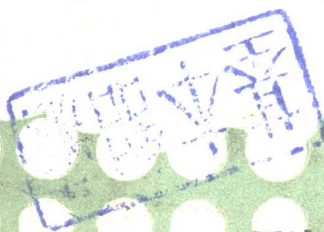


915263

上海市“星火计划”培训教材

啤酒 酵母实用技术



王治权 陈远河 尚水英 编著



上海科学普及出版社

T8262.5

915263

1034

上海市“星火计划”培训教材

啤酒酵母实用技术

王治权 陈远河 尚水英 编著

上海科学普及出版社

1383
1034

内 容 提 要

啤酒酵母的培育是啤酒酿造过程的一个重要环节，它直接影响啤酒的质量、风味和稳定性。本书重点论述了啤酒酵母的培育技术、酵母性状的鉴定和检测方法，以及在实际生产中起保证作用的工艺条件等。对啤酒酵母的发酵机制及酵母性状对啤酒质量的影响、啤酒酵母的综合利用方法等也作了介绍。

本书内容翔实、通俗可读，适合于啤酒发酵、酵母培育操作人员，啤酒酿造技术人员和酒类酿造专业师生阅读。

责任编辑 张建德

上海市“星火计划”培训教材

啤酒酵母实用技术

王治权 陈远河 尚水英 编著

上海科学普及出版社出版发行

(上海曹杨路 500 号)

各地新华书店经销 江苏太仓印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 16.5 字数 395000

1990年5月第1版 1990年5月第1次印刷

印数 1—1800

ISBN7-5427-0213-0/TS·13 定价：9.00 元

前 言

随着人们生活水平的提高和饮食结构的调整，低酒精度且富含营养的啤酒倍受人们的喜爱。啤酒生产厂遍及全国各地，并已从城市扩展到了农村，显示了我国啤酒工业蓬勃发展的趋势。

酿制质量上乘的啤酒，需要有精良的原料、科学的工艺、优质的酵母、严谨的操作技术，以及科学的技术管理等。诚然，贯穿啤酒酿造全过程的生化反应，是在啤酒酵母的参与下进行的。因此，酵母品质的优良与否，将影响啤酒理化指标的高低及啤酒风味的优劣。

作为从事啤酒酿造工作的技术人员和操作人员，应在掌握微生物知识的基础上，熟练地掌握啤酒酵母的发酵作用，酿制出质量、风味俱佳的啤酒。我们根据多年从事啤酒技术工作的实践，并参阅有关科技资料，编写了本书，对啤酒酵母的选育及生产方法及其各项鉴定试验等作了详尽阐述；对啤酒发酵工艺、酵母对啤酒质量的影响，以及改进性的技术措施等，也作了实质性的讨论。

我们希望本书对同行起到抛砖引玉的作用。由于我们水平有限，书中疏漏及不妥之处在所难免，恳请读者给予批评、指正。

作 者

1988年7月于上海

目 录

前 言

第一章 酵母和啤酒发酵	1
第一节 啤酒酵母	1
一、啤酒酵母在分类学上的位置	1
二、啤酒酵母的命名	1
三、啤酒酵母的分类	2
四、啤酒酵母的性状	5
五、啤酒酵母的营养物质及其功用	9
六、啤酒酵母的繁殖方法	11
七、啤酒厂常用的酵母	12
第二节 啤酒发酵	13
一、啤酒发酵机理	14
二、发酵过程中的物质变化	18
三、啤酒发酵的工艺过程	22
第三节 酵母对啤酒发酵的影响	39
一、酵母与发酵速度	39
二、酵母与发酵度	39
三、酵母与发酵异常现象	40
四、发酵液的质量	42
第二章 啤酒酵母的培育	44
第一节 啤酒酵母的选育	44
一、菌种筛选	44
二、杂交育种	45
三、诱变育种	45
第二节 啤酒酵母的分离纯化	48
一、平面分离培养法	49
二、划线分离培养法	50
三、单细胞分离培养法	51
四、单孢子分离法	53
第三节 啤酒酵母的保藏	54
一、啤酒酵母保藏的意义及原理	54
二、啤酒酵母保藏的方法	54
第四节 啤酒酵母的退化及其防治	56
一、啤酒酵母退化现象	56

