

全国中等农业学校教材

酿 造 学

广西壮族自治区农业学校主编

农产品加工专业用

农业出版社

全国中等农业学校教材

酿 造 学

广西壮族自治区农业学校主编

(农产品加工专业适用)

农 业 出 版 社

目 录

绪论	1
第一章 酿造常用微生物	7
第一节 细菌	7
第二节 酵母菌	12
第三节 霉菌	20
第二章 发酵条件及管理	29
第一节 培养基	2
第二节 发酵温度与控制	35
第三节 发酵过程中pH的变化与控制	37
第四节 发酵过程中溶解氧与控制	39
第五节 发酵过程中泡沫形成与控制	41
第六节 发酵过程中的中间补料	43
第七节 发酵的污染	45
第八节 发酵过程的检查	47
第三章 酿造中的主要生物化学过程	51
第一节 淀粉糊化与糖化的生物化学过程	51
第二节 酒精发酵的生物化学过程	59
第三节 氨基酸发酵的生物化学过程	68
第四节 醋酸发酵的生物化学过程	70
第五节 乳酸发酵的生物化学过程	72

第四章 黄酒	76
概述	76
第一节 黄酒的主要原料	78
第二节 大米处理	81
第三节 曲、酒药和酒母	85
第四节 黄酒酿造	92
第五节 成品黄酒	102
第五章 啤酒	109
概述	109
第一节 啤酒酿造原料	111
第二节 麦芽汁制备	118
第三节 啤酒发酵	132
第四节 成品啤酒	141
第六章 白酒	147
概述	147
第一节 白酒生产的原料	149
第二节 大曲白酒的生产	153
第三节 小曲白酒的生产	172
第四节 白酒的液态法酿制	182
第五节 低度白酒制作技术	190
第七章 酒精	201
概述	201
第一节 酒精生产的原料	202
第二节 淀粉质原料的酒精生产	204
第三节 糖蜜原料酒精生产特点	226
第八章 酱油	234
概述	234

第一节	生产酱油的原料	238
第二节	制曲	241
第三节	发酵	263
第四节	浸出	269
第五节	加热及配制	272
第六节	技术经济指标与定额	279
第七节	其它几种酱油酿造工艺	282
第九章	酱类	288
	概述	288
第一节	面酱	289
第二节	大豆酱	294
第三节	蚕豆酱	297
第四节	豆瓣辣酱	301
第十章	豆腐乳、豆豉	309
	概况	309
第一节	豆腐乳的原料	312
第二节	豆腐坯制造	315
第三节	豆腐乳发酵	321
第四节	毛霉型豆豉	333
第五节	米曲型豆豉	335
第六节	水豆豉与团块豆豉	339
第十一章	食醋	344
	概述	344
第一节	原料	346
第二节	固态发酵法制醋	348
第三节	固稀发酵法制醋	354
第四节	液态发酵法制醋	361

第五节 我国几种传统醋的酿造工艺	367
第十二章 酿造学实验实习指导	381
实验实习规则	381
实验一 常用酿造微生物的形态观察	382
实验二 酒精发酵试验	383
实验三 醋酸发酵	384
实验四 酒药的制作	385
实验五 淋饭酒母的制作	387
实验六 啤酒制作	388
实验七 白酒酿制	390
实验八 低度白酒的除浊处理	392
实验九 酱油种曲的制作	394
实验十 不同波美浓度盐水配制	397
实验十一 低盐固态发酵法酿造酱油	399
实验十二 酿制豆瓣酱	401
实验十三 豆腐乳发酵	402
实验十四 发酵法酿制食醋	404
实验十五 发酵调味品和发酵豆制品感官鉴定	406
实验十六 酿造样品的采集和制备	408
实验十七 氨基酸态氮的测定	411
实验十八 酱中食盐的测定	413
实验十九 食醋中总酸的测定	415
实验二十 食醋中矿酸的测定	418
实验二十一 酿造醋与合成醋的区别试验	418
实验二十二 白酒中酒精含量的测定(比重瓶法)	419
附表	421
附表一 酿造常用原料的一般化学成分表	421

