

啤酒酿酒师系列丛书

啤酒酵母与工厂卫生

周广田 主 编

董小雷 崔云前 副主编

BEER YEAST
AND FACTORY
HYGIENE



S262.5
25



化学工业出版社

啤酒酿酒师系列丛书

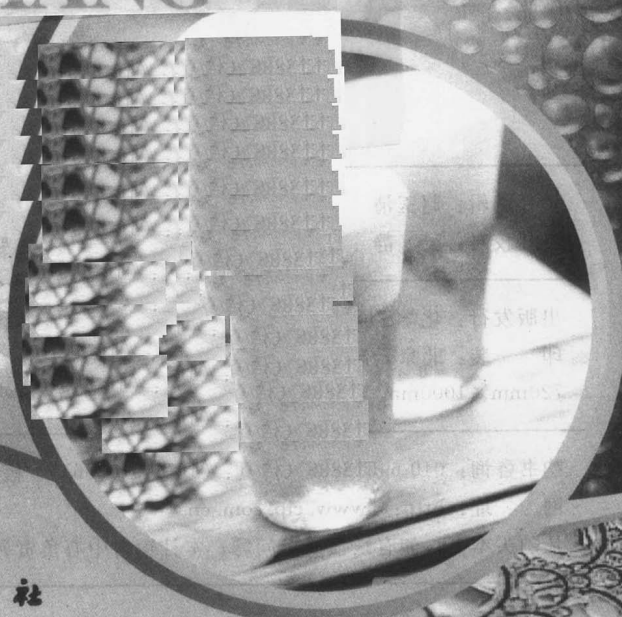


啤酒酵母与工厂卫生

周广田 主 编

董小雷 崔云前 副主编

BEER YEAST
AND FACTORY
HYGIENE



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

啤酒酵母与工厂卫生/周广田主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 1

(啤酒酿酒师系列丛书)

ISBN 978-7-122-01727-7

I. 啤… II. 周… III. ①啤酒-酿造酵母②啤酒-酒厂-工业卫生 IV. TS262.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 198409 号

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 李 瑾

责任校对: 吴 静

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张 11½ 字数 226 千字 2008 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

序

近年来,我国的啤酒工业正以前所未有的速度飞速发展,产量直线上升。1993年我国啤酒产量以1225万千升首次超过德国,成为世界第二啤酒生产国,仅次于美国。2002年,我国啤酒产量再创新高,达到创纪录的2386.83万千升,成为世界最大啤酒生产国。2005年,中国啤酒产量达到3061.55万千升,较上一年同比增长5.21%,连续四年居世界首位。青岛啤酒更是历史性地闯入世界前十强,名列第9名。

在啤酒产量快速增长的同时,我国的啤酒工业也引进了国外大量的先进生产装备、工艺技术和经营理念,并积极地进行消化吸收,新建了一批装备精良的高素质企业,创办了几个国家级科研技术中心。中国酿酒工业协会啤酒分会也审时度势于2004年推出了《啤酒酿造工》的技能培训和等级鉴定,极大地提高了啤酒工业的整体素质和形象。但是,涵盖目前先进生产装备和工艺技术的啤酒酿造专业书籍并不多,也没有一套完整的啤酒酿造技术丛书。正因如此,山东轻工业学院中德啤酒技术中心在与德国啤酒工业界的密切合作与交流的基础上,结合多年来在培训、教学、科研开发工作中的经验,编写了这套《啤酒酿酒师系列丛书》。

丛书共7册,包括《世界经典啤酒赏析》、《啤酒生物化学》、《微型啤酒酿造技术》、《现代啤酒工艺技术》、《啤酒酵母和工厂卫生》、《啤酒分析检测技术》和《啤酒感官品评》。本丛书内容翔实,图文并茂,雅俗共赏,理论与实践紧密结合,生产工艺和设备技术并重,并收入了近二三年来出现的新技术、新工艺、新设备、新材料等前沿信息,是一套比较全面、有较高实用价值的啤酒酿酒师系列专著。

