

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

• 高等职业教育教材 •

# 发酵食品工艺学

FAJIAO SHIPIN GONGYIXUE

• 张惟广 主编 •



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGONGYE CHUBANSHE

高等职业教育教材

# 发酵食品工艺学

张惟广 主编

孙俊良 陈卫平 董明盛 副主编

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

发酵食品工艺学/张惟广主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2004. 1

高等职业教育教材

ISBN 7-5019-4102-5

I. 发… II. 张… III. 发酵食品-生产工艺-高等学校: 技术学校-教材 IV. TS26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 082374 号

责任编辑: 白洁      责任终审: 滕炎福      封面设计: 刘鹏  
版式设计: 郭文慧      责任校对: 燕杰      责任监印: 吴京一

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: 三河市宏达印刷有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2004年1月第1版      2004年1月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32      印张: 13.625

字数: 375千字

书号: ISBN 7-5019-4102-5/TS·2419

定价: 28.00元

读者服务部电话(咨询): 010—88390691 88390105 传真: 88390106

(邮购): 010—65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010—65128898

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部(邮购)联系调换

30579J1X101ZBW

## 发酵食品工艺学

**主 编：**张惟广

**副主编：**孙俊良 陈卫平 董明盛

**编 委：**(按姓氏笔画排序)

陈卫平	董明盛	侯红萍	蒋立文	李长文
李 兰	孙天松	孙俊良	沈 群	尚勇彪
朱丽梅	张明霞	张惟广		

## 前 言

发酵原是一种自发性的天然过程。微生物在合适的基质上生长,分泌出各种酶将食物中的蛋白质和碳水化合物分解,并将之吸收及转化,最终生成风味物质,而微生物的品种、基质的种类及其预处理方法,以至发酵过程中环境条件(温度、湿度等)的调控等,都是影响产品风味的重要因素。《发酵食品工艺学》也正是以此为目的运用已学过的微生物学、生物化学、物理化学和化工原理等基础理论研究各类产品生产过程中的生化变化、工艺技术要求、工艺过程控制及理论等。

发酵工业有着悠久的历史,菌法糖化剂最早应用于生产传统的酿造产品更是智慧的中国人民的独创。长期以来,这些产品形成了独特的生产工艺和产品特征,如不同香型的蒸馏酒、食醋、酱油、各种酱腌制品、发酵乳及肉制品等,深受各国人民的喜爱。3000多年来发酵工业传统的生产方法均采用笨重的手工操作,生产工艺落后,严重限制了发酵工艺的改进。在20世纪,发酵工业取得前所未有的大发展。随着发酵理论的进一步完善也拓展了发酵工业的内涵,形成了新兴的独立发酵工业学科,如有机酸发酵工业、氨基酸发酵工业、抗生素发酵工业、酶制剂发酵工业、细菌冶金及污水处理等。限于篇幅和专业课程设置特性,本书将只介绍发酵食品,以期对其理论及工艺过程有一个较为详尽的了解,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能力。

《发酵食品工艺学》一书,是以全国高等职业技术教育食品生物工程专业教材编写会拟定的编写大纲为依据及参考了国家教委有关食品工程专业课程建设的指导意见编写的,全书共分三篇九章。

本书由张惟广主编。第一篇第一章除五、六节以外由张惟广编写,五、六节由孙天松编写,第二章由李长文编写,第三章由陈卫平编

写,第四章由陈卫平和沈群编写。第二篇第一章由董明盛编写,第二章由侯红萍、张惟广编写,第三章由朱丽梅和蒋立文编写。第三篇第一章由孙俊良和张明霞编写,第二章由李兰和尚勇彪编写。本书在编写过程中,力求通俗、理论联系实际,突出实用性、科学性和先进性,以更好地适合高职专业的办学特色。

