

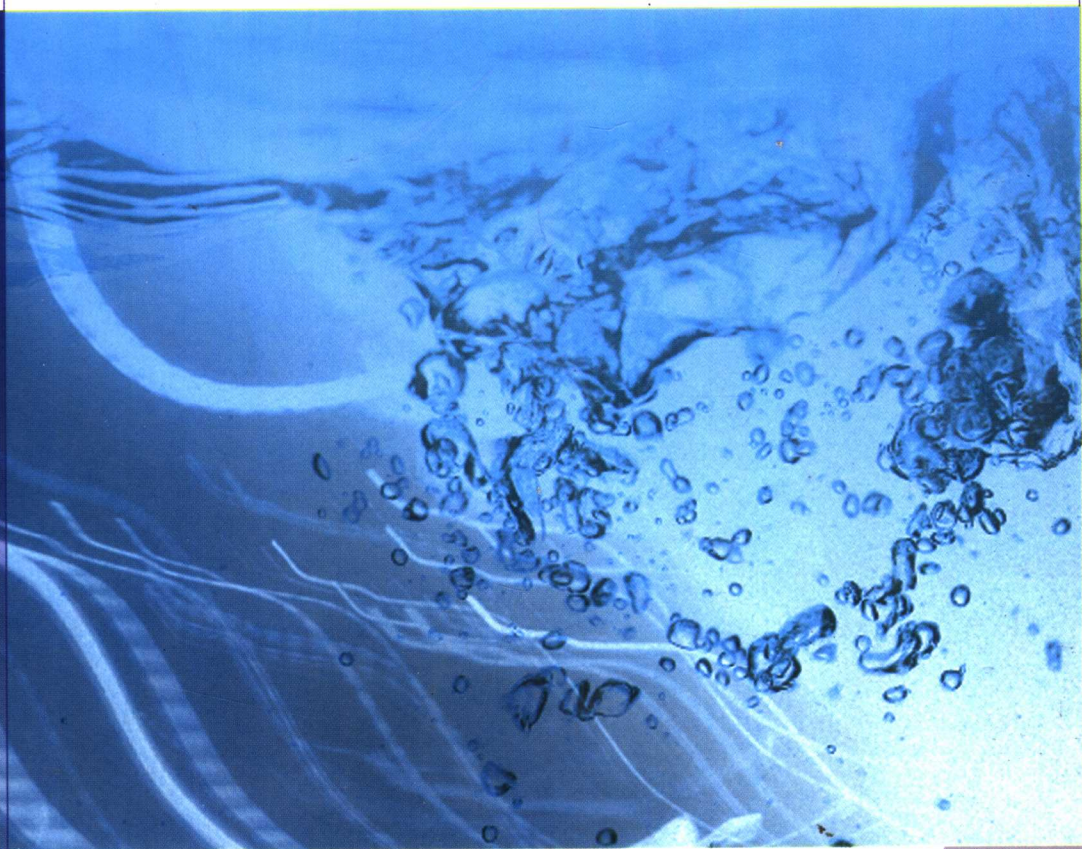


高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专生物技术类教材系列

酒精生产技术

■ 主编 王传荣



 科学出版社
www.sciencep.com

● 高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专生物技术类教材系列

酒精生产技术

主 编 王传荣

副主编 赵 辉 翁连海 李晓华

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

全书系统地介绍了淀粉质原料、糖蜜原料酒精生产的基本原理、工艺流程、生产技术、有关设备以及酒精生产副产物的综合利用、废液处理;酒精通用试验方法;国内外较为成熟的酒精生产新技术、新工艺;同时简要介绍了特级酒精和燃料酒精生产技术。

本书可供高职高专生物技术类专业学生选用。

图书在版编目(CIP)数据

酒精生产技术/王传荣主编. —北京:科学出版社,2004.8

高等职业教育人才培养创新教材出版工程·高职高专生物技术类教材系列

ISBN 7-03-013794-9

I. 酒… II. 王… III. 酒精-生产工艺-高等学校:技术学校-教材
IV. TQ223.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 064864 号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:钟 洋
责任印制:安春生 / 封面设计:王凌波

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年8月第一版 开本:B5(720×1000)

