

第 4-1 節 酵素一般性質/124

第 4-2 節 酵素的分類/129

第 4-3 節 微生物酵素的生產、分離與精製/132

第 4-4 節 微生物酵素的應用/135

※第 4-5 節 微生物酵素製品/137

學習評量 (四) /144

第5章 微生物的代謝及利用/147

第 5-1 節 微生物的代謝/147

第 5-2 節 酒精發酵/157

第 5-3 節 醋酸發酵/161

第 5-4 節 乳酸發酵/164

第 5-5 節 胺基酸發酵/166

第 5-6 節 廢水處理/171

學習評量 (五) /178

第6章 食品腐敗與食品衛生檢驗/183

第 6-1 節 食品腐敗/183

第 6-2 節 食物中毒/187

第 6-3 節 食品之病原性微生物/194

第 6-4 節 微生物快速檢驗及其應用/204

第 6-5 節 膜過濾微生物檢驗/212

學習評量 (六) /215

參考文獻/220

英文索引/223

圖片來源/257

第1章

食品微生物概論

1-1 微生物發展史

除動物與植物外，自然界中尚有一群構造簡單，形態極小，肉眼不易觀察，須藉顯微鏡始能觀察到的微小個體，此種微小的生命體，稱為微生物，包括細菌、酵母、黴菌、原生動物、藻類、病毒等。在顯微鏡發明與微生物發現後，對此類生物始有更深一層的了解與研究。

一、微生物概念

微生物具有簡單原始的構造，與植物、動物之間有頗多的差異，主要特徵如下：

(一) 種類衆多、分布廣泛

微生物種類眾多，根據統計，已發現的微生物種類在十萬種以上，且微生物的個體微小，隨風飄浮空中，隨水滲入土層，也可藉由空氣、流水、動物、植物及食物為媒介而傳播，因此，在我們生活環境中便無可避免的要與微生物為伍。微生物的種類不同，其生態特性也就不同，從動植物的體內外、排泄物、食物、空氣、土壤、河川、堆肥、垃圾到高山、深海、冰雪、沙漠等極地，只要在地球生物圈中，皆可發現它的蹤跡。

(二) 代謝能力強，繁殖速度快

理論上，以代謝能力來說，乳酸菌細胞能產生為其體重 $10^3 \sim 10^4$ 倍的乳酸產量；以繁殖速度而言，大腸桿菌在適當環境下以20分鐘分裂一次，一夜之



間即可達到理論數目約 47×10^{22} 個菌體，此種代謝能力與繁殖速度之快為其他真核生物所無法相比的。

(三) 環境影響大、易發生變異

由於微生物的體積微小，使得表面積/體積的比值顯得巨大，例如直徑 $5 \mu\text{m}$ 的球菌其表面積與體積的比值約為100000，此種巨大的表面積，使得營養與廢棄物進出細胞較為容易，因而造就了微生物的高代謝能力與生長速度，但相對的也使微生物受環境的影響加大，一旦環境條件改變，不適微生物生長時，許多微生物將死亡或發生變異。

在自然界中微生物所扮演的角色依菌種而異，有些微生物可行光合作用產生氧氣，提供自然界生物能量的來源，有些微生物為自然界的清道夫，專司分解動植物的屍體、排泄物、廢棄物與垃圾，有些微生物會造成食品的腐敗或導致動植物疾病的發生，也有些微生物用於食品發酵，豐富改善人類的生活。此外，另有一大群的微生物其角色尚未清楚，對人類既無益也無害。

二、微生物的發現

人類對微生物存在的事實，在顯微鏡發明後，才開始了解。1665年英人虎克(Robert Hooke)以顯微鏡觀察植物的細胞構造，確立了生命的基本單位—細胞，當時並未引起人們的注意。直到1680年荷蘭人雷文霍克(Antony van Leeuwenhoek, 1632~1723) (圖1-1) 以其自製的簡單型顯微鏡觀察到雨水、唾液、胡椒浸液中充滿著如蝌蚪般泳動的微小生物後，人類的視野從此才進入微生



圖1-1：雷文霍克畫像

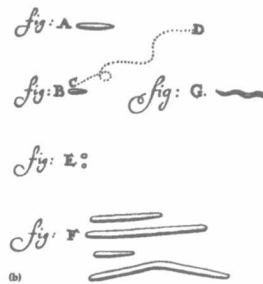


圖1-2：雷文霍克發現的微生物繪圖

物的世界（圖1-2）。雷文霍克雖開啟了微生物學的第一道曙光，但當時微生物的發現並未受到重視與注意，直到十九世紀，由於顯微鏡技術與化學知識的進步，微生物學才有了突飛猛進的發展。

