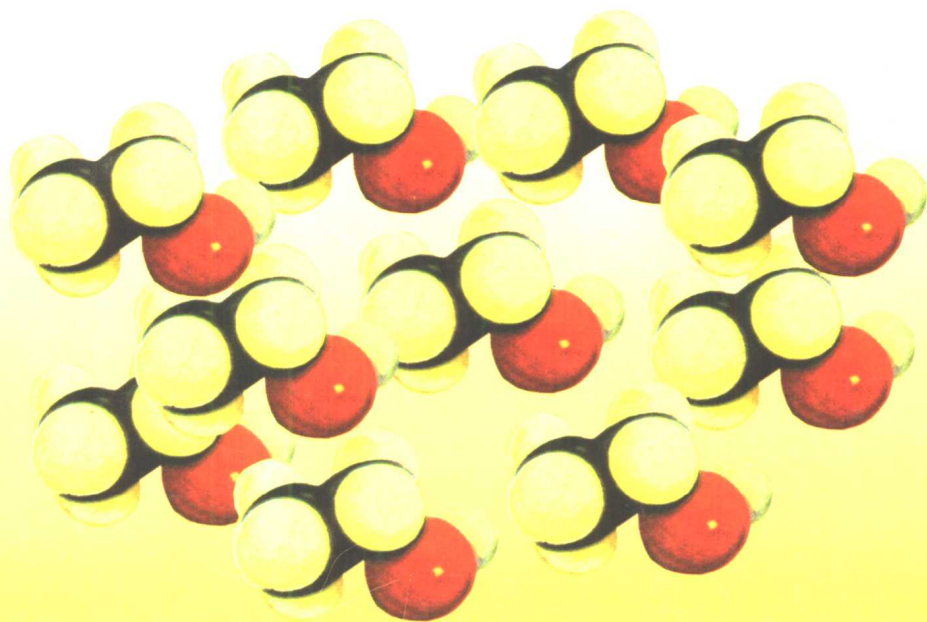


食品工程系列教材

酒精发酵工艺学

姚汝华 赵继伦 编著



华南理工大学出版社

食品工程系列教材

酒精发酵工艺学

华南理工大学出版社

食品工程系列教材

酒精发酵工艺学

姚汝华 赵继伦 编著

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书对酒精生产的理论和技术进行了较详细的论述。书中保留了传统生产工艺的系统性,并增加了一些新的工艺技术。主要包括:酒精生产常用菌种,菌种保藏与复壮,生产原料的分类及其处理,淀粉质原料双酶法低温蒸煮及糖化,废糖蜜、纤维素、半纤维素等原料发酵生产酒精,活性干酵母(AADY)在酒精发酵中的应用,固定化细胞进行酒精发酵,酒精发酵及蒸馏的基本原理,副产物的综合利用等。

书中内容较丰富,文字叙述通俗易懂,便于自学。本书可作为高等院校发酵工程专业的试用教材,也可供从事酒精生产的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

酒精发酵工艺学/姚汝华,赵继伦编著. —广州:华南理工大学出版社,1999.2

(食品工程系列教材)

ISBN 7-5623-1381-4

- I. 酒…
- II. ①姚…②赵…
- III. 酒精-生产工艺-教材
- IV. TS27

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510640)

责任编辑 潘宜玲 胡 元

各地新华书店经销

广州新光明印刷厂印装

*

1999年2月第1版 1999年2月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.75 字数: 432千

印数: 1—3 000册

定价: 28.00元

前 言

近年来，酒精工业在世界范围内得到了较大的发展，一些新工艺和新技术不断涌现出来。本书根据目前酒精生产技术的发展情况，对一些新的工艺技术进行了系统的论述，并注意将传统工艺与新的生产技术有机地结合起来。在课程内容的设置方面，注重理论与实践相结合。

本书以淀粉质原料和糖蜜原料酒精生产中的工程技术问题为基础，加强了实用性和增加了信息量。全书共分 10 章，主要内容包括了酒精生产的全部工艺过程及副产物的综合利用等。

