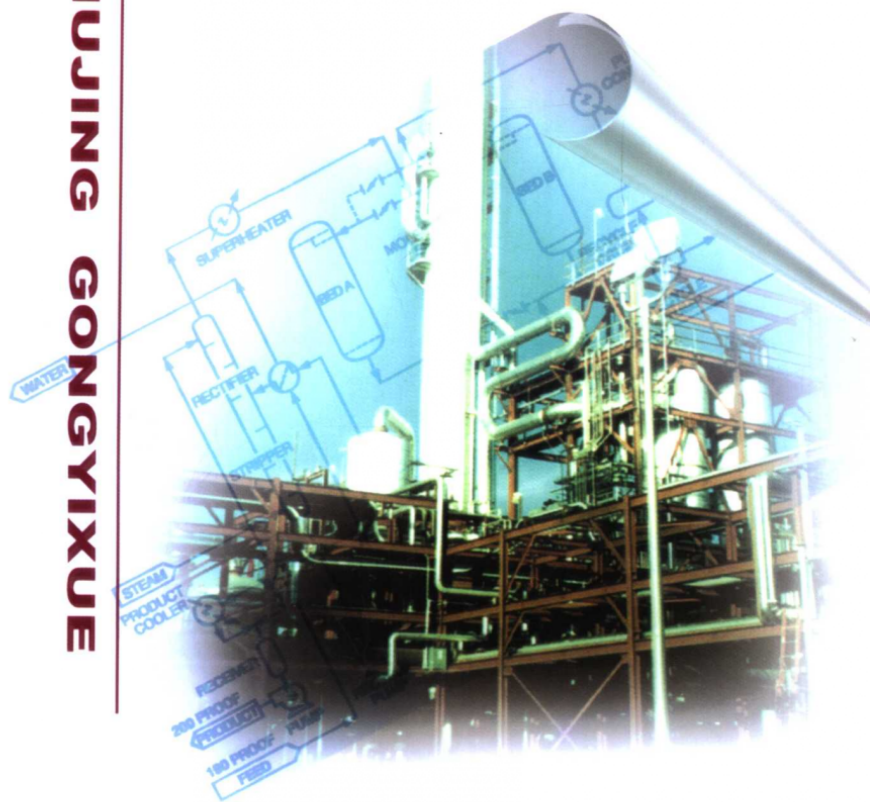


中等专业学校教材

酒精工艺学

秦耀宗 主编

JIUJING GONGYIXUE



中国轻工业出版社

ISBN 978-7-5019-2147-8



9 787501 921478 >

定价：18.00 元

中等专业学校教材

酒精工艺学

秦耀宗 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

酒精工艺学/秦耀宗主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2007.2
中等专业学校教材
ISBN 978-7-5019-2147-8

I. 酒… II. 秦… III. 乙醇-生产工艺-专业学校-教材 IV. TQ223.12 TS262.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 161248 号

责任编辑: 唐是雯 白洁 责任终审: 滕炎福 封面设计: 刘静

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编: 100740)

印刷: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经销: 各地新华书店

版次: 2007年1月第1版第4次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 10.625

字数: 276千字

书号: ISBN 978-7-5019-2147-8/TS·1349

定价: 18.00元

广告许可证: 京工商广临字 98063号

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

·如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换·

61391J4C104ZBW

序 言

本书是根据轻工业中等专业学校工业发酵专业《酒精工艺学》教学大纲编写而成的。书中系统地介绍了淀粉质原料和糖蜜原料用发酵法生产酒精的原理、工艺过程和副产物综合利用等内容；对国内外已较成熟的酒精生产新技术、新工艺亦作了适当的介绍。我们编写时十分注意理论联系实际，并力求做到深入浅出、通俗易懂。

