

# 白酒酿造工教程(上)

(基础知识)

李大和 主编

## 图书在版编目(CIP)数据

白酒酿造工教程. 上, 基础知识/李大和主编.  
北京: 中国轻工业出版社, 2006. 1  
ISBN 7-5019-5121-7

I. 白… II. 李… III. 白酒-酿造-教材  
IV. TS262.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 109677 号

责任编辑: 李亦兵 李海燕      责任终审: 滕炎福      封面设计: 王佳芃  
版式设计: 马金路              责任校对: 燕 杰      责任监印: 胡 兵

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷:                      印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16      印张: 12.5

字 数: 288 千字

书 号: ISBN 7-5019-5121-7/TS·2958

定 价: 26.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

50444J4X101ZBW

## 《白酒酿造工教程》编委会

主 编 李大和

副主编 夏友书 刘 念

编 委(按姓氏笔画为序)

刘 念 刘 萍 许绿英 祁永福 李大和

李国红 李国林 李天道 夏友书 郭 杰

黄家勇 潘建军

# 前 言

我国白酒为世界六大蒸馏酒之一,历史悠久,技艺精湛,在国内外享有盛誉,是中华民族珍贵的文化遗产。为了使工人的技术水平与酿酒工业的发展相适应,国家原轻工业部于1992年制定并颁发了《中华人民共和国工人技术(白酒行业)等级标准》。原中国轻工总会白酒行业中西部培训基地、国家职业技能(白酒、食品发酵)鉴定所(川—131)、四川省食品发酵工业研究设计院等部门和单位,专门组织了一批富有实践经验,又有较高理论水平的专家和科技人员,按照《中华人民共和国工人技术(白酒行业)等级标准》编写了《白酒工人培训教程》,由中国轻工业出版社于1999年6月出版发行。此书发行后受到同行的欢迎和重视。

现在,按照行业发展对白酒企业职工新的技能要求,广泛征求了白酒企业、科技人员、生产第一线工人及管理干部的意见之后,我们再次组织力量编写新的培训教程,以《白酒工人培训教程》为基础,增补了近年最新的技术成果和相关资料,使其更全面、实用。为使读者学习方便,全套书分为上、中、下三册,由我国著名酿酒专家李大和教授级高工策划各章节并统稿。上册为基础知识部分,中册适于白酒初、中、高级工学习使用,下册适于白酒各工种技师和高级技师学习使用。本册第一章由许绿英编写,第二章由刘念、李大和编写,第三、四、五章由郭杰、李国林、夏友书编写,第六章及附录由刘萍等编写。潘建军、李天道、祁永福等同志参加了部分资料的收集工作。

本书收集资料全面,从理论到实践进行了通俗的全面论述,具有较强的科学性、系统性。本书适用于酿酒行业培菌制曲、酿造、储存勾调、包装等技工的培训,也可作为白酒企业科技人员、相关专业的大专院校师生的参考资料。

由于我们的水平和时间所限,书中错误和不足之处在所难免,希望专家和读者指正,并在教学和实践不断加以充实和完善。

编者

# 目 录

<b>第一章 白酒酿造微生物基础知识</b> .....	(1)
第一节 微生物的基础知识.....	(1)
第二节 霉菌的特性.....	(7)
第三节 酵母的特性 .....	(12)
第四节 细菌的特性 .....	(15)
第五节 白酒酿造中有害菌的基本知识 .....	(16)
复习思考题 .....	(17)
<b>第二章 白酒酿造基础知识</b> .....	(19)
第一节 白酒品种的分类知识 .....	(19)
第二节 酿酒的原辅材料 .....	(21)
第三节 白酒生产的主要方法 .....	(32)
第四节 白酒酿造基本理论 .....	(35)
第五节 白酒生产工艺 .....	(45)
复习思考题 .....	(95)
<b>第三章 白酒酿造设备基础知识</b> .....	(96)
第一节 粉碎设备 .....	(96)
第二节 发酵设备 .....	(99)
第三节 蒸馏设备.....	(102)
第四节 贮存设备.....	(107)
第五节 过滤设备.....	(109)
第六节 灌装设备.....	(112)
复习思考题.....	(119)
<b>第四章 机械和电器设备知识</b> .....	(121)
第一节 常用计量器具的使用.....	(121)
第二节 电器设备的基础知识.....	(124)
第三节 电工仪表的基础知识.....	(133)
复习思考题.....	(138)
<b>第五章 安全知识</b> .....	(140)
第一节 安全操作知识.....	(140)
第二节 白酒生产的卫生与质量控制.....	(147)
第三节 白酒生产的环境保护.....	(149)
复习思考题.....	(152)
<b>第六章 职业道德</b> .....	(154)
第一节 职业道德的定义和社会作用.....	(154)

第二节 社会主义市场经济与职业道德	( 156 )
第三节 职业道德与企业的发展	( 158 )
第四节 社会主义职业道德的基本规范	( 167 )
复习思考题	( 173 )
附录	( 174 )
一、《中华人民共和国劳动法》相关规定	( 174 )
二、《中华人民共和国产品质量法》相关规定	( 180 )
三、《中华人民共和国食品卫生法》相关规定	( 183 )
四、《中华人民共和国商标法》相关规定	( 187 )
五、《中华人民共和国标准化法》相关规定	( 188 )
六、《中华人民共和国计量法》相关规定	( 190 )
主要参考文献	( 193 )

# 第一章 白酒酿造微生物基础知识

## 第一节 微生物的基础知识

**学习目标:** 通过本节的学习,掌握酿酒微生物的特点,微生物与环境的关系,影响微生物生长的因素等。

微生物是指那些个体微小、构造简单的一群微小生物。大多数微生物都是单细胞(例如细菌和酵母),部分是多细胞(霉菌)。一般说来,微生物主要是指细菌、放线菌、酵母菌、霉菌和病毒五大类。与酿酒有关的主要微生物有细菌及真菌中的霉菌及酵母菌。