二、啤酒酵母退化原因	57
三、防止酵母退化的措施	57
第三章 啤酒酵母的扩大培养	58
第一节 啤酒酵母的生长	58
一、酵母菌种	58
二、酵母菌种选择	58
三、酵母的生长	58
第二节 啤酒酵母的扩大培养	60
一、实验室的扩大培养	60
二、生产现场的扩大培养	63
三、酵母扩大培养的要求	67
第三节 空气的净化与除菌设备	68
一、常用空气过滤介质	69
二、介质除菌原理	70
三、空气除菌设备	72
第四章 啤酒生产中的酵母管理	76
第一节 酵母的添加	76
一、添加温度	76
二、添加量	76
三、添加种酵母的技术要求	77
四、供氧	77
五、添加方法	77
六、酵母繁殖室、酵母繁殖槽和酵母接种器	78
第二节 酵母的回收、处理和保存	79
一、酵母回收留用条件及方法	79
二、酵母回收、处理和保存	79
三、酵母留用应急措施	80
四、酵母回收量	81
第三节 微生物管理与检查	81
一、杂菌的来源	82
二、病害微生物的种类及其特征	83
三、啤酒生产过程中微生物的检查	87
四、啤酒病害微生物的检查和鉴别	91
第四节 啤酒生产的清洁与灭菌	99
一、洗涤剂	100
二、灭菌剂	101
三、清洗方式	101
四、清洁灭菌的技术条件与操作	102
第五章 酵母和啤酒质量	104

第一节 啤酒的理化性状	104
一、中华人民共和国国家标准(11、12度优级淡色啤酒)	105
二、中华人民共和国轻工业部部颁标准(普通淡色啤酒)	106
第二节 啤酒的风味	108
一、啤酒风味的特征	108
二、啤酒风味成分强度指标	110
三、发酵产生的风味	110
第六章 酵母的检查与鉴定	117
第一节 啤酒生产中酵母的检查	117
一、外观和形态的检查	117
二、巨大菌落的观察	118
三、杀菌及其污染程度的观察和检查	118
四、死细胞的检查	118
五、肝糖染色检查	118
六、异染颗粒的检查	119
七、芽簇的检查	119
八、孢子形成速度的检查	119
九、新老酵母检查(测定示例)	119
第二节 酵母生理特性试验	121
一、发酵力	121
二、酵母热死亡温度	123
三、酵母的凝聚性试验	123
四、发酵速度的测定	124
五、感官鉴定	124
六、耐酒精浓度的试验	124
七、染色试验	124
八、降糖速度	125
第三节 啤酒酵母的鉴定方法	125
一、酵母菌分类原则及系统	125
二、酵母菌鉴定的依据	132
第七章 酵母的实验技术	134
第一节 工业微生物实验室	134
一、工业微生物实验室的要求	134
二、工业微生物实验室	134
三、微生物实验室常用的玻璃器皿和洗涤剂	135
四、微生物实验室的主要设备	137
五、实验室注意事项	138
第二节 灭菌和消毒	138
一、灭菌和消毒的概念	138