此书不仅适用于啤酒工业的酿酒师、生产人员阅读,也可供从事啤酒科研开发以及相关专业大专院校师生参考,同时也是酒店微型啤酒酿酒人员的好助手。希望本丛书能提高从业人员的专业知识水平,推动我国啤酒工业的全面发展。

樊 伟

2007年4月23日

前 言

啤酒是发展最快、产量最多的一种饮料酒，也是国际上流行最广、最受消费者喜爱的营养食品。近几年，中国啤酒工业发展迅猛，正以每年8%~10%的速度增长，2006年啤酒产量已超过3000万吨，连续四年稳坐世界啤酒生产量第一大国的宝座。我国已经拥有国际著名品牌，工艺、设备技术日新月异。今天，中国啤酒工业已成为一个现代化的工业体系，在我国国民经济中占有举足轻重的地位。

生产啤酒，只有经过酵母的代谢作用才能实现，接种酵母的卫生状况、起发速度和代谢产物的组成等因素在很大程度上决定了啤酒的质量。所以酵母在啤酒的生产中占有举足轻重的作用。啤酒酿造是利用微生物“啤酒酵母”进行的纯种发酵，属于控制性发酵，必须抑制和杜绝杂菌的污染和生长繁殖。通过对各个啤酒生产工序的微生物检验和卫生监督，及时、正确地清洗啤酒生产设备，同时进行消毒和杀菌，保证啤酒各生产环节不被杂菌侵染，实现洁净生产。

随着纯生啤酒的快速发展，对酿造过程的洁净程度和无菌化要求越来越严格，无论是对生产现场的环境卫生，还是对生产管道和设备内部的清洗都提出了更高的要求，“洁净生产”引起了国内大多数啤酒生产企业的重视。因此，我们编写了《啤酒酵母与工厂卫生》一书，内容主要包括：啤酒酵母菌的特性、酵母菌的筛选及保藏、扩大培养、有害菌的检测、设备清洗与灭菌和纯生啤酒生产技术等内容。希望本书能对啤酒企业有所帮助，提高酵母管理水平和生产卫生控制水平，促进中国啤酒工业的发展。

本书的编写工作受到中国啤酒工业界、德国啤酒工业界、德国慕尼黑啤酒学院和威尔史蒂芬大学的大力支持和协助。德国慕尼黑啤酒学院院长史坦佛(H. Stempf)博士、副院长史密特(H. Schmidt)先生、啤酒技术中心的德国专家硕士酿酒师汤姆(H. Thamm)先生和豪夫曼(H. Hofmann)先生，以及德国克朗斯(Krones)公司为本书的出版提供了大量的资料和技术支持。在此，谨向他们表示衷心的感谢。

参与本书编写工作的还有徐玲、李凤、李姗姗以及薄文飞等同学，他们做了大量的资料收集和文字整理工作，在此一并致谢。

由于水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请广大读者和同行给予指正，以便在今后的再版工作中加以更正。

山东轻工业学院中德啤酒技术中心

周广田

2007年11月

目 录

第一章 啤酒酵母	1
第一节 啤酒酵母的特性	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、酵母菌的分类	2
四、啤酒生产常用的传统酵母菌种	4
第二节 酵母菌	6
一、酵母的形态与结构	6
二、酵母菌的繁殖方式	8
三、酵母菌的生活史	9
第三节 啤酒酵母的营养	10
一、碳源	11
二、氮源	12
三、无机盐	13
四、生长因子	13
五、水	14
第四节 影响酵母生长的因素	15
一、温度	15
二、pH	17
三、氧	18
第二章 啤酒酵母的扩大培养	19
第一节 纯种酵母的培养	19
一、酵母菌种	20
二、酵母菌种选择	20
三、酵母的生长	20
第二节 啤酒酵母的扩大培养	22
一、实验室的扩大培养	22
二、生产现场的扩大培养	26
三、酵母扩大培养的要求	33
四、纯种酵母扩大培养存在的问题	34