微生物个体微小,其中有的肉眼可以看见,如毛霉、青霉、曲霉、假丝酵母等,也有我们肉眼看不见,必须借助显微镜才能看见的,例如酵母菌、细菌和放线菌。但是,当这些微生物的群体集成几亿或者更多时,也就是成了堆,我们的眼睛就能看见了,例如产膜酵母在酱油面上形成的白醭,又如许多红茶菌体结成一个块膜状半透明体(又称海宝),这些我们都是直接看得见的。在我们的日常生活中,由微生物所引起的许多现象是经常可以遇到的,例如,热天牛奶容易变酸凝固,吃剩的饭菜容易变馊、腐败发臭,雨天东西容易长霉(例如放到床下面的皮鞋经常长霉),人喝了脏水容易闹病等,这些都是有害微生物生命活动引起的。而很多微生物可为人类造福,为人类所利用,如在酿酒工业中,根霉、曲霉等霉菌在培养中生成淀粉酶,能将淀粉变成可发酵性糖;酵母菌在制酒过程中能将糖类发酵生成酒精;乳酸菌能生成乳酸及乳酸酯;一些产酯酵母可产生乙酸乙酯和其他酯类等等。但是,这并不等于所有的曲霉、根霉都有很大的糖化力,或所有的酵母都有很大的发酵力,相反,有的菌种也是有害的,如黑根霉、灰绿曲霉、烟曲霉和野生酵母。在酿酒工业上,我们要选择酶活力强、适合生产的优良菌种,要研究它们的繁殖、生长条件,如营养、温度、水分、空气等,使这些微生物更好地为酿酒工业服务。下面我们着重介绍两个问题。

### 一、微生物的特点

微生物具有体积小,种类多,繁殖快,分布广,容易培养,容易发生变异,代谢能力强等特点,能很方便地被应用于工、农、医等方面,能解决许多疑难的问题。

#### 1. 体积小

前已述及,微生物个体微小,必须借助显微镜才能观察清楚。测量微生物的大小以微米( $\mu\text{m}$ )、纳米( $\text{nm}$ )表示( $1\text{mm} = 10^3\mu\text{m} = 10^6\text{nm}$ )。一般酵母和霉菌的直径约  $20\mu\text{m}$ ,杆菌长度约  $2\mu\text{m}$ ,而病毒的长度仅约  $0.02\mu\text{m}$ 。

#### 2. 种类多

据有关资料介绍,在自然界,目前已发现的微生物有 10 万种以上,我们已研究过的微生物仅占自然界的 10% 左右。由于土壤中具备了微生物生活所需的各种物质、水分和温度,所以微生物在土壤中数量最大、类型最多。由于不同种类的微生物具有不同的代谢方式,能

够分解各种各样的有机质,因此,在自然界中虽然存在着千万种分解程度难易不同的物质,但亿万年来在地球上并没有堆积起任何一种物质,这就是因为不同种类的微生物能分解不同的物质所致。当前,国内外都喜爱利用微生物来防治公害,就是利用不同种类微生物的不同代谢方式,作用于不同结构物质的结果,也就是利用微生物各尽所能,各取所需,协同作战于三废物质中。另一方面,不同种类的微生物能积累的代谢产物也不同,所以发酵工业上常利用各种微生物来生产各种发酵产品,如酒类、酒精、丙酮丁醇、抗生素、酶制剂、有机酸、氨基酸、核酸、医药和化工产品等。

### 3. 繁殖快

在适宜的条件下,生产丙酮丁醇的梭状芽孢杆菌等能在 20~30min 繁殖一代,一昼夜就能繁殖 72 代,若照此繁殖速度可达  $47 \times 10^{22}$  个,如果把这些细胞排列起来可将整个地球表面盖满。但是,随着菌体数目的增加,营养物质迅速消耗,代谢产物逐渐积累,pH、温度、溶解氧浓度均随之而改变,适宜环境是很难持久的,所以微生物的繁殖速度永远也达不到上述水平。但毕竟比高等动植物的生长速度还是快千万倍。例如,培养酵母生产蛋白质,每 8h 就可收获一次,若种大豆生产蛋白质,最短也要 100 天。可见,利用微生物生产发酵产品,其生产速度虽然赶不上化学合成,但比利用高等动植物要快得多,而且有许多生理活性物质,如蛋白质(酶)、绝大部分的抗生素等用化学合成尚不能生产。

菌体的繁殖速度决定于繁殖一代所需要的时间,而繁殖一代所需要的时间是以不同的微生物或相同种类的微生物在不同条件下培养而各不相同的。一般在糖质培养基中,大肠杆菌繁殖一代的时间为 13~17min,枯草杆菌约为 30min,酵母为 1~2h。微生物的这一特点,为工业生产提供了有利条件。

### 4. 分布广

在自然界中,上至天空,下至深海,到处都有微生物存在。特别是土壤,更是各种微生物的大本营。据估计,一亩肥沃的土地,在 150cm 深的表土内就有 300kg 以上的真菌和裂殖菌。浓香型曲酒的生产,传统使用特定的土壤窖池,就是利用土壤微生物协同作战而生成的发酵产品。我们很多工业上利用的菌种,不少来源于土壤。但也要考虑微生物的生态特征,如分离酒类发酵的酵母,一般是从水果表皮或果园土壤中分离的。

### 5. 容易培养

大多数微生物都能在常温常压下,利用简单的营养物质生长,并在生长过程中积累代谢产物。因此,利用微生物发酵生产食品、药品、化工原料都比合成法具有更多优点:

- (1) 不需要高温高压设备,如发酵生产酒、醋、酱油等;
- (2) 利用原料比较粗放,如利用甘薯制酒精、酒、柠檬酸等;
- (3) 不用特殊催化剂,一般产品是无毒的。