本书在编写过程中，参阅了许多国内外有关文献资料，结合编者多年从事酒精工艺学教学的经验和体会，力图将书中有关内容编排得更加合理。

由于编者水平所限，在编写过程中，收集和参阅的文献资料还不够全面，有些论述中可能存在不确切之处，恳请广大读者批评指正，以便进一步修改和完善。

编 者

1998 年 12 月于华南理工大学

目 录

第一章 概论	1
第一节 酒精工业的发展概况	1
一、我国酒精工业的发展概况.....	1
二、酒精工业的发展趋势.....	2
第二节 酒精的理化特性与工业用途	3
一、酒精的物理性质.....	3
二、酒精的化学性质.....	4
三、酒精在工业生产中的应用.....	4
第三节 酒精的工业生产方法	5
一、微生物发酵法.....	6
二、化学合成法.....	7
第二章 酒精生产所用的微生物菌种	9
第一节 常用菌种及其培养特性	9
一、淀粉糖化菌种.....	9
二、酒精发酵的菌种.....	12
三、菌种培养基的制备.....	15
第二节 生产菌种的选育、保藏与复壮	17
一、菌种退化的表现及其原因.....	17
二、防止菌种退化的主要方法.....	17
三、常用菌种的选育.....	18
四、常用菌种的保藏与复壮.....	25
第三章 酒精生产原料	27
第一节 淀粉质原料	27
一、淀粉质原料的选择与分类.....	27
二、常用淀粉质原料的化学性质.....	27
三、淀粉质原料的物理性质.....	35
第二节 糖质原料	37
一、甘蔗废糖蜜.....	37
二、甜菜废糖蜜.....	38
第四章 淀粉质原料的输送及粉碎	41
第一节 原料输送	41
一、机械输送.....	41
二、气流输送.....	47
第二节 原料粉碎	54
一、淀粉原料的粉碎方法.....	54
二、原料粉碎的要求.....	56

三、原料粉碎设备	58
四、粉碎机生产能力及动力消耗的计算	59
五、粉碎操作中常见故障的排除	59
第五章 淀粉质原料的蒸煮	61
第一节 高温高压蒸煮	61
一、蒸煮过程中原料的物理变化	61
二、蒸煮过程中原料的化学变化	62
三、高温高压蒸煮方法	65
第二节 低温低压蒸煮	73
一、低温低压蒸煮中 α -淀粉酶的反应特征	73
二、低温低压蒸煮工艺	76
三、生原料的无蒸煮工艺	78
四、蒸煮醪质量的确定方法	81
五、影响蒸煮醪质量的主要因素	82
六、主要蒸煮设备	84
第六章 糖化剂的制备	86
第一节 固体曲生产工艺	86
一、固体曲生产流程	87
二、曲霉菌纯种的扩大培养	87
三、种曲制备(帘子曲)	88
四、麸曲生产	90
五、麸曲质量标准	93
六、机械通风制曲的主要设备	94
第二节 液体曲生产工艺	98
一、液体曲生产工艺设备流程	98
二、液体曲生产工艺过程与条件	99
三、液体曲的使用	106
四、液体曲生产的技术管理与异常现象	107
五、影响液体曲质量的主要因素	108
六、液体曲生产设备	112
第三节 糖化酶的生产	119
一、酶制剂生产工艺流程	119
二、菌种深层培养及产酶	120
三、酶的提取方法	123
四、酶的浓缩与纯化方法	126
第七章 淀粉质原料的糖化	132
第一节 淀粉糖化原理	132
一、与糖化有关的酶类及其特性	132
二、淀粉水解的基本原理	136
第二节 糖化工艺	146

一、间歇糖化工艺	146
二、连续糖化工艺	147
三、糖化醪质量的确定方法	149
四、影响糖化醪质量的主要因素	150
五、糖化设备	151
第八章 酒精发酵	153
第一节 酒精酵母的培养	153
一、酵母所需的营养物质	153
二、酵母菌培养基的制备	154
三、化验室阶段酵母的扩大培养	155
四、酒母车间扩大培养	156
五、影响酒母质量的主要因素	158
六、酒母培养中异常现象的处理	159
七、活性干酵母(AADY)的利用	160
八、酒母罐的结构	161
第二节 淀粉质原料的酒精发酵	162
一、酒精发酵的理论基础	162
二、淀粉质原料的酒精发酵工艺	167
第三节 糖蜜原料的酒精发酵	175
一、糖蜜原料的主要特点	175
二、糖蜜的主要来源与分类	177
三、糖蜜酒精连续发酵的工艺流程	178
四、糖蜜发酵前处理	178
五、糖蜜酒精酵母的培养	184
六、糖蜜酒精发酵工艺	185
七、糖蜜酒精发酵的主要工艺指标	189
八、酒精发酵的主要设备	190
第四节 其它原料的酒精发酵	191
一、利用纤维素原料发酵生产酒精	191
二、亚硫酸盐纸浆废液生产酒精	196
第五节 酒精发酵新技术	198
一、应用固定化酵母细胞生产酒精	198
二、应用固定化细菌生产酒精	200
三、利用活性干酵母(AADY)进行酒精发酵	203
四、膜分离酒精发酵法	205
第九章 发酵成熟醪的蒸馏	207
第一节 酒精蒸馏的基本原理	207
一、蒸馏基本原理	207
二、酒精发酵成熟醪的组成	208
三、挥发系数与精馏系数	208

