

高等学校轻工专业试用教材

# 酒精与白酒工艺学

华南工学院 无锡轻工业学院 编 著  
天津轻工业学院 大连轻工业学院

轻工业出版社

高等学校轻工专业试用教材

# 酒精与白酒工艺学

华南工学院 无锡轻工业学院  
天津轻工业学院 大连轻工业学院 编著

轻工业出版社

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了酒精与白酒生产的工艺理论和生产技术，同时较详细地论述有关生产常用的微生物、生产原料、工艺流程、发酵机理、工艺控制、产品质量以及综合利用，内容较丰富，理论联系实际较好，文字叙述力求通俗易懂，由浅入深，利于自学。

本书可供高等院校工业发酵专业教学用书，也可供从事酒精与白酒生产、科研和设计部门的工人、技术人员以及有关院校师生参考。

高等学校轻工专业试用教材

酒精与白酒工艺学

华南工学院 无锡轻工业学院

天津轻工业学院 大连轻工业学院

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

兰州八一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32 印张：17 插页：1 字数：426千字

1982年8月第一版第三次印刷

1983年11月第一版第五次印刷

印数：35,501—53,100 定价：4.15元

统一书号：15042·1572

## 编者说明

根据1977年10月轻工业部在无锡召开的轻工高等院校工业发酵专业教材编写会议决定，为了减少课程门数和贯彻少而精，避免不必要的重复，故将过去课程设置中“酒精工艺学”和“白酒工艺学”两门课程合并为“酒精与白酒工艺学”一门课程，并决定由华南工学院、无锡轻工业学院、天津轻工业学院和大连轻工业学院等依照共同讨论制定的编写大纲联合编写，姚汝华负责主编，陈连就、檀耀辉担任主审，并轻轻工业部组织的工业发酵专业教材编审委员会审定出版。

参加本书编写的教师有姚汝华、张莲珍、邹海晏、徐庭超、肖熙佩、徐文琦等。编写过程中教师们深入工厂、科研、设计单位，收集有关技术资料，力求理论联系实际，反映国内外先进水平。

本书共分二篇。第一篇酒精生产工艺共分三章，系统地介绍淀粉质原料和糖蜜酒精生产的工艺理论、生产技术以及综合利用等；第二篇白酒生产工艺共分四章，系统地介绍固态发酵法、半固态发酵法和液态发酵法白酒生产的工艺理论、生产技术以及论述白酒质量的有关问题。

本书编写时，得到了各轻工业高等院校领导的关怀和支持，陈连就教授和檀耀辉副教授担任了主审，保证了编写工作的顺利进行；并蒙有关科研、设计部门和许多工厂的大力支持与帮助，提供了不少的技术资料和宝贵意见，谨此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，如有不当之处，盼望读者批评指正。

编者

一九七九年九月

# 目 录

绪论	(1)
----	-----

## 第一篇 酒精生产工艺

<b>第一章 淀粉质原料酒精生产工艺</b>	(9)
<b>第一节 淀粉质原料酒精生产概况</b>	(9)
一、淀粉质原料酒精生产的特点	(9)
二、淀粉质原料酒精生产的工艺流程	(10)
<b>第二节 原料及其处理</b>	(12)
一、原料的选择	(12)
二、常用原料的化学组成	(13)
三、辅助原料的要求和化学组成	(29)
四、原料处理	(30)
<b>第三节 蒸煮工艺</b>	(44)
一、蒸煮的目的	(44)
二、淀粉质原料的物理性质	(44)
三、蒸煮过程中原料组分的变化	(49)
四、影响糊化率主要因素的讨论	(52)
五、蒸煮工艺与流程	(55)
<b>第四节 糖化剂生产工艺</b>	(71)
一、生产常用的糖化菌及其酶系特性	(71)
二、影响曲霉菌丝生长和酶形成的因素	(77)
三、固体曲生产工艺	(84)
四、液体曲生产工艺	(99)
<b>第五节 糖化工艺</b>	(119)