2004年8月第一次印刷 印张:19 1/2

印数:1—3 000 字数:366 000

定价:28.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《高职高专生物技术类教材系列》编委会

主 编 陆寿鹏

副主编 温守东 张安宁 翟 敏 逯家富

孙俊良 廖湘萍 江建军

编 委 徐清华 赵金海 蔡功禄 赵 辉

李宏高 杨天英 翁鸿珍 廖世荣

武 运 何 惠 胡文浪 万 萍

陆正清

《高等职业教育人才培养创新教材》 出版工程说明

一、特色与创新

随着高等教育改革的进一步深化,我国高等职业教育事业迅速发展,办学规模不断扩大,办学思路日益明确,办学形式日趋多样化,取得了显著的办学效益和社会效益。

毋庸置疑,目前已经出版的一批高等职业教育教材在主导教学方向、稳定教学秩序、提高教学质量方面起到了很好的作用。但是,有关专家也诚恳地指出,目前高等职业教育教材出版中还存在一些问题,主要是:教材建设仍然是以学校的选择为依据、以方便教师授课为标准、以理论知识为主体、以单一纸质材料为教学内容的承载方式,没有从根本上体现以应用性职业岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位的教育观念。

经过细致的调研,科学出版社和中国高等职业技术教育研究会共同启动了“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”。在教材出版过程中,力求突出以下特色:

(1) 理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,策划出版一系列体现教学改革最新理念,内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

(2) 方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位(群)所需的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上,引进国外先进的课程开发方法,以确保符合职业教育的特色。

(3) 特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点,积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材,提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持,方便教师教学与学生学习。对于部分专业,组织编写“双证教材”,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

(4) 内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态。将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中来,更能体现高职教育专业设置紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

二、精品与奉献

“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”的启动，得到了教育部高等教育司高职高专处领导的认可，吸引了一批职业教育和高等教育领域的权威专家积极参与，共同打造精品教材。其实施的过程可以总结为：教育部门支持、权威专家指导、一流学校参与、学术研究推动。

国内的高等职业教育院校特别是北京联合大学、天津职业大学以及中国高等职业技术教育研究会的其他副会长、常务理事、理事单位等积极参加本教材出版工程，提供了先进的教学经验，在此基础上出版一大批特色教材。

在教材的编写过程中，得到了许多相关部委、行业协会的支持，对教材的推广起到促进作用。

先进的理念、科学的方法、有力的支持，必然导致精品的诞生。“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”主要包括高职高专层次的基础课、公共课教材；各类紧缺专业、热门专业教材；实训教材、引进教材等特色教材；还包含部分应用型本科层次的教材。根据我们的规划，下列教材即将与读者见面：

（一）高职高专基础课、公共课教材

- （1）基础课教材系列
- （2）公共选修课教材系列

（二）高职高专专业课教材

- （1）紧缺专业教材
 - 软件类专业系列教材
 - 数控技术专业教材
 - 汽车类专业教材
 - ……
- （2）热门专业教材
 - 电子信息类专业教材
 - 交通运输类专业教材
 - 财经类专业教材
 - 旅游类专业教材
 - 生物技术类专业教材
 - 食品类专业教材

- 精细化工类专业教材
- 广告类专业教材
- 艺术设计类专业教材

.....

(三) 高职高专特色教材

- 高职高专院校实训教材
- 国外职业教育优秀教材

.....

(四) 应用型本科教材系列

欢迎广大教师、学生在使用中提出宝贵意见,以便我们改进教材出版工作、提高质量。

中国高等职业技术教育研究会
科学出版社

前 言

本书是由全国轻工职业教育教学指导委员会生物技术专业委员会和中国高等职业技术教育研究会共同组织编写。全书系统介绍了淀粉质原料和糖蜜原料发酵法生产酒精的原理、生产技术以及副产物的综合利用；特级酒精和燃料酒精生产技术以及酒精活性干酵母（AADY）在酒精生产中的应用技术；同时还增加了成品酒精检验技术、国内外较为成熟的酒精生产新技术等内容。全书的编写立足于理论联系实际，侧重于实用性和可操作性，并力求做到深入浅出，通俗易懂。

通过本课程学习，使学生在已学习生物化学、微生物学、化工原理等专业基础课的基础上，并结合参加酒精生产实习、实训，基本掌握酒精发酵机理和生产工艺理论，能选择和制订合理的工艺流程和工艺条件；掌握酒精生产技术和具体操作方法，能分析和解决酒精生产中的具体问题，初步掌握成品酒精检验技术；同时应初步具有选用新菌种，推广应用新工艺、新技术以及进行酒精工厂设计的能力，并了解世界特别是我国酒精工业的生产现状和发展趋势。