二、灭菌和消毒的方法	138
三、加热灭菌的种类、基本原理及操作步骤	138
四、过滤除菌法	140
五、紫外线灭菌	141
六、化学灭菌	141
第三节 培养基和培养基的制备	142
一、培养基	142
二、培养基类型的介绍	142
三、四大类微生物典型培养基	144
四、培养基一些成分说明	145
五、培养基的制备	147
六、培养基的分装	148
第四节 微生物纯培养技术	151
一、纯菌分离	151
二、酵母菌的特点	151
三、啤酒酵母分离方法	151
第五节 微生物的接种技术	151
一、接种的定义	151
二、几种接种方法	151
三、几种常用的接种工具	151
四、斜面接种技术	152
五、液体接种技术	153
六、由液体培养基接种液体培养基	154
七、穿刺接种法	154
八、平板植点法	154
第六节 微生物实验方法	155
一、显微镜的构造和使用方法	155
二、显微镜油浸镜的使用及细菌观察	157
三、细菌简单染色法及革兰氏染色法	158
四、酵母细胞形态观察、死活细胞的染色鉴别及大小测定	161
五、显微摄影和酵母菌摄影	162
六、酵母细胞核的观察方法	165
七、酵母子囊孢子的生成和观察	166
八、酵母子囊孢子染色观察法	168
九、酵母肝糖颗粒和细胞内脂肪的观察	168
十、酵母细胞内异染颗粒的观察	169
十一、假丝酵母假菌丝生成和形态观察	169
十二、酵母细胞数和发芽率的测定	170
十三、酵母对糖类的发酵——发酵度试验	171

十四、啤酒酵母热死亡温度测定	173
十五、啤酒酵母降糖速度的测定	174
十六、啤酒酵母凝聚性的测定	174
十七、啤酒酵母耐酒精度的测定法	174
十八、双乙酰形成和还原能力的测定	175
十九、酵母巨大菌落试验	175
二十、啤酒酵母渗透压的测定	176
二十一、酵母菌的碳源代谢	176
二十二、酵母同化硝酸盐的测定	179
二十三、分解杨梅苷(亦称熊果苷)的测定	179
二十四、类淀粉物质的形成	180
二十五、产酸性能的测定	180
二十六、产酯性能的测定	181
二十七、油脂(脂肪)的分解	181
二十八、生成类胡萝卜素的测定	182
二十九、石蕊牛奶发酵试验	182
三十、酵母的氮源营养成分	183
三十一、尿素分解的测定	184
三十二、水解明胶的测定	184
三十三、氨基酸的测定	185
三十四、酵母的无机营养成分测定	185
三十五、在无维生素培养基中生长的测定	186
三十六、必需维生素的测定	186
三十七、啤酒上面发酵酵母菌和啤酒下面发酵酵母菌的检别方法	
——棉子糖发酵法	187
三十八、酵母菌的分离技术之一——稀释分离法、划线分离法	188
三十九、酵母菌的分离技术之二	
小滴培养法(林德奈氏单细胞分离法)	189
湿室培养法(汉生氏单细胞分离法)	190
四十、生啤酒中大肠杆菌群数的测定	190
四十一、成品啤酒中细菌总数的检查	193
四十二、水中细菌含量的测定	194
四十三、空气中微生物的检查和计数	195
四十四、菌种保藏	196
第八章 固定化酵母新技术的应用	200
第一节 固定化生长酵母的制备方法	200
一、固定化细胞及其种类	200
二、固定化方法	201
三、固定化酵母细胞注意事项	205