四、酒精蒸馏中主要杂质的分离	212
第二节 酒精蒸馏的工艺方法	216
一、蒸馏方法的分类	216
二、蒸馏方法选择原则	217
三、酒精蒸馏的工艺流程及操作	217
四、酒精蒸馏工艺条件的控制	225
五、酒精蒸馏中异常现象的处理	226
六、蒸馏开塔与停塔操作	227
第三节 酒精蒸馏常用设备	228
一、泡罩塔的结构	228
二、浮阀塔的结构	229
三、S型塔板结构	232
四、筛板塔的结构	232
五、斜孔塔的结构	233
六、其它类型的塔板	233
七、酒精蒸馏塔的附属设备	234
第四节 无水酒精的制备	236
一、氧化钙脱水法	236
二、分子筛脱水法	237
三、离子交换树脂脱水法	238
四、酒精共沸脱水法	238
第十章 综合利用与三废处理	241
第一节 二氧化碳的综合利用	241
一、二氧化碳的应用	241
二、液体二氧化碳与干冰生产	242
三、利用二氧化碳生产纯碱	242
四、利用二氧化碳生产轻质碳酸钙	244
第二节 酒精酵母的利用	244
一、用酒精发酵成熟醪中的酵母菌制取饲料酵母	245
二、从酒精酵母中提取核糖核酸	246
三、利用酒精酵母制备核苷酸	246
第三节 酒糟及废水处理	246
一、淀粉原料酒糟的利用	247
二、糖蜜原料酒糟的利用	252
附录	254
一、有关酒精生产的数据	254
二、酒精生产常用的计算公式	273
参考文献	275

第一章 概 论

第一节 酒精工业的发展概况

酒精工业在我国轻工业中占有十分重要的位置，它是许多化工产品的生产原料，在医药工业、食品工业和燃料工业方面都得到广泛的应用。酒精工业与其它工业相比具有投资少、见效快的特点，而且生产工艺简单、稳定，不易造成原材料浪费。可以利用农副产品、野生植物等再生资源进行酒精生产。

国外一些国家已采用约 20% 的无水乙醇与汽油混合，制成汽油醇供汽车等运输工具作为动力燃料。这对保护环境、减少空气污染，有十分重要的意义。将来在航空、航天工业广泛采用高纯度无水乙醇作为动力燃料的可能性，也会因相关科学的不断发展而增强。

随着科学技术的不断进步，目前，酒精工业已有较大的发展。在酒精生产菌种的选育、新的发酵技术以及降低生产中的能耗等方面都取得了许多新的成果，为酒精工业的进一步发展打下了良好的基础。

一、我国酒精工业的发展概况

酒精生产技术实际上是在酿酒工业的基础上进一步发展起来的。所以，酒精生产的历史记载可追溯到四千多年以前。但是由于当时的生产技术和认识水平的局限性，使酒精生产没有得到大规模的发展。在相当长的一段时间里，酒精生产始终处于一种小规模作坊式生产。直到 1902 年，我国酒精工业才开始起步。当时在福建省建立了一间以甘薯干为原料生产酒精的工厂，随后又有以甜菜糖蜜为原料生产酒精的山东酒精厂建成。到 1934 年，当时最大的酒精厂——中国酒精厂在上海建成。该厂规模较大，主要以甘蔗糖蜜和甘薯干为原料生产酒精。

新中国成立后，酒精工业发生了很大的变化，先后培养了大批酒精生产的专业人才，在生产上大力推广新技术、新工艺和新设备，使酒精生产的产量和质量都得到了提高。目前，在我国华北、华南、东北、西南、西北各省区都建立了酒精厂。其中山东济南酒精总厂、河南省的南阳酒精厂、北京酒精厂、上海酒精厂等大型厂家的酒精年产量均在万吨以上。许多厂家生产的优质酒精已远销国外，经济效益十分显著。

我国酒精生产主要是采用微生物发酵法和化学合成法。由于微生物发酵法生产工艺成熟，能耗低，对生产设备要求不高，且能就地取材，充分利用本地资源，因此，该法被广泛采用。化学合成法主要是利用炼焦炭、裂解石油的废气如乙烯等为原料，经化学合成反应而生成酒精。

目前我国酒精工业发展迅速，各项生产指标已达到了国际先进水平。各地酒精厂积极

挖潜,引进新的工艺技术,主动与大专院校和科研单位联系,开展工艺和设备的技术改造。有些中小型酒精厂为改善工人的劳动强度,提高生产效率,对车间各工序都尽可能采用连续化生产。以淀粉质原料生产酒精的厂家,大多数都采用了风选风送的原料粉碎新工艺,大大减少了车间的粉尘飞扬,改善了劳动条件。糖化剂生产技术已从固体曲生产发展到液体曲生产。蒸煮糖化采用了一级或多级真空冷却工艺,减少了冷却时间,保证了糖化工艺的顺利进行。近年来,一些工厂已采用双酶法低温液化和糖化的新工艺,该工艺利用 α -淀粉酶和糖化酶的专一性,反应生成的副产物少,有利于酵母菌进行酒精发酵。从酒精发酵的情况来看,目前已有许多新工艺和新设备出现,这给酒精发酵工业带来了新的活力。