一、糖化的目的	(119)
二、淀粉的化学结构与性质	(119)
三、与糖化有关霉菌酶的种类及其作用特点	(122)
四、糖化过程中物质的变化	(124)
五、糖化工艺	(125)
六、糖化设备结构的特点	(129)
七、影响糖化率主要因素的讨论	(131)
八、糖化工艺的发展趋向	(133)
<b>第六节 酒母的制备</b>	<b>(134)</b>
一、酒精生产对酵母菌的要求	(134)
二、酒精生产中常用酵母菌及其特性	(135)
三、酵母所需营养物质及其数量	(138)
四、酒母培养与扩大培养工艺	(140)
五、酒母培养设备结构的特点	(148)
六、影响酒母质量主要因素的讨论	(149)
七、液体曲酒母的特点	(152)
八、酒母培养异常现象与防治措施	(154)
<b>第七节 酒精发酵工艺</b>	<b>(154)</b>
一、糖化醪发酵的目的要求及设备结构特点	(154)
二、酒精发酵机理	(156)
三、酒精发酵工艺	(169)
四、影响酒精发酵因素的讨论	(182)
五、酒精发酵醪成熟指标	(185)
六、酒精生产异常发酵，杂菌污染及防治办法	(185)
七、从CO <sub>2</sub> 中回收酒精	(187)
八、淀粉出酒率和淀粉利用率	(187)
<b>第八节 发酵成熟醪的粗馏与精馏</b>	<b>(189)</b>
一、发酵成熟醪的化学组成与杂质分类	(190)
二、酒精蒸馏的基本原理	(190)

三、酒精精馏的基本原理·····	( 199 )
四、酒精蒸馏的工艺流程·····	( 217 )
五、新型蒸馏塔的介绍·····	( 233 )
<b>第二章 糖蜜酒精生产工艺</b> ·····	( 241 )
<b>第一节 糖蜜酒精发酵的特点及工艺流程</b> ·····	( 241 )
一、糖蜜酒精发酵的特点·····	( 241 )
二、糖蜜连续发酵酒精生产工艺流程·····	( 245 )
<b>第二节 糖蜜原料与糖蜜处理</b> ·····	(246)
一、糖蜜的来源与种类·····	(246)
二、糖蜜发酵前处理·····	(248)
三、糖蜜的稀释·····	(248)
四、糖蜜的酸化、灭菌、澄清和添加营养盐·····	(251)
五、稀糖液的制备流程·····	(257)
<b>第三节 酒母培养</b> ·····	(258)
一、糖蜜酒精发酵对酵母菌种的要求·····	(258)
二、糖蜜酒精发酵的酵母菌种特性·····	(259)
三、酒母培养的工艺流程·····	(261)
四、酵母纯粹扩大培养工艺·····	(263)
五、酒母扩大培养工艺·····	(264)
六、影响酒母质量的主要因素·····	(266)
<b>第四节 糖蜜酒精发酵</b> ·····	(269)
一、糖蜜酒精发酵的依据·····	(269)
二、糖蜜发酵方法·····	(272)
三、糖蜜酒精连续发酵的基本理论·····	(279)
四、影响糖蜜酒精发酵的主要因素·····	(294)
五、糖蜜酒精连续发酵的工艺设备流程及工艺 指标·····	(298)
六、低纯度糖蜜酒精发酵·····	(306)
七、糖蜜与淀粉质原料混合发酵·····	(308)

八、异常发酵现象及处理方法	(311)
第五节 糖蜜酒精连续蒸馏的特点	(312)
<b>第三章 综合利用</b>	(315)
第一节 酒糟的综合利用	(315)
一、淀粉质原料酒糟的利用	(315)
二、糖蜜酒糟的利用	(316)
第二节 二氧化碳的综合利用	(317)
一、液体二氧化碳与干冰的生产	(318)
二、纯碱的制造	(319)
三、轻质碳酸钙的制造	(320)
第三节 酒精酵母的综合利用	(321)
一、从废糖蜜发酵醪中回收酵母作面包酵母	(321)
二、利用酒精酵母生产核糖核酸	(321)
三、利用酵母生产混合核苷酸	(322)
四、利用酵母生产单核苷酸	(322)
第四节 杂醇油和醛酯馏分的利用	(324)
一、杂醇油的回收利用	(324)
二、醛酯馏分的回收利用	(324)