本教材曾经刘心恕教授审阅并提供了许多宝贵意见,在此特表示衷心感谢。

由于编者水平有限,错误和不足之处,恳切希望读者提出宝贵意见,以便今后进一步修正提高。

编 者

# 目 录

## 第一篇 发酵酒类生产工艺

<b>第一章 蒸馏酒(中国白酒)生产工艺</b> .....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 酒曲生产工艺.....	(4)
第三节 酒精发酵机理 .....	(35)
第四节 白酒发酵工艺 .....	(40)
第五节 麸曲白酒生产工艺 .....	(64)
第六节 小曲酒生产工艺 .....	(74)
第七节 白酒蒸馏工艺 .....	(77)
第八节 液态白酒及其生产 .....	(95)
第九节 低度白酒生产工艺 .....	(99)
第十节 白酒的贮藏与老熟.....	(106)
第十一节 世界著名蒸馏酒简介.....	(112)
<b>第二章 啤酒生产工艺</b> .....	(120)
第一节 概述.....	(120)
第二节 啤酒生产的原辅料.....	(121)
第三节 麦芽制备工艺.....	(127)
第四节 麦芽汁制备工艺.....	(144)
第五节 啤酒发酵工艺.....	(162)
第六节 啤酒的包装与成品啤酒.....	(184)
<b>第三章 葡萄酒生产工艺</b> .....	(199)
第一节 概述.....	(199)
第二节 酿酒用葡萄.....	(201)
第三节 葡萄酒酵母及其发酵机理.....	(204)

第四节	葡萄酒原料的处理	(207)
第五节	白葡萄酒生产工艺	(212)
第六节	红葡萄酒生产工艺	(219)
第七节	葡萄酒的调配、过滤与澄清	(231)
第八节	世界著名葡萄酒简介	(235)
<b>第四章</b>	<b>黄酒生产工艺</b>	<b>(238)</b>
第一节	概述	(238)
第二节	黄酒生产的原料	(239)
第三节	黄酒曲及主要微生物	(241)
第四节	黄酒酿造工艺	(244)
第五节	黄酒的贮藏	(259)
第六节	清酒生产简介	(262)

## 第二篇 发酵调味品生产工艺

<b>第一章</b>	<b>酱油生产工艺</b>	<b>(265)</b>
第一节	酱油生产的原料	(266)
第二节	酱油酿造用微生物及其发酵机理	(270)
第三节	酱油制曲	(278)
第四节	酱油发酵工艺	(291)
第五节	酱油再制品及新技术的应用	(304)
<b>第二章</b>	<b>食醋生产工艺</b>	<b>(310)</b>
第一节	原料	(310)
第二节	成醋理论	(314)
第三节	麸曲醋的生产	(323)
第四节	山西老陈醋的生产	(326)
第五节	四川老法麸醋的生产	(329)
第六节	果醋生产简介	(331)
第七节	新型制醋工艺	(331)
<b>第三章</b>	<b>其他调味品生产</b>	<b>(336)</b>
第一节	豆腐乳的生产	(336)



第二节 豆豉的生产..... (351)  
第三节 豆瓣酱及其再制品..... (359)

第三篇 发酵乳及肉制品生产工艺

第一章 发酵乳制品生产工艺..... (368)  
第一节 概述..... (368)  
第二节 乳酸菌发酵剂及其发酵机理..... (371)  
第三节 酸乳的生产..... (376)  
第四节 乳酸菌饮料的制造..... (386)  
第五节 干酪生产及世界著名干酪简介..... (390)  
第六节 乳酸菌素在食品工业中的应用..... (401)  
第二章 发酵肉制品生产工艺..... (407)  
第一节 概述..... (407)  
第二节 发酵香肠..... (408)  
第三节 中国火腿..... (413)  
第四节 微生物在肉类加工中的利用前景..... (419)  
参考文献..... (421)

# 第一篇 发酵酒类生产工艺

## 第一章 蒸馏酒(中国白酒)生产工艺

### 本章提要

1. 熟悉蒸馏酒生产过程中出现的专业术语,掌握蒸馏酒生产的基本理论和方法。
2. 比较我国固态法生产蒸馏酒与世界著名蒸馏酒生产的异同及各自的优点。
3. 深刻思考我国蒸馏酒生产的低度化和液化过程中遇到的问题。