附表二	各种温度下($^{\circ}\text{C}$)酒精含量的比重	423
附表三	波美度、比重、糖度对照度	427
附表四	食盐溶液比重表(15°C)	432
附表五	食盐溶液比重表($20^{\circ}/4^{\circ}\text{C}$)	432

绪 论

一、我国酿造技术发展概况

(一)酿造的历史和现状 酿造在我国有悠久的历史。我国劳动人民在长期的生产实践中，很早就掌握了利用各种有益微生物酿造出种类繁多、风格各异的产品，积累了丰富经验。精湛的酿造技术，有的以世代单传留给后世，有的以文字或文物的形式载入史册，成为珍贵的民族财产之一。在四千多年前龙山文化的遗址文物中就有尊、高脚杯、酒壶等多种酒器，到了商代甲骨文中有关酒的记载就更多了。溯至仪狄、杜康进一步总结发展了酒类酿制，酒的品种和数量更是与日俱增。曲的出现也是我国古代发酵技术的重大发现之一，它是世界上最古老的微生物自然培养和菌种保存的方法，是我们祖先聪明才智的结晶，并对后来发酵工艺带来深远的影响。1975年承德青龙县出土文物中曾发现一套金世宗时代(1161年)的铜烘锅(蒸馏器)，可以证明，远在金朝或金朝以前已经生产白酒。和酿酒业一样，我国酱醋的酿造起源也很早，在周朝就有酱制品的记载。在《论语·乡党篇》中也有：“不得其酱不食”之云。可见当时用酱醋已相当普遍。至明朝制酱油技术传入日本，随后才逐渐传到世界各地。

我国的酿造产品种类繁多，风味独特，脍炙人口，它以

色、香、味、体俱佳誉满中外，名扬四海。诸如贵州的茅台酒、山西汾酒、四川泸州老窖特曲、五粮液、绍兴的黄酒、湘潭的龙牌酱油、山西老陈醋、桂林豆腐乳等许多酿造产品曾获得了古今中外不少文人墨客的诗、歌、词、赋的热情赞赏，它们既是我们中华民族文化艺术宝库中一块璀璨的瑰宝，又是科学技术宫殿里的一颗夺目的明珠。随着人们生活水平的不断提高，对各种饮料酒、酱油和食醋的需要量越来越大，对质量要求越来越高。目前，我国酿造工业得到蓬勃发展，酿造厂遍布全国各地，产量成倍的增长；生产技术不断提高，有的厂实现机械化、连续化生产，一些厂还实现了仪表遥测、自动及电脑控制等现代化生产；菌种基本上实现了纯种培养，不断筛选出优良菌种，有的厂又向着更高层次的多种菌混合制曲、发酵方向发展；新的名优产品不断涌现，有的填补了我国的空白；大专院校开设了酿造专业，为酿造培养专门人才；国家设置酿造科研所，从事专门研究，无论在理论研究、技术改造或原料开发、综合利用等方面均取得喜人的成绩。

但是，当前厂与厂之间在劳动强度、生产效率、原料利用率、产品质量等方面差距仍然很大，应设法解决；有关酿造工艺上复杂的发酵机理、酿造微生物的选育利用等许多问题还需要深入研究；产品的产量和质量有待进一步提高；新产品有待不断开发；传统的酿造技艺需要加强挖掘、整理，使我国的酿造业更好地为四化服务。

(二)酿造技术发展的动向 酿造业的现代化包括酿造管理现代化、酿造设备现代化和酿造技术现代化。当前，酿造

技术发展的动向是：

1. 生料发酵酒精 传统的酒精发酵都是将原料经过蒸煮糊化后进行，它消耗的能量为总消耗能量的40%。现在使用生料发酵酒精已告成功，并通过了技术鉴定，这种方法不但节能，而且可以进行浓醪发酵，提高设备利用率。

2. 细菌发酵 以细菌代替酵母菌进行酒精发酵，不仅发酵速度快，而且酒精产率高。利用固定化酵母细胞连续生产酒精，可将一般糖蜜酒精发酵时间从36小时缩短至3小时，如果改用细菌代替酵母，则可缩短至半小时以内，大大加快酒精发酵速度。

