

釀造微生物

一九五二年十二月初版

釀造微生物 (全一冊)

◎定價人民幣二角五分

編者 程學達

出版者 上海河南中路二二一號
中華書局股份有限公司

印刷者 上海澳門路四七七號
中華書局上海印刷廠

發行者 三聯·中華·商務·開明·聯營聯合組織
中國圖書發行公司

總管理處：北京絨線胡同六六號

分發行者 中國圖書發行公司各地分公司

(五二·滬型·三六開·二〇頁)

* 有著作權 · 不得翻印 *

總目編號(15755) 印數(滬)1—2,000

釀造微生物

目錄

一	概說	三
二	細菌類	一一
三	酵母菌	一四
四	絲狀菌	一八
五	採集和培養方法	二三
六	醱酵試驗與醱酵微生物的保藏	三五

釀造微生物

釀造微生物

一 概說

各種釀造，主要的都要經過醱酵作用；但怎樣引起醱酵作用的呢？經過科學家長時期的研究，知道了醱酵作用，是由於某一類物質——酶——所引起的化學變化；由於酶的種類不同，所引起的醱酵變化也就有了差別。例如成酒酶能使葡萄糖液醱酵而生成酒精，糖化酶能使澱粉糖化，蛋白質分解酶能使蛋白質分解成氨基酸類，這都是具體的例證，但是各種酶的由來，除了在高等生物體內所含存者以外，大部份是微生物活動的生產物。總結的說：醱酵就是利用各種微生物分泌各種不同的酶，所引起的化學變化；釀造也就是利用醱酵作用而達到產製的目的。近代科學進步，各種釀造的過程，已能逐漸地用化學反應式表明它的複雜變化；同時也能用人工的方法，培養純粹優良的微生物用來醱酵，以提高它的生產力與品質。目前釀造品種類，已逐漸地加多，除酒、醬、醋、腐乳以外，還有丁醇、醋酸（丙酮）、乳酸、枸橼酸（檸檬酸）、

甘油、戊醇、丙酸、酪酸、壓榨酵母等特種釀製品，以應人類的需要。

釀造品的種類很多，概括地可以把它分爲下面的幾類：

(1) 酒類的釀造：酒精、果酒（如葡萄酒、梨酒、桑果酒、蘋果酒等）、紹興酒、米酒、生薑酒、乳酒、日本清酒和各地所產的蒸餾酒，統稱爲酒類。酒類釀造的手續，雖然是由於所用原料不同而方法不一樣，但主要的步驟，是先把米、麥或高粱等澱粉料，使它變爲糖類，然後再把糖類變爲酒精，合稱爲酒精發酵。經營酒精發酵的最主要菌類是酵母；細菌類有這種作用的很少。絲狀菌雖然沒有產生酒精的能力（少數的，在壓氣的情況下，能產生少量的酒精），但可以分泌大量的澱粉水化酵素，使澱粉糖化，促進酵母菌的酒精發酵作用。

各種酵母對於各種糖類的發酵性並不一定，一般的酵母幾乎都可使葡萄糖發酵，大多數可以發酵麥芽糖，次之可以發酵蔗糖，少數是能發酵乳糖（酵母常以對糖類的發酵性不同而分類）。果酒發酵，如葡萄酒的發酵，在正常狀況下，是由一種葡萄酒釀母菌（*Saccharomyces ellipsoides*）所致；麥酒（啤酒）的釀造，是將已經糖化的麥芽汁，加純粹的啤酒釀母菌（*Saccharomyces cerevisiae*），使它經營酒精發酵，再經