第三章 啤酒酵母的培养	37
第一节 啤酒酵母的选育	37
一、菌种筛选	37
二、杂交育种	38
三、诱变育种	39
第二节 啤酒酵母的分离纯化	41
一、平板分离培养法	42
二、划线分离培养法	43
三、单细胞分离培养法	44
四、单孢子分离法	46
第三节 啤酒酵母的保藏	46
一、保藏的意义及原理	46
二、啤酒酵母保藏的方法	47
第四节 啤酒酵母的退化及其防治	49
一、退化现象	49
二、退化原因	49
三、防止酵母退化的措施	50
第四章 啤酒酵母的管理	51
第一节 酵母的添加	51
一、添加温度	51
二、添加量	51
三、添加种酵母的技术要求	52
四、供氧	53
五、添加方法	53
六、酵母繁殖室、酵母繁殖槽和酵母接种器	54
第二节 酵母的回收、处理和保存	55
一、酵母的回收	55
二、酵母回收方法	56
三、酵母的处理和保存	58
第三节 回收酵母的贮存与活化	58
一、回收酵母的处理和贮存方法	58
二、回收酵母的活化	59
第五章 酵母和啤酒质量的关系	61
第一节 啤酒的理化性状	61
第二节 啤酒的风味	64
一、啤酒风味的特征	64

二、啤酒风味成分强度指标	66
三、发酵产生的风味	66
第三节 酵母对啤酒发酵的影响	73
一、酵母与发酵速度	73
二、酵母与发酵度	74
三、酵母与发酵异常现象	74
第六章 酵母的检查与鉴定	78
第一节 啤酒生产中酵母的检查	78
一、外观和形态的检查	78
二、新老酵母检查(测定示例)	80
第二节 酵母生理特性试验	82
一、发酵力	82
二、酵母热死亡温度	84
三、酵母的凝聚性试验	84
四、发酵速度的测定	85
五、感官鉴定	85
六、耐酒精浓度的试验	85
七、染色试验	85
八、降糖速度	86
第七章 啤酒生产中常见病菌与检查	87
第一节 啤酒生产中常见病害微生物及其特性	87
一、杂菌的来源与主要污染途径	87
二、啤酒有害菌的划分与分类	88
三、有害细菌	91
四、啤酒厂主要野生酵母	94
五、生产阶段中的杂菌污染	96
第二节 啤酒生产中有害微生物的检查	97
一、病害细菌属的检查	97
二、病害细菌属的鉴别	102
三、野生酵母的检查	104
四、野生酵母的鉴定	108
五、霉菌的检查与鉴定	110
第三节 生产过程中微生物的检查与控制	110
一、空气的细菌检查	110
二、啤酒生产中重点部位的取样和检验	111
三、啤酒厂主要生产工序微生物控制指标	114
第四节 选择性培养基的应用	117

一、固体培养基 NBB-A	117
二、液体培养基 NBB-B	120
三、浓缩型液体培养基 NBB-C	123
第八章 啤酒生产的清洗技术	127
第一节 清洗的基本原理	127
一、污物的存在形式	127
二、设备粗糙度与污物的关系	128
三、对清洗过程的基本要求	130
四、影响清洗的因素	130
第二节 清洗剂与杀菌剂	131
一、清洗剂	131
二、杀菌剂	134
三、清洗剂和杀菌剂的应用	136
四、清洗剂和杀菌剂对设备的影响	137
第三节 清洗方式	138
一、技术要点	139
二、CIP 清洗系统	141
三、CIP 清洗系统的缺陷	143
四、CIP 清洗的方式	143
第四节 实用清洗杀菌技术	145
一、传统工艺生产中的清洗杀菌技术	145
二、现代生产中的实用清洗杀菌技术	147
第九章 纯生啤酒生产中的无菌控制	153
第一节 过滤技术与系统简介	153
一、无菌过滤的技术要求	153
二、纯生啤酒无菌过滤系统	154
三、过滤操作和再生	156
第二节 纯生啤酒的无菌灌装系统	157
一、热处理法灌装系统	158
二、冷处理法灌装系统	164
第三节 无菌灌装工艺要求及其操作规程	166
一、洗瓶机	166
二、输送带	167
三、空瓶检验机	167
四、皇冠盖供给系统	167
五、灌装机、压盖机	167
六、温瓶机	168