## 第二篇 白酒生产工艺

<b>第四章 固态发酵法白酒生产工艺</b>	(325)
第一节 固态发酵法白酒生产的特点及类型	(325)
一、固态发酵法白酒生产的特点	(325)
二、固态发酵法白酒生产的类型	(328)
三、我国名白酒简介	(329)
第二节 大曲的生产	(333)
一、大曲的特点和类型	(333)
二、高温曲的生产工艺	(337)
三、中温曲生产工艺	(340)



四、大曲中的微生物群·····	(344)
五、大曲的化学成分及生化性能·····	(350)
<b>第三节 大曲酒生产工艺</b> ·····	(352)
一、续渣法大曲酒生产工艺·····	(352)
二、清渣法大曲酒生产工艺·····	(373)
<b>第四节 麸曲白酒生产工艺</b> ·····	(381)
一、麸曲白酒的生产工艺流程·····	(381)
二、麸曲白酒生产工艺·····	(382)
三、麸曲的生产·····	(398)
四、酒母的制备·····	(400)
五、麸曲白酒生产机械化的改革趋向·····	(404)
<b>第五节 提高固态发酵法白酒质量和出酒率的讨论</b> ·····	(407)
一、原料的影响·····	(407)
二、生产工艺的影响·····	(409)
三、蒸馏方法的影响·····	(411)
四、设备及容器的影响·····	(413)
<b>第五章 半固态发酵法白酒生产工艺</b> ·····	(414)
<b>第一节 半固态发酵法白酒生产的特点</b> ·····	(414)
<b>第二节 小曲的生产工艺</b> ·····	(415)
一、小曲的特点及生产概况·····	(415)
二、小曲中的霉菌及其酶系特性·····	(416)
三、小曲的生产工艺·····	(418)
<b>第三节 小曲酒的生产工艺</b> ·····	(423)
一、先培菌糖化后发酵工艺·····	(424)
二、边糖化边发酵工艺·····	(429)
<b>第四节 影响小曲酒质量和出酒率的主要因素讨论</b> ·····	(431)
一、原料的有效组成成分·····	(431)
二、小曲的质量·····	(433)
三、传统糖化发酵工艺·····	(436)

第五节 小曲酒技术改革与机械化生产的趋向	(441)
一、纯粹菌种生产小曲	(442)
二、连续蒸饭及连续冷却	(442)
三、大容器糖化发酵	(449)
四、小曲酒蒸馏设备的改革	(454)
五、人工催陈	(454)
六、装瓶与包装机械化	(455)
第六章 液态法白酒生产工艺	(458)
第一节 液态法白酒与固态法白酒风味的分析	(458)
一、液态法白酒与固态法白酒香味组分的区别	(458)
二、液态法白酒与固态法白酒风味不同的原因	(459)
第二节 液态法白酒的生产类型	(464)
一、固液结合法	(465)
二、调香法	(466)
三、全液态法(又称一步法)	(463)
第三节 全液液白酒生产	(467)
一、工艺流程	(467)
二、工艺条件	(467)
三、工艺条件确定的依据	(468)
第四节 固-液结合法白酒的生产	(483)
一、酒基的除杂脱臭	(483)
二、酒基的复蒸增香(即串香法或浸蒸法)	(486)
三、固液勾兑法	(488)
第五节 影响液态法白酒质量主要因素的讨论	(490)
一、原料与酒质量的关系	(490)
二、蒸煮、糖化与酒质量的关系	(492)
三、发酵与酒质量关系	(493)
四、多菌种混合发酵	(494)
五、酒的贮存与人工老熟	(495)

六、液态法白酒生产中常见的异常现象 与处理措施.....	(496)
<b>第七章 白酒的质量</b> .....	(499)
第一节 白酒的卫生质量指标.....	(499)
第二节 白酒的有害物质.....	(499)
第三节 白酒的风味.....	(503)
一、白酒的色、香、味和感官检验.....	(503)
二、白酒所含的非酒精性成分和白酒质量的关系.....	(513)
附表.....	(523)
主要参考书.....	(532)