### 6. 易变异

由于微生物的个体小,对环境变化的抵抗性差,因此当环境发生剧烈变化时,大多数个体容易死亡而被淘汰,个别的个体则发生了变异而适应于新的环境。又因为大多数微生物都进行了无性繁殖,容易发生变异,而且这种变异也具有相对的稳定性,因此,在生产上就利用这一特性,通过生产菌种的选育,配合发酵条件的改革,可以使产量大幅度提高。酿酒工业上采用的“东酒一号”、“UV-11”等菌种都是通过诱变育种得到的糖化力很高的新菌株。

微生物在自然条件下,经长期累代培养后,有时也会发生变异。如被用来制造甜酒曲的

根霉菌在接种数代后,其糖化力往往下降。一般在酒厂里,酵母菌不容易变异。曲霉由于能起吻合作用,比酵母易变异,但也常只是个体,很少影响到群体。酒厂所用的菌种并不是那么容易发生变异的,不要遇到生产下降,就怀疑菌种发生了变异,不去注意生产中的各个环节,而盲目地更换菌种。

### 7. 代谢力强

由于微生物的个体小,具有极大的表面积和容积的比值。因此,它们能够在有机体与外界环境之间迅速交换营养物质与废物。从单位重量看,微生物代谢强度比高等动物的代谢强度大几千倍至几万倍。例如酒精酵母,1kg 菌体一天内可发酵几千千克糖,生成酒精。从发酵工业的角度来看,代谢能力强,在短时间内,能把大量基质转化为有用产品,这是极其有利的。

## 二、微生物与环境

### (一) 微生物对营养的要求

微生物虽然是低级生物,但是它和一般生物一样,具有新陈代谢、生长发育、遗传变异等生命活动规律,需要从外界吸收营养物质,通过新陈代谢作用,从中吸取能量,并合成新的细胞物质,同时把体内废物排出体外。因此,营养物质是微生物生命活动的物质基础。

所谓营养物质,就是指环境中可被微生物利用(通过分解代谢和合成代谢)的物质。微生物对营养物质的要求是多种多样的,有些微生物能够利用的物质十分广泛,有的却十分狭窄。尽管微生物对营养的要求是各式各样的,但从微生物细胞的化学组成、微生物所需的基本营养及其主要功能等方面,都具有共同的规律。

微生物细胞的化学组成见表 1-1。在人工培养、利用、控制微生物的时候,首先必须根据它们的营养特点来确定供给的营养物质。而营养物质的确定,主要是依据组成细胞的化学成分,及我们所需要的代谢产物的化学组成。因此,分析微生物的细胞化学组成,是了解微生物营养的基础。

表 1-1

微生物细胞的化学组成

单位: %

微生物		细 菌	酵 母 菌	霉 菌
组 成 成 分				
水 分		75~80	70~80	85~90
固形物(各种成分占固形物总质量的百分数)	蛋 白 质	50~80	32~75	14~15
	碳 水 化 合 物	12~28	27~63	7~40
	脂 肪	5~20	2~15	4~40
	核 酸	10~20	6~8	1
	无 机 元 素	2~30	7~38	6~12

可见,微生物细胞的化学组成,主要是碳、氢、氧、氮,占全部干重的 90%~97%。此外,还有一部分微量元素,例如钾、镁、钙、硫、钠、铁等,还有含量很少、但缺少它们就不能生长的一些物质,称为生长素。微生物中各种化学成分的含量因微生物的种类、菌龄、培养基的组成、培养条件而异。

### (二) 影响微生物繁殖的化学因素

#### 1. 水分

微生物细胞中含水量很大,一般细胞含水 70%~90%。细菌的芽孢和霉菌的孢子含水量较少。水的一部分以游离状态存在,另一部分以结合状态出现。水是微生物细胞的主要组分,微生物生长必须有水,一切营养物质要先溶解于水,才能扩散到细胞内被吸收利用;细胞内的各种生理生化反应也必须在水溶液中进行。由此可见,微生物没有水就不能进行生命活动。

## 2. 碳源

碳素化合物是构成微生物细胞成分的主要元素,也是产生各种代谢产物和细胞内贮藏物质的主要原料。凡是能够供给微生物碳素营养的物质叫作碳源,一般来说糖类物质是最好的碳源,其他如淀粉、有机酸、醇类等,也常作为微生物的碳源。

## 3. 氮源

氮是构成微生物细胞蛋白质和核酸的主要元素,而蛋白质和核酸是微生物原生的主要组分,也可为微生物有机体提供能量。所以,氮是微生物的一种不可缺少的营养要素。氮的来源可分为无机氮(指分子氮、硝酸盐、铵盐等)和有机氮(指蛋白质、蛋白胨、各种氨基酸、尿素、豆饼粉、花生饼、鱼粉等)。微生物种类不同,对氮源的要求也不同。在酒精发酵工业中,用来糖化淀粉的黑曲霉能利用硝酸盐和铵盐作为氮源,而产生酒精的酵母菌却只能用铵盐作为氮源,不能利用硝酸盐作为氮源。

## 4. 无机盐类

无机盐类是微生物生命活动不可缺少的物质。它的主要功能是:构成菌体的成分;作为酶的组成部分;调节培养基的渗透压、酸碱度、氧化还原电位和酶的作用等。一般微生物所需的无机盐类包括磷酸盐、硫酸盐、氯化物和含钠、钾、镁、钙、铁等元素的化合物,尤其是磷酸盐与菌种代谢遗传有密切关系。微生物对无机盐的需要量是极少的,但是缺了它就不行,常常在其他营养成分中夹杂一点就能满足需要。例如,在井水中含有钙盐和镁盐就能满足微生物对钙、镁的要求。曲霉孢子放在水中不能发芽,因为孢子发芽时需要外界营养,蛋白胨及氨基酸可以提高发芽率。有人对曲霉孢子发芽所需营养做过试验,说明缺乏碳源、氮源、磷盐、镁盐时会严重影响发芽。