本书可作为轻工中专工业发酵专业教学用书，也可供职工中专、职业高中、技工学校等相关专业的师生使用，同时可供从事酒精及液态法白酒生产和科研的工程技术人员与职工参考。

本书绪论和附录及第五、六、七、八、十一章由广州轻工业学校秦耀宗编写，第二、三、四、九章由四川省轻工业学校陆寿鹏编写，第一、十章由安徽省第一轻工业学校翟敏编写，秦耀宗负责主编，华南理工大学姚汝华教授担任主审。

在本书编写及出版过程中，得到中国轻工总会人事教育部职教处、中国轻工业出版社以及各有关学校的大力支持和配合，在此谨表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中如有错误或不当之处，恳望读者惠予批评指正，以便改进。

编 者

目 录

绪论	(1)
一、本课程的内容、目的和任务	(1)
二、国内外酒精工业的发展概况	(1)
三、酒精的性质	(5)
四、酒精的种类	(7)
五、酒精的用途	(7)
六、酒精的生产方法	(8)
第一章 酒精生产原料	(17)
第一节 主要原料	(17)
一、原料的种类与选择	(17)
二、常用原料的基本特性	(21)
三、淀粉质原料的预处理	(30)
第二节 辅助原料	(33)
一、制备糖化剂所用的辅助原料	(33)
二、作为营养盐的辅助原料	(35)
第三节 水	(36)
一、水在酒精生产中的重要性	(36)
二、水的杂质成分和常用的水质控制指标	(37)
三、对各种用水的要求	(40)
第二章 淀粉质原料的蒸煮	(44)
第一节 蒸煮的理论基础	(44)
一、蒸煮的目的	(44)
二、植物细胞的结构及淀粉粒的结构	(45)
三、蒸煮过程中的物理化学变化	(46)

四、影响蒸煮的主要因素	(50)
第二节 蒸煮的工艺方法	(53)
一、间歇蒸煮法	(53)
二、连续蒸煮法	(57)
三、各种蒸煮方法的分析比较	(61)
四、蒸煮醪的质量指标	(62)
第三节 蒸煮新工艺介绍	(62)
一、低温蒸煮法	(63)
二、无蒸煮法	(65)
三、中温蒸煮法	(69)
四、膨化工艺	(70)
第三章 糖化剂的制备	(71)
第一节 糖化剂的种类及其选择	(71)
第二节 酒精生产常用糖化菌	(72)
一、糖化菌的选择条件	(72)
二、酒精生产常用糖化菌及其酶系特性	(73)
第三节 影响曲霉生长和淀粉酶生成的条件	(79)
一、培养基组成的影响	(79)
二、培养条件的影响	(84)
第四节 曲糖化剂制造的工艺方法	(91)
一、曲室	(92)
二、机械通风曲制造法	(93)
三、液体曲制造法	(103)
四、糖化酶生产工艺	(109)
五、制曲事故及其防治	(109)
第四章 蒸煮醪的糖化	(115)
第一节 糖化的理论基础	(115)
一、糖化的目的	(115)
二、淀粉分子的结构	(115)

三、淀粉酶的种类、作用和特性	(118)
四、淀粉酶对淀粉的糖化动态	(125)
五、影响糖化作用的主要因素	(129)
六、糖化过程中各种物质的变化	(135)
第二节 糖化的工艺方法	(136)
一、间歇糖化法	(136)
二、连续糖化法	(139)
三、各种糖化方法的分析比较	(144)
四、糖化醪的质量指标	(145)
第三节 酶制剂糖化法介绍	(146)
一、低温蒸煮酶法糖化生产酒精工艺	(146)
二、我国酶制剂糖化法的试验情况	(148)
第五章 酒母的制备	(150)
第一节 酒母制备的理论基础	(150)
一、酒精酵母的选择条件	(150)
二、酒精生产常用酵母菌种及其特性	(151)
三、酵母菌生长曲线及其应用	(154)
四、影响酵母菌生长繁殖的主要因素	(157)
第二节 酒母制备的工艺方法	(162)
一、酒母培养的设备	(162)
二、酒母培养的工艺方法	(163)
三、成熟酒母的质量指标	(168)
四、酒母培养中的异常现象及处理方法	(170)
第六章 糖化醪的发酵	(173)
第一节 酒精发酵的理论基础	(173)
一、酒精发酵的目的和要求	(173)
二、酒精发酵机理	(174)
三、酒精发酵的副产物	(179)
四、酒精发酵中的糖分消耗	(183)