# 绪 论

## 一、课程的目的和任务

“酒精与白酒工艺学”是一门专业课程，学习本课程的目的和任务是使学生能运用已学过的微生物学、生物化学、分析化学、物理化学和化工原理等基础理论，结合发酵分析和发酵工程设备等专业知 识，来认识与解决酒精与白酒生产中的具体生产技术问题，选择合理的工艺流程，熟悉原料的特点和生产菌种的特性，懂得酒精与白酒的发酵机理和生产工艺理论，明确工艺对设备结构的要求，务求理论联系实际，使学生初步具有选用新菌种，探索新工艺、新技术的科学研究能力和设计酒精与白酒工厂的能力。

## 二、酒精与白酒工业在国民经济中的意义

酒精与白酒工业和其他轻工业一样，具有投资小、回收 期短、资金周转快的特点，在国民经济中起着重要的作用，与人民生活有着密切的关系。随着我国社会主义建设事业的不断发展，酒精的应用范围越来越广，它是许多化工产品不可缺少的基本原料。利用酒精可以制造合成橡胶、聚氯乙烯、聚苯乙烯、乙二醇、冰醋酸、苯胺、乙醚、酯类、环氧乙烷、氯乙醇、二氯乙烷和乙基苯等。酒精是一种很好的有机溶剂，也可作为洗涤剂和浸出剂。在医药上酒精可用于灭菌防腐和药剂的调制，高纯度酒精可用来配制各种饮料酒。随着其它新兴工业的发展，酒精的用途将更为广泛。

酒精发酵生产的副产物杂醇油，主要含有高级醇和酯类，可

用来制造香料、油漆及增塑剂，也可用作有机溶剂。二氧化碳可制成液体二氧化碳与干冰，液体二氧化碳可用于清凉饮料的制造和消防事业及焊接工业等，固体二氧化碳可作冷冻剂及人工降雨需用的材料。

白酒是一种含有较高酒精浓度的无色透明的饮料酒，是用淀粉质原料或糖质原料经过发酵、蒸馏而制成，根据原料及工艺的不同，具有各自独特的风味。

白酒是广大人民生活的嗜好品，一般人每逢节日，往往以饮酒表示欢庆，消耗量相当大。它对于井下、森林作业人员、出海渔民和海员来说又是劳动保护的必须品。白酒还可用来浸泡某些中草药，增强药效。为了满足人民生活日益提高的需要，白酒生产日益发展，质量不断提高，品种也越来越多样化，产量逐步增加。

酒精与白酒生产的原料大都直接来自农村，而副产物的酒糟不仅可供作农用肥料，而且是一种富有营养价值的饲料，更可利用酒糟大搞综合利用，这对促进农副业的发展也有重要作用。

### 三、国内外酒精与白酒工业生产概况及发展趋向

酒精与白酒生产是在酿酒的基础上发展起来的，我国劳动人民早在四千年前就会酿酒。解放前，酒精与白酒工业操纵在资本家手里，只求谋利，剥削劳动人民，生产方法长期处于落后的手工操作状态，工人的劳动强度极其繁重，劳动生产率很低。解放以来，我国酒精与白酒工业不论产量、质量以及生产技术均有飞跃的发展。年产量比解放初增加了几倍，淀粉出酒率提高了百分之十五以上，酒精与白酒工厂已遍布全国各地。

我国酒精生产以发酵法为主，大多数工厂是采用薯干为原料，而广东、广西、福建、四川、台湾等省是以甘蔗糖蜜发酵生产酒精的比例较大，华北、东北地区则以甜菜糖蜜发酵生产酒精较多。近年来，为了节约粮食，各地酒精工厂因地制宜，也有利

用野生植物淀粉质原料或亚硫酸盐纸浆废液和木屑稀酸水解法来生产酒精。我国合成酒精的大规模生产是以乙烯为原料，采用直接法合成酒精。随着我国石油工业的发展，合成酒精的生产也势必会有较快的发展。