随着酒精生产技术的不断改进,我国酒精生产的水平已达到新的高度,水、电、汽的消耗量已接近或达到了发达国家的水平。淀粉出酒率达到了55%以上,这一指标高于前苏联,低于日本,达到了世界先进水平。我国酒精产量已从解放初期的1万t左右到目前的100万t左右,生产量已有很大的提高。尽管我国酒精工业得到很快的发展,但在生产技术水平、工艺自动控制和劳动生产率等方面与先进国家相比还存在一定的差距。国内各厂家的生产技术水平也不一致。因此,还需继续开发和推广新技术,加强“三废”利用和工艺管理,努力实现生产连续化和自动化,进一步提高酒精工业的生产水平。

二、酒精工业的发展趋势

随着酒精工业的不断发展,酒精工业已逐步从传统工艺的模式中解放出来。广大工程技术人员都在努力研究和开发新工艺、新设备,选育新的高产稳产的菌种。由于世界范围内耕地面积都在不断减少,以淀粉质为原料生产酒精的比例也在减少,而以糖蜜为原料生产酒精的比例却有明显提高。据有关报导,全世界酒精生产所用原料的各种比例为:废糖蜜占45%,石油裂解废气乙烯占20%,淀粉质原料占16%,亚硫酸盐纸浆废液占7%,野生植物及其它约占12%。这些数据表明,将来酒精生产原料可能以含有可发酵性糖的工业废弃物为主。

由于各个国家和地区的地理位置不同,酒精生产的原料亦有差异,一般都遵循因地制宜、就地取材的原则,以减少不必要的生产成本。如瑞典、挪威、芬兰等北欧国家,因为森林面积大,造纸工业比较发达,所以利用造纸工业的亚硫酸盐纸浆废液来发酵生产酒精的比例较大。南美洲的巴西和古巴等国,由于盛产甘蔗,制糖工业比较发达,所以酒精生产主要以制糖后的废弃物——甘蔗废糖蜜为原料。随着酶制剂工业的不断发展,现在包括中国、美国、日本、俄罗斯、德国等国都已使用双酶法进行淀粉酒精生产,该工艺可使酒精发酵率达93%以上。由于双酶法液化、糖化的专一性比较强,副反应较少,所以大大提高了淀粉出酒率。目前淀粉出酒率可高达56.3%左右,这与理论值相比还有一定的差距。随着工艺技术的不断改进,自动控制系统和电子计算机的应用,相信淀粉出酒率还可以进一步提高。

为了进一步提高酒精生产水平,各国的工程技术人员都在研究新型的酒精发酵方法,如现已在工业生产上应用的固定化细胞酒精发酵法、耐高温活性干酵母(AADY)发酵法等新的发酵工艺。在设备方面也有不少新型生物反应器出现,如单罐连续搅拌反应器(CSTR)、酵母回用连续搅拌反应器、塔式反应器、细胞固定化反应器等。在新原料利用方面,目前主要有亚硫酸盐纸浆废液、纤维素和半纤维素、乳清、城市废纤维垃圾(含废

报纸和卫生纸等), 这些原料经适当的处理后可进行酒精生产。酒精蒸馏工艺也在不断改进和完善。由于酒精厂的蒸馏车间消耗大量的热能, 一般约占总蒸汽量的 70% 左右, 故改革旧的酒精蒸馏工艺是酒精厂的一项重要任务。除了在蒸馏塔的塔型和塔板结构上进一步改造外, 还应在新的蒸馏工艺方面进行研究。目前研究较多的蒸馏工艺有高效节能的差压式蒸馏、膜分离酒精等。以上所提到的酒精生产工艺和设备, 在某些方面还存在不足之处, 需要继续探索和研究, 但基本上反映了酒精工业今后的发展方向。在研究和开发新工艺和新设备方面还有许多工作要做。随着乙醇传感器和微机控制系统的应用, 酒精工业的生产水平将有新的突破。