五、酒精发酵动态	(184)
六、影响酒精发酵的主要因素	(187)
第二节 酒精发酵的工艺方法	(190)
一、间歇发酵法	(190)
二、半连续发酵法	(194)
三、连续发酵法	(194)
四、发酵成熟醪的质量指标	(202)
第三节 异常发酵、杂菌污染及防治办法	(202)
一、杂菌污染及防治办法	(202)
二、常见异常发酵及处理方法	(208)
第四节 酒精发酵新工艺	(210)
一、高效酒精发酵	(210)
二、细菌酒精发酵	(214)
第七章 糖蜜原料制造酒精	(218)
第一节 稀糖液的制备	(218)
一、废糖蜜需预处理的原因	(219)
二、稀糖液制备的工艺过程和方法	(219)
三、稀糖液的制备流程	(228)
第二节 酒母的制备	(228)
一、酵母菌的繁殖	(228)
二、糖蜜酒母培养的工艺方法	(230)
第三节 稀糖液的发酵	(233)
一、酵母菌数量、发酵时间及酒精生成量之间的关系	(233)
二、糖蜜酒精发酵的工艺方法	(234)
三、发酵成熟醪的质量指标	(241)
第八章 应用酒精活性干酵母进行酒精发酵	(242)
第一节 使用酒精活性干酵母的优点	(242)
第二节 酒精活性干酵母的应用和发展概况	(243)
第三节 酒精活性干酵母的分类	(244)

一、按含酵母菌数量分类	(245)
二、按酵母菌耐受温度分类	(245)
第四节 酒精活性干酵母的质量检测	(246)
第五节 酒精活性干酵母的应用工艺	(247)
一、干酵母的用量	(247)
二、复水活化方法	(248)
三、酒精发酵方法	(249)
第九章 发酵成熟醪的蒸馏及精馏	(253)
第一节 酒精蒸馏及精馏的理论基础	(253)
一、酒精蒸馏及精馏的基本概念	(253)
二、蒸馏原理	(253)
三、精馏原理	(257)
第二节 不同原料酒精蒸馏及精馏的特点	(267)
一、淀粉质原料酒精蒸馏及精馏的特点	(267)
二、糖蜜原料酒精蒸馏及精馏的特点	(268)
三、纤维原料及亚硫酸盐纸浆废液酒精蒸馏及精馏的特点 ..	(269)
第三节 酒精蒸馏及精馏的工艺流程	(270)
一、单塔式蒸馏	(271)
二、双塔式蒸馏	(272)
三、三塔式蒸馏	(275)
四、多塔式蒸馏	(277)
五、无水酒精制备	(278)
第四节 蒸馏过程中提高酒精质量的措施	(278)
第五节 蒸馏操作及其工艺控制	(282)
一、开塔操作	(282)
二、正常操作及工艺控制	(283)
三、停塔操作	(285)
第六节 蒸馏事故及处理方法	(286)
第七节 蒸馏车间的安全知识	(289)