本书由王传荣、赵辉、翁连海、李晓华编写。其中第1、4、8章及第3章的第3.3、3.4、3.5、3.6节和附录1、2由江苏食品职业技术学院王传荣编写，第2、6章及第3章的第3.7节、第9章由黑龙江大学生命科学学院赵辉编写，第7、10章及第3章的第3.1、3.2节和附录3、4由长春职业技术学院翁连海编写，第5章由广西工业职业技术学院李晓华编写。王传荣负责主编，张安宁高级工程师负责主审。

在本书编写及出版过程中，得到科学出版社以及各有关学校领导的大力支持，在此谨表示衷心的感谢！

由于编者的能力和水平有限，书中难免存在错误或不当之处，敬请读者批评指正，以便改进。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 酒精的性质和分类	1
1.2 酒精的用途及其在国民经济中的地位	2
1.3 酒精的生产方法及其工艺流程	3
第 2 章 酒精生产的原料和辅料	6
2.1 酒精生产的原料	6
2.2 辅料	11
2.3 水	14
第 3 章 淀粉质原料酒精生产技术	17
3.1 原料的预处理	17
3.2 原料的蒸煮	22
3.3 糖化剂制备	38
3.4 蒸煮醪的糖化	61
3.5 酒母制备	80
3.6 糖化醪的发酵	94
3.7 发酵成熟醪的蒸馏和精馏	122
第 4 章 酒精活性干酵母 (AADY) 的应用	149
4.1 酒精活性干酵母的应用和发展概况	149
4.2 应用酒精活性干酵母的优越性	150
4.3 酒精活性干酵母的分类	150
4.4 酒精活性干酵母的性能	151
4.5 酒精活性干酵母的质量指标及其检测	154
4.6 酒精活性干酵母的应用技术	156
4.7 酒精活性干酵母的应用实例	161
第 5 章 糖蜜原料酒精生产技术	164
5.1 糖蜜原料酒精发酵的特点和工艺流程	164
5.2 稀糖液的制备	173
5.3 糖蜜发酵酒母的制备	186
5.4 稀糖液的发酵	196
第 6 章 特级酒精生产技术	214

第 7 章 燃料酒精生产技术	225
第 8 章 成品酒精检验技术	235
8.1 成品酒精试样的采集	235
8.2 感官要求	236
8.3 理化检验	236
第 9 章 副产物的综合利用及污染治理	259
9.1 二氧化碳的综合利用	259
9.2 杂醇油和醛酯馏分的利用	267
9.3 酒精酵母的综合利用	269
9.4 酒糟液污染和综合利用	272
第 10 章 酒精生产计算	280
10.1 淀粉出酒率及淀粉利用率的计算.....	280
10.2 酒精生产计算.....	281
10.3 酒精工厂生产经济技术指标计算.....	288
参考文献	294
附录	
1 食用酒精国家标准 (GB10343—2002)	296
2 工业酒精国家标准 (GB/T394.1—1994)	297
3 无水酒精国家标准 (GB678—1990)	298
4 变性燃料酒精国家标准 (GB18350—2001)	299

第 1 章

绪 论

课前导读

1. 了解本课程教学目的和任务。
2. 了解酒精的用途以及在国民经济中的地位。
3. 掌握酒精的物理、化学和生化性质及其分类方法。
4. 掌握酒精的生产方法：微生物发酵法和化学合成法及其工艺流程。

1.1 酒精的性质和分类

1.2.1 酒精的性质

1. 酒精的物理性质

酒精，化学名称酒精，是具有 1 个羟基的饱和一元醇，分子式 C_2H_5OH 或 CH_3CH_2OH ，相对分子质量为 46.07。酒精是一种无色透明并具有特殊芳香和辛辣味的液体。纯酒精的相对密度 (d_4^{20}) 为 0.789 34，沸点为 $78.3^\circ C$ ，凝固点为 $-117.3^\circ C$ ，闪点为 $12.8^\circ C$ ，比热容是 $2.294 J / (kg \cdot K)$ ($0^\circ C$)，汽化潜热是 $875 J / g$ ，燃烧热是 $1367.16 kJ / mol$ 。