三、微生物的來源

自從雷文霍克發現微生物後，當時對微生物的來源有兩種不同看法，其中一種認為生命可來自於無生命的個體，因此微生物可自然發生，此稱為自然發生說(spontaneous generation)，主張此學說的學者以亞里斯多德(Aristotle)、尼丹(Needham)為代表，而另一派的學者則認為生命必將源自於生命，微生物乃由上一代生長而來，稱為生物發生說 (biogenesis)。此兩種學說各能以其實驗加以證明，因此十九世紀初，對微生物之研究也僅集中於來源之爭辯，而特性之探討則進步甚少。



圖1-3：巴斯德(1822-1895)



圖1-4：巴斯德瓶。曲頸彎處為塵埃沈澱的位置。

巴斯德 (Louis Pasteur) (圖1-3) 為法國的一位化學家，1861年他製作一個能讓空氣自由進入瓶內，而塵埃留在曲頸彎處的鵝頸瓶（圖1-4），首先他把肉汁裝入鵝頸瓶內，經煮沸後，頸口不密封，微生物也不會生長，但若曲頸除去，則不久後便有微生物產生，證明了空氣中的微生物才是導致肉汁中微生物生長的原因。然而反對者認為肉汁既經加熱，已不適合微生物生長，因此，巴斯德於煮沸過的肉汁中再接種微生物，而微生物依然可繁殖。至此，微生物來源之爭論始塵埃落定，生命來自於生命的觀念就此建立矣！



四、微生物在生物界的位置

雖然在1680年，雷文霍克就已發現微生物，然而十八世紀以前，人們仍將地球上的生物區分為動物界及植物界，直到顯微鏡發明後，生物學家對於微生物的種類、特徵與構造才有所了解，因此一部份的微生物其性狀如植物，一部份的微生物則又類似動物，有些微生物則同時具備動植物的性質，因此，微生物的出現，局限於動植物界的分類已不符合吾人之需求。

(一) 原生生物界

1866年，德國動物學家赫凱爾氏(E.H.Haeckel)主張在動植物界之外另立一界，稱為原生生物界(Protista)，以包含那些構造簡單，組織分化不健全，但具有明顯細胞形式的微生物。因此，原生生物界包括細菌(bacteria)、藍細菌(cyanobacteria)、藻類(algae)、真菌(fungi)、原生動物(protozoa)，其中細菌與藍細菌之構造簡單，屬於低等的原生生物，而藻類、真菌與原生動物則被視為高等的原生生物。

(二) 原核生物與真核生物

1940年以後，由於電子顯微鏡技術的進步，得以明確地觀察細胞內部的構造。低等的原生生物，其細胞之細胞核構造不完整，無核膜與核仁，稱為原核細胞(prokaryotic cell)，而高等的原生生物，其細胞具有完整核膜與核仁，稱為真核細胞(eukaryotic cell)。因此，細菌、藍細菌屬於單細胞原核生物，酵母、原生動物屬於單細胞真核生物，而高等的真菌、藻類則屬於多細胞真核生物。

表1-1：真核與原核細胞及其所包含之生物

細胞型式	細胞核構造	細胞特徵	主要生物
原核細胞	無核膜、核仁， 無有絲分裂器	單細胞，細胞缺乏分化作用	細菌、藍細菌
真核細胞	有核膜、核仁及 有絲分裂器	單細胞、多細胞或長鏈多細胞 細胞與組織少有分化或無分化	真菌、藻類、 原生動物
	有核膜、核仁及 有絲分裂器	多細胞，細胞與組織充分分化	動物、植物

(三) 生物五界系統

1969年，懷特克氏(R.H.Whittaker)以細胞之構造及其三種主要營養方式：光合作用、吸收作用、攝食作用為分類基礎，提出生物五界系統(five-kingdom system)，此為較被廣泛接受的分類方法。在此分類法則下，原核型的細菌與藍綠藻等缺乏營養消化方式的生物，屬於單細胞原核生物界(kingdom Monera)；單細胞真核型的生物如微藻類(microalgae)、原生動物、黏液菌等包含上述三種營養方式，屬於原生生物界(kingdom Protista)；多細胞真核型的生物則依營養方式的不同分成三類，綠色植物、高級藻類等以光合作用獲得營養者屬於植物界(kingdom Plantae)；多細胞高等真菌如黴菌、蕈類等以吸收作用獲得營養者屬於真菌界(kingdom Fungi)；多細胞高等生物以消化作用獲得營養者則歸於動物界(kingdom Animalia)。生物的演進概由原始的原核生物開始，部份生物則經由單細胞真核生物行組織分化，演進為多細胞真核生物，其中行光合作用者進化為植物界，行消化作用者進化為動物界，以吸收作用為營養方式者則演化為真菌界（圖1-5）。