## 5. 生长素

生长素是指维持生命的要素,狭义来说,是指维生素。它是维持微生物正常生活必不可少,但需要量又极少的特殊营养物质。例如,有些微生物在具有适宜的水分、无机盐、碳源和氮源条件下,仍不能生长或生长不好。如果加入少量酵母浸出液或麦芽汁,生长就好了,这是因为浸出液中含有某些微生物所不能合成的生长素,如多种氨基酸、维生素、组成核酸辅酶的嘌呤、嘧啶碱等。

### (三) 物理因素对微生物生长发育的影响

#### 1. 温度

温度对微生物的影响很大,因为微生物的生长发育是一个极其复杂的生物化学反应,这种反应需要在一定的温度范围内进行,所以温度对微生物的整个生命过程都有着极其重要的影响。

从微生物的总体来看,生长温度范围很广,可在 0~80℃,各种微生物按其生长速度可分为三个温度界限,即最低生长温度、最适生长温度、最高生长温度。超过最低和最高生长温度的范围,生命活动就要中断。因此,我们在生产中,可以通过对温度的控制来促进有益

微生物的生长,抑制或消灭有害微生物的发育。

那么,什么是最低生长温度呢?它是指微生物生长与繁殖的最低温度,在这个温度时,微生物生长最慢,低于这个温度,微生物就不能生长。最适生长温度是指微生物生长最适宜的温度,在这个温度时,如果其他条件适当,则微生物生长最快。而最高生长温度就是在其他环境因素保持不变前提下,微生物能够生长繁殖的最高温度。高于这个温度,微生物的生命活动就要停止,甚至死亡。

在物理因素中,温度对微生物的影响最为重要。微生物在生长繁殖过程中,吸热反应和放热反应是共同进行的。在发酵前期要给予适当温度,以后要适当控制温度,防止升温过猛。“低温入窖、缓慢发酵”的实质就在于此。

微生物的生长繁殖不但受到外界温度的影响,更重要的是外界温度与菌体内部保持热平衡。也就是说,外界环境的温度影响到微生物的生长繁殖,反过来,微生物在大量的生长繁殖过程中也影响外界环境温度的改变。如酒精厂在固体制造麸曲过程中的中期和后期,由于微生物的代谢作用,品温逐渐上升,向着微生物生长繁殖的不利方向发展。为了控制微生物生长的最适温度,保证曲子质量,根据品温上升情况,采取通风方法来降低品温。国内酒精厂生产麸曲时,品温要求保持在 37℃ 左右。初期菌体刚刚开始生长,发热量不大,这时采用间歇通风方式;到后期,菌体生长旺盛,伴随产生大量的热,因此采用连续通风来降低品温。

高温对微生物影响较大,微生物在超过最高生长温度以上的环境中生活,就会引起死亡,温度越高,死亡越快。但是,微生物对高温的抵抗力依菌的种类、发育时间、有无芽孢而异。例如,无芽孢的细菌在液体中,55~60℃ 经 30min 即可死亡;70℃ 时仅 10~15min 死亡;100℃ 仅几分钟就可死亡。酵母营养细胞及霉菌菌丝体,在 50~60℃ 时 10min 左右即可杀死;而它们的孢子在同样时间内却要 70~80℃ 才能杀死。芽孢杆菌中的芽孢对热的抵抗力很强,如枯草菌芽孢在沸水中煮沸 1h 也不死,这是因为芽孢内所含水分较少,菌体蛋白不易凝固。微生物在高温下死亡的原因,是由于菌体中的酶遇热后失去活性,使代谢发生障碍而引起菌体死亡。

## 2. 氢离子浓度(pH)

氢离子浓度对微生物生命活动的影响,是由于氢离子浓度影响细胞原生质膜的电荷,原生质膜具有胶体性质,在一定 pH 范围内,原生质带正电荷,而在另一种 pH 范围内,则带负电荷,这种正负电荷的改变,同时又会引起原生质膜对个别离子渗透性的变化,从而影响微生物对营养物质的吸收。例如,黑曲霉在 pH 2~3 时生成柠檬酸,pH 近中性时却生成草酸;酵母在 pH 为 5 左右时,其产物是乙醇,而 pH 8 时则产生甘油。

如表 1-2 所示,各种不同的微生物要求的 pH 不同,大多数细菌最适 pH 接近中性或微碱性,酵母和霉菌的最适 pH 值趋向酸性。

表 1-2 各种微生物生长最适 pH 和 pH 范围

微生物种类	最低 pH	最适 pH	最高 pH
细菌和放线菌	5.0	7.0~8.0	10.0
酵母菌	2.5	3.8~6.0	8.0
霉菌	1.5	3.0~6.0	10.0

在酿酒工业中,广泛利用 pH 抑制杂菌的生长。酒精厂循环酒母添加硫酸;白酒厂入窖酒醅有一定的酸度,就是利用 pH 的适宜范围来抑制不适宜该范围的杂菌。现在各厂一般利用酸度[1g 曲或糟消耗 0.1mol/L NaOH 液的体积(mL)]来指导生产,已经取得了很成熟的经验。

### 3. 空气

大多数微生物在生命活动过程中都需要空气,按照各种微生物对氧的要求不同,可将它们分成三类:

(1) 好气性微生物 也称好氧性微生物,这类微生物在生活中需要氧,只有在氧分子存在的条件下,它们才能正常生活。大多数微生物都属于这一类型,如根霉、曲霉等。在制造压榨酵母时通风可以增加酵母的产量。微生物深层培养时,通入空气不但影响微生物的生长,还影响微生物的代谢产物,如在抗生素、液体曲、有机酸的生产过程中,通风量对产品的产量有很大的影响。

(2) 厌氧微生物 也称专性嫌气微生物。这类微生物不需要分子态氧,分子态氧对它们有毒害作用。如丙酮丁醇菌及其他梭状芽孢杆菌(如窖泥中能产生己酸的细菌),只能在无氧或缺少氧的状态下生活。