### 第一节 概 述

原料经过糖化和酒精发酵后再蒸馏得到的酒称为蒸馏酒,如白兰地、白酒等。我国白酒生产技术在世界发酵工业生产过程中占有重要的地位。我国白酒的酒精浓度特别高,是世界上罕见的,近年来我国大力发展低度白酒。

白酒是我国传统的蒸馏酒,生产工艺独特,品种丰富多样。白酒中香味成分浓厚,每个品种各自有独特的香味。可以分别按使用曲种、生产工艺、质量特点以及香型将白酒分类如下。

1. 按采用的曲种类别,可以分为大曲白酒、小曲白酒和麸曲白酒

(1) 大曲白酒:大曲白酒是用小麦、大麦或豌豆等原料经自然发酵制成的。一般先将原料粉碎,然后蒸熟制成曲块,再经自然发酵而成。用大曲制成的白酒有特殊的曲香,酒味醇和,但用曲量大,消

耗的粮食多,出酒率低,生产周期长,因此只有酿造名酒、优质酒才使用大曲。大曲中的微生物是曲霉菌和细菌,如醋酸菌、乳酸菌及酵母。近年来发现曲中微生物存在的种类和制曲温度有密切关系:在55~60℃制的大曲,酿成的白酒中含己酸乙酯较多,属浓香型,如五粮液;制曲温度低于50℃时,酿成的酒中含醋酸乙酯较多,属清香型,如汾酒。

(2) 小曲白酒:小曲白酒是用米粉和米糠加中药制成的,南方各省生产的白酒约有一半是小曲白酒,它香味清淡、用曲少、出酒率高,属米香型,如三花酒。

(3) 麸曲白酒:建国后在酿酒工艺上进行了一项革新,即用麸皮酒糟制成散状曲,称为麸曲。麸曲中的菌种是纯种培养的曲霉菌。用麸曲酿酒,节约粮食,出酒率高,生产周期短,适于机械化生产。不过酒的风味不如大曲酒,但如选好培养的菌种,在工艺上采取有效措施,用麸曲也可生产优质的白酒,如河北的迎春酒、山西的二曲酒、辽宁的金州曲酒、黑龙江的高粱糠白酒,在全国第三届评酒会上均被评为优质酒。

## 2. 按生产工艺,可分为固态发酵白酒和液态发酵白酒

(1) 固态发酵白酒:我国传统酿酒采用固态发酵法,就是糖化和发酵合在一起进行的双边发酵,酿造出的酒质量佳,为消费者所喜爱,如清香型白酒。

(2) 液态发酵白酒:现代化酒精生产方式采用液态发酵法,就是糖化和发酵分开进行,生产出的白酒称为新工艺白酒,它的风味质量尚不适合我国消费者的习惯。

## 3. 根据白酒的质量特点或香型可分为清香型、浓香型、酱香型、米香型及其他香型

(1) 清香型:清香型常以山西省的汾酒为代表,它的风味特点是:清香纯正,口味协调,微甜绵长,余味爽净,代表着传统白酒的风格,适合于北方人的口味。酒中的香气主要是乳酸乙酯和乙酸乙酯相互搭配协调形成的。北京二锅头也属于此类,只因其两种主要的香气成分含量低,而清香型的香气风格表现不太明显。

(2) 浓香型：浓香型以四川省的泸州特曲为代表，它的风味特点是：窖香浓郁，绵柔甘冽，香味协调，入口甜，落口绵，尾子净，可以概括为“香、甜、浓、净”四个字。浓香型白酒可以稍带一点酱香，但不露头。浓香型白酒适合于国内大部分消费者的口味，深受广大消费者喜爱，因此在我国白酒中占的比例最大。酒中的香气成分主要是己酸乙酯和适量的丁酸乙酯。名酒中的五粮液、古井贡酒、洋河大曲和双沟大曲等都属于此类。