第二节 酒精的理化特性与工业用途

一、酒精的物理性质

在有机化学中酒精被称为乙醇, 在我国习惯将乙醇称为酒精。它的分子式为 C_2H_5OH , 是分子结构比较简单的醇类。酒精的外观是一种无色透明的液体, 有很强的挥发性和特殊的刺激性气味, 极易燃烧变成二氧化碳和水, 同时放出大量的热能。酒精是一种用途较广的有机溶剂, 它能与水以任何比例混合, 同时放出热量, 总体积缩小。酒精与水在 $20^{\circ}C$ 时混合, 它的体积收缩程度最大, 如把 52mL 无水酒精与 48mL 水在 $20^{\circ}C$ 时混合, 所得体积不是 100mL, 而是 96.3mL, 总体积缩小了 3.7mL。这是由于酒精与水发生氢键缔合作用而引起的。因此, 酒精浓度表示方法有两种: 一种是体积分数, 另一种是质量分数, 这两种方法之间有较大的差异。在实际应用时, 应根据情况选用。一般白酒的度数是以其含酒精的体积分数来表示的, 例如 40 度的白酒其酒精的体积分数为 40%。纯酒精的物理常数见表 1-1 所示。

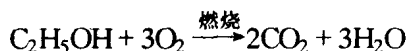
表 1-1 纯酒精的物理常数表

名 称	常 数	单 位
相对分子质量	46.07	
密 度	0.789 3	d_4^{20} , t/m ³
沸 点	78.32	$^{\circ}C$
比 热	2.583	kJ/kg ($20^{\circ}C$)
汽化热	856.8	kJ/kg (标准大气压下)
饱和气压	6.0	kPa ($20^{\circ}C$)
燃烧值	29 400	kJ/kg
燃烧热	1 372	kJ/mol
熔化热	109.4	kJ/kg
蒸发潜热	866.9	kJ/kg
燃 点	12	$^{\circ}C$
熔 点	-114	$^{\circ}C$ (标准大气压下)
临界温度	243	$^{\circ}C$
临界压强	6.35	MPa
在水中的溶解度	混溶	
体积膨胀系数	0.001 10	$1/^{\circ}C$
对空气的折光率	1.361 1	$20^{\circ}C$

二、酒精的化学性质

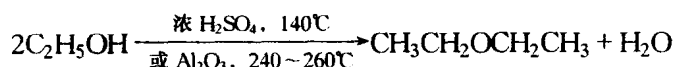
酒精是一种饱和一元醇，它的化学特性主要表现在（—OH）羟基上。其主要特性是能与水、醇类、乙醚、氯仿、苯、甘油等有机溶剂混溶，也能与多种金属盐类、碳氢化合物、脂肪酸等起化学反应。它的化学性质主要表现在以下几个方面。

1. 燃烧时生成二氧化碳和水

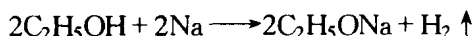


这一性质使酒精可成为汽车工业和航空工业的动力燃料。

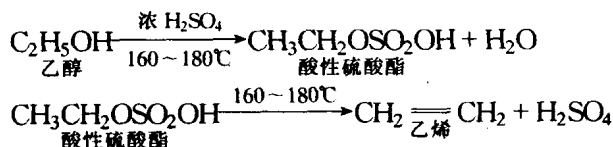
2. 乙醇分子间的脱水反应生成乙醚



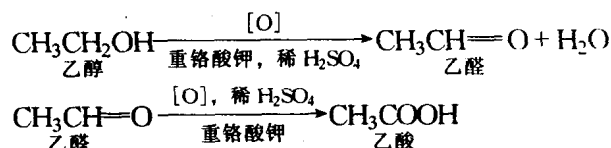
3. 乙醇与碱金属作用放出氢气生成乙醇钠



4. 乙醇分子内的脱水反应生成乙烯或乙醚

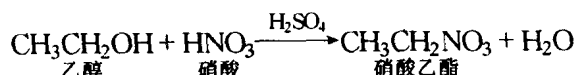


5. 乙醇可被高锰酸钾或重铬酸钾氧化成乙醛和乙酸



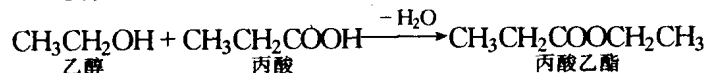
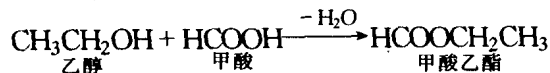
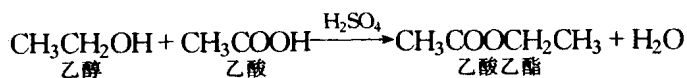
6. 乙醇与酸反应生成酯类物质

醇与一些酸类物质反应可生成不同的酯类。例如乙醇与无机酸反应，生成无机酸酯。



硝酸乙酯受热会发生爆炸，是常用炸药的成分之一。

乙醇与有机酸反应，生成有机酸酯。



三、酒精在工业生产中的应用

随着我国改革开放的不断深入，社会主义现代化建设一日千里、日新月异。我国的工业、农业及第三产业均得到了很大的发展，国民经济建设取得了可喜的成绩。酒精作为一种重要的化工原料之一，其用途越来越广泛。酒精在工业生产中的应用，主要有以下几个方面。