3. 戊糖发酵 过去认为戊糖发酵酒精是不可能的，因为酵母中缺乏木糖异构酶。现在只要采用固定化葡萄糖异构酶（即木糖异构酶），将木糖异构化为木酮糖，象甘蔗渣、玉米芯、秸秆等含多量戊糖的原料都可以发酵成酒精了。

4. 特鲜酱油和复合调味料的生产 随着呈味核苷酸（5'-肌苷酸钠和5'-鸟苷酸钠）的研究开发，特鲜酱油已经问世，其味道鲜美可口，大有“不是鸡汤，胜似鸡汤”的美誉。此外，为了满足人们的不同需要，具有各式各样风味的复合调味料、风味调味料将会应运而生，异军突起。

5. 固定化细胞连续酿醋法 酶及细胞的固定化技术是酶工程的主要内容。固定化酶或固定化细胞是把酶或细胞包埋起来成为颗粒，并把这些颗粒装入反应器内，让反应液通过反应器，就能成为产品，大大加快发酵速度，减少设备投资。

6. 发展保健酿造品 在酿造品中，强化特殊营养保健

品，以满足不同年龄、不同健康状况、不同工作条件的人们需要，如补血酱油、低钠盐酱和酱油、保健醋、发酵性保健饮料等，使其成为医疗保健酿造品。

7. 纯种培养多菌共酵 为了更好的实现优质、高产、低消耗，除了保留部分传统工艺生产名牌优质酿造品外，大多数酿造品将逐渐向纯粹培养的多种微生物共同发酵工艺过渡，即把传统工艺中有益的菌株分离出来，再用人工纯粹培养，接种应用于生产，以得到质量、数量兼优的酿造品。

8. 管道发酵连续生产面酱工艺 这是一种高速、卫生的制酱新工艺，比传统的制酱方法缩短生产周期80天左右，减少设备占地面积3~4倍，节省生产人员9倍，提高出品率33%，产品质量和卫生条件好，为酱类出口创汇创造了条件。

总之，当前酿造技术发展的动向是：提高原料利用率和提高产品质量同时并举，以现代科学技术渗透到传统的酿造工艺中去。

二、酿造学研究的内容和方法

(一) 酿造学研究的内容 在人工控制的条件下，有机物被一种或多种微生物及其酶类的酵解，生成的发酵性饮料或发酵性调味物，称为酿造品。研究生产酿造品时所需要原料、设备以及发酵原理和发酵工艺的科学，称为酿造学。酿造学所研究的，就其广义来说，就是酿造理论和实践。具体内容包括：

第一，了解各酿造品在我国生产概况，明了其在国民经济中的地位，使酿造品的生产满足市场的需要。

第二，研究发酵微生物的种类，优良菌种的选择，培养扩大及检验；研究发酵原料的成分及选择；研究各酿造品在不同发酵阶段的发酵机理和特点及其对发酵条件的要求，从而确定工艺流程和操作规程。

第三，根据工艺流程和操作规程，研究发酵设备的特点、性能和对设备的选型。

第四，研究各种酿造技术对酿造品质量及生产率的关系，从而提出正确的技术措施和生产管理办法。

(二)学习酿造学的目的和方法 学习酿造学就是要充分运用酿造学的理论实践经验，因地、因时制宜地采取综合性的先进酿造管理技术，提高工效，降低成本，不断提高产品生产率、质量和产量，开拓酿造新品种，缩短酿造周期，以满足人民生活和社会主义建设的需要。学习酿造学的方法主要有三点：

第一，酿造学是一门综合性的应用科学，它以多种学科作为基础。例如，研究酿造过程中的发酵现象，必须具有酿造微生物学和酿造生物化学的知识；研究酿造工艺，必须具有生物工程学和化工工程学的知识；研究发酵条件及其控制时，又必须具有微生物学、化学、物理学、气象学等知识；总结先进经验，分析科研成果时，又需要食品分析、生物统计及酿造经济技术管理学等知识；现代酿造技术，还必须懂得计算机技术、遥测遥控技术等。因此，必须学好各门基础学科，为学好酿造学打好坚实的基础。