(3) 兼性嫌气性微生物 有相当多的微生物既能在有氧条件下生长,又能在无氧条件下生活。如酵母在有氧条件下迅速生长繁殖,产生大量菌体,在无氧条件下,则进行发酵,产生大量的酒精。

在实验室培养好气性或兼性嫌气性微生物,若用固体培养基,则通过棉塞的少量空气即可满足;若用液体培养基,就需在摇床上培养。而对厌氧性微生物的培养,可以用抽真空、焦性没食子酸吸收、覆盖无菌石蜡等方法。

### 4. 界面

界面问题与微生物生长有很大关系,特别是对固态法白酒生产来说,界面关系尤为重要。我们知道自然界里栖息着大量的微生物,它们生活在不同的状态之中。有的在气相,有的在均一的液相,有的却生长在各式各样的固相上。但是为数极多的微生物却居住在两个不同的接触面上,这种接触面称作界面。居住在界面的微生物群,其生长与代谢产物都与居住在均一相内的有明显不同,这就是界面对微生物的影响关系。

在不同培养基中(例如米曲汁、米曲汁加醋酸、米曲汁加乳酸),添加经酸碱处理过的玻璃丝作界面,分别培养三种酵母(南阳、汉逊、1312)发酵试验,不论米曲汁或添加醋酸、乳酸的培养基中,乙酸乙酯的生成量都大幅度增加。证明了液体中有固体界面物质对酵母的代谢有明显的影响。

辽宁金县酒厂试验证明,固态法白酒与液态法白酒质量不同的原因,关键在于前体物质、蒸馏操作,特别是由颗粒组成的复杂的界面,是使两者不同的重要原因之一。例如,以糖蜜原料液态发酵的酒,完全是液态酒的风味,而同样原料,添加稻壳固体发酵,就会有固态法白酒的风味。所以说,白酒固态发酵,界面极为复杂,如原料、酒醅、填料对发酵微生物的吸着状态及其对酶活力与代谢的影响;原料粉碎细度,即颗粒大小对发酵微生物的影响;加水量的多少,改变了固-液的比例关系对发酵微生物的影响。浓香型酒生产中,鼓槌状菌为什么接种于酒醅中的效果远不及接种于泥土中的效果显著,及黏土界面与梭状菌的关系等,都是研究白酒发酵中界面关系的重要课题。

以上介绍的与微生物有关的物理、化学因素对微生物生长繁殖的影响,是相互交织在一起的,以致构成复杂的发酵过程。

## 第二节 霉菌的特性

**学习目标:** 通过本节的学习,掌握与酿酒相关的霉菌的形态结构、生理生化特性及在酿酒中的主要作用。

霉菌是我们日常在阴暗潮湿的角落里或衣物、食品上,用肉眼能见到的,有各种颜色,呈绒毛状、棉絮状或网状的东西,俗称发霉。由于它们在微生物中是比较大的,所以用放大镜及低倍显微镜一般可以分辨清楚。它们的种类极多,形态又很特殊,我们可以从两方面来加以认识:

(1) 霉菌菌落的特征 严格地讲,要由霉菌的一个分生孢子或一个孢子囊孢子在固体培养基上发芽、生长及繁殖后,形成一定的菌丛,称为霉菌的菌落。但习惯上通常已把固体培养基上接种某一种菌(有无数孢子),经过培养,它们向四周蔓延繁殖后所生成的群体也称为菌落。当霉菌在培养基上或自然基质上开始生长时,先有一个肉眼看不出的时期,接着逐渐见到白斑点,用低倍显微镜观察,此时可以见到丝状的物体,微生物学上把每一个单一的细丝叫作菌丝,而把混在一起的许多菌丝称为菌丝体。霉菌分营养菌丝和气生菌丝,气生菌丝较松散地裸露于空气中。如果由营养菌丝直接生出分生孢子梗,肉眼就见到绒毛状。如果由营养菌丝先生出气生菌丝,再由它生出分生孢子梗时,往往乱作一团,这样菌落就呈疏松的棉絮状或网状。霉菌最初生长时往往是白色或浅色的,这就是生长菌丝的颜色。随后由于各种霉菌的分生孢子等子实体都有一定的形状和颜色,所以在菌丝体上最后形成黄、绿、青、橙、褐、黑等各种不同色泽孢子的菌落。一些生长较快的霉菌,越接近菌落中央处的菌丝,它的生理年龄越大,常会较早形成子实体,呈色较深,而边缘处则最年轻,使菌落的周围就有淡色圈的形成,有时随着菌落的不断扩大而形成一系列的同心圈。有些霉菌只在菌落中间部分产生分生孢子头,它的边缘菌丝发育不完全,颜色逐渐变浅或逐渐消失,形成了显著的边缘区。有的霉菌的菌丝生长时扩展极快,在合适的条件下能迅速地布满全部培养基表面,这样就无法分辨出菌落。

霉菌的菌落很大,各种霉菌在一定的培养基上又都能形成特殊的菌落,肉眼容易分辨,它不但是鉴别霉菌时的重要依据之一,而且在生产实践中可以通过对霉菌群体的形态观察来控制它们的生长发育,同时防止杂菌的污染。

(2) 霉菌的个体形态 霉菌是多细胞真菌的代表。因为菌体由多细胞组成,所以较为复杂,它的个体形态、大小及作用也各不相同。

霉菌的孢子在适宜的条件下,首先吸水膨大,再开始萌发,即由孢子表面露出一个或多个芽管,俗称为发芽;然后芽管迅速增长,并长出分枝,分枝上再生分枝,使培养基或基质表面上布满结成网状的菌丝体,形成的各个步骤可以通过显微镜进行观察(如图 1-1),在显微镜下可看到一个菌丝的分枝和另一个菌丝相结合,而使菌丝体产生梯形或网状的联结现象。一般当吸入食物的能量使菌体的增长已达到一定的大小时,才开始生出孢子囊梗或分生孢子梗等特化的菌丝,最后由它们生出孢子,即形成子实体。肉眼就可以观察到各种不同