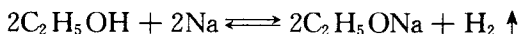
酒精与水可以任意比例混合，体积发生收缩，并伴有放热现象。例如，当 53.94mL 的无水酒精与 49.83mL 的水混合时，混合液的体积不是 103.77mL，而是 100mL，表现出最大的收缩度，因此在配制一定体积的混合溶液时应注意体积缩小这一性质。此外，酒精能与醇、醚等有机溶剂良好混合，能溶解多种金属盐、烃、碱、脂肪酸等有机化合物，是一种重要的有机溶剂。

酒精是一种易挥发、易燃、易爆的危险物品，爆炸极限在空气中下限是 3.3% (体积分数)，上限是 19% (体积分数)，因此在生产、贮存、运输和使用过程中，应严格注意防火，以防发生事故。

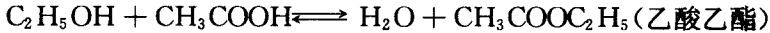
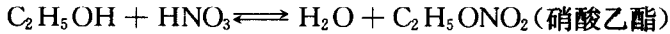
2. 酒精的化学性质

酒精的化学性质主要由其羟基官能团所决定的，同时也受羟基的一定影响。

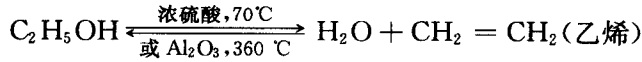
(1) 酒精与活泼金属 (钾或钠) 反应生成醇盐，反应式如下：



(2) 酒精与无机酸或有机酸作用生成酯。反应式如下：



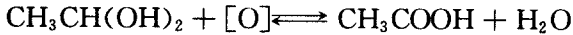
(3) 脱水反应。反应式如下：



(4) 酒精可经重铬酸钠(钾)及浓硫酸氧化生成乙醛进而生成乙酸。反应式如下：



此外，在食醋酿造过程的醋酸发酵阶段，醋酸菌分泌氧化酶，将酒精发酵生成的酒精氧化生成醋酸。反应式如下：



3. 酒精的生化性质

酒精能使细胞蛋白质凝固变性，因此具有杀菌能力，75%（体积分数）的酒精杀菌力最强。此外，少量的酒精对人的大脑具有兴奋作用。

1.2.2 酒精的分类

(1) 按原料分类 可将酒精分为谷物酒精、薯类酒精、糖蜜酒精、水果酒精、纸浆废液酒精、乙烯酒精等。

(2) 按生产方法分类 可将酒精分为发酵酒精和合成酒精两大类。

(3) 按质量分类 可将酒精分为食用酒精、工业酒精和无水酒精等。

(4) 按用途分类 可将酒精分为食用酒精、工业酒精、医药酒精、燃料酒精和试剂酒精等。

1.2 酒精的用途及其在国民经济中的地位

酒精工业是基础的原料工业，又是新兴的能源工业之一，其产品主要用于食品工业、化学工业、医药工业和医疗事业、国防工业、农业、能源交通及电子等许多领域。

在食品工业中，酒精是配制各类白酒、果露酒、强化葡萄酒、保健酒、药酒的主要原料；酒精还可用来酿造食醋，生产食用香精等。

在化学工业方面，酒精是许多化工产品不可缺少的基础原料，利用酒精可以

制造合成橡胶、聚氯乙烯、聚苯乙烯、乙二醇、乙醛、冰醋酸、乙醚、酯类、苯胺、环氧乙烷、氯酒精、二氯乙烷和乙基苯等大量化工产品；酒精也是一种很好的有机溶剂，油漆、染料、香精香料、化妆品、树脂等化工产品的生产都需要大量的酒精作溶剂；酒精还可用于萃取植物油和香精油等。

在农业方面，酒精是制备农药的重要原料；酒精工业的下脚料——酒糟，经加工处理后，是优良的饲料和肥料；酒精生产是农业原料深加工和综合利用的一条重要途径。

在医药工业和医疗事业方面，酒精被广泛用于医疗器具和皮肤的消毒，用酒精绷带可治疗创伤；酒精是泡制各种药酒和制备碘酒的必需原料；此外，用酒精调制生药制备许多酊剂、浸膏等。