1. 作为交通运输的能源

酒精与汽油都具有易燃性，燃烧时放出大量的热能。一般每千克酒精燃烧时可放出约 27 720kJ 的热量，因此，许多国家的科研工作者都在进行用酒精代替汽油作为汽车的燃料的研究。随着石油资源的日益短缺，这种利用再生资源来取代石油产品的研究显得非常重要。目前，用 10% 酒精与 90% 的汽油混合成一种混合燃料(gasohol)，已作为汽车动力燃料使用。

2. 化工原料

在化学工业中，酒精是许多化工产品的基本原料。利用酒精可生产乙醛、乙酸、乙醚、乙烯、丁二烯、聚乙烯、乙二醇及多种酯类物质。酒精也是合成橡胶的廉价原料，在天然橡胶产量不大的情况下，利用酒精生产合成橡胶是一种重要途径。酒精是用得较多的有机溶剂，它可以用于香料、染料、油漆、树脂等工业生产部门，有时也可作为珠宝、钟表等的洗涤剂。

3. 医药工业

酒精配成 75% 浓度时，可用于各种医疗器具的消毒。食用级酒精可用来调配各种药酒。

4. 农用工业

在我国农用工业方面，酒精可用来制造三氯乙醛（一种催眠药），用三氯乙醛可生产滴滴涕、敌百虫等杀虫剂。酒精也可取代甲醇制备乙基敌百虫，效果比农药“六六六”好，对鳞翅类害虫和蚂蚁均有特效。

5. 国防工业

酒精可作为生产乙二醇的原料，而乙二醇可用于制造二硝基乙二醇炸药及雷管等。有些化工厂的酒精车间就是专为生产炸药的工厂提供酒精。

6. 食品工业

高纯度的食用酒精可用来配制酒精饮料，如汽酒、果酒、普通白酒等。

7. 酒精副产物的利用

在酒精生产过程中，会生成一些副产物，这些副产物在工业上有许多用途。酒精发酵过程中所生成的二氧化碳，可回收制成液体二氧化碳和干冰，广泛应用于消防材料、清凉饮料、金属冶炼、焊接工业、冷冻剂、医学上的冷冻疗法等方面。二氧化碳还可作为纯碱和小苏打的生产原料。

酒精精馏过程中所提取的杂醇油，可作为油漆、香料的生产原料，也可作为测定牛乳中脂肪含量的试剂和工业选矿时所需的浮选剂等。

第三节 酒精的工业生产方法

目前酒精工业的生产方法，归结起来主要有两种类型：一种是利用产酒酵母菌来发酵生产酒精，另一种是利用石油原料采用化学合成的方法生产酒精。我国农副产品资源丰富，所以主要采用微生物发酵法，该方法在我国应用已有四千多年的历史，生产工艺比较成熟。化学合成法主要是采用石油裂解产生的乙烯或天然气来生产酒精。其工业生产方法有直接水合法和间接水合法。它与微生物发酵法相比，具有成本低、劳动生产率高和便于

采用计算机控制等优点。其主要缺点是化学合成的酒精往往存在一些异构化高级醇类，对人体有害，因此，不宜作为食用和医用酒精，且一次性设备投资较大，需要许多耐高温、高压的设备。

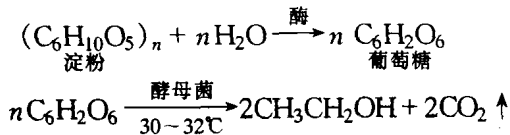
化学合成法在石油化工业比较发达的国家用得比较多，如美国约有 80% 的酒精产量是采用化学合成法生产的，日本、德国、前苏联等国家化学合成法生产的酒精产量也超过总产量的 50%。我国化学合成法生产的酒精产量较少，这与我国的自然条件有一定的关系。

一、微生物发酵法

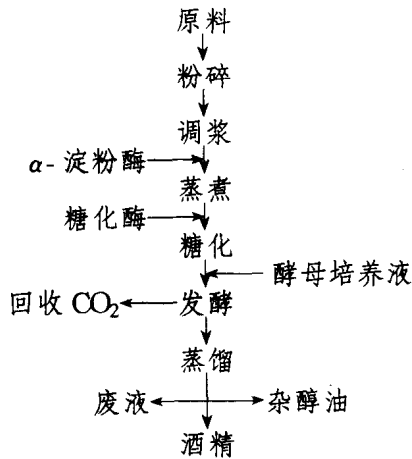
微生物发酵法在采用不同发酵原料时，生产酒精的工艺有所差异，主要分为淀粉质原料酒精生产工艺、糖蜜原料酒精生产工艺、工厂废液及纤维素原料酒精生产工艺等。这几种生产工艺都各具特点。