七、纯生啤酒	168
第四节 无菌灌装车间卫生规范	168
一、洁净室及工作人员	168
二、灌装车间设备	169
第五节 纯生啤酒的取样与检测	170
一、传统的取样与检测	170
二、纯生啤酒的取样与检测	171
参考文献	174

第一章 啤酒酵母

第一节 啤酒酵母的特性

麦芽汁经啤酒酵母菌发酵作用后，便酿制成啤酒。啤酒生产中利用的微生物，主要是纯粹培养的啤酒酵母。

一、啤酒酵母在分类学上的位置

在微生物分类系统上，通常分为门、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。

以啤酒酵母为例，它属于：

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)。

根据娄德的分类，酵母有 39 属、350 种。工业生产上应用的酵母菌都属于 *Saccharomyces* 属，在自然界分布很广，有很多菌种，其中以啤酒酵母最为重要。啤酒酵母称 *S. cerevisiae*，种类较多，不同品种的菌株，在形态及生理上都有明显的区别。

二、啤酒酵母的命名

啤酒酵母是根据国际命名法则命名的。各种微生物均有一个学名，是由属名和种名组成的，属名在前，种名在后，这种命名法称双名制。在国际上通用的微生物名称，属名要用拉丁文表示，第一个字母要大写，并且要用名词，种名第一个字母小写，一般用形容词、地名或人名以及其他专有名词。学名后附命名者姓名。啤酒酵母的学名叫 *Saccharomyces cerevisiae*，拉丁语 *cerevisiae* 意为麦酒。酵母是属名，啤酒是种名，习惯译法，以种名放在前，属名放在后，译为啤酒酵母。

啤酒酵母又分上面发酵酵母和下面发酵酵母。汉生氏 (Hansen) 首先从苏格

兰爱丁堡啤酒厂分离出上面发酵的纯粹培养酵母, 此类啤酒酵母即命名为 *Saccharomyces cerevisiae* Hansen。而后, 汉生氏又在丹麦卡尔斯伯啤酒厂分离出下面发酵的纯粹培养酵母, 命名此类啤酒酵母为 *Saccharomyces carlsbergensis* Hansen。许多菌种, 在种内包括有变种。表示变种的学名, 是在该菌种学名后面加变种名称, 并在变种名称前加 var. (variety 的缩写), 意即变种, 如啤酒酵母浑浊变种的学名为 *Saccharomyces cerevisiae* var. *turbidans*。

三、酵母菌的分类

(一) 分类原则

酵母菌的分类较复杂, 除了根据其形态特征外, 还必须结合其生理生化特性。

1. 形态特征

包括观察酵母菌在麦芽汁琼脂上的菌落形态、颜色、质地, 在麦芽汁液体培养基中产膜、菌环、沉淀等外观, 以及酵母在麦芽汁中及载片培养时营养细胞的形态、大小、繁殖方法、子囊孢子的形态及大小等。

2. 生理生化反应

包括发酵各种糖的能力, 利用各种碳水化合物生长的能力, 同化酒精的能力, 能否利用硝酸盐, 杨梅素的分解, 胡萝卜素的产生, 酯类的产生, 牛奶的发酵, 酸的形成等。酵母菌的分类系统过去很不一致, 自从荷兰的酵母工作者娄德 (Lodder) 于 1952 年发表了酵母分类的系统著作之后, 酵母的分类工作较为一致。1970 年又重新修订了她的这本书, 增加了许多新的属种, 分类系统共 39 属、372 种。

(二) 培养酵母和野生酵母

1. 培养酵母

啤酒工厂使用的啤酒酵母属于有孢子真酵母菌, 是由野生酵母经由系统地、长时间地驯养, 经过反复使用和考验, 具有正常的生理状态和特性, 适合于啤酒工厂生产要求的培养酵母。