第二节 固定化酵母细胞的性质	206
第三节 固定化酵母在啤酒发酵中应用	206
一、固定化酵母细胞反应器的类型	207
二、固定化生长酵母发酵啤酒示例	208
第九章 啤酒酵母的综合利用	212
第一节 酵母泥的成分及其营养	212
一、酵母泥的成分	212
二、酵母泥的营养成分	212
三、啤酒酵母的营养价值	215
第二节 啤酒酵母的回收处理	216
一、过筛	216
二、脱苦	216
三、清洗	217
第三节 啤酒酵母的利用	217
一、酵母粉的制备	217
二、干酵母片的制备	219
三、酵母浸膏的制备	220
四、核苷的制备	220
五、核苷酸的制备	221
六、腺嘌呤核苷三磷酸(ATP)的制备	226
七、辅酶A的制备	230
八、细胞色素C的制备	231
九、辅酶I的制备	233
十、卵磷脂、麦角甾醇、凝血质、酵母海藻糖、多种氨基酸的制备	234
附录	236
一、常用酸碱指示剂及其溶液的配制	236
二、强酸、强碱及氨溶液在15°C时的比重	236
三、一些常用有机溶剂的物理常数	237
四、比重糖度换算表	238
五、饱和水汽压力与温度关系	238
六、灭菌压力与灭菌器内温度关系	239
七、常用消毒灭菌剂	239
八、洗涤液配方	240
九、常用消毒剂和杀菌剂	240
十、筛目、筛号与筛孔的关系	241
十一、乙醇稀释表	241
十二、定糖试剂	242
十三、缓冲液	242
十四、Saccharomyces属特性汇总	244

十五、国内几家啤酒厂酵母性能.....	245
十六、常用玻璃器皿名称规格.....	246
主要参考资料.....	250

第一章 酵母和啤酒发酵

糖化麦汁冷却至一定温度后,添加人工培养的酵母于发酵容器中,开始啤酒的发酵作用。啤酒发酵是一项非常复杂的生物化学变化过程,它借助啤酒酵母细胞所分泌的多种酶系的作用,进行厌氧酒精发酵,生成酒精和二氧化碳及一系列的发酵副产物,如醇类、醛类、酸类、酯类、酮类和硫化物等。这些因酵母的作用而产生的发酵产物决定了啤酒的风味、泡沫、色泽和稳定性等各项理化性能,使啤酒显示出独特的典型性。采用不同的酵母菌株,运用不同的发酵工艺,可生产出不同风味和不同类型的啤酒。由此可见,酵母菌与啤酒发酵的关系极其重要。酵母是啤酒酿造的重要因子之一,质地优良的啤酒,则必须由性能优良的啤酒酵母参与啤酒发酵,方可生产出使啤酒工作者和消费者满意的啤酒。

第一节 啤酒酵母

啤酒酵母是一种不能运动的单细胞低等植物,其细胞如同其他微生物一样,只有借助于显微镜才能识别。酵母是一种酿制啤酒的必不可少的菌类,在啤酒生产中所利用的菌类主要是经过纯粹培养的啤酒酵母。

一、啤酒酵母在分类学上的位置

啤酒酵母以微生物分类单位,依次分为门、纲、目、科、属、种。种以下有变种、型、品系等。有的还分亚纲、亚目、亚科。

啤酒酵母在微生物分类学上的地位为:

门: 真菌门 (*Eumycophyta*)

纲: 子囊菌纲 (*Ascomycetes*)

亚纲: 原子囊菌亚纲(*Protoascomycetes*)

目: 内孢霉目 (*Endomycetales*)

科: 内孢霉科 (*Endemycetaceae*)

亚科: 酵母亚科 (*Saccharomyceotdeae*)

属: 酵母属 (*Saccharomyces*)

种: 啤酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)

生产上应用的酵母菌均属于*Saccharomyces*属,自然界中分布较广,菌种也颇多,其中以啤酒酵母为最重要。

啤酒酵母总称为*S.cerevisiae*,种类繁多,且不同的菌株在形态及生理特性上都有明显的区别。

二、啤酒酵母的命名

啤酒酵母是根据国际微生物命名法则而命名的。前已述及,各种微生物均有一个学名,

即由属名和种名组成，一般是属名在前，种名在后，这种命名法称为双名制。

啤酒酵母的学名为*Saccharomyces cerevisiae*，拉丁语*Saccharomyces*即为酵母的属名，*cerevisiae*是啤酒的种名。汉语习惯译法，是将种名放在前面，属名放在后面，译为啤酒酵母。

