

適合大專高農食品加工科採用書

食品工業微生物學

(新修訂版本)

邱健人編著

適合大專高農食品加工科系用書

食品工業微生物學

(新修訂版本)

邱健人編著

復文書局印行

食品工業微生物學

著作權執照台內著字第 號

版權所有



翻印必究

(1983) 民國七十二年七月修訂三版

(1986) 民國七十五年四月修訂四版

特價 240元

著 者： 邱 健 人

發 行 者： 吳 主 和

發 行 所： 復 文 書 局

地址：臺南市東門路421巷28號

門市：台南市林森路二段63號

電話：(06)2370003·2386937

郵政劃撥帳戶 0032104-6號

No.28. LANE421 DONG-MEN
ROAD TAINAN TAIWAN REPUBLIC
OF CHINA

TEL:(06)2370003·2386937

本書局經行政院新聞局核准登記發給
出版事業登記證局版台業字第0370號

再 版 序

本書於民國六十三年出版以後，匆匆已過去五年。其間雖然重印數次，由於著者雜事較忙，以致一直沒有修訂。此次為本書能充實，又增列了一章釀造食品工業，凡本省有製造之釀造食品，均一一列入，以便讀者參考。

近十年來在食品微生物工業方面的研究非常熱衷，特別是單細胞蛋白質的研究，成果非常豐碩，然而由於石油危機一波又一波興，使已工業化的單細胞蛋白質工業不得不重新考慮。另外像利用酵母生產檸檬酸，在技術上雖然有很大的突破，但也受到石油危機的影響，也無法進入工業化。

目前在釀酵工業而言，有二個部門發展潛力比較大，一為醫藥用治療酵素的開發，一為利用菌體固定改良目前所有釀酵工業的結果，在不久的將來將有突破性的發展。

本省可以說是工業釀酵的發源地，也是我國良好釀技術的繼承者。然而由於忽略傳統的系統研究及微生物有關研究機構缺乏遠見以至常有一窩風的現象，故在釀酵技術而言，我國已漸漸落後，連韓國也無法與之並駕齊驅。

民國六十八年六月四日

邱 健 人

再序於國立中興大學食品科學系
微生物(二) 研究室

自序

最近數年來，以微生物爲生產手段之微生物醱酵工業，進步非常神速。自一九二八年弗萊明（Sir Alexander Fleming）發現青黴素，到一九四五五年左右青黴素的大量生產後，緊接着又有鏈黴素、金黴素及土黴素等之發現及生產，因而刺激了微生物醱酵工業的成長。最近更因微生物篩選方法的改進，微生物生產菌株的改良，微生物合成及調節機構的鮮明，及遺傳學的進步而應用生化變異株的利用，促使了微生物醱酵工業能利用低廉之農產廢物及甲醇、乙醇、乙酸、炭氫化合物等生產菌體蛋白、有機酸類、氨基酸類及酵素類等，使微生物醱酵工業又進入另一新紀元。

數百年來，醱酵食品即爲我國家庭中不可缺少的傳統食品，但由於國人對微生物之特性，未能有效加以利用，以致目前我國的微生物醱酵工業非常貧弱。除酵母、綠藻菌體培養；檸檬酸、酒精、醋、麩胺酸之醱酵，尚略具規模以外，其他微生物醱酵工業都未開始。雖然最近九年來在我國微生物學家與政府研究機構共同努力下，使微生物醱酵工業進入嶄新的領域，但比起其他國家，我國在此方面的技術還落後甚多，故應急起直追，加強研究，改良生產技術，以步入更新的旅程。

微生物醱酵工業在我國雖然已經有很久遠的歷史，但迄今有關此方面技術之專門書籍還很少。著者乃根據數年研究與教學的心得，以大專學生，工廠生產技術人員，從事研究者等爲主要對象撰寫本書。本書內容包括：微生物之分類，微生物之特性，微生物之形態，代謝及調節機構，並簡略介紹微生物醱酵工業之實際製造方法等。最近有關此方面之資料，文獻報告很多，無法一一網羅，乃就著者這幾年來教學所採用之資料加以整理成書。