後熟而成；牛乳的酒精發酵，可用含有乳糖酶的酵母菌；日本清酒是將米用糖化力強的米粉麴菌(*Aspergillus oryzae*)使米糖化，並加酵母發酵而成；南非洲出產的Pombe是用粟發芽糖化，再由一種擬酵母 *Schizosaccharomyces pombe* 發酵而成；Amylo 方法製造酒精，是用中國酒藥所分離的 *Mucor rouxii* 和 *Rhizopus japonicus*(絲狀菌)，先將澱粉糖化，而後添加酵母使起酒精發酵，再行蒸餾而成酒精。高粱酒、威士忌酒(Whisky)和溫州的酒汗，都是由於絲狀菌和酵母菌共同作用，而製成醱酵醪，再把這醱蒸餾即成。總結的說：任何酒類的釀造，都是由於酵母的作用於糖液，或者由酵母和絲狀菌複合作用於澱粉料，引起酒精發酵而製成的。但一般的醱酵醪，在醱酵的過程中，容易受到有害菌的侵入，以致變質。例如曝露在室中的醱酵醪，它的表面很容易受醋酸菌的作用，使已生成的酒精變為醋酸。不正常酒精發酵，可以有擬酵母如生膜菌(*Mycoderma*)，繁殖在醱的表面，遇到氧氣，即能氧化糖類、酸類和乙醇，成為水和二氧化碳。醱中酒精含量不足時，乳酸菌可以繁殖，並使糖變為乳酸；再由酪酸菌、粘敗菌和有害絲狀菌的作用，可以使酒醱敗壞。因此微生物關係酒類釀造的成敗很大。(微生物名詞在我國尚未定出的，暫用西名。)

(2) 乳酸的發酵：牛乳發酵、酸菜製造、酒母醪的乳酸和各地所產的醃漬品，都要經過乳酸發酵；所謂乳酸發酵，就是把乳糖變為乳酸的作用。

乳酸發酵的主要微生物是乳酸菌；就實用的觀點講，可以把乳酸菌分為兩類，一是有用的，一是有害的。前者除生成酸以外，差不多沒有其他的化學作用，後者除生成乳酸外，還能生成氣體，並使蛋白質消化。適當的糖類的乳酸發酵是由一種乳酸桿菌(*Bacterium lactis acidii* 或是 *Bacillus lactis acidii*)的作用。牛乳乳酸發酵醪中尚有鏈球狀菌，可以發酵乳糖，產生百分之〇·五至一·二五的酸，使牛乳醪凝結不含氣泡，味香而不析出乳清；反之，如果是大腸菌和產氣菌(*Bacterium aerogenes*)發酵的話，那麼乳酸分裂而生氣體，並析出乳清，氣味不好，不宜於飲用。酸菜的製造也多是鏈球狀及桿狀的乳酸菌的繁殖而使乳酸發酵；如果不隔絕空氣，那麼便氧化乳酸而使腐敗菌繁殖，成品被破壞。其他如綠豆、玉米、四川泡菜和各地醃漬品，均同此理。酒母醪乳酸發酵的目的，是為了在醪中成了適量的乳酸，藉以防止有害菌的繁殖，而且一部份蛋白質分解為較簡單的化合物，適於酵母的生長；酒精工廠所用的純粹乳酸菌是 *Bacillus delbrückii*。

(3)多醣類與脂肪的醱酵：纖維素、土木香粉、植物膠質、貳醣類和樹膠都可由微生物分泌各種的酵素，把它們分解為簡單的醣類。例如：各種細菌和絲狀菌，可以醱酵，並利用半纖維素（或纖維素）變為糖。土木香粉和澱粉可由多數絲狀菌和細菌的水化作用產生各種單醣。植物膠質由細菌或絲狀菌分泌植物膠溶解酵素，把它溶解。蘆的浸漬，目的是使細菌起作用，把纖維間的中層鬆解，然後可以製蘆。樹膠可受微生物作用，變成醛糖，也有多數細菌和少數的絲狀菌、酵母在適當培養狀況下，可以合成多量的樹膠和樹膠的類似物。例如：蔗糖廠的粘液醱酵，是由於 *Leuconostoc mesenteroides* 生成膠塊。麥芽汁和麥酒，由於粘性桿菌 (*Bacillus viscosus*) 和 *Sarcina viscosa* 等菌類的繁殖，也可發生粘液醱酵。甜菜製糖廠有時因 *Bacterium pedicellatum* 的發育，發生膠性醱酵。牛乳的粘性醱酵，已記載的細菌有三十多種，其中有六種可以生色素。這些都是微生物合成膠質顯明的例子。貳醣類如乳糖等，可被多種微生物水化為單醣類；酵母、絲菌及細菌可生麥芽糖酶，分解麥芽糖分子為二分子的葡萄糖。有多種的微生物可生蔗糖酶或轉化酶，將蔗糖水解為葡萄糖和果糖。較少的微生物可使乳糖醱酵，如酵母菌。