第十章 酒精生产副产物的利用和废液处理	(293)
第一节 二氧化碳的利用	(293)
一、液体二氧化碳与干冰的生产	(294)
二、纯碱的制造	(295)
第二节 酒精酵母的利用	(297)
一、利用酒精酵母作饲料酵母或面包酵母	(297)
二、利用酒精酵母生产核糖核酸及核苷酸	(298)
第三节 杂醇油及醛酯馏分的利用	(299)
一、杂醇油的利用	(299)
二、醛酯馏分的利用	(301)
第四节 酒精蒸馏废液的利用途径	(301)
一、用酒精蒸馏废液生产甲烷.....	(301)
二、用酒精蒸馏废液生产单细胞蛋白	(306)
三、酒精蒸馏废液的直接利用	(309)
第五节 酒精蒸馏废液的处理概况	(310)
一、有机废液的污染原理及常用的污染指标	(311)
二、酒精蒸馏废液的处理方法.....	(312)
第十一章 酒精工厂计算	(317)
第一节 原料理论出酒率的计算	(317)
一、单糖发酵	(317)
二、双糖发酵	(317)
三、多糖发酵	(317)
第二节 酒精生产计算	(318)
一、主原料用量计算	(318)
二、蒸煮和糖化总加水量的计算	(319)
三、蒸煮和糖化加水量的分别计算	(319)
四、麸曲用量计算	(320)
五、由成品麸曲量折成标准水分麸曲量的计算.....	(321)
六、发酵醪量计算	(321)

七、蒸馏进醪量和废糟排出量的计算	(321)
八、酒精质量与容量的相互换算	(321)
九、不同酒度酒精的相互折算	(322)
十、由原煤用量折成标准煤用量的计算	(322)
第三节 酒精工厂生产经济技术指标计算公式	(322)
附录	(325)
附录 1 酒精理论出产率	(325)
附录 2 酒精的浓度、相对密度和每升中的千克数	(326)
附录 3 食用酒精国家标准 (GB10343—89)	(326)
附录 4 工业酒精国家标准 (GB/T394.1—94)	(327)

绪 论

一、本课程的内容、目的和任务

《酒精工艺学》是工业发酵专业的一门重要专业课程。本课程的主要内容是讲授酒精制造的基本原理、生产流程、生产方法、操作技术以及制造过程中的物理、化学与生物化学变化，使学生通过本课程的学习并结合专业生产实习，基本掌握酒精发酵机理和生产工艺理论，懂得各个生产过程的工艺要求及其关键，能选择和拟订合理的生产工艺流程及工艺条件，并能分析和解决酒精生产中的具体生产技术问题，指导酒精生产过程的顺利进行，并要求初步具有选用新菌种、探索新工艺与新技术和进行小规模酒精发酵试验等专业技能。

二、国内外酒精工业的发展概况

酒精工业是在酿酒业的基础上发展起来的。酿酒在我国具有悠久的历史。据考证，我国劳动人民远在 5000 年前的龙山文化的早期就会酿酒；而在 3200 年前，我们的祖先已经学会用曲酿酒了。到了商周时代，我国的制酒业已很兴旺发达。我国是世界上最早应用微生物酿酒的国家，应用蒸馏法制造白酒也有千余年的历史。

我国对于世界制酒技术有许多重大贡献。特别是曲的发明，是我国古代劳动人民对于人类社会的伟大奉献。曲的发明很早，但至周朝始有文献记载，从天然曲发展到人工曲酿酒不晚于商朝，至今约有 3200 年的历史，19 世纪制曲技术传入西方。曲的发明，不仅改变了自古以来沿用谷芽糖化谷物，然后再用酵母菌发

酵成酒的方法，还奠定了酒精工业的基础。而且，曲给现代发酵工业和酶制剂工业带来了深远影响。

但是，我国的酒精工业，在解放前由于帝国主义和国内反动统治阶级的重重压迫和残酷剥削，发展十分缓慢，基础非常薄弱，生产水平很低。我国最早出现的哈尔滨酒精厂是1906年由俄国人投资建成的；阿城糖厂附设酒精厂是1908年由波兰资本家建立的；1920年国人自己设立福州酒精厂，不久即停业；1922年北京溥益实业公司在济南设立溥益糖厂附设酒精厂；1935年由华侨投资在上海浦东设立当时号称东亚最大的中国酒精厂。可惜不久日本侵略中国，各地酒精厂均被霸占。在其后的时间里，我国的其他一些地方又建立了一些酒精厂，但规模都很小，产量少得可怜。这种状况，一直延续到解放前夕。