第二，酿造学又是一门实践性很强的应用科学，它直接应用于指导实践，为生产服务。因此，学习酿造学应以辩证

唯物论为指导，一方面要认真学习科学理论知识，另一方面要重视生产实践，贯彻理论与实践相结合的原则，加强实践性教学，在学习和实践中注意吸收酿造科研与生产方面的新成就，不断充实教学内容，不断提高分析问题和解决问题的能力。

第三，酿造产品虽然种类繁多，各自又具有其独特的风味，但是它们在产品的酿造工艺上，仍然存在着某些共同之处。例如，在酿造过程中，原料是酿造的物质基础，微生物及其酶类是酿造的动力，外界环境是酿造的条件。在酿造前都要对原料进行选择、加工、预处理；当原料一经处理后，在适宜的温度和湿度条件下，都要进行接种，让微生物在料醅上迅速生长繁殖并分泌大量的酶，制成曲料、醅料或醪料；都要进行发酵，并随着环境条件的不断变化，原料被进一步分解，发酵产物逐渐积累；都要进行提取；都要进行陈酿，这是酿造的一般历程。只要掌握了酿造的基本知识和基本理论，在酿造生产中就能运用自如。

当前，我国的酿造业蓬勃发展，前景广阔。利用生物工程和微电子技术来揭示传统酿造的奥妙，改革酿造工艺，开发新的酿造产品，这一光荣而又艰巨的任务已经历史地落在年青的酿造工作者的身上。因此，我们一定要刻苦学习，为祖国酿造业的发展而努力奋斗。

第一章 酿造常用微生物

酿造是以微生物作为基础的，在发酵过程中原料的转化、产物成分的生成主要是由微生物推动的。一般情况下，根据酿造产品的要求，一些微生物是我们所期望的，而另一些微生物是要加以控制的。这样就要了解酿造生产中的主要微生物的形态、特征及生理特性，进而掌握酿造微生物的判别方法和用途，生产出优质的酿造产品。酿造生产中常用的微生物有细菌、酵母菌及霉菌。

第一节 细 菌

在自然界中，细菌是分布最广、数量最多的一类微生物。随着科学技术的发展，人们利用细菌的范围也日益扩大，除利用细菌生产醋酸、乳酸、丙酮、丁醇外，还利用细菌进行氨基酸、核苷酸、维生素和酶制剂等方面的发酵。目前，在酿造中经常应用的细菌主要有如下几种。

一、醋酸菌(*Acetobacter*) 醋酸菌在自然界中分布很广，种类繁多，产醋酸多的菌存在于未灭菌的醋、黄酒、啤酒、果酒、酒糟、醋渣、大曲等内，在果园的土壤和空气中也有大量醋酸菌存在。在食醋生产上，目前应用的菌株大多

是中科1.41号菌，其次是沪酿1.01号菌。下面介绍中科1.41号菌。

菌落特征 培养在固体培养基上，菌落隆起、平滑，呈灰白色；在液体培养基上培养，沿瓶壁上升，在表面生长，呈淡青色的极薄平滑菌膜，液体不甚浑浊。

个体形态 细胞杆形，常呈链锁状，大小为 $0.3\sim 0.4\times 1\sim 2$ 微米。无运动性，不产生芽孢。在长期培养、高温培养、含食盐过多或营养不足等条件下，细胞有时出现畸形，

呈伸长形、线形或棒形，有的甚至管状膨大。细胞形态如图1-1所示。



图1-1 醋酸菌

生理特性 是好气性菌，最适培养温度为 $28\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，最适生酸温度为 $28\sim 33^{\circ}\text{C}$ ，最适 pH $3.5\sim 6$ 。发酵酒液能耐酒精度8%以下，最高产酸量达7~9%(酸度计)。转化蔗糖及产葡萄糖酸能力弱，能氧化分解醋酸为二氧化碳和水，能同化