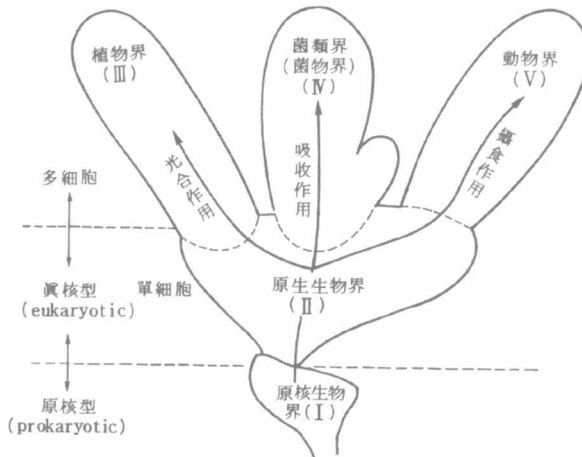


圖1-5：生物五界系統（Whittaker,1969）

1979年，大陸陳世驤等學者將非細胞的生物單列為病毒界，與原有的五界合併為微生物六界系統，若依此分類系統，微生物分別屬於病毒界、原核生物界、原生生物界、與真菌界（表1-2）。

表1-2：微生物在生物界的位置

生 物	界 級 分 類	細 胞 構 造	類 群
微 生 物	病毒界	非細胞生物	病毒、類病毒
	原核生物界	原核細胞生物	細菌、藍細菌、立克次體、支原體、衣原體
	原生生物界	真核細胞生物	原生動物、單胞藻
	真菌界	真核細胞生物	酵母、黴菌、蕈類、粘菌
植 物	植物界	真核細胞生物	植物各門
動 物	動物界	真核細胞生物	動物各門

(四) 原始細菌、真細菌與真核生物

1977年以前的科學家認為原核生物之構造簡單，為最原始的生物，真核生物乃由其演化而成，然而Carl Woese 等人在1978年由rRNA的比較研究推論生物的演化乃由一共同祖先經個別途徑的進化而成，原始細菌、真細菌及真核生物為最初三大主要進化分支，各分支內再進化為不同的世系(圖1-6)，在進化階段中，某些真細菌曾侵入真核生物細胞中，形成共生關係，爾後更進化為粒線體、葉綠體等胞器，提供真核細胞呼吸與光合作用的能力，此三大分支即為生命的基本分界，此種新的分類系統已為科學界支持，而微生物的範圍則包括原核生物的原始細菌、真細菌及真核生物中的藻類、真菌及原生動物。

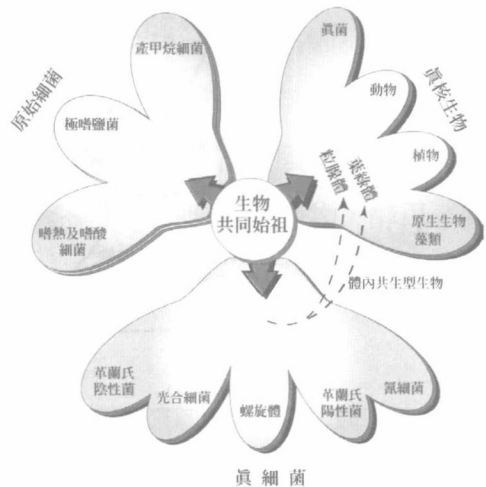


圖1-6：生物分類的三大領域系統

五、發酵學說與病原菌說

自從微生物發現後，科學家們才漸漸了解到微生物與人類關係的密不可分，舉凡食物的發酵與腐敗，動植物疾病的傳染皆與微生物有關。在這之中影響後來微生物學發展較為深遠者，主要有發酵學說與疾病病原菌說。