(3) 酱香型：酱香型的代表首推茅台酒，产于贵州省仁怀市茅台镇。酱香型白酒以“酒度低而不淡，香而不艳”著称。它的风味特点是：酱香突出，幽雅细致，酒体醇厚，回味悠长。盛过酒的空杯仍留有香气，这是酱香型白酒的一大特点。酒中的主要香气成分很复杂，其中挥发性的酚类化合物是香气的重要成分，如愈创木酚、香草酸、丁香酸、香草醛、酮酸等以及它们的酯类，另外还含有多元醇和乙酸酯。酱香型白酒略有焦香，但不能露头。我国酱香型白酒种类不多，除茅台酒之外，还有四川省的郎酒和湖南常德的武陵酒。

(4) 米香型：小曲酒多属于米香型，也是我国传统的酒品之一，是应用小曲糖化发酵大米而制成的蒸馏酒，在我国南方各省较为普遍。它的风味特点是：米香清雅纯正，入口绵柔，落口甘冽，回味怡畅，有时还有令人愉快的曲药香。酒中的香气成分主要是乳酸乙酯，乙酸乙酯含量稍低，除了酯类外，异戊醇和异丁醇的含量高于其他香型白酒，可能与小曲酒采用的半液体发酵工艺有关。桂林的三花酒和全州的湘山酒都属于米香型。

(5) 其他香型：有的白酒兼有两种或两种以上香型的特点，称为兼香型，习惯上被列为其他香型。介于酱香和浓香之间的兼香型代表酒种为湖北松滋白云边酒；具有酱香而又区别于酱香的芝麻香型的代表酒种为山东安丘的景芝酒；兼有清香和浓香特色的凤型酒的代表酒种为陕西凤翔的西凤酒；兼有浓香、酱香、药香特色的董型酒的代表酒种为贵州遵义的董酒；兼有浓香、酱香、清香特色的特型酒，代表酒种为江西樟树的四特酒。它们均具有本香型产品

的独特风格和特征性香味成分,主要香味成分之间具有一定的比例关系,还具有独特的生产工艺,即具备了保持其香型特点的条件。

## 第二节 酒曲生产工艺

酒曲是我国酿酒技术的重大发明,它是世界上最早的包含多种微生物的复合酶制剂。《齐民要术》、《北山酒经》中论述过多种制曲方法和技艺。在《天工开物》中提出的制曲工艺已相当完善,例如培养曲种的传代、添加酒糟以调节酸度、提供营养等。有人称酒曲是我国古代的第五大发明。

### 一、大曲的生产

#### (一) 大曲的特点和类型

##### 1. 大曲的特点

大曲作为酿制大曲酒用的糖化剂、发酵剂,在制造过程中依靠自然界带入的各种野生菌,在淀粉质原料中进行富集、扩大培养,保藏了各种酿酒用的有益微生物,再经过风干、贮藏,即成为成品大曲。每块大曲的质量为 2~3kg,一般要求贮藏 3 个月以上,成为陈曲才可使用。

制曲原料中要求含有丰富的碳水化合物(主要是淀粉)、蛋白质以及适量的无机盐等,能够供给酿酒有益微生物生长所需要的营养成分。由于微生物对于培养基(营养物质)具有选择性,若培养基是以淀粉为主,则曲中生长的微生物必须是以对淀粉分解能力强的菌种为主;若以富于蛋白质的黄豆作为培养基,必然是对蛋白质分解能力强的微生物占优势。酿制白酒用的大曲也是一种微生物的选择培养基。由于小麦含丰富的面筋质,因此完全用小麦做的大曲,黏着力强,营养丰富,适于霉菌生长。其他的麦类如大麦、荞麦,由于缺乏黏性,制曲过程中水分容易蒸发,热量也不易保持,因此不适于微生物生长。所以在用大麦或其他杂麦为原料时,常添加 20%~40% 豆

类,以增加黏着力,同时增加营养。但如果配料中豆类用量过多,则黏性太强,容易引起高温细菌的繁殖而导致制曲失败。大曲原料的主要化学组成见表 1-1-1。

表 1-1-1 大曲原料的主要化学组成 单位: %

原料名称	含水量	粗淀粉含量	粗蛋白质含量	粗脂肪含量	粗纤维含量	灰分
大麦	11.5~12	61~62.5	11.2~12.5	1.69~2.8	7.2~7.9	3.44~4.22
小麦	12.8	61~65	7.2~9.8	2.5~2.9	1.2~1.6	1.66~2.9
豌豆	10~12	45~55	25.5~27.5	3.9~4.0	1.3~1.6	3.0~3.1