在能源交通方面，不少国家都在考虑将酒精作为新能源以应付“石油危机”和“能源危机”，用酒精部分或全部替代汽油作为汽车燃料，不仅节约大量的石油，而且可以减少二氧化碳的排放量，缓和温室效应。燃料酒精的发展，已在我国国民经济“十五”发展计划中得到反映，我国已决定在玉米、糖蜜的生产基地兴建一座年产80万t，当今世界最大的酒精生产基地，用酒精与石油配制成石醇作为新的燃料，仅此一项，我国每年可节约石油400万t。因此，酒精作为可再生的生物能源具有广阔的发展前景。

酒精在国防工业、电子和科学研究等方面也很有用途。

此外，酒精生产过程中的副产物杂醇油可以用来制造香料、油漆和增塑剂，也可作为溶剂。二氧化碳可以制成液体二氧化碳或固体二氧化碳（干冰），液体二氧化碳可用于清凉饮料、消防灭火和焊接等；干冰可作为冷冻剂及人工降雨的材料。酒糟除作为饲料或肥料外，可用来提取酵母或用来培养白地霉，进而由酵母和白地霉制造许多医药及化工产品。此外，还可用酒糟进行沼气发酵，产生的沼气用做燃料或进一步合成其他化工产品。

由此可见，酒精工业在国民经济中占有十分重要的地位，随着国民经济的快速发展，酒精的用途将更加广泛。

1.3 酒精的生产方法及其工艺流程

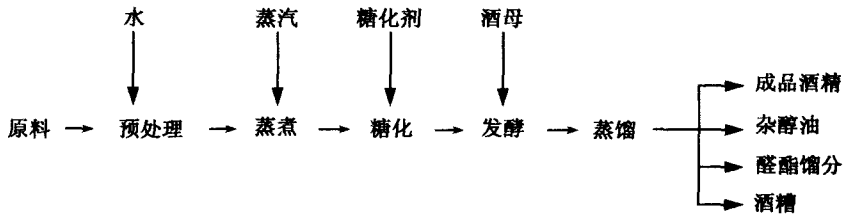
酒精的生产方法可分为微生物发酵法和化学合成法两大类。

1.4.1 微生物发酵法

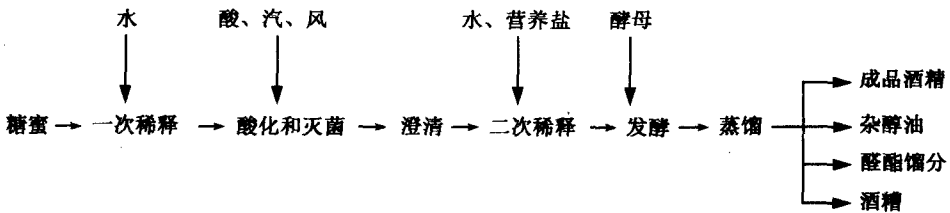
微生物发酵法是指利用淀粉质、糖质或纤维质原料，通过微生物发酵作用生成酒精的方法，简称发酵法。制得的酒精称为发酵酒精，普遍采用酵母菌作为发酵菌。此外亦可用运动发酵单胞菌和酒精高温厌氧菌作为酒精发酵菌种。根据其