2. 野生酵母

一般, 啤酒工厂将凡是与培养酵母的形态和特性不一样, 不为生产所控制利用的酵母称为野生酵母。如巴氏酵母 (*S. pastorianus*), 在自然界分布很广, 存在于啤酒工厂, 妨碍啤酒的正常发酵, 对啤酒生产有很大危害。

3. 培养酵母与野生酵母的区别

单纯从外观形态上区别培养酵母和野生酵母是困难的, 主要应从抗热性能, 发酵糖类的性能, 形成孢子的情况, 在选择性培养基上的生长情况等生理特性上, 以及利用免疫荧光技术加以区别。两者的区别见表 1-1 所示。

(三) 上面酵母和下面酵母

上面酵母又称顶面酵母, 啤酒厂使用的上面酵母是纯粹培养酵母; 下面酵母又称底面酵母或贮藏酵母, 啤酒厂使用的下面酵母也是纯粹培养酵母。下面酵母是在

表 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℃、10min 死亡	能耐比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,但可从细胞形成区别
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籽糖	绝大多数野生酵母不能全部发酵左旋的糖类
在选择性培养基上的生长情况	含放线菌酮(actidione)的培养基	放线菌酮含量达 0.2mg/kg 即不能生长	非酵母属的野生酵母可耐此酮
	以赖氨酸为唯一碳源的培养基	不能生长	非酵母属的野生酵母可生长
	含结晶紫(crystal violet)的培养基	结晶紫含量达 20mg/kg 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	可以区别

不断变化的外界因素影响下,由上面酵母演变而来的。

1. 形态和生理特性区别

上面酵母和下面酵母的形态和生理特性区别见表 1-2 所示。

表 1-2 上面酵母与下面酵母的区别

区别内容	上面酵母	下面酵母
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
发酵时生理现象	发酵終了,大量细胞悬浮在液面	发酵終了,大部分酵母凝集于沉淀器底
芽细胞分支	生长培养时,生出有规则的芽细胞分支,易形成芽簇	芽细胞分支不规则,且易分离,不易形成芽簇
对棉籽糖发酵	能将棉籽糖分解为蜜二糖和果糖,只发酵 1/3 果糖部分	能全部发酵棉籽糖
对蜜二糖发酵	缺乏蜜二糖酶,不能发酵蜜二糖	含有蜜二糖酶,能发酵蜜二糖
37℃ 培养	能生长	不能生长
孢子的形成	培养时相对较易形成孢子	很难形成孢子,只有用特殊培养方法才有可能
产生 H ₂ S 或甲基硫醇	较低	较高
呼吸活性	高(存在较多的琥珀酸脱氢酶)	低
对甘油醛发酵	不能	能
利用酒精生长	能	不能

2. 其他区别

① 在同等浓度麦芽糖和半乳糖的基质中,上面酵母对麦芽糖发酵甚快,而对半乳糖缺少作用;下面酵母与此相反,在发酵麦芽糖前先发酵半乳糖。

② 两类酵母细胞对葡萄糖、麦芽糖和半乳糖的渗透能力也有区别。两类菌株均需在前培养基有半乳糖存在时,才能渗透半乳糖。若前期培养系在半乳糖培养基中培养,则下面酵母渗透葡萄糖和半乳糖的速率约2倍于上面酵母;上面酵母对麦芽糖的渗透能力约20倍于下面酵母。

③ 在麦芽汁中,上面酵母只能产生少量 SO_2 ,在同样条件下,下面酵母则能产生较多 SO_2 。只有在蔗糖存在而无泛酸盐存在下,上面酵母才能产生较多的 SO_2 ;而下面酵母则不管存在任何糖类或是否存在泛酸盐,均能产生较多的 SO_2 。