脂肪是脂肪酸的甘油酯，脂肪的醱酵分爲三步：（一）爲脂肪水解爲甘油和脂肪酸，這種變化是由於解脂酶的作用。多數微生物含有解脂酶，尤以細菌和絲狀菌爲著。（二）爲甘油的醱酵作用，甘油醱酵如由大腸菌作用或分解，即可產酒精和蟻酸；如由 *Bacterium orthobutylicum* 的作用，可變甘油爲酪酸。（三）爲脂肪酸的醱酵，即脂肪酸可被多種的絲狀菌和少數的細菌氧化，變爲碳酸和水。

（4）各種有機酸類的生成：丙酸、醋酸、酪酸、枸橼酸和草酸等製造的時候，也常用微生物以達產製的目的。丙酸是由細菌醱酵醱類而生成的。醋酸是由醋酸菌氧化酒精而成，但醋酸菌的種類很多，酒的種類也很複雜，因此，醋酸的釀造方法較爲複雜。酪酸是由醱在嫌氣狀態下分解而成，酪酸具有難聞的氣味，影響食物品質很大。生成枸橼酸的菌是 *Citromyces pfefferianus* 和 *Citromyces glaber*，可由百分之八的糖液生成枸橼酸。枸橼酸是檸檬、柑的主要成分，工業上用途很多。大規模用絲菌製造枸橼酸，由於無法防止其他菌的繁殖，因此還不能與由果實中製造者相競爭。又含糖溶液中，由於絲菌的繁殖醱酵，可生稍多量的草酸。又某種細菌，尤其是需氣菌（*Aerobacillus*），可以把醱（如澱粉）醱酵爲丙酮，或由嫌氣菌如梭菌屬（*Clostridium*）醱酵

生成丁醇。丙酮和丁醇在工業上用途很大，所以這種釀造工業正在逐漸發達。

其他由醱生成的酸類，還有蟻酸、丁烯二酸及癩草酸等。但有多數的微生物，尤其絲菌和非產膜酵母（*Torulæ*），在多量氧氣的下面，可以氧化有機酸為二氧化碳和水。醋的漸失酸味，酸乳和乳酸消失，就是這個緣故。

(5)蛋白質的分解：蛋白質及其類似的化合物，都是複雜有機化合物，含有碳、氫、氧、氮，有時還含有硫、磷、鐵等元素。尋常的蛋白質的分子很大，經多次水解以後，最後產物是多種氨基酸。氨基酸有的可與鈉碱等的鈉化合為氨基酸鈉，具有美味。醬油、腐乳等釀造品，除了利用絲狀菌的糖化酶，將麥粉中澱粉糖化，以便醬油酵母的繁殖外，同時還要利用絲狀菌和細菌（少數）的分解蛋白質的作用來生成氨基酸（腐乳釀造主要利用毛黴（*Mucor*））。這種分解作用，是由微生物逐步的分解，以得到氨基酸為度。由多數氨基酸可以合成多縮氨基酸；多縮氨基酸和消化的蛋白質相似，可以再合成蛋白質。這些的分解和化合的變化，都是由於微生物的作用。

分解蛋白質的微生物很多，可以把它分為四類，即專性的嫌氣菌、兼性的嫌氣菌、需氣菌和絲狀菌。在釀造工業上應用較多的是絲狀菌。其他各類的菌類，尤其是

嫌氣性菌，在分解蛋白質的時候，每每產生酪酸、硫化氫、硫醇、吲哚等具有惡劣臭味的物質，有時也可以把已生的氨基酸分解為更簡單的氨，並把糖類分解為二氧化碳及水，或者把氨基酸脫羧而變成胺，具有毒性及惡劣臭味，這都是釀造家最厭忌的東西。