原料不同，发酵酒精可分为淀粉质原料酒精、糖质原料酒精、纤维质原料酒精、亚硫酸盐纸浆废液酒精等。

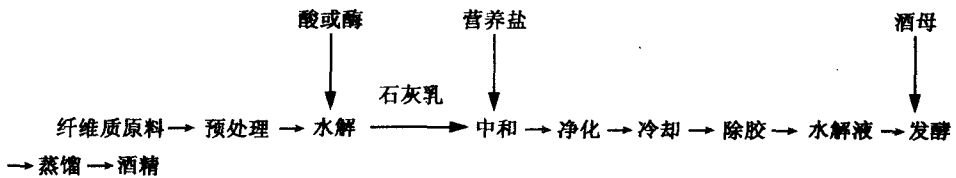
(1) 淀粉质原料制造酒精 生产工艺流程如下：



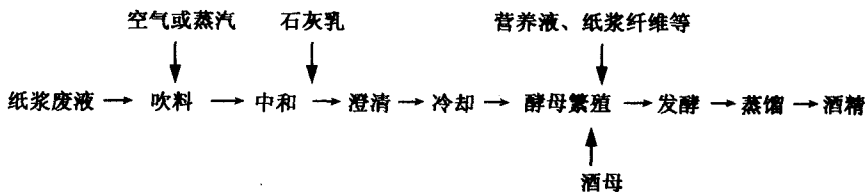
(2) 糖质原料（糖蜜）制造酒精 生产工艺流程如下：



(3) 纤维质原料制造酒精 生产工艺流程如下：



(4) 亚硫酸盐纸浆废液制造酒精 生产工艺流程如下：

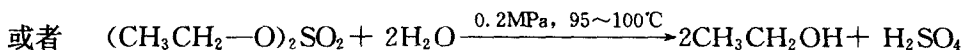
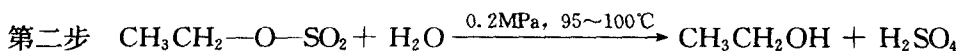
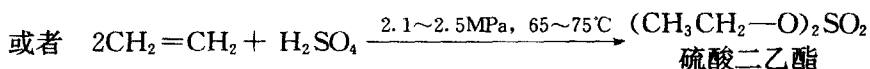
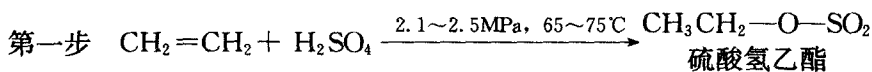


1.4.2 化学合成法

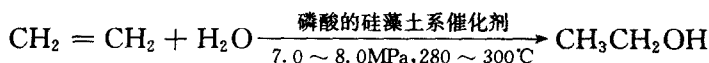
化学合成法是指利用石油或天然气的裂解气、工矿企业的废气以及电石等为原料，经过化学反应生成酒精的方法，有乙烯水合法和乙醛加氢法等方法。工业生产上最重要的方法是乙烯水合法，它又分为间接水合法（又称硫酸水合法）和直接水合法两种方法。

1. 乙烯水合法

(1) 硫酸水合法 硫酸水合法是指将乙烯和浓度为96%~98%的硫酸进行酯化反应生成硫酸酯, 然后再将硫酸酯加水分解成酒精和稀硫酸。其化学反应式如下:

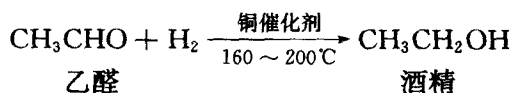
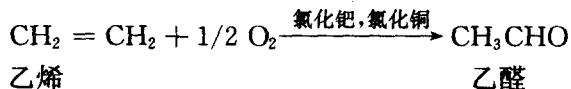


(2) 直接水合法 乙烯和水在固相催化剂的存在下, 经气相反应直接合成酒精。工业生产上广泛采用磷酸作为催化剂, 其载体是合成的粗糙而多孔的硅酸铝颗粒。其化学反应式如下:

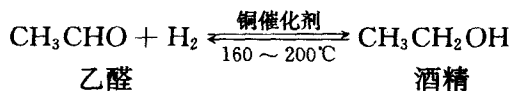
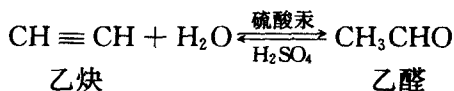
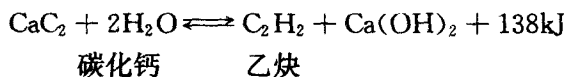


2. 乙醛加氢法

(1) 乙烯氧化法。其化学反应式如下:



(2) 电石法 电石的主要成分是碳化钙, 碳化钙与水作用生成乙炔, 在硫酸汞催化剂作用下, 乙炔与水反应生成乙醛, 乙醛在铜催化剂作用下生成酒精。其化学反应式如下:



第 2 章

酒精生产的原料和辅料

课前导读

1. 了解酒精生产采用的主要原料。
2. 了解酒精生产原料的选择原则。
3. 掌握主要原料中对酒精生产有益和有害的化学成分。
4. 了解酒精生产采用的辅助材料及特性。
5. 掌握酒精生产不同工序对水质的不同要求。