(四) 凝聚酵母和粉状酵母

1. 凝聚酵母

啤酒酵母的凝聚性是酵母的生理特征之一,凝聚的强弱,受基因控制极不一致。凝聚性强的酵母,从酒液中分离早,酒液中细胞密度低、沉淀快、发酵慢、发酵度低。凝聚性弱的酵母,与酒液分离晚,酒液中细胞密度高、沉淀慢、发酵快、发酵度高,回收酵母量少、滤酒困难。介于强弱之间的凝聚性则有较大的范围,酿造者应根据自己所生产啤酒的类型进行选择。每一菌种均有其一定的凝聚特点,在其他条件不变的情况下,凝聚性的改变往往是菌种变异的象征。

2. 粉状酵母

粉状酵母又称絮状酵母。酵母长时间地悬浮在发酵液中而不易沉淀,发酵结束时也只有极少量松散的酵母沉淀者是为粉状酵母。上面酵母和下面酵母中均有粉状酵母。粉状酵母发酵快、发酵度高,但回收困难,需用离心机回收酵母。

凝集酵母和粉状酵母的比较见表1-3所示。

表 1-3 凝集酵母和粉状酵母的比较

区 别 内 容	凝 集 酵 母	粉 状 酵 母
发酵时情况	酵母易于凝聚沉淀(下面酵母)或凝集后浮于液面(上面酵母)	不易凝集
发酵終了	很快凝集,沉淀密致,或于液面形成密致的厚层	长时间地悬浮在发酵液中,很难沉淀
发酵液澄清情况	较快	不易
发酵度	较低	较高

四、啤酒生产常用的传统酵母菌种

纯粹培养的啤酒酵母菌株很多,近年来,通过杂交和诱变,新的优良菌种不断出现。有的用传统使用的名称命名,有的则用研究机构或菌种保藏单位的名称命名。以下举几种传统使用的下面酵母和上面酵母。

(一) 传统的下面酵母的几种主要菌种

- (1) 弗罗倍尔酵母 (*S. froberg*) 发酵度高,沉淀慢且不凝集。
- (2) 萨士酵母 (*S. saaz*) 发酵度低,凝集性强,沉淀快。

(3) 卡尔斯倍酵母 (*S. carlsbergensis*) 有两种类型: 卡尔斯倍 1 号, 细胞椭圆形, 大小为 $(7\sim 10)\mu\text{m}\times(3\sim 5)\mu\text{m}$, 发酵度高, 沉淀慢, 称 *S. carlsbergensis*; 卡尔斯倍 2 号, 细胞圆形, 大小为 $(5\sim 14)\mu\text{m}\times(5\sim 8)\mu\text{m}$, 发酵度低, 沉淀快, 称摩拿酵母 (*S. monacensis*) 或卡尔斯倍酵母摩拿变种 (*S. carlsbergensis* var. *monacensis*)。

(4) U 酵母 (Rasse U I. F. G.) 又名多特蒙德酵母, 由柏林发酵学院分离出来, 细胞卵形, 大小不整齐, 发酵度很高, 为德国多特蒙德啤酒厂的典型酵母, 国内许多厂采用此种酵母, 其发酵力和凝集性都很好。

(5) E 酵母 (Rasse E I. F. G.) 由柏林发酵学院分离出来, 细胞圆形, 较大, 发酵度高, 沉淀较慢, 不易澄清, 往往与其他酵母合用, 或用于后发酵, 以获得高发酵度。

(6) 776 号酵母 (Rasse 776 I. F. G.) 由柏林发酵学院分离出来, 细胞椭圆形, 互相胶着, 比 U 酵母略大, 发酵力强, 适宜非发芽谷类原料的啤酒发酵, 国内许多大厂使用的酵母与此相似。

(7) 荷兰酵母 (Rasse 547 I. F. G.) 由荷兰阿姆斯特丹啤酒厂分离出来, 形态同 U 酵母, 大小较整齐, 发酵力中等, 为欧洲一般啤酒厂所采用。

(8) 1103 号酵母 (Rasse 1103 I. F. C.) 由柏林发酵学院分离出来, 细胞卵形, 较大, 凝集性好, 澄清快, 香味好, 适宜低浓度麦芽汁的浓色啤酒发酵。