近年来，各厂在科研部门、高等院校的密切配合下，进行了一系列的技术改革，无论是在连续蒸煮、真空冷却、连续糖化、液体曲的使用、连续发酵、新型蒸馏塔的应用方面，或是在优良菌种选育，工艺与设备的改进，自动控制和综合利用等方面都取得了不少的成绩。我国糖蜜酒精发酵早已实现了连续化，淀粉质原料连续发酵法生产酒精的工艺也日趋完善。目前，我国一些酒精工厂正在朝着连续化、自动化方向发展。

国外酒精工业的生产方法，包括发酵法和化学合成法两种。近年来，以淀粉质原料发酵生产酒精逐渐减少，以糖蜜为原料发酵生产酒精逐渐增加，目前糖蜜酒精产量占世界酒精总产量的45%。随着石油化工的迅速发展，用硫酸法、直接水合法以及利用石油裂解产生的乙烯或天然气直接合成酒精的产量越来越大。但是迄今为止，合成酒精还不能完全取代发酵法生产酒精，因为合成酒精往往夹杂异构化高级醇类，对于人的高级神经中枢有麻痹作用，不适宜作饮料、食品、医药及香料等用。因此，即使是石油化工发达的国家，发酵法生产酒精仍然占有一定的比例，美国以淀粉质原料用发酵法生产酒精始终保持10%以上，一些农副产品资源丰富的国家，发酵法仍然是生产酒精的主要方法。

由于各国资源不同，酒精工业的生产亦各有特点，如北欧瑞典、挪威、芬兰三国，因为森林面积大，造纸工业发达，所以采用亚硫酸盐纸浆废液发酵生产酒精的比例很大。南美巴西与古巴等是盛产甘蔗糖的国家，则全部用甘蔗糖蜜作原料生产酒精。随着酶制剂工业的发展，美国、日本、苏联、西德等国，都普遍采用淀粉酶来代替麸曲和液体曲，酶法糖化液的酒精发酵率达93%，大大提高了酒精得率。目前国外酒精发酵生产的淀粉出酒率最高

可达56.3%左右。

国外新建的酒精工厂多以连续发酵取代间歇发酵，生产过程机械化、自动化程度较高。糖蜜酒精生产大多数采用浓醪连续发酵，淀粉质原料连续发酵以苏联较普遍采用。此外，国外酒精工厂比较重视三废的处理和综合利用。

白酒是我国传统的蒸馏酒，历史悠久，工艺独特，品种繁多。解放以来，不论名白酒、优质白酒、大曲酒、小曲酒、麸曲白酒以及液态白酒，都得到较大的发展，产量和质量均有较大的提高，新产品层出不穷，在开辟新原料、代用原料，试制新产品，选育优良菌种，推广新工艺、新设备，实现机械化、连续化、自动化生产和大搞综合利用等方面均取得显著的成绩。

多年来，在传统白酒生产方面，进行了人工培养老窖和防止窖泥退化的研究，打破了必须“百年老窖出好酒”的观念，促进了我国浓香型白酒的发展；总结了烟台白酒操作法与四川小曲酒操作法，推动了白酒工业生产的发展；采用了色谱法剖析白酒中微量的香味组分，找到了一些名白酒主体香型的主要组分，为提高白酒质量和科学管理生产提供理论依据。在液态白酒生产方面，探索出“液态去杂，固态增香，固液勾兑”的新工艺，同时利用己酸菌和产酯酵母进行发酵增香，大大提高液态白酒的质量。在小曲酒酿制方面，利用纯种根霉与酵母纯粹培养制成混合曲来酿制小曲酒取得显著的效果，为小曲酒机械化生产创造良好的条件。此外，为了有效地降低劳动强度和提劳动生产率，一些酒厂分别实现了固态发酵法与半固态发酵法白酒生产机械化，白酒的包装与装璜也有了新的改进，正逐步向机械化包装发展。

国外酿酒工业近年来生产技术也有很大发展，主要有：酿酒原料良种化，栽培区域化，选育优良菌种，应用酶制剂，探索微量芳香组分，不断更新工艺，采用新型设备，自动控制 and 程序控制等，劳动生产率大幅度提高。