著者乘公餘之暇，匆忙完成此書，著者學淺才疏，遺漏錯誤在所難免，尚祈學者專家不吝指正。

本書成書之時，承蔡綾姬同學協助整理資料，校對稿件，在此謹致誠摯之謝意。

民國六十三年十二月六日

邱 健 人
序於國立中興大學食品科學所

目 錄

第一章	食品工業微生物概論	1
第一節	緒 言	1
第二節	微生物之命名	5
第三節	細菌之分類及其有用菌	8
第四節	酵母菌之分類及其有用菌	16
第五節	黴菌之分類及其有用菌	20
第二章	微生物之特性	38
第一節	微生物之形態與構造	38
第二節	微生物菌體成分	51
第三節	微生物之生育與增殖	55
第四節	微生物之營養	60
第五節	培養條件與微生物之關係	65
第六節	微生物之變異	68
第三章	醱酵生理	81
第一節	微生物之氧化作用與能量的關係	81
第二節	微生物對碳水化合物之醱酵	84
第三節	胺基酸之醱酵及代謝調節機構	105
第四節	碳氫化物之代謝	128
第五節	核苷酸物質之生產及代謝調節機構	133
第四章	微生物菌體之利用	142
第一節	緒 言	142
第二節	麵包酵母之製造	146

第三節	石油利用酵母之製造	155
第四節	甲醇利用酵母之製造	160
第五節	食飼料酵母之製造	166
第六節	香菇鋸屑之栽培	170
第七節	洋菇之栽培	188
第八節	綠藻之培養及其應用現況	198
第九節	螺旋藍綠藻之培養及應用	211
第五章	微生物酵素之利用	216
第一節	概論	216
第二節	澱粉分解酵素	220
第三節	蛋白分解酵素	226
第四節	葡萄糖異化酵素	228
第五節	酵素及固定	237
第六章	微生物代謝之食品工業	248
第一節	酒精	248
第二節	油脂	250
第三節	檸檬酸	252
第四節	葡萄糖酸	258
第五節	胺基酸	261
第六節	維生素	277
第七節	核苷酸調味料	281
第八節	抗生素	284
第七章	釀造食品工業	295
第一節	食醋	295
第二節	醬油釀造	305
第三節	低鹽醬油	351

第四節	乳酸菌飲料	357
第五節	豆腐乳	369
第六節	米酒	372
第七節	紅露酒	376
第八節	紹興酒	379
第九節	葡萄酒	385
第十節	高粱酒	387
第十一節	啤酒	392
第八章	農產廢棄之利用	398
第一節	纖維廢棄物之生物分解	398
第二節	木質素之生物分解	410
事項索引		422
菌名索引		459

第一章 食品工業微生物概論

第一節 緒言

食品與微生物之關係，可以從下面兩方面來檢討。一方面是微生物對食品有益方面，另一方面則對食品有害方面而言。前者之食品常因微生物的繁殖及作用，而改善食品的色、香、味或增加食品的營養價值，因而增高食品的經濟價值及人們對它的愛好性。後者之食品常因微生物的繁殖及分解，而使食品發霉、變質或變敗，減少食品的商品價值，甚至妨害人們的健康或引起人們的食物中毒，罹患疾病。

如以食品工業的種類來分，與食品工業有關的微生物可分為五大類：

一、利用微生物菌體之工業：此類工業通常以低廉的農產物、農產廢物、化學工業廢物或石油廢物等作為原料，培養細菌、酵母、黴菌、擔子菌及綠藻等微生物。然後以其菌體作為食糧或飼料。此類工業包括以糖蜜、亞硫酸紙漿廢液、甲醇、或正烷類（*n*-paraffin）培養之藥用、食用、飼料及麵包酵母等工業。及以無機鹽培養之綠藻，螺旋藍綠藻工業。其他如以酵母菌體為原料之核苷酸調味料工業（*Na* Inosinate 及 *Na* Guadinate）亦包括在內；另外以稻草、鋸屑、木材培養之香菇、洋菇、黑、白木耳、榎菇、平菇及從海洋採集之紫菜、以海藻為原料之洋菜、海藻酸（*alginic acid*）等均屬於此類。