(一) 淀粉质原料发酵生产酒精

常用的淀粉质原料有薯类、谷物类和某些含淀粉较多的野生植物如土茯苓、橡子、石蒜等。其生产酒精的基本原理为：

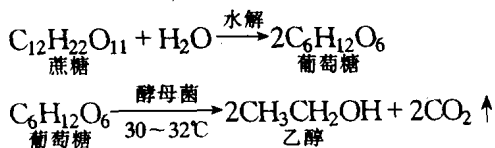


淀粉质原料生产酒精所采用的基本工艺流程为：

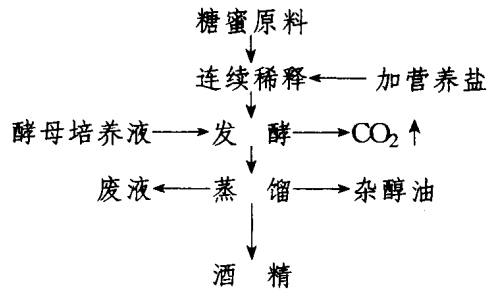


(二) 糖蜜原料发酵生产酒精

酒精生产所采用的糖蜜是糖厂生产糖后的一种副产物，含有能被酵母吸收利用的可发酵性糖。在我国南方，由于盛产甘蔗，所以制糖业比较发达，酒精生产主要采用甘蔗废糖蜜为生产原料。在东北地区，则以甜菜糖蜜为生产酒精的主要原料。其生产原理与淀粉质原料生产酒精略有不同。

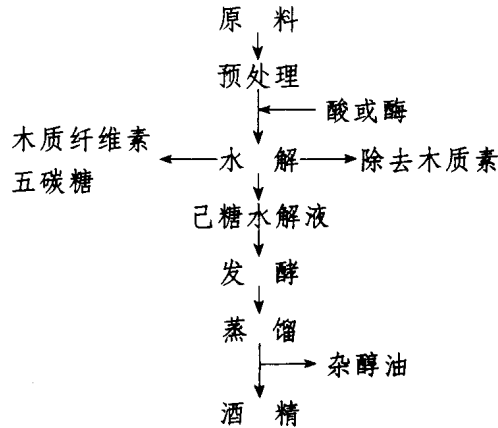


糖蜜原料在酒精发酵过程中，所采用的工艺流程主要有以下形式：



(三) 纤维素原料发酵生产酒精

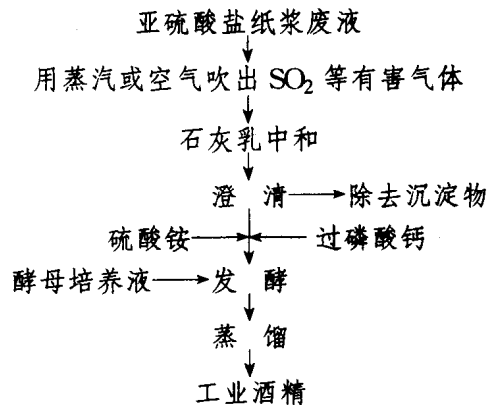
纤维素原料发酵生产酒精的工艺，主要包括纤维素的水解，在水解过程中要去掉木质素和破坏纤维素的大分子结构，使之变成可被酵母利用的可发酵性糖。其工艺流程一般可表示如下：



(四) 亚硫酸盐纸浆废液发酵生产酒精

亚硫酸盐纸浆废液是采用木材为原料的造纸厂排出的废液。废液中含有较多的木质素磺酸盐和糖类物质，如对该种废液进行必要的处理，就可以用来进行酒精发酵。这将减少对环境的污染，为环保工程作出贡献。