(二) 传统的上面酵母的几种主要菌种

(1) 啤酒酵母 (*S. cerevisiae* Hansen) 又称爱丁堡酵母, 细胞呈圆形或卵圆形, 大小为 $6\mu\text{m}\times(6\sim 10)\mu\text{m}$, 常结成短链, 发酵度高, 沉淀慢, 在石膏培养基上 25°C 即可形成孢子, $1\sim 4$ 个孢子, 呈球形, 有光泽。麦芽汁琼脂培养基上呈淡灰褐色、黏质、湿润有光泽的菌落, 表面光滑, 边缘呈锯齿状。发酵葡萄糖、半乳糖、蔗糖、麦芽糖和 $1/3$ 棉籽糖, 不能同化硝酸盐, 以乙醇为养分, 仅有微弱发育和发酵现象。

(2) 萨士型啤酒酵母 (*S. cerevisiae* Hansen Rasse saaz) 是从上面发酵啤酒中分离出来的。细胞呈圆形至卵圆形, 大小为 $(3\sim 6)\mu\text{m}\times(4\sim 8)\mu\text{m}$, 细胞不連結, 发酵度高, 沉淀慢。在石膏培养基上不形成孢子。在麦芽汁斜面培养基上, 菌落呈淡灰色, 质软, 有光泽, 有皱纹, 边缘锯齿状。能发酵葡萄糖、麦芽糖、蔗糖及 $1/3$ 棉籽糖, 半乳糖仅能微弱发酵, 不能同化硝酸盐, 以乙醇为养分仅微弱发酵。

(3) 弗罗倍尔型啤酒酵母 (*S. cerevisiae* Hansen Rasse froberg) 细胞卵圆形, 大小为 $(3\sim 5)\mu\text{m}\times(5\sim 7)\mu\text{m}$, 单独生长或两个连接。在石膏培养基上不形成孢子。菌落呈淡灰褐色, 质软, 湿润, 有光泽, 表面光滑, 周边呈锯齿状。对葡萄糖、麦芽糖、半乳糖、蔗糖完全发酵, 发酵 $1/3$ 棉籽糖; 同化硝酸盐, 以乙醇为养分, 仅微弱发酵。

第二节 酵 母 菌

酵母菌是一个通俗名称，一般泛指能发酵糖类的各种单细胞真菌。由于不同的真菌在进化和分类地位上的异源性，因此很难对酵母下一个确切的定义，通常认为，酵母菌具有以下5个特点：个体一般以单细胞状态存在；多数营出芽繁殖；能发酵糖类产能；细胞壁常含甘露聚糖；常生活在含糖量较高、酸度较大的水、土环境中。

一、酵母的形态与结构

(一) 酵母的形态

自然界中酵母菌形态以圆形为主，常见的有卵圆形、球形、椭圆形、柱形、腊肠形、瓶形、三角形，细胞大小一般在 $(2.5\sim 10)\mu\text{m}\times 4.5\mu\text{m}\times 21\mu\text{m}$ 之间。啤酒酵母呈圆形或卵圆形，细胞大小一般为 $(3\sim 7)\mu\text{m}\times (5\sim 10)\mu\text{m}$ 。培养酵母的细胞平均直径为 $4\sim 5\mu\text{m}$ ，不能游动。

啤酒酵母细胞的形态往往受环境影响而有变化，但在环境好转后，仍可恢复为原来的形态。

啤酒酵母在麦芽汁固体培养基上，菌落呈乳白色、不透明，但有光泽，菌落表面光滑、湿润，边缘整齐。随着培养时间的延长，菌落光泽逐渐变暗。菌落一般较厚，易被接种针挑起。

啤酒酵母在液体培养基中，会在液体表面产生泡沫。常因菌种悬浮在培养基中而呈浑浊状。发酵后期，有的酵母悬浮在液面，形成一层厚膜，如上面发酵啤酒酵母；有的沉积于底部，如下面发酵啤酒酵母。