新中国成立以后，在中国共产党的英明领导下，酒精工业与其他工业一样，获得了新生，济南溥益酒精厂恢复开工并扩大产量，改称山东酒精总厂，华成酒精厂改为上海酒精厂，华星酒精厂后来改为上海酒精二厂。这几个厂的酒精产量较解放前剧增数十倍，而且实现了半机械化生产。各地也陆续新建或改建、扩建了许多大中小型酒精工厂，如哈尔滨酒精一、二厂，南阳酒精厂，青岛酒精厂，陇西酒精厂，宝鸡酒精厂，蚌埠酒精厂等共50多家，包括其他规模较小的工厂在内共计百家以上。全国酒精产量大大增加，品种增多，质量也不断提高，迅速改变了我国酒精工业的落后状况。

近年来，我国酒精生产技术和生产水平又有了新的提高，新工艺、新技术、新设备、新菌种不断涌现；酒精产量有较大增长，质量稳定提高；在节约代用、降低消耗、降低成本、提高劳动生产率、提高淀粉出酒率以及开展综合利用与消除环境污染等各个方面，都取得了很大成绩。目前，我国大多数酒精厂已经采用了连续蒸煮、连续糖化的工艺流程，连续发酵自1974年广西桂平糖厂酒精车间获得成功以后，已被其他一些酒精厂采用，这样就全

面实现了淀粉质原料生产酒精的连续化。液体曲于1966年在上海酒精一厂上马后，现已在全国许多酒精厂投产。酶法糖化生产酒精、白酒的新工艺在江苏、上海的一些工厂获得成功后，很快在全国不少白酒厂和酒精厂得到推广，这是一项重大的工艺改革。由无锡轻工业学院和山东莒县酒厂共同研试成功的无蒸煮酒精浓醪发酵新工艺，于1984年11月通过省级鉴定，1985年2月正式投入大生产，截止1986年底统计，已向全国几十家工厂推广了此项技术，在节能、节水和提高设备利用率方面成效显著。另外，高等院校和科研机构近年在研制新型高效蒸馏设备方面，也不断取得新的成果，并被许多酒精厂及白酒厂采用。自育成UV-11等糖化新菌种以来，糖化曲的糖化力增长数倍，糖化曲的用量相应地大幅度下降，目前原料加麸曲率已降至2%~3%。国内先进厂的淀粉出酒率已达到55%~56%，达到世界先进水平。

在综合利用方面，以二氧化碳的回收利用最为普遍，有的厂利用二氧化碳制造纯碱或小苏打。酒糟则多用来作为饲料或肥料；有的厂利用酒糟进行沼气发酵生产燃料，节约用煤，或进一步利用甲烷合成其他化工产品；还利用酒糟培养白地霉或直接从酒糟中提取酵母，从而进一步制造核糖核酸等多种化工和医药产品；不少厂试验探索新的酒糟处理方法，并生产出DDG或DDGS饲料等。多数厂对副产品杂醇油加以利用，提高了企业的经济效益。

在自动控制仪表化方面也有进展，有的工厂已采用电脑实现了主要工序的集中控制。目前，我国一些酒精厂正在朝着生产过程全面实行连续化、自动化方向发展。

我国酒精生产以发酵法占绝对优势，而且80%左右的酒精都用淀粉质原料生产，其中华东、华中的广大地区及华北、西北的部分地区的酒精厂基本上都以甘薯干为原料；而东北地区及华北、西北的部分地区则基本上以玉米为原料。约有10%的酒精采用废糖蜜为原料生产，其中南方的广东、广西、福建、四川、江西、云

南、台湾等省区的酒精生产主要以甘蔗糖蜜为原料；而北方的黑龙江、吉林、内蒙古、新疆等省区的甜菜糖蜜酒精也占有较大比例。其他尚有以亚硫酸盐纸浆废液和木屑酸水解液为原料生产的酒精，其产量约占酒精总产量的 1.5%。在发酵酒精中，有部分是用高粱、木薯、野生植物等原料生产的。我国合成酒精的生产近年开始起步，但产量还较小，约占酒精总产量的 3.5%。