的霉菌所生成的菌丛。所谓菌丛就是霉菌菌丝体和子实体的综合外观(图 1-2)。菌丝有两种类型:一种是生长在培养基或自然基质内部或贴附在表面上向四周蔓延的菌丝,称为营养菌丝,也称基内菌丝或基质菌丝;另一种是向空间生长的,称为气生菌丝。霉菌的菌丝还有两种不同的结构:一为不生横隔膜的,即整个菌丝及其分枝连成长管状,因而只能算是单细胞的,如根霉和毛霉等;一为菌丝中各细胞由隔膜分开,即形成了简单的多细胞,如曲霉、青霉等大多数霉菌都是属于这一种。

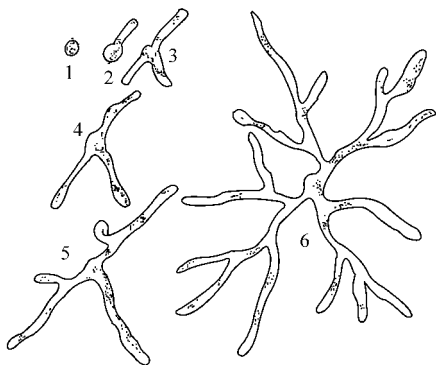


图 1-1 孢子发芽及生菌丝  
1—孢子 2—膨胀萌发 3—生出芽管  
4—芽管伸长 5—长出分枝 6—菌丝体

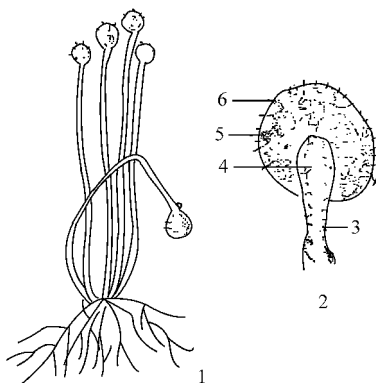


图 1-2 高大毛霉的菌丛及孢子囊  
1—菌丛 2—孢子囊 3—孢子囊柄  
4—囊轴 5—孢子 6—膜

霉菌的种类繁多,个体形态也各不相同,为了进一步认识这一类微生物,下面再将与酿酒生产关系密切的几种主要霉菌分别进行介绍。

### (一) 曲霉

曲霉菌丝具有横隔,所以它是多细胞菌丝。当生长到一定阶段后,部分菌丝细胞的壁变厚,成为足细胞,并由此向上生出直立的分生孢子梗,它的顶端膨大,称为顶囊。顶囊一般呈球状。在顶囊表面以辐射方式生出一列或两列小梗,在小梗上着生一串串的分生孢子。曲霉的菌丝形状若与高粱相比,就更清楚了。高粱下部的根、根毛就等于曲霉的菌丝体,高粱秆就是曲霉的孢子柄,穗和高粱粒便可看成是曲霉孢子囊和孢子了(图 1-3)。曲霉分生孢子穗的形状和分生孢子的颜色、大小、滑面或带刺,都是鉴定的依据。

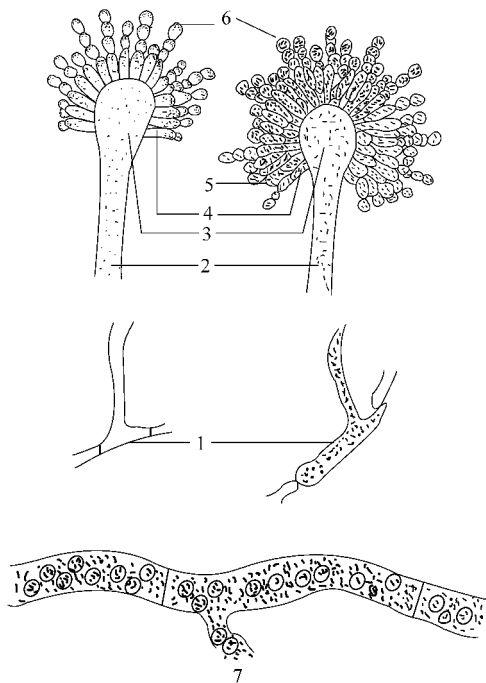


图 1-3 曲霉  
1—足细胞 2—分生孢子梗 3—顶囊 4—一列小梗  
5—二列小梗 6—分生孢子 7—有隔菌丝

曲霉是酿酒工业所用的糖化菌种,是

与制酒关系最密切的一类菌。菌种好坏与提高出酒率、提高产品质量关系密切。

现在各白酒厂广泛应用的优良曲霉菌种中,黑曲( 邬氏曲霉、泡盛曲霉、甘薯曲霉 )都是糖化力较强的菌种。白曲( 肉桂色的河内白曲、B<sub>11</sub>号曲霉以及东酒 2 号曲霉等 )都已普遍使用,效果良好。黄曲( 黄曲霉、米曲霉 )现在应用于白酒生产的不多,因其糖化力远不及黑曲霉强,也不耐酸,所以出酒率不高,但由于其蛋白酶活力强,广泛地应用于酱油及制酱工业中。

大曲中常见的曲霉的形态特征见表 1-3。

(1) 黑曲霉 自然界分布极广,在各种基质上普遍存在,能引起水分较高的粮食霉变。黑曲霉菌丛呈黑褐色,顶囊成大球形,小梗有多层,自顶囊全面着生,分生孢子球形。

黑曲霉具有多种活性强大的酶系,广泛应用于工业生产。如淀粉酶用于淀粉的液化、糖化,以生产酒精、白酒或制造葡萄糖等。耐酸性蛋白酶用于蛋白质分解或食品消化剂的制造、毛皮软化。果胶酶用于水解聚半乳糖醛酸、果汁澄清和植物纤维精炼。柚苷酶和陈皮苷酶用于柑橘罐头去苦或防止白浊。黑曲霉还能产生多种有机酸,如抗坏血酸、柠檬酸、葡萄糖酸等。