1943年，汉生氏把啤酒发酵中纯粹分离培养出来的啤酒酵母正式命名为*Saccharomyces cerevisiae* Hansen。在这个学名中的S是属名——酵母属；*cerevisiae*在拉丁文中是啤酒的意思，为种名；Hansen(汉生)是命名者的姓名。汉生氏在下面发酵啤酒中分离出另一种酵母，经过他的培养鉴定，命名为*Saccharomyces carlsbergensis* Hansen，我国多译为卡尔或卡尔斯伯啤酒酵母。捷克斯洛伐克的比尔森啤酒和联邦德国慕尼黑啤酒，均用此种酵母酿制而成。

在啤酒专业书刊中，把*Saccharomyces cerevisiae*称为上面发酵啤酒酵母，把*Saccharomyces carlsbergensis*称为下面发酵啤酒酵母。但在一般微生物书刊中还是笼统地把*Saccharomyces cerevisiae*称为啤酒酵母。

Vander Walt氏认为，*Saccharomyces carlsbergensis* Hansen和*Saccharomyces uvarum* Beijerinck是同一菌种，应用*Suvarum*为此类酵母的学名，但在啤酒酿造界，仍习惯用*Saccharomyces carlsbergensis*这一学名。

许多菌种在种内还有变种，表示变种的学名是在该菌学名后面加上变种名称，并在变种名称前面加上Var. (*Variety*的缩写，意即变种)，如啤酒酵母混浊变种的学名为*Saccharomyces cerevisiae* Var. *turbidans*。

三、啤酒酵母的分类

啤酒工业所使用的酵母，属于有孢子酵母菌，也称为真正酵母菌。一般分为：培养酵母和野生酵母；上面酵母和下面酵母；凝聚酵母和尘状酵母。

(一) 培养酵母与野生酵母

1. 培养酵母

培养酵母是由野生酵母经过长期驯养，反复使用和长时间的生产考验，具有正常的生理状态和特性，并适合于啤酒生产要求的酵母。

啤酒生产常用的酵母为培养酵母。由于各啤酒厂所具有的菌株不同，酵母的形态及发酵温度等生活条件也略有差别，但其形态多数为圆形或椭圆形。

2. 野生酵母

在啤酒工厂，凡是与培养酵母的形态和生理特性不一样的酵母，即不为生产所控制利用的酵母，统称为野生酵母。野生酵母在自然界中分布很广，若混杂于啤酒酵母中，则会妨碍啤酒的正常生产，对啤酒危害极大。

汉生氏对野生酵母作了很多研究工作，并明确野生酵母的性质，如巴氏酵母，在啤酒贮藏期间影响酒液的澄清，并有厌恶的气味。它的形状多为细长或香肠形，菌体的大小为 $(3\sim7)\times(3\sim8)$ 微米，比培养酵母小得多。这种野生酵母可发酵棉子糖，并可生成孢子，形成孢子的最适温度为 27.5°C ，最低温度为 $0.5\sim4^{\circ}\text{C}$ ，最高温度为 $29\sim31.5^{\circ}\text{C}$ 。

啤酒酵母椭圆变种(*Saccharomyces ellipsoipens*)，属下面酵母，啤酒发酵时产生不良气味，形成椭圆形，体积约为 $(4.5\sim9.5)\times(2.5\sim6.5)$ 微米，较培养酵母为小。形成孢子

的最适温度为25℃，最低温度为4.7~5℃，最高温度为30.5~32.5℃。

啤酒酵母混浊变种(*S. turbidans*)，常发现于下面酵母的啤酒中，容易引起啤酒混浊，在啤酒表面可形成薄膜，形状多为圆形或椭圆形，菌体大小为(5~12)×(2~9)微米，极易形成孢子，形成最适温度为29℃。

啤酒产膜酵母(*S. mycooerma*)，易在贮酒桶内及啤酒表面形成薄膜，它不能发酵麦芽糖和蔗糖，但可发酵葡萄糖，可引起啤酒混浊和产生不良气味，在贮藏啤酒中易产生窖霉味。