二、利用微生物酵素作用，來改變農產、畜產及水產食品之色、香、味等之釀造工業：此類工業包括表 1 - 1 所示之各種工業。

表 1-1 主要釀造及醱酵食品與有關之微生物

釀造或醱酵食品	使用菌株
酒類工業 啤酒 (beer) 葡萄酒 (wine) 清酒 (sake) 紅露酒 (red wine) 紹興酒 (shaw-Hsing wine)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Saccharomyces ellipsoideus</i> <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Saccharomyces sake</i> <i>Monascus anka</i> <i>Rhizopus</i> , <i>Mucor</i> , <i>Absidia</i> , yeast
醬油 (soy sauce)	<i>Asp.oryzae</i> , <i>Saccharomyces rouxii</i> , <i>Pediococcus oryzae</i> , <i>Torulopsis versatilis</i>
味噌 (miso)	<i>Asp.oryzae</i> , <i>Torula willia</i>
食醋 (vinegar)	<i>Acetobacter aceti</i> , <i>Acetobacter orleanense</i>
醃菜 (pickles)	<i>Lactic acid bacteria</i> , yeast
乳酸飲料 (yoghurt)	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
乳酪 (cheese)	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> , <i>Penicillium camemberti</i>

三、利用微生物代謝產物之工業：此類工業亦常利用農產或工廠廢物，經微生物醱酵而生成種種有機物，然後供給醫藥、工業或食品等工業作為原料。

此項微生物工業，在食品工業上佔很重要的地位，包括以下各種工業：

1. 醇類工業——包括以糖蜜、亞硫酸紙漿廢液為原料之酒精（*Asp.oryzae*, *Asp. awamori*, *Rhizopus*, yeast）、甘油（yeast）及 2,3-丁烯乙二醇（2,3-butylene glycol）（*Cl. acetobutylicum*）。

2. 溶劑工業——包括丁醇、丙酮 (*Cl. butyrican*, *Cl. acetobutylium*)。

3. 有機酸工業——包括葡萄糖酸 (*Gluconobacter liquifaciens*)， α -戊酮酸 (α -ketoglutaric acid) (*Pseudomonas ovalis*)，乳酸 (*Lactobacillus delbrueckii*)，乙酸 (*Acetobacter*)，丙酸 (*Propionibacterium freudenreichii*)，丁酸 (*Cl. butylicum*)，Itaconic acid (*Asp. itaonicus*)，延胡索酸 (*fumaric acid*) (*Rh. nigricans*)，檸檬酸 (*Asp. niger*)，蘋果酸 (*malic acid*) (酵母)， α -葡萄酮酸 (α -ketogluconic acid) (*Pseudomonas fluorescens*)。

4. 維生素工業——包括維生素 B₂ (*Ashbya gossypii*)，B₁₂ (*Strep. olivaceus*)，C (*Acetobacter suboxydans*)，及植物生長素 (gibberellin) (*Gibberella fujikuroi*)。

5. 糊精工業——如代用血漿 (*Leuconostoc mesenteroides*)。

6. 抗生素工業——如青黴素 (*Pen. chrysogenum*)，鏈黴素 (*Strep. griseus*)，土黴素 (*Strep. rimosus*)，金黴素 (*Strep. aureofaciens*)，新黴素 (neomycin) (*Strep. fradiae*)，Kanamycin (*Strep. kanamyceticus*)，氯黴素 (chloramphenicol) (*Strep. venezaeles*) 等醫藥用抗生素及 Blasticidin S (*Strep. griseochromogenes*)，Kasugamycin (*Strep. kasugaensis*)，Cellocidin (*Strep. chibaensis*)，Polyoxin (*Strep. cacaoi*) 等農業用抗生素。

7. 胺基酸工業——包括以葡萄糖、醋酸為原料之麩胺酸 (*Corynebacterium glutamicus*)，離胺酸 (*Corynebacterium glutamicus* No. 614) 及天門冬胺酸 (*E. coli*) 等醱酵工業。