(一) 發酵學說

發酵與腐敗自古即為人們熟知的現象，人們以經驗利用發酵作用，同時也想辦法去避免腐敗。1857年法國的巴斯德以實驗證明酒精發酵並非單純的化學變化，乃是酵母菌在無氧狀態下所引起的作用。對於不同的發酵作用，巴斯德也認為各有其特異的微生物種類。此外，在研究酪酸發酵的過程中，巴斯德發現微生物對氧氣的需求並非一致，因而將細菌區分為好氣性菌與嫌氣性菌。同時巴斯德也發現，葡萄酒釀造時的酸敗現象，乃因醋酸菌的二次發酵所引起的，因此發明了巴氏殺菌法(Pasteurization)，在不影響酒類品質下殺死污染的微生物，非但拯救了當時法國的釀酒業，也證明了微生物與食品發酵及腐敗的直接關係。由於對微生物學的重大貢獻，因此後人尊稱巴斯德為微生物學之父。

(二) 病原菌說

當十八世紀中葉，蠶的微粒子病襲捲法國時，巴斯德以五年的研究分離出蠶的微粒子病原，除挽救了法國的蠶絲工業，也確立了微生物與疾病的關係。不久，歐洲各地到處流行著炭疽病，1876年德國醫生科赫(Robert Koch) (圖1-7) 從牛羊血液中發現了炭疽病的病原菌，之後他以病牛的血液注射到健康的家畜使之生病，並從生病家畜中的血液發現了原來的病菌，因此，證明了細菌為該疾病之病因。在完成炭疽病的研究後，科赫開始研究人類的病原菌，1882年，科赫自肺結核病人中分離出結核桿菌，同時也證明了霍亂的病源為霍亂弧菌。科赫雖然發現了一切疾



圖1-7：實驗工作中的科赫



病都起因於細菌，但未進一步的研究如何防止細菌的傷害。1881年巴斯德發現當健康的雞接種減毒的病原菌後，此雞非但不生病，反而產生抗體，對疾病具有免疫作用，自此，有關免疫學的研究也開始興起！

六、應用微生物學的發展史

應用微生物學為專門研究微生物以從事生產有用物質或應用其特殊機能以增進社會福利之科學。自從巴斯德與科赫發表有關微生物的研究後，帶動了整個微生物學的研究熱潮。1878年，丹麥的Hansen發明了啤酒酵母的純菌培養法，開創了釀酒界與發酵工業的新局面，此外林德奈(Lindner)發明了小滴培養法，簡化了純菌培養的操作，使得發酵工業技術正式由自然發酵法進展到純菌培養法。1897年法國Buchner兄弟更確認了酵素才是發酵作用中的主要角色，研究酵素的種類與反應機構即能了解發酵作用的進行。

20世紀以後，隨著細胞學、生物化學、酵素學的發達，應用微生物學的發展非常迅速。1929年英國的富萊明(Fleming)在無意間觀察到受青黴菌污染的金黃色葡萄球菌產生溶菌死滅的現象，發現了青黴素。此後由於發酵技術的進步，各種維生素、胺基酸、有機酸、核酸相關物質的發酵法也陸續被發現，同時隨著發酵原理與代謝途徑的了解，人們也開始應用營養要求變異菌株(auxotrophic mutant)與代謝控制發酵(metabolic control fermentation)技術，達到生產的目的。1983年日本的敷田等人由 *Gibberella fujikuroi* 生產植物生長荷爾蒙-赤黴素(Gibberellin)，促進農作物的快速生長；而以微生物的孢子寄生於昆蟲體內，作為殺蟲劑防止農作物病蟲害的技術也開始應用。至此，微生物應用範圍除食品、營養、醫學、藥學外，也延伸到農業的生產上。

近來，應用微生物學更朝多方面發展，例如糧食開發方面，利用藻類、酵母等菌體生產單細胞蛋白質作為食料或飼料以解決因人口急速膨脹所造成的糧食危機；礦業方面，應用微生物回收礦石中金屬的微生物選礦法(bacteria-leaching)取代了部份的化學提煉法；公害防治方面，利用微生物分解有機物以淨化廢水或以藻類吸附水中的重金屬，也都能有效地達到防治污染的目的。

今日，由於分子生物學與遺傳生化學的快速發展，利用重組DNA技術(recombinant DNA technique)，將DNA片段自一生物轉移至另一生物，可製造出不同目的的菌種與生物。例如，以微生物為工廠，生產胰島素(insulin)、干擾素(interferon)、人類生長激素(human growth hormone)、血凝因子VⅢ(blood clotting factor VⅢ)、B型肝炎病毒疫苗等基因產物或產生具有抗蟲害、高營養成份的基因轉殖作物(transgenic plants)等。此種生物科技的發展(圖1-8)，將徹底改變人類的生活，未來在分子生物學與生化學的研究努力下，將再對人類的福祉做出更多的貢獻。