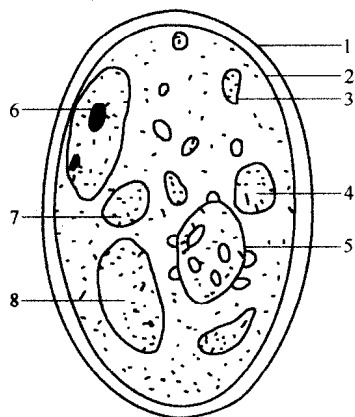


图 1-1 啤酒酵母细胞的结构

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

(二) 酵母细胞的结构

在显微镜下观察啤酒酵母细胞的结构（见图 1-1）主要具有细胞壁、细胞膜、细胞核、细胞质、液泡、颗粒、线粒体等。

1. 细胞壁

细胞外围覆以细胞壁，约占细胞质量的30%，壁厚 $100\sim 200\text{nm}$ 。幼年细胞的细胞壁不明显，几乎看不出来；酵母衰老时，细胞壁较厚。常利用细胞壁的厚薄来鉴定酵母的性质。细胞壁的组成包括：约40% β -葡聚糖、40%甘露聚糖、8%蛋白质、7%类脂、3%无机物、2%己糖胺（hexosamine）和壳多糖（chitin）。 β -葡聚糖与蛋白质紧密结合，是细胞壁的主要

构成物质，位于细胞壁内部；甘露聚糖也与蛋白质结合，位于细胞壁外部，与细胞的凝聚性有关。细胞壁的表面，由于羧基和磷酸盐的存在，在啤酒的 pH 下带有负电荷。

2. 细胞膜

紧贴细胞壁的内面，有一层活性细胞质膜，厚约 150nm，具有半渗透性。其主要构成物包括类脂、磷脂、蛋白质、甾醇等。其功能主要用来摄取周围环境的养分及发酵必需的物质，如糖、无机盐、低分子氮化物等都能通过细胞膜进入细胞内，并将一些代谢产物，如乙醇、二氧化碳、酸、酯等排出细胞外；但对高分子蛋白质不具有渗透作用，死酵母的细胞膜染料可以透入。啤酒酵母凝集性的形成也与细胞膜的组成有关。

3. 细胞核

细胞核直径为 $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ ，经染色后可以观察到。细胞核外部覆以双层核膜，核内有月牙状的核仁，双倍体细胞内具有显微镜下不易看到的具有基因作用的 17 对染色体。细胞核内含脱氧核糖核酸，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非常重要的作用。

4. 细胞质

细胞内充满着细胞质，为蛋白质类物质，对维持细胞的生命活动很重要。当细胞发育时，细胞质的变化很大。幼细胞的细胞质浓缩而均匀；衰老的细胞，细胞质中呈现许多颗粒和空泡。

5. 液泡

快速生长的细胞内，可含有几个液泡，成熟的细胞一般只有一个液泡。在单层的液泡膜内有密集的聚磷酸盐颗粒（俗称异染粒）及其水溶液。幼细胞的液泡不太明显，在细胞衰老或营养缺乏时，液泡逐渐变大。

6. 颗粒

细胞中的颗粒是酵母的贮藏物质和细胞的代谢产物，包括异染颗粒、肝糖和脂肪粒等。异染颗粒中含有较多的核酸或核酸化合物，主要为核糖核酸。幼细胞生活力强，不易积累，含异染颗粒较少，老细胞中积累较多。

肝糖是酵母的贮藏物质，在旺盛繁殖的幼细胞中很明显。一般酵母培养 48h，肝糖含量达到高峰，用碘化钾液可染成棕色。

脂肪粒分散于细胞中，大小不等。当酵母形成子囊孢子时，脂肪粒用苏丹液可染成红色。

7. 线粒体

线粒体的直径约 $0.2 \mu\text{m}$ ，一般是看不到的，形状随培养条件改变而异。在好氧条件下，特别是葡萄糖含量很低时，线粒体均匀分布在细胞质内；在厌氧条件下，线粒体黏附成厚束，分布在细胞外围。线粒体含有细胞色素和呼吸酶，负责糖类的氧化代谢，分解为二氧化碳和水，同时在产生、积累和分配细胞的能量方面起