3. 培养酵母和野生酵母的区别

在实际工作中如何辨别培养酵母和野生酵母？

单从酵母外观形态上来区别是比较困难的，应以菌体的抗热性能、发酵糖类的性能、形成孢子的情况、在培养基上的生长情况等生理特性，以及利用免疫荧光技术等加以区别。

培养酵母和野生酵母两者的区别，如表1—1—1所示。

表 1—1—1 培养酵母和野生酵母的区别

区 别 内 容		培 养 酵 母	野 生 酵 母
细胞形态		圆形或卵圆形	有圆形、椭圆形、柠檬形等多种形态
抗热性能		在水中53℃，10分钟死亡	能耐较培养酵母较高的温度
孢子形成		较难形成	较易形成，有的野生酵母不形成孢子，但可从细胞形态区别
糖类发酵		对葡萄糖、半乳糖、麦芽糖、果糖等均能发酵，能全部或部分发酵棉子糖	绝大多数野生酵母不能全部发酵上述的糖类
基 对 的 选 择 性 培 养	1.含放线菌酮(Actidione)的培养基	放线菌酮含量达0.2ppm即不能生长	非酵母属的野生酵母可耐此酮
	2.以赖氨酸为唯一碳原的培养基	不能生长	非酵母属的野生酵母可以生长
	3.含结晶紫(Crystalviolet)的培养基	结晶紫含量达20ppm不能生长	酵母属的野生酵母可以生长
免疫荧光试验		可 以 区 别	

(二)上面酵母与下面酵母

上面酵母和下面酵母都是培养酵母。由于经过长期使用和培养，生长条件的改变，酵母性质发生变异或变种，下面酵母可以变为上面酵母，而上面酵母也可以变成下面酵母。

1. 上面酵母

上面酵母又称为表面酵母或顶面酵母。其特点是：

(1) 发酵时产生二氧化碳和泡沫，酵母飘浮在发酵液表面，发酵终了时，酵母仍浮于液面，很少下沉；

(2) 其酵母细胞多呈圆形，多数酵母集结一起，容易形成子囊孢子，当分离培养时生出有规则的分枝；

(3) 上面酵母的最适发酵温度为20~25℃，高者可达30℃，发酵时间短，但不能发酵棉子糖。

2. 下面酵母

下面酵母又称为底面酵母或贮藏酵母。

发酵时，其酵母细胞悬浮于发酵液内，发酵将近终了时，发酵液内的酵母便沉积于发酵容器底部，只有少量仍悬浮在发酵液内。其特点是：

(1) 发酵时随所产生的二氧化碳，在发酵液内形成上下对流而悬浮于发酵液内，近发酵终了时凝聚于器底；

(2) 其酵母细胞都呈圆形或椭圆形，一般不形成子囊孢子，极易分离培养，且分枝不规则；

(3) 发酵最适温度为 $6\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，高者可达 30°C ，低者在 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ ，能全部发酵棉子糖。

上面酵母和下面酵母的特性差异，都是相对而言的。当培养基的成分、培养条件发生变化时，其特性也在发生变化。

3. 上面酵母与下面酵母的区别

上面酵母与下面酵母的性能区别，如表1—1—2所示：

表 1—1—2 上面酵母和下面酵母的区别

区 别 内 容	上 面 酵 母	下 面 酵 母
发酵时物理现象	发酵终了，大量酵母细胞悬浮在液面	发酵终了，大部分酵母凝集而沉淀下来
细胞形态	多呈圆形，多数细胞集结在一起	多呈卵圆形，细胞较分散
芽孢分枝	分离培养时，生出有规则的芽孢分枝(芽簇)	芽孢分枝不规则，且易分离，不易形成芽簇
对棉子糖发酵	发酵1/3	能全部发酵
对蜜二糖发酵	不能	能
辅酶的浸出	酵母干燥后，用水浸渍，辅酶不能浸出	容易浸出辅酶
孢子的形成	培养时较易形成孢子	用特殊培养方法才能形成孢子
对甘油酯发酵	不能	能
呼吸活性	高	低
产生硫化氢	较低	较高