總結以上各項，可以知道了微生物對於釀造上的重要性；釀造品的優劣，完全要看由於那些微生物的作用；並且概括地說明了某種釀造品一定要利用某些種類微生物和這些微生物對於原料所起的變化。

有關釀造的微生物，都是下等極小的植物（也是介於動物和植物之間的一種生物）；一部份是裂殖菌類，或者叫做細菌類；另一部份是屬於真菌類。因此微生物學家常把釀造微生物，概稱為菌類，並把它分為兩大部份，即真菌類和分裂菌（或細菌類）。但是普通的分類方法，是把釀造微生物分屬於三大類，即細菌類（或分裂菌類），酵母菌類（或芽生菌類）和絲狀菌類（或黴菌類）。現在把這三類微生物，分別說明如下：

二 細菌類(或分裂菌類)

釀造的細菌類，是一種極小的單細胞植物。因形態的不同，可分為四種：成桿狀的叫做桿狀菌，成螺旋狀的叫做螺旋菌，成球形的叫做球狀菌，成線狀的叫做線狀菌。

細菌的生殖方法，是以分裂而繁殖。經營分裂生殖的如桿狀菌，當繁殖時，是先延長為原來的一倍，再在中間生一層隔壁，然後分裂為二個細胞。球狀菌當分裂時，也是略微先延長一點，然後如桿狀菌一樣，分裂為二個細胞。細菌的繁殖很快，在適當的條件下，例如養分、水分、溫度、pH及其他情況均甚適宜時，每二十分鐘分裂一次，普通是三十分鐘可以分裂一次。但通常因為養料的消耗，以及細菌本身生產的物質，均阻礙了它的繁殖，所以不能繁殖到這樣快。細菌分裂之後，因為有粘質和皮膜生成，能使它互相連結。因為它連結形狀的不同，又分了許多類，如球菌互相連結成葡萄狀的，稱為葡萄狀球菌；二個球菌相連成對的，稱為雙球菌等等。

細菌有膠質的細胞膜，能吸水而膨脹，稱為包囊。菌體含有原形質(或生活的細

胞物質)及其他細胞內內容物。螺旋菌與多數桿狀菌和少數球狀菌都有鞭毛，只線狀菌沒有。鞭毛是一種運動器官。

在營養不良的情況下，細菌細胞延長生命的方法，是細菌細胞內產生一個或二個芽胞(少數的菌是產生二個的)。芽胞的形狀大多是橢圓形，大小為原來細胞的二分之一，對於光線的屈折力強，內容物濃厚，概為蛋白質，含水分很少，很難染色，但染色之後，又很難洗掉。芽胞的抵抗力比母細胞(或者叫生長細胞)強，雖經煮沸片刻，仍舊有不死的。芽胞在適當環境下，即可破裂皮膜而出芽，並生長為新個體。桿狀菌的芽胞在一端，或在中心，芽胞生在一端而膨大時，即可使菌體成為鼓槌形；芽胞生在中心的，可使菌體成梭形或紡錘形。現在把對釀造工業最有關的幾種細菌，簡單地分述如下：

(1)醋酸菌：醋酸菌是一種好氣性的短桿菌。醋酸發酵是一種氧化作用。醋酸菌因氧氣的存在，可使乙醇氧化為乙醛及水，然後再使乙醛氧化為醋酸。所以醋酸發酵與普通的發酵不同。醋酸菌的種類很多，最常見的一種為醋菌(*Bacterium aceti*)，在酒液上可生皺紋之粘質皮膜，細胞為單一或結連的桿狀，有時為長桿狀或線狀。它的變