制曲时如曲的水分过多,未及时蒸发,温度高时,黑曲霉生长较多。

(2) 黄曲霉 黄曲霉菌落生长较快,最初带黄色,后变成黄绿色,老熟后成褐绿色。产生的液化型淀粉酶(  $\alpha$ -淀粉酶 )较黑曲霉强,蛋白质分解力次于米曲霉。某些菌系能产生黄曲霉毒素,如花生上生长的黄曲霉就能产生黄曲霉毒素。黄曲霉是大曲中的主要曲霉。

(3) 米曲霉 菌丛一般为黄绿色,后变成黄褐色,分生子头放射形,顶囊球形或瓶形,色与黄曲霉相似,含有多种酶类,糖化型淀粉酶(  $\beta$ -淀粉酶 )和蛋白质分解酶活力都较强。主要用作酿酒的糖化曲和用于酱油生产中。

表 1-3 米曲霉、黄曲霉、黑曲霉的一般形态特征

项目 \ 菌别	米曲霉	黄曲霉	黑曲霉
菌落	培养 10d 后,菌落直径为 5~6cm,变为疏松、突起。初呈白色,逐渐变为黄色、带黄褐色至淡绿褐色	生长较快,培养 10~14d 后,直径为 6~7cm。由带黄色变为带黄绿色,最后色泽发暗。菌落平坦且呈放射状皱纹,背面无色或略带褐色	菌落较小,培养 10~14d 后直径为 2.5~3cm。菌丝开始为白色,常呈现鲜黄色域,厚绒状黑色,背面无色或中部略带黄褐色
分生孢子头	呈放射状,直径 150~300 $\mu$ m,少见疏松柱状	呈疏松放射状,后变为疏松柱状	幼时呈球形,逐渐变为放射形或分裂成若干放射的柱状,为褐黑色
分生孢子梗	长约 2mm,壁粗糙且较薄	大多直接自基质长出,直径为 10~20 $\mu$ m,长度通常不足 1mm,较粗糙	自基质直接长出,长短不一,为 1~3mm,直径为 15~30 $\mu$ m
分生孢子囊	顶囊似球形或烧瓶形,直径为 40~50 $\mu$ m。小梗为单层,偶有双层,也有单、双层小梗并存于一个顶囊的状况	顶囊呈球形或烧瓶形,直径为 25~45 $\mu$ m。小梗单层、双层或单双层并存于一个顶囊。在小型顶囊上仅有一层小梗	顶囊球形,直径为 46~76 $\mu$ m。小梗双层,全面着生于顶囊,呈褐色

(4) 栖土曲霉 菌丛棕褐色或棕色,含有丰富的蛋白酶。

(5) 红曲霉 菌落初期为白色,老熟后变成粉红色、紫红色或灰黑色,有些种能产生鲜艳的红曲霉红素和红曲霉黄素。我国早在宋朝就利用它培制红曲,用于酿酒、制醋、做豆腐乳的着色剂、食品染色剂等。某些黄酒就是利用红曲霉制造的,福建古田是著名的红曲产地。

红曲霉能产生淀粉酶、麦芽糖酶、蛋白酶、酯化酶,还能产生柠檬酸、琥珀酸、乙醇等。红曲霉在大曲中常可发现。现在已有人将红曲霉用于大曲生产以提高浓香型酒中酯的含量。

## (二) 根霉

根霉在自然界分布很广,它们常生长在淀粉基质上,如馒头、面包、甘薯等,空气中也有大量的根霉孢子。根霉是小曲酒的糖化菌,根霉也可制造豆腐乳及生产糖化酶等产品。

根霉的菌丝较粗,无隔膜,一般认为是单细胞的,但在生长之处菌丛好似蜘蛛网状。菌丝会在培养基表面迅速蔓延,称为匍匐菌丝。在匍匐菌丝上有节,向下伸入培养基中,成为分枝如根状的菌丝,称为假根。从假根部向空气中丛生生出直立的孢子囊梗,它的顶端膨大,成圆形的囊状物,称为孢子囊。孢子囊一般为黑色,底部有囊轴。孢子囊里形成大量的孢子囊孢子。孢子成熟后,囊壁破裂,散布各处进行繁殖。

根霉具有无性和有性繁殖,所以它们的生活史中有两类循环(图 1-4)。

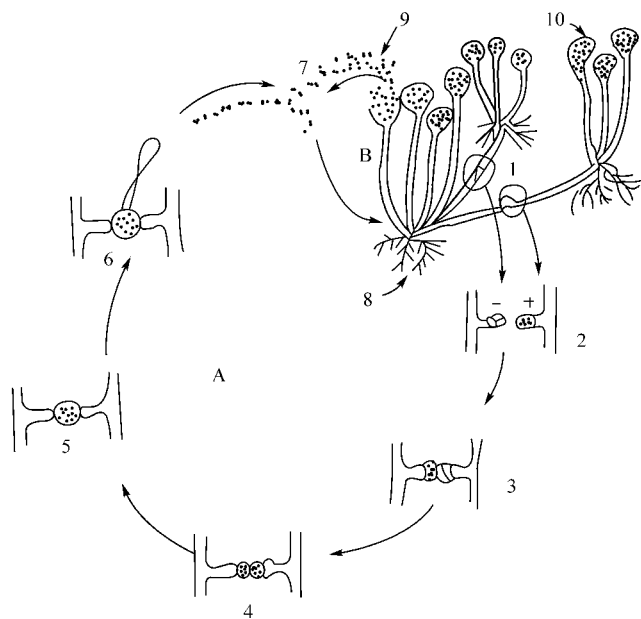


图 1-4 根霉的形态及其生活史

A—有性循环 B—无性循环

- 1—不同配偶型的性细胞 2—发育中的性细胞
- 3—配子囊 4—质配 5—成熟的接合孢子
- 6—接合孢子发育 7—孢子囊孢子 8—假根
- 9—孢子囊孢子 10—孢子囊