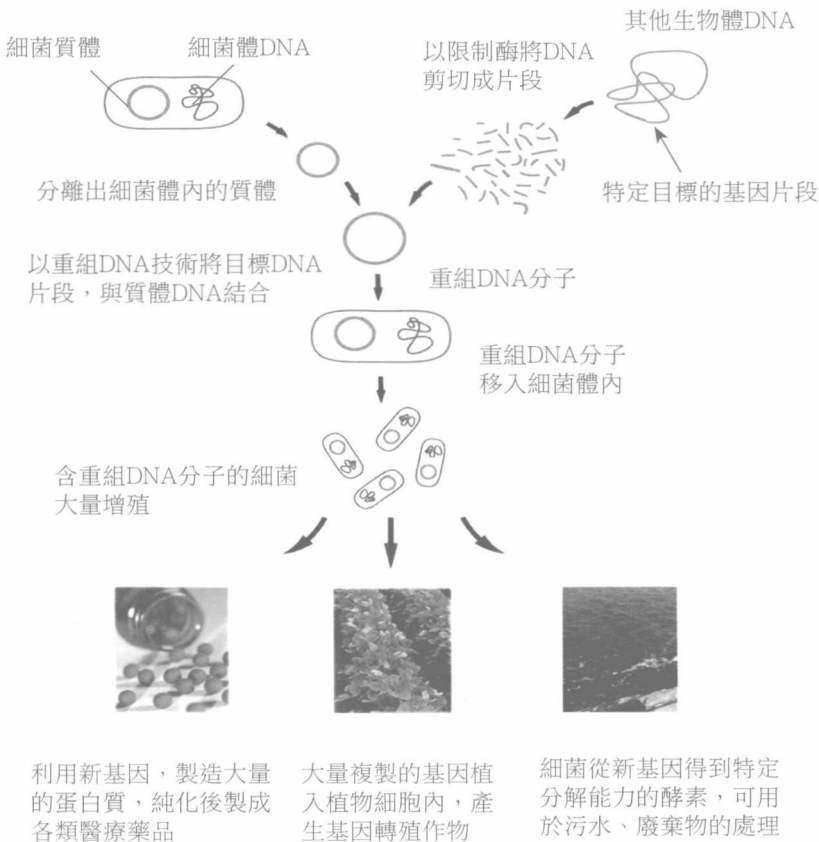


圖1-8：重組DNA流程與應用

1-2 微生物在食品の利用

目前，微生物已應用於食品、醫藥、飼料、肥料、冶礦、製革、紡織及廢水處理等方面，其中在食品上的利用，可說是最早也最為廣泛。主要利用的微生物，有細菌、酵母、黴菌與蕈類，依其類別可分為六大類，分述如下：

一、菌體及菌體成份の利用

微生物菌體含有不亞於農作物的營養成份，但又不同於農作物的栽培所需要的廣大土地與陽光，在發酵槽中即可快速培養。例如，酵母細胞中含有蛋白質、醣類、脂肪、維生素、無機鹽、卵磷脂等營養成份，尤其蛋白質的含量在50%以上，其中富含多種的必需胺基酸，為良好的蛋白質來源（表1-3）。有的酵母菌如假絲酵母菌屬（*Candida*），更能以碳氫化合物為碳源，生產石油單細胞蛋白質，可有效解決世界糧食荒的問題；屬於擔子菌的洋菇、香菇、草菇、鮑魚菇等，除含有豐富的蛋白質、維生素外，其子實體味道更是鮮美；此外，如綠藻、螺旋藻等單細胞生物，也是含營養價值頗高的菌體。

表1-3：酵母細胞之乾物組成

成 份	含 量
含氮化物	51.8%
醣類	29.5%
無機鹽	11.0%
纖維	6.7%
脂肪	1.0%

二、釀造及發酵食品的製造

利用微生物酵素將食品成份進行分解、合成、轉換等作用所生成的發酵食品，在微生物應用工業中，所佔的比例最大，經濟價值最高，舉凡各種酒精性飲料、醬油、味噌、食醋、乳酸飲料、乾酪、醃漬食品等都屬於這方面的應用。有時參與發酵的微生物不只一種，此種混合菌種的發酵，常使食品的風味更為提升。表1-4為與釀造或發酵食品有關的主要微生物。