大曲是用生料制曲,这样有利于保存原料中富含的水解酶类,如小麦麸皮中的  $\beta$ -淀粉酶含量与麦芽的含量差不多,有利于大曲酒酿制过程中淀粉的糖化作用。

大曲中含有丰富的微生物,提供了酿酒所需要的多种微生物复合体系。特别是大曲中含有霉菌,这是世界上最早把霉菌应用于酿酒的实例。

微生物在曲块上生长繁殖时,分泌出各种水解酶类,使大曲具有液化力、糖化力和蛋白分解力等。大曲中含有多种酵母菌,具有发酵力、产酯力。在制曲过程中,微生物分解原料形成代谢产物,如氨基酸、阿魏酸等,它们是形成大曲酒特有香味的前体物质。氨基酸同时还向酿酒微生物提供氮源,因而对成品酒的香型风格也起着重要作用。

由于在不同季节里,自然界中微生物群的分布状况有差异,一般是春、秋季酵母比例大,夏季霉菌多,冬季细菌多,因此大曲的踩曲季节一般以春末夏初到中秋节前后最为合适。在春末夏初这个季节,气温和湿度都比较高,有利于控制曲室的培养条件,被认为是最好的踩曲季节。由于生产的发展,目前很多名酒厂已发展到几乎全年制曲。

大曲的糖化力、发酵力均相应比纯种培养的麸曲、酒母低,粮食耗用量大,生产方法还依赖于经验,劳动生产率低,质量也不够稳定。

经过原轻工业部的推广,全国除名白酒和优质酒外,大部分大曲白酒已改为麸曲白酒。辽宁凌川酒和山西祁县的“六曲香酒”是根据大曲中含有多种微生物群的原理,采用多菌种纯种培养后,混合使用制成的,出酒率较高,具有大曲酒的风味,是今后发展的方向。但由于大曲中含有多种微生物群,因此在制曲及酿酒过程中形成的代谢产物种类繁多,使大曲酒具有丰富多彩的芳香味和醇厚回甜的口味,且各种大曲酒均具有独特的香型、风格,目前其他方法酿造的酒尚不能达到这种水平。另外大曲也便于保存和运输,所以名白酒及优质酒仍采用大曲进行生产。

## 2. 大曲的类型

根据制曲过程中曲坯的最高温度控制在不同的范围,大致可将大曲分为低温曲、中温曲及高温曲三种类型。汾酒采用低温曲进行生产;高温曲主要用来生产茅香型大曲酒;泸型大曲酒虽也可使用高温曲,但制曲过程的品温较茅香型大曲略低,大多采用中温曲。因此,大曲酒的香型与所用曲的类型是密切相关的。除汾酒大曲和董酒麦曲外,绝大多数名酒厂和优质酒厂都倾向于高温制曲,以提高曲香。有人认为生产高温曲,是使大曲内菌系向繁殖细菌的方向转化,现将酒厂制备各种大曲的最高品温列在表 1-1-2 中。

表 1-1-2 制备大曲的最高品温 单位: ℃

酒曲名称	最高温度	酒曲名称	最高温度
茅台酒曲	60~65	汾酒酒曲	45~48
五粮液酒曲	58~60	西凤酒酒曲	58~60
全兴酒酒曲	60	董酒酒曲	44
泸州老窖酒曲	55~60	龙滨酒酒曲	60~63

低温类型的汾酒大曲,制曲工艺着重于“排列”,操作严谨,保温、保潮、降温等各阶段环环相扣,要控制曲坯品温最高不超过 50℃。汾酒的制曲原料为大麦和豌豆,这是香兰素和香兰素酸的来源,可以使汾酒具有清香味。