根霉因其孢子囊柄的营养菌丝像根一样而得名。每根上一般长有 3~4 根孢子囊柄,在孢子囊柄上部长出球形的孢子囊,内含许多孢子囊孢子。这是一种无性繁殖孢子,也是生产过程中遇到的主要繁殖形式。当具有性亲和的菌丝经过质配和核配时,就形成一种有性孢子(称作接合孢子,见图 1-4)。它遇合适条件也会发芽,其结果是在形成的孢子囊内含有两种以上类型的孢子囊孢子。成熟的孢子囊很易破裂,将孢子囊孢子释放出来。孢子囊释放出孢子后会露出囊轴,这也是藻状菌的特殊结构之一。在显微镜下观察成熟的根霉,一般看不到完整的根霉形态,但可以观察到它的每一个部分以及有性繁殖和无性繁殖的各个环节。

我国历史悠久的民间酿造甜酒用的小曲(药曲),主要是根霉菌种及少量酵母。根霉在繁殖时,分泌大量的淀粉酶,将淀粉糖化,所以根霉是小曲的重要糖化菌种。有名的四川邛

唛米曲用 72 种中草药。厦门白曲则采用纯种培养。中国科学院微生物研究所分离出适宜于大米原料和薯干原料的优良菌种。根霉也是阿明露法制酒精的主要糖化菌。

根霉依种类的不同,其淀粉糖化力、酒精发酵力和蛋白质分解力也各异。有些根霉能分解果胶质,生成甲醇,有些根霉能产生有机酸,如米根霉能产生乳酸,黑根霉能产生延胡索酸和琥珀酸。大曲中的根霉以米根霉为主,制曲时如水分过大,温度过高,往往也会出现米根霉。米根霉的菌落特征是:匍匐菌丝无色,爬行,假根褐色,较发达,呈指状分枝或根状。菌落疏松,最初白色,后逐渐变成灰褐色,最后变成黑褐色。米根霉有淀粉糖化性能、蔗糖转化性能,能产生乳酸、反丁烯二酸及微量的乙醇。生长温度为 30~50℃,最适温度为 37℃,41℃ 也能生长。根霉在生产传代过程中容易衰退,使用一段时间后要筛选、复壮。

### (三) 毛霉

毛霉与根霉相近似,是一种低等真菌,在阴暗潮湿低温处常可遇到,它对环境的适应性很强,生长迅速,是制大曲和麸曲时常遇到的污染杂菌。所谓水毛,常常是指毛霉。毛霉在形态上与根霉相似,菌丝无隔膜,在培养基或基质上能广泛蔓延,但无假根和匍匐菌丝。形象地说,根霉是呈蜘蛛网状,而毛霉则是头发状。

毛霉是制豆腐乳及豆豉的主要菌种,有的菌种含油量较高。毛霉能糖化淀粉及生成少量乙醇,且蛋白质分解能力强,其中许多毛霉能产生草酸、琥珀酸、甘油等。有的毛霉能产生 3-羟基丁酮、脂肪酶、果胶酶等。

发酵工业上常用的毛霉有:

(1) 高大毛霉 这种菌分布很广,多出现在牲畜粪便上。在培养基上的菌落,初期为白色,老后变为淡黄色,有光泽,菌丛高达 3~12cm。

(2) 鲁氏毛霉 此菌种最初是从我国小曲中分离出来的,是毛霉中最早被用于淀粉法制酒精的一种。它能产生蛋白酶,有分解大豆蛋白质的能力。我国多用它来做豆腐乳。

(3) 总状毛霉 是毛霉中分布最广的一种,几乎在各地的土壤中、生霉材料上、空气和各种粪便上都能找到。菌丛灰白色,菌丛直立而稍短,孢子囊柄总状分枝。四川豆豉即用此菌制成。

### (四) 木霉

木霉在土壤中分布极广,在木材及其他物品上容易发现它的踪迹。有些菌株能强烈分解纤维素和木质素等复杂物质,以代替淀粉质原料,对国民经济有十分重要的意义。但某些木霉又是木材腐朽的有害菌。木霉菌丛有横隔,蔓延生长,形成平的菌落,菌丛无色或浅色。菌丛向空气中伸出直立的分生孢子梗,孢子梗再分枝成两相对的侧枝,最后形成小梗,小梗的顶端有成簇的分生孢子,孢子成绿色或铜绿色(图 1-5)。木霉的利用范围很广泛,并日益引起重视。木霉含有多种酶系,尤其是纤维素酶,是生产纤维素酶的重要菌种。它能利用农副产品,如麦秆、木材、木屑等纤维质原料,使之转变成糖质原料。黑龙江省将木霉与 B<sub>11</sub> 号曲霉混合制曲(木霉:B<sub>11</sub>号曲霉=20:

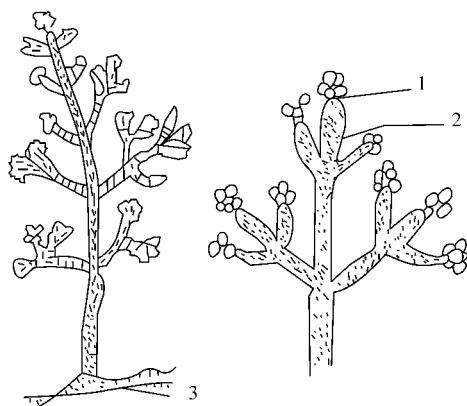


图 1-5 木霉

1—孢子 2—小梗 3—菌丝