在发酵液中，上面酵母与下面酵母之所以发生物理特性区别，其原因主要是由于上面酵母在出芽后，新细胞并不从速分开而互相粘着，逐渐形成 $5\sim 10$ 个芽簇，发酵时所产生的二氧化碳气泡被芽簇所包围，则啤酒液、酵母和二氧化碳之间的固液、气液的界面就存在着降低表面张力的趋势，上面酵母具有正电荷，二氧化碳气泡具有负电荷，两者互相吸引，从而导致酵母芽簇和二氧化碳气泡形成团粒，而该团粒的比重又小于发酵液，因此浮于液面之上。而下面酵母细胞出芽后则很少粘连，酵母体和二氧化碳气泡均带负电荷，它们间相互排斥。因发酵而产生的二氧化碳气泡迅速脱离细胞而上升，而酵母细胞始终在发酵液中漂浮。发酵终了时，酵母由于自身的凝聚，其比重($1.07\sim 1.10$)大于发酵液的比重，从而沉于器底。

(三)凝聚酵母和尘状酵母

1. 凝聚酵母

凡是在发酵时容易发生凝聚的酵母，均为凝聚酵母。即当啤酒发酵近于结束时，酵母细胞相互凝聚而成菌团，并由小渐呈肉眼可见的块状，这是许多啤酒酵母的特点，称为酵母的凝聚性。由于菌株的不同，其凝聚力也不尽相同。

由林特纳氏在联邦德国萨茨啤酒厂分离的名为萨茨(*S. Sazz*)酵母，便是凝聚性极强的下面酵母，其特点是发酵度较低，凝聚沉淀较快。

凝聚酵母在发酵旺盛时，不产生凝聚的原因是：发酵液由于不断释放出二氧化碳气体，强烈翻拌着发酵液，酵母细胞处于急速运动状态，同时由于酵母都带相同电荷而互相排斥，故不呈凝聚状态。但当发酵近于结束时，二氧化碳量减少，酵母间的运动也趋于停顿，发酵液pH值降至4.3~4.7，而接近于酵母细胞和蛋白质的等电点，酵母细胞所带电荷量已小到不能相互排斥的程度，便产生酵母细胞相互凝聚的现象。

2. 尘状酵母

尘状酵母也称为粉末酵母或絮状酵母。

尘状酵母的特点是：发酵时，该酵母细胞长时间悬浮于发酵液中，酵母细胞很难下沉，发酵液澄清慢，发酵度较高。上面酵母和下面酵母中均有尘状酵母。

林特纳氏所分离出的弗罗拜尔(*S. Froberg*)酵母便是发酵度高、沉淀慢、凝聚差的典型的尘状酵母。

3. 凝聚酵母和尘状酵母的区别

凝聚酵母与尘状酵母的区别，如表1—1—3所示。

表 1—1—3 凝聚酵母和尘状酵母的区别

区 别 内 容	凝 聚 酵 母	尘 状 酵 母
发酵时情况	酵母易于凝聚沉淀(下面酵母)或凝聚后浮于液面(上面酵母)	不易凝聚
发酵終了	很快凝聚，沉淀致密，或于液面形成致密的厚层	长时间悬浮发酵液中，很难沉淀
发酵液澄清情况	较快	不易
发酵度	较低	较高

四、啤酒酵母的性状

(一)啤酒酵母的形态

啤酒酵母的形态一般呈圆形、卵圆形或椭圆形，细胞的大小约为(3~7)×(5~10)微米，培养酵母的细胞平均直径为4~6微米。啤酒酵母是一种极微小的单细胞植物，不能游动。