综上所述，我国酒精与白酒工业虽有较大发展，技术水平不

断提高，科研工作取得可喜的成果，但与国外先进水平相比，还有一定差距，主要表现为劳动强度大，出酒率低，耗粮大，成本高，产品的包装及装璜也比较落后。此外，对白酒生产的发酵机理，有益微生物的选育与利用，香味成分的检测以及生产机械化、连续化、自动化等都有待进一步研究。

#### 四、酒精与白酒的种类和工业生产的方法

##### (一) 酒精的种类和工业生产的方法

1. 酒精的种类 我国工业生产的酒精按国家规定分为高纯度酒精、精馏酒精、医药酒精和工业酒精等四类，并由轻工业部和卫生部颁布标准。

(1) 高纯度酒精 酒精浓度不得低于96.2% (容量)，是一种严格中性没有杂味的酒精，专供国防工业、电子工业与化学试剂用。

(2) 精馏酒精 酒精浓度不得低于95.5% (容量)，纯度试验合格，杂质含量少，供国防工业与化学工业用。

(3) 医药酒精 酒精浓度不得低于95% (容量)，杂质含量较少，主要用于医药，也可用于配制饮料酒。

(4) 工业酒精 只要求酒精浓度达到95% (容量)，无其它要求，主要用于油漆稀释，合成橡胶等工业生产，或作燃料使用。

2. 酒精工业生产的方法 可分为发酵法和化学合成法两大类：

(1) 发酵法 是利用淀粉质原料或糖质原料，在微生物的作用下生成酒精，根据原料的不同，又可分为：

①淀粉质原料发酵生产酒精 这是我国当前生产酒精的主要方法，它是利用薯类、谷物及野生植物等含淀粉的原料，在微生物作用下将淀粉水解为葡萄糖，再进一步发酵生成酒精。整个生产过程包括原料蒸煮、糖化剂制备、糖化、酒母制备、发酵及蒸

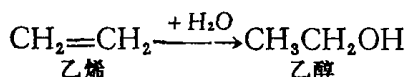


馏等工序。

②糖蜜原料发酵生产酒精 直接利用糖蜜中的糖分，经过稀释并添加部分营养盐，借酵母的作用发酵生成酒精。

③亚硫酸盐纸浆废液发酵生产酒精 造纸原料经亚硫酸盐液蒸煮后，废液中含有六碳糖，这部分糖在酵母作用下可以发酵生成酒精，主要是工业酒精。

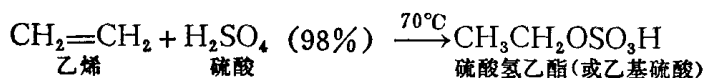
(2) 化学合成法生产酒精 是利用炼焦炭、裂解石油的废气为原料，经化学合成反应而制成酒精。其化学反应式如下：



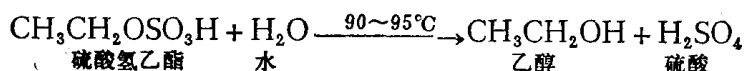
生产方法又可分为间接水合法和直接水合法两种，目前工业上普遍采用后者。

①间接水合法 又称硫酸水合法，生产过程分二大步：

乙烯与硫酸经加成作用生成硫酸氢乙酯：

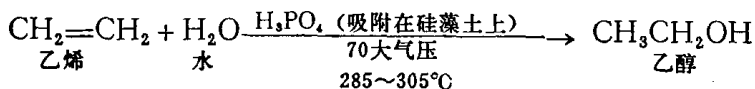


硫酸氢乙酯的水解：



此法的缺点是对设备腐蚀严重，酸消耗较多，优点是对原料气体的纯度要求不高，设备简化，易于上马。

②直接水合法 乙烯与水蒸汽在磷酸催化剂存在下，在高压高温下可以直接发生加成反应。



此法要求乙烯纯度在98%以上的原料气，需要采用特殊的方法分离裂解气中各种组分，对设备、材料都提出了较高的要求，但此法步骤简单，无腐蚀问题。