形細胞成紡錘形。

(2) 乳酸菌：當盛夏時（氣溫攝氏三〇——三五度），牛乳放了一些時候，常會變酸，這是因為乳酸菌使乳糖發酵，而生成乳酸，所以發生酸味。這時牛乳中的乾酪素因乳酸的存在，而凝結成塊。乳酸菌的種類很多，和釀造工業上最有關的是 *Bacillus delbrücki*。這種乳酸可以應用於酒精之製造，因培養酒母的膠液，假使先使乳酸菌在其中繁殖，生成適當量的乳酸之後，把它加熱至攝氏八十五度，使它死了，這膠液中存在的乳酸，便可以防止雜菌的侵入，酒母力量就比較來得強大。

Bacillus delbrücki 存在攝氏四五——五〇度的溫膠中，形狀是長桿狀，培養在膠中，不生氣體。因它不能發酵乳糖，所以不能使牛乳凝固，但可以發酵葡萄糖、蔗糖、麥芽糖等。生酸最適溫度為攝氏四六——四七度，最高為五十四度，生酸最大量為百分之七十九。

(3) 酪酸菌：酪酸菌的種類很多，但能充分明瞭的也只有少數幾種。這種菌的菌體以碘液染之呈青色，表示它的細胞內含有牲粉（Glycogen）。它在產生芽胞時，可使細胞變形而成梭狀或鼓槌狀。它是一種嫌氣性的桿狀菌，繁殖時不需要空氣。它可以使

各種糖類、澱粉、甘油等發酵，生成二氧化碳、水及多量酪酸，與少量其他脂肪酸。酪酸發酵常與天然腐敗作用共同進行。酪酸菌對酒精發酵有很大的妨礙。這種菌具有多數鞭毛，可以運動。芽胞可耐沸騰溫度至五分鐘之久；十分鐘後，只有最強的仍能生存。在攝氏四〇度時，繁殖最盛。

三 酵母菌

酵母菌是標準的單細胞植物，和絲狀菌有顯明的區別，但是有幾種酵母菌的細胞是相連成鏈狀，與真正絲狀菌相類似。酵母菌細胞比細菌細胞大，細胞的構造也比較複雜些；它是酒精發酵的主要菌。酵母的形態，有圓形的、橢圓形的和臘腸形的，也好像檸檬、胡瓜的樣子，同時大多數的酵母，尤其是應用於釀造的，如釀造啤酒、酒精、葡萄酒和蘋果酒的，常含有圓形及橢圓形的混合物。酵母是多形性的，常依所用培養基及其年齡而不同。酵母細胞胞膜很厚（幼酵母菌的細胞膜較薄，老酵母菌細胞膜較厚），裏面是原形質（成網狀組織）、空泡、折光小粒、油滴和核。大多數酵母的細胞內部是沒有色素，但不含內生孢子的擬母菌的細胞常含有紅、棕、灰及黃色。

酵母菌的細胞，比較容易識別，而且幼細胞和老細胞也有差別。幼細胞的胞膜較薄，原形質很均勻，細胞核較大。當細胞增大時，原形質中發現空房，原形質和空房中都發現微粒體，然後空房增大，裏面有時充滿微粒體，用碘液試驗，呈荳粉反應。最後荳粉或者消滅，但空房仍舊存在。所以老細胞之除核原形質和細胞核，佔其內容物的較小部份。

大多數普通酵母菌的繁殖方法，是經營芽生的。少數酵母菌（即分裂酵母菌）是依分裂而繁殖，與細菌相似。酵母菌當發芽時，先在細胞的一旁生一小芽，母細胞的核趨於細胞及芽之中間開口處，核漸次延長，最後將一核脫離，而移入芽中。此芽漸增大，母細胞和芽的開口處即行關閉。幼芽先生細胞膜，然後脫離母細胞。

凡真正的酵母菌，在適當情況下都能生孢子，但適當的情況，常因酵母菌的種類而有不同。大多數酵母菌不能應用通常的方法，或尋常培養基使它生成孢子。普通工業上應用的酵母菌孢子生成主要條件有五：細胞新鮮、細胞強健、氧氣充足、水分豐富、溫度適當。最通用的方法，是用圓扁形石膏塊，放在培養皿內，加水至石膏塊高的一半，然後把酵母平舖於石膏表面，放到攝氏二十五度的保溫箱裏，在二十四至四