今后，酒精工业的主要任务是：努力提高工艺、技术、设备水平，降低各项消耗指标，做好节能、综合利用和环保工作。从现在起的若干年内，酒精工业一方面要加强新技术、新工艺、新菌种、新设备、新材料等方面的科学研究工作，探讨新路子，搞好技术开发；另一方面，各企业要以提高综合经济效益为前提，有计划、有步骤、扎扎实实地做好技术更新改造工作，也就是说各酒精厂要在职工的技术水平、工厂的工艺和装备水平、产品质量水平等方面做好更新和改造，为今后酒精工业的进一步发展打好基础，这是我们要抓的重点。在当前我们首先要抓好酒精生产所面临的原料、节能、三废处理等三大问题。要广开原料来源，提倡“杂食”，尽量选用廉价原料，尽力提高原料出酒率，降低吨酒原料耗量，以减轻因原料提价所带来的不利影响；要始终不渝地、不断地降低酒精生产中的煤耗、电耗、水耗，降低成本，提高效率；要进一步地搞好综合利用和三废治理，变废为宝，化害为利，增加经济收入，消除环境污染。对于酒精生产中已被采用的新技术，如中温、低温或无蒸煮酶法糖化发酵、浓醪发酵、活性干酵母、固定化酵母、新型蒸馏设备等，要努力推广应用，它们将对节约能源、降低消耗、提高设备生产能力和增加酒精产量起到良好效果，对酒精生产技术的发展起到积极作用。

国外使用淀粉质原料经发酵法生产的酒精比例不大，仅占世界酒精总产量的 16% 左右；而糖蜜酒精的产量较大，占世界酒精总产量的 45% 左右，如巴西、巴基斯坦、澳大利亚、墨西哥等国家全部用糖蜜作原料生产酒精。此外，一些森林资源丰富，造纸

工业发达的国家，如瑞典、挪威、芬兰、奥地利、加拿大等，纸浆废液酒精占很大比例。由于石油化工的发展，采用化学合成法生产的酒精逐渐增多，使发酵酒精的比例下降，例如美国、英国、日本、俄罗斯、德国、法国等工业化国家，其合成酒精的产量在国内已占很大比重。目前世界合成酒精的产量占酒精总产量的20%左右，超过了淀粉酒精的产量。但是由于合成酒精往往夹杂有异构化高级醇类，对于人的高级神经中枢有麻痹作用，不适于作饮料、食品、医药和香料等用途，所以迄今为止，合成酒精尚不能完全取代发酵酒精，即使是石油化工高度发达的国家，仍然保留一定比例的发酵酒精的生产。对于一些农副产品资源丰富而石油资源缺乏的国家，发酵法仍将是生产酒精的主要方法。

国外新建的酒精厂大多采用连续发酵法，生产过程实现自动化。国外糖蜜酒精生产大多数采用浓醪连续发酵法，而淀粉质原料的连续发酵在前苏联较为普遍。另外，国外酒精工厂对综合利用及三废处理相当重视。俄罗斯、波兰、匈牙利、德国等国家广泛利用酒糟生产饲料酵母。日本研究将糖蜜酒精糟用于铸造工业，代替淀粉、糊精等作为翻砂造型时的粘结剂；还研究将浓缩酒精糟加入用石灰水处理过的稻草制成发酵饲料，以提高饲料的营养价值。有的国家用分离出的酒精固形物加入废槽水培养的饲料酵母制成干燥粗饲料，其营养价值和售价均比粮食高1.3倍左右，以此解决了酒糟的利用问题。

世界酒精产量最大的是巴西，近年年产量在(700~1 000)万吨。我国酒精年产量为300万吨左右，仅次于巴西和美国，列世界第三位。

三、酒精的性质

酒精的化学名称叫乙醇，分子式是 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味和强烈刺激味的液