2.1 酒精生产的原料

2.1.1 原料的选择原则

1. 淀粉质原料的选择

选择淀粉质原料生产酒精时, 凡是任何含有可发酵性糖或可变为可发酵性糖的原料, 都可作为酒精生产的原料。对于工业上大规模投入生产的原料, 除了要提出工艺上的要求外, 还要提出生产管理和经济上的要求。因此, 选择原料时, 应考虑到下列条件: ①原料要含有较高的糖, 特别是淀粉含量要高, 蛋白质含量要适当, 其组成应适合微生物的需要和吸收利用。②原料资源要丰富, 容易收集; 由于酒精生产需要大量原料, 要保证一定的库存量; 能满足一年四季正常生产的需要。③原料含杂质要少, 并在生产中不产生有害、有毒物质, 对产品质量影响不大; 若泥沙、铁等杂质过多, 就会引起粉碎设备的损坏和造成输送管道的阻塞。④原料含水分要少, 因水分较高的新鲜原料不易贮藏, 有条件的地方最好选购含水分在 13% 以下的干料。⑤宜选用高质、高产、运输方便的原料。⑥能用野生植物原料的地方, 应尽量采用, 这有利于节粮和降低生产成本。此外, 应当考虑到大力节约粮食原料, 尽量少用或不用粮食原料, 充分利用当地的非粮食原料, 利用农林副产物和植物纤维原料以及亚硫酸盐纸浆废液等, 对于节约粮食原料有着重要意义。另外, 利用石油原料化学合成制造酒精, 也是发展酒精的重要途径。

2. 糖质原料的选择

生产酒精的糖质原料, 主要是指糖蜜。现将一般的糖蜜等级划分如下: 一级

糖蜜：含全糖（总糖）50%以上，不溶物和胶体物等杂质含量较少；二级糖蜜：含全糖在45%~50%；三级糖蜜：含全糖在45%以下。所有等级的糖蜜浓度均不得低于80~90°Bx，相对密度为1.41~1.50（20℃）。

2.1.2 原料的种类

用于酒精发酵的原料主要有：谷物原料（如玉米、小麦、大麦、高粱、大米等）；薯类原料（如甘薯、木薯、马铃薯等）；糖质原料（如甘蔗、甜菜、糖蜜等）；纤维素原料（如秸秆、甘蔗渣等）等。

2.1.3 常用原料的基本特性

1. 谷类原料

(1) 玉米 玉米又名玉蜀黍、苞谷、苞米、珍珠米、棒子、大黍等。我国北方称之为苞米，南方则称为珍珠米。玉米由果皮、种皮、糊胶粒层、内胚乳、胚芽、实尖等6个基本部分组成。玉米籽粒颜色有黄玉米、白玉米两大类。黄玉米有的品种淀粉含量可达73%以上，玉米淀粉主要集中在胚乳，呈玻璃质状态，玉米淀粉颗粒呈不规则形状，且堆积非常紧密，因而玉米原料液化、糖化有困难。淀粉颗粒的直径约为20 μ m，淀粉中10%~15%是直链淀粉，85%~90%是支链淀粉，而蜡质玉米的淀粉全部是支链淀粉，遇碘呈红-棕色，玉米还含有1%~6%的糊精。玉米的含氮物几乎全是真蛋白质，而且是以玉米醇溶蛋白为主。玉米中没有水溶性蛋白，而球蛋白占玉米质量的0.4%。醇溶蛋白不含色氨酸和赖氨酸，是不完全蛋白质。玉米含有5%~7%的脂肪，主要集中在胚芽中。胚芽干物质中30%~40%是脂肪，它属于半干性植物油，大约由72%不饱和脂肪酸和28%饱和脂肪酸组成。在酒精生产时，应事先将胚芽除去，既能进一步提取玉米油，又对酒精发酵有利。玉米的化学成分如表2-1和表2-2所示。

表2-1 玉米的化学组成

单位：%

水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物	粗纤维	灰分
6~15	8.5	5~7	65~73	1.3	1.7

表2-2 玉米的维生素和无机盐含量

单位：mg/100g

玉米品种	胡萝卜素	核黄素	硫胺素	烟酸	抗坏血酸	钙	磷	铁
黄玉米	0.06~0.1	0.10	0.34	2.3	0.04	22	210	1.6
白玉米	0.05	0.09	0.35	2.1	0.04	22	210	1.6

我国发酵酒精的原料构成也发生了明显的变化，薯干酒精的相对密度逐年下