铵盐，耐食盐浓度为1~1.5%。

用途 主要用于食醋生产。

二、枯草杆菌(*Bacillus subtilis*) 枯草杆菌是生芽孢的需氧杆菌，它分布极广，主要存在于土壤、枯草、空气及水中。一般枯草杆菌属腐败菌。但据近代研究发现枯草杆菌能形成多量淀粉酶和蛋白酶，如1.398枯草杆菌生产中性蛋白酶，BF7658枯草杆菌生产 α -淀粉酶。

菌落特征 在固体培养基上，菌落圆形，较薄，呈乳白

色，表面干燥，不透明，边缘整齐。

个体形态 营养细胞杆状，大小一般为 $0.7\sim 0.8\times 2\sim 3$ 微米，杆端半圆形，单个或成短链。在细胞中央或近中央部位形成芽孢，芽孢为椭圆形， $0.6\sim 0.7\times 1.0\sim 1.5$ 微米，中腰发芽。细胞有边毛，能运动，革兰氏阳性。如图1-2所示。

生理特性 生长最适温度为 $30\sim 37^{\circ}\text{C}$ ，但在 $50\sim 56^{\circ}\text{C}$ 时尚能生长。最适pH为 $6.7\sim 7.2$ 。芽孢能抗高温，一般在 100°C 下3小时才死亡，有的芽孢耐高温能力更强，生长过程中需充足的氧气，能在铵盐液中发酵各种糖类生成酸。

用途 主要用于生产蛋白酶和 α -淀粉酶。



图1-2 枯草杆菌

1.营养细胞 2.形成的芽孢
3.芽孢 4.鞭毛染色后

三、乳酸菌(*Lactobacillus*) 乳酸菌在自然界中分布广，繁殖快，种类繁多。按乳酸的发酵产物来分，可分为两类：一类为正型乳酸发酵类菌，如乳酸链球菌、保加利亚乳酸杆菌、德氏乳酸杆菌和嗜乳酸杆菌；另一类为异型乳酸发酵类，如短乳酸杆菌、芽孢乳酸杆菌和大肠杆菌群等。现介绍应用较广的德氏乳酸杆菌。

菌落特征 在固体培养基上，菌落微小。在肉汁内培养略带浑浊，在牛奶内培养不起作用。

个体形态 细胞为杆状， $0.5\sim 0.8\times 2\sim 9$ 微米，单个或

短链，不运动，革兰氏阳性。

生理特性 能发酵麦芽糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、半乳糖及糊精生成乳酸，不能发酵乳糖、棉子糖、菊芋糖、淀粉及木戊糖。不能还原硝酸盐。微需氧气，在20~50°C均能生长，最适温度为45°C，能把90%以上的糖变成乳酸。

用途 主要用于：(1) 生产乳酸和乳酸钙；(2) 泡菜及酸奶的制造；(3) 乳酸菌是各种自然发酵的先锋，利用这一特性，在前期发酵时起着抑制枯草杆菌等杂菌繁殖的作用；(4) 与其他微生物配合，可增加酒、酱油等风味。

四、北京棒状杆菌AS1.299(*Corynebacterium pekinense* n. sp. AS1.299) AS1.299是一株能产生L-谷氨酸的菌种。

菌落特征 在普通肉汁琼脂平板上培养，菌落圆形。培养24小时菌落白色，直径约为1毫米；48小时为2.5毫米；延长培养时间至一周可达4.5~6.5毫米，淡黄色，中央隆起，表面湿润，光滑且有光泽，边缘整齐并呈半透明状，无粘性，不产生色素扩散到培养基中。

个体形态 在普通肉汁斜面上培养，细胞通常为短杆至小棒状，有时微呈弯曲，两端钝圆、不分枝，呈多形态，即培养6小时后细胞有延长现象；细胞排列为单个，成对及“V”字形；细胞大小为0.7~0.9×1.0~2.5微米。无运动，不形成芽孢，如图1-3所示。

生理特性 在26~37°C培养生长良好，最适pH值为6~7.5。生物素是必需生长因素，硫胺素或某些氨基酸有促进生长的作用，能耐较高浓度的尿素。除由葡萄糖、果糖、甘