8. 油脂工業——脂肪及脂肪酸〔不完全菌 (*fungi imperfecti*)，酵母，綠藻 (*chlorella*)〕等醱酵工業。

9. 燃料工業——包括甲烷及石油精製工業 (酵母)。

10. 其他工業——如類固醇 (steroid) 之轉移 (*Rh. nigricans*)

等工業。

四、利用微生物體內或體外酵素之工業：包括下列各種酵素工業（表1-2）。

表1-2 微生物酵素之利用

酵 素	生 產 菌 株	用 途
澱粉消化酵素 Takadiastase	<i>Asp. oryzae</i>	作為消化劑。
α -澱粉水解酵素 α -Amylase	<i>Bacillus subtilis</i>	葡萄糖之製造。
澱粉糖化酵素 Glucoamylase	<i>Rhizopus niveus</i>	葡萄糖之製造。
纖維分解酵素 Cellulase	<i>Trichoderma viride</i>	飼料製造、穀類 果實加工。
轉化酵素 Invertase	<i>Sacch. cerevisiae</i>	轉化糖之製造。
乳粉分解酵素 Lactase	<i>Sacch. fragilis</i> , <i>Candida sphenica</i>	冰淇淋之製造。
蛋白分解酵素 Protease	<i>Asp. oryzae</i> , <i>Asp. saitoi</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Strep. griseus</i>	酸性蛋白質分解酵素（protease）作為消化劑，中性蛋白分解酵素（protease）可作為食肉軟化劑、胺基酸製造及水產加工，鹼性蛋白分解酵素（protease）可作為清潔劑。

脂肪分解酵素 Lipase	<i>Asp. niger</i>	用於乳酪、巧克力之製造，耐熱性脂肪分解酵素 (lipase) 可作為清潔劑。
柚苷分解酵素 Naringinase	<i>Asp. niger</i>	除去柑桔果汁之苦味。
果膠分解酵素 Pectinase	<i>Asp. wentii, Asp. flavus</i>	可做為果汁澄清劑。
青黴素分解酵素 Penicillinase	<i>Bacillus subtilis, Strep. sp.</i>	用於乳酪之製造。
葡萄糖氧化酵素 Glucoseoxidase	<i>Pen. chrysogenum, Asp. niger</i>	用於葡萄糖之定量及除去果汁食品之葡萄糖和氧。

五、利用微生物處理農產或工廠廢物之工業，即污水處理工業。

微生物除與以上工業有關外，其他間接與食品工業有關的就是食品污染問題。如食品工業原料、加工過程或貯藏中，常因處理不善，以致污染雜菌，而使原料或成品發霉、變質或變敗，為害人們的衛生及健康，故食品衛生與工廠衛生亦是食品微生物所要討論的問題。

第二節 微生物之命名

微生物之命名法與動植物一樣，均採 Carl von Linne' 之雙命名法 (binomial system of nomenclature) 命名，其重要法則如下：

1. 具顯著不同之生物，得設為一新種 (species)。
2. 每一種 (species) 生物都應給予一個由二個字所構成之特徵性名字，這兩個字必須為拉丁文或拉丁化的希臘文。
3. 所應用的名稱應具規則化。

4. 若使用舊名時，必需確定其為合法適用之名字。
 5. 生物體之分類必需設定種類。
 6. 必需有效的發表特定的新名字，同時做為設定新名的指標。
- 茲以細菌為例，加以介紹於後：

1. 每一種獨立的細菌，即承認其為一新種 (species) 。

2. 被承認為新種之細菌，依雙名法，給予由二個字所成之名稱，如 *Bacillus subtilis*。第一個字通常沿其所屬之屬 (genus) 之名，屬之第一個字母需大寫，且必需為拉丁或希臘字。如使用新字，必須具有拉丁或希臘字根，或拉丁化人名，且必需為名詞。但可以是雄、雌或中性。種 (species) 之字末性別必需與第一個字相同，而使用俗名時，需以斜體字表示。茲將常用之菌名列舉如下：