西凤曲属于中温曲,其主要特点是曲坯水分大(43%~44%)、升

温高(品温最高达 58~60℃),由于使用大麦、豌豆为制曲原料,所以西凤酒也具有清香味。

通过对低温曲微生物菌系的分离鉴定,初步了解到其是以霉菌和酵母为主。

高温类型的茅台大曲,制曲工艺着重于“堆”,即在制曲过程中将用稻草隔开的曲坯堆放在一起,以提高曲坯的培养品温,使之达到 60℃ 以上,这个操作亦称为高温堆曲。高温曲的制曲原料为纯小麦,其中氨基酸含量高。高温会促使酵母菌大量死亡,如茅台大曲中很难分离得到酵母菌,同时酶的活力也大大降低;而细菌特别是嗜热芽孢杆菌,在制曲后期高温阶段繁殖较快,少量耐高温的红曲霉也开始繁殖。这些复杂的微生物群与成品酒质量的关系,至今还没有完全了解清楚。

现将华东部分酒厂的两类型的大曲样品分析数据列于表 1-1-3 中。

表 1-1-3 高温曲与中温曲的分析数据

大曲名称	水分/%	酸度 /(mL/100g)	pH	淀粉含量 /%	糖化力 /[mg 葡萄糖/(g 曲·h)]	液化力 /min
双沟高温曲	12.3	1.08	5.8	52.26	140	268
双沟中温曲	14	0.6	6.3	55.05	320	97
洋河高温曲	13.2	0.96	5.9	52.36	120	32 以上
洋河中温曲	15	0.36	6.6	52.59	465	37
濉溪高温曲	13	0.96	5.6	59.13	70	320 以上
濉溪中温曲	13.4	0.46	6.5	52.83	720	32

注: (1) 分析方法按江苏轻工业局编《白酒化验操作法》进行。

(2) 液化力以碘液退色时间(min)表示。

从以上数据可以看出,高温曲与相应的中温曲相比,呈水分低、酸度高(pH 低)、淀粉量消耗多(淀粉含量低)、糖化力及液化力低的规律。由此可见,制曲温度对大曲性能的影响是很大的。



## (二) 高温曲生产工艺

### 1. 小麦的粉碎

高温曲采用纯小麦制曲,对原料品种无严格要求,但要求颗粒整齐、无霉变、无异常气味和农药污染,并保持干燥状态。

原料要进行除杂操作。在粉碎前应加入 5%~10% 的水拌匀,润料 3~4h 后,再用钢磨粉碎,将麦皮压成薄片(俗称梅花瓣),而麦心成细粉状,统称为粗麦粉,其中麦皮在曲料中起疏松作用。对原料粉碎度的要求是:不能通过 20 目筛的粗粒及麦皮占 50%~60%,能通过 20 目筛的细粉占 40%~50%。

### 2. 拌曲料(和曲料)

将粗麦粉运送到压曲房(踩曲室),通过定量供粉器和定量供水器,将曲料(及曲母)和水按一定比例加入搅拌机,搅匀后送入压曲设备进行成型。

原料的加水量和制曲工艺有很大关系,因为各类微生物对水分的要求是不同的。若加水量过多,则曲坯容易被压制过紧,不利于有益微生物向曲坯内部生长,而表面则容易长毛霉、黑曲霉等,并且曲坯升温快,易引起酸败细菌的大量繁殖,使原料受到损失并降低成品曲的质量。若加水量过少,则曲坯不易粘合,造成散落过多,增加碎曲数量,另外曲坯会干得过快,致使有益微生物没有充分繁殖的机会,亦会影响成品曲的质量。

和曲时的加水量一般为粗麦粉质量的 37%~40%。对制曲时不同加水量进行对比试验的结果是:重水分曲(加水量 48%)的培养过程中,升温高而快,延续时间长,降温慢;轻水分曲(加水量 38%)则相反,但酶的活力较高(见表 1-1-4)。

高温曲的传统操作是在和曲时接入一定量的曲母,至今仍沿用。曲母的使用量因季节而异,夏季为粗麦粉质量的 4%~5%,冬季为 5%~8%,一般认为曲母选用去年生产的含菌种类和数量都较多的白色曲为好。

### 3. 踩曲(曲坯成型)

踩曲即用踩曲机(压曲机)将拌好的曲料压成砖块形。踩曲时以