亚硫酸盐纸浆废液生产酒精工艺流程如下：

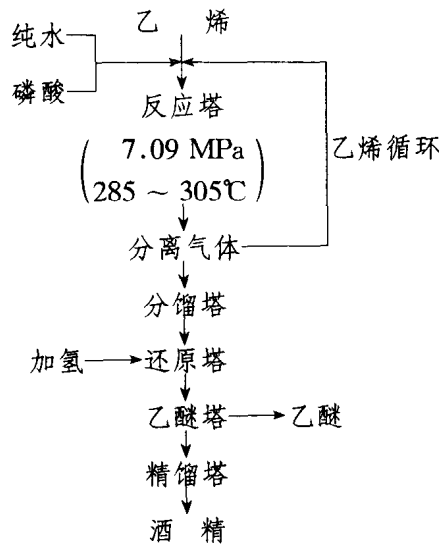


二、化学合成法

采用石油裂解废气乙烯生产酒精，主要是利用乙烯和水蒸气在有催化剂和高温、高压

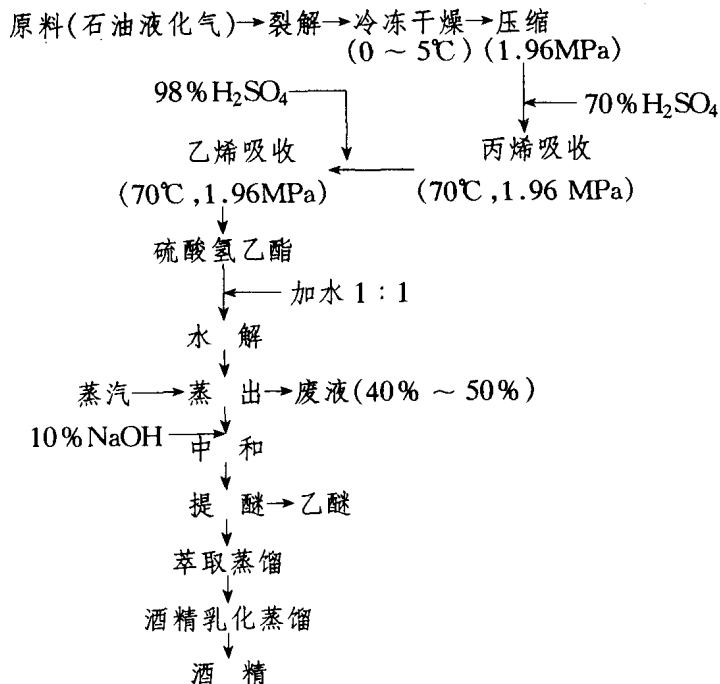
条件下发生加成反应而生成酒精。在工业生产上通常采用两种化学合成方法，一种是直接水合法，另一种是间接水合法。两种方法各有优缺点：直接水合法工艺合理，生产成本较低，是目前工厂用得较多的方法，但对该法对原料乙烯的纯度要求在98%以上；间接水合法需要消耗大量的硫酸，设备易腐蚀，对设备制造加工要求较高，因此工厂较少采用。

直接水合法的工艺流程如下：



间接水合法对原料乙烯的要求不高，一般大约纯度为50%~60%就可以投入生产，因此，在生产过程中无需对原料乙烯进行纯化，设备得以简化。该法可直接用未经分离的石油裂解气进行合成酒精生产。

间接水合法工艺流程如下：



第二章 酒精生产所用的微生物菌种

第一节 常用菌种及其培养特性

在自然界中微生物的种类和数量是十分庞杂的，在空气和土壤中都有大量的微生物存在。人们往往根据不同的需要选用不同类型的微生物菌种。酒精生产过程中，就需用到多种微生物菌种，常用的主要有霉菌、细菌和酵母菌等。

一、淀粉糖化菌种

在酒精生产过程中，淀粉糖化菌主要采用霉菌，霉菌是一些丝状真菌的通称。在微生物分类学上霉菌属于藻状菌纲、子囊菌纲、担子菌纲和半知菌类。霉菌有较强的对淀粉、纤维素、几丁质、蛋白质的分解能力。常用的霉菌有以下几种类型。

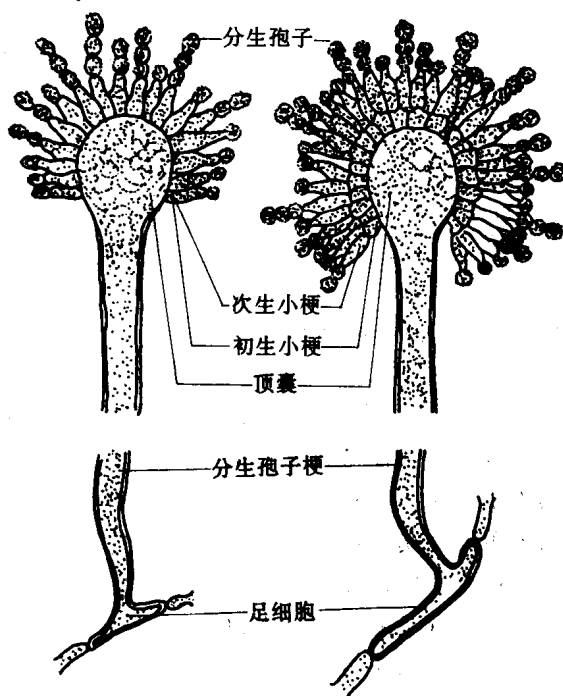


图 2-1-1 曲霉属各部分示意图

(一) 曲霉属

曲霉属 (*Aspergillus Micheli*) 是分属于半知菌类的丛梗孢目 (Moniliales)、丛梗孢科