Bacillus (*Bacilli*) : 小桿狀 (雄性) 。

Lactobacillus (*Lactobacilli*) : 牛乳小桿狀 (雄性) 。

Sarcina (*Sacinae*) : 袋狀或群狀 (雌性) 。

註：括號內為多數屬名。

以上為拉丁或拉丁語根所組成之屬 (Genera) 之名稱。

Micrococcus (*Micrococci*) : 小顆粒 (a small grain) (雌性) 。

Clostridium (*Clostridia*) : 小針狀 (a small spindle) (中性) 。

Corynebacterium (*Corynebacteria*) : 一團小桿狀 (a clubbed small rod) (中性) 。

以上為希臘字轉變成拉丁字之屬之名稱。

Pasteurella : 追念 Loue's Pasteur (雌性) 。

Erwinia : 追念 Erwin F. Smith (美國植物病理之先驅者) (雌性) 。

Neisseria : 追念 Albert Neisser (他在 1876 年發現了淋病之病菌) (雌性) 。

以上為拉丁化人名之屬之名稱。

細菌名稱的第二個字，通常為專一性質之形容詞 (a specific epithet)。不大寫，通常為敘述詞。可以為下列各種詞句之一部分，但性別要與屬相同。通常可分為下列四種。

a. 形容名詞之形容詞：如 *Bacillus albus* (白色的 *Bacillus*)。

b. 為現在分詞之形容詞：如 *Clostridium dissolvens* (溶解的 *Clostridium*)。

c. 形容普通名詞之所有格名詞： *Salmonella pullorum* (雞的 *Salmonella*)。

d. 同格名詞： *Bacillus radicolica* (根瘤性的 *Bacillus*)。

3. 發現者之名，可以作為菌名，如 *Bacillus coagulans* Hammer。

4. 種以下又可分變種 (varieties)，即所發現之新種與舊種略異，但不能成為一新種，例如 *Streptococcus lactis* var. *maltigenes*，其性質與 *Streptococcus lactis* 相似，所不同的是具有麥芽香味。

5. 除了學名之外，細菌與動植物一樣具有俗名，例如下列細菌：

俗名	Scientific name
淋病菌 (<i>Gonococcus</i>)	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>
結核菌 (<i>Tubercle Bacillus</i>)	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
白喉菌 (<i>Diphtheria Bacillus</i>)	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
傷寒菌 (<i>Typhoid Bacillus</i>)	<i>Salmonella typhi</i>

6. 微生物之分類法，依下列順序歸類：

種 (species)：一或同種之生物。(organisms of one and same kind.)

屬 (genus)：一群相關的種屬。(a group of related species.)

族 (tribe)：一群相關屬。(a group of related genera)。族之字尾為 - eae。亞族之字尾為 - inae。

科 (family)：一群相關的族或屬。(a group of related

tribes or genera)。科之字尾爲-aceae，亞科爲-oideae。

目 (order)：一群相關的科。(a group of related families)，字尾加-ales，亞目加-inese。

綱 (class)：一群目。(a group of orders)。

門 (phylum)：一群綱。(a group of classes)。

界 (kingdom)：一群門。(a group of phyla)。

7. 微生物之菌名分類，需依下列性質加以命名或分類：

- A. 形態 (morphology)：大小、形狀、染色反應、生殖構造及過程。
- B. 培養特性 (cultural characteristics)：生長所需之環境。
- C. 生化活性 (biochemical composition)：微生物所能引起之化學變化。
- D. 化學組成 (chemical composition)：細胞壁之組成及核酸中鹼基 (base) 之比例等。
- E. 血清特性 (serological characteristics)：細胞與含有抗體之血漿的反應。
- F. 遺傳特性 (genetic information)：基因重組之證據。

第三節 細菌之分類及其有用菌

在植物分類學上，把植物界分成五個植物門，即原生植物門 (Protophyta)、菌藻植物門 (Thallophyta)、苔蘚植物門 (Bryophyta)、種子植物門 (Spermatophyta)、葉狀植物門 (Pteridophyta)。

細菌在上述分類中，應屬於原生植物門。但此並非意謂細菌即為植物，而非屬於動物，而是早期植物學家認為細菌較接近於植物而已。最近微生物學家認為細菌既不屬於動物界，亦不屬於植物界，應另