啤酒酵母在麦汁固体培养基上，呈乳白色的菌落，不透明，但具有光泽。菌落的表面光滑、湿润，边缘比较整齐，随着培养时间的延长，菌落光泽逐渐变暗。

啤酒酵母在麦汁液体培养基中，由于发酵的缘故而液体表面会产生气泡和泡沫，并因菌体悬浮在培养基中而呈混浊状态。进入发酵后期，有的酵母细胞悬浮于液面而形成一层厚层，系上面啤酒发酵酵母；而沉于器底者，为下面啤酒发酵酵母。

(二)啤酒酵母的细胞结构

啤酒酵母的细胞在显微镜下观察，具有细胞壁、细胞膜、细胞质、液泡、细胞核、颗粒和线粒体等。

其结构如图1—1—1所示。

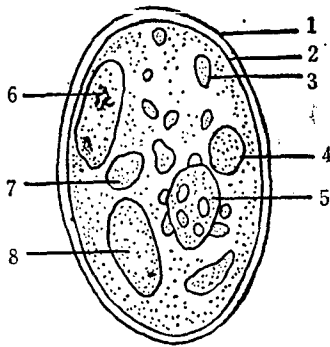


图1—1—1 啤酒酵母细胞的结构

1—细胞壁 2—细胞膜 3—蛋白质性假晶体 4—脂肪粒 5—液泡 6—细胞核 7—油滴 8—肝糖空泡

1. 细胞壁

啤酒酵母年幼的细胞壁不太明显，几乎看不出来，但当细胞衰老时，细胞壁增厚。

细胞壁的厚薄，是鉴定啤酒酵母性质的依据之一。细胞壁薄者为强壮酵母，而厚者则是衰老酵母。

啤酒酵母细胞壁的主要成分是酵母纤维素和多糖物质。

2. 细胞膜

在细胞壁的里面有一层细胞膜，其厚度只有 150 纳米。

细胞膜的功能主要是用来摄取周围环境的营养成分，并将细胞内的代谢产物排出体外。

细胞膜具有半渗透性，使细胞营养和发酵必需的物质，如糖、无机盐、低分子氮化合物等，通过细胞膜进入细胞内，并代谢产物，如酒精、二氧化碳、酸、酯等，顺利地排出细胞外。对高分子蛋白质则不具有渗透性。而死细胞的细胞膜可使染料渗入，利用美兰检查死细胞呈蓝色，就是利用这一特性。

啤酒酵母凝聚的形成与细胞膜的组成有关。

3. 细胞核

啤酒酵母细胞内容物的主要成分是原生质，而原生质中最主要的成分则是细胞核。

细胞核的大小约为0.5~1.5微米，不易看到，经染色后可以看到。

细胞核外有核膜，内含有核仁和染色体。在幼细胞中核呈圆形，是很小的质点，存在于细胞中心，老细胞则由于液泡的增大，核被挤往一边，呈肾形状。

细胞核内含有脱氧核糖核酸(DNA)，是酵母遗传变异的主要物质基础，在酵母繁殖和遗传上起着重要作用。

当酵母出芽时，细胞核移向顶端，而后分裂移至新细胞内。

4. 液泡

液泡也称为空泡，大多数卵形啤酒酵母只有一个液泡。幼细胞的液泡不太明显，在细胞衰老或营养缺乏时，液泡逐渐扩大。

液泡是贮藏食物的场所，液泡中充满着有机酸和盐类的水溶液。

镜检时由于其透明而可称为空泡，以染色法可区别细胞核(可被染色)和空泡(不能被染色)。

5. 颗粒

啤酒酵母细胞中的颗粒，是贮藏营养物质和细胞的代谢产物，包括异染色颗粒、肝糖和脂肪粒等。

异染色颗粒中含有较多的核糖或核酸的化合物，主要为核糖核酸。当幼细胞生活力强时，由于消耗多而不易积累，但在老细胞中积累量多。