



面向21世纪高等学校规划教材

Mianxiang 21shiji Gaodeng Xuexiao Guihua Jiaocai

发酵食品工艺

■ 王向东 孟良玉 主编
赵晨霞 主审

FAXIAO SHIPING
GONGYI



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



面向21世纪高等学校规划教材

Fajiao Shipin Gongyi

发酵食品工艺

王向东 孟良玉 主编

赵晨霞 主审



中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

发酵食品工艺/王向东, 孟良玉主编. —北京: 中国计量出版社, 2010. 12

面向 21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5026 - 3368 - 4

I. ①发… II. ①王… ②孟… III. ①发酵食品—生产工艺—高等学校—教材
IV. ①TS26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 216648 号

内 容 简 介

本教材以发酵和酿造食品的工业化生产为主线, 注重现代生物技术在该领域的应用, 内容包括食品发酵与酿造技术原理及其发展, 啤酒、白酒、葡萄酒、黄酒、发酵乳制品、发酵豆制品、发酵果蔬制品、发酵肉制品、食醋、味精、单细胞蛋白质、酶制剂发酵生产及微生物性功能食品发酵生产技术, 并对近年来与食品发酵、酿造工业相关的综合利用、安全管理进行了总结。全书内容丰富, 理论全面、系统, 工艺翔实, 着力反映了当前学科新成就。它适用于食品科学与工程、应用生物工程、发酵工程、农产品贮运与加工等专业的大学本科、专科及研究生的课程教学使用, 也可供从事食品发酵、食品加工及相关学科的研究者和生产者参考应用。

中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号 (邮编 100013)
电 话 (010) 64275360
网 址 <http://www.zgjl.com.cn>
发 行 新华书店北京发行所
印 刷 北京市密东印刷有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 14.75
字 数 343 千字
版 次 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷
印 数 1—2 000
定 价 28.00 元

如有印装质量问题, 请与本社联系调换
版权所有 侵权必究

教材编委会

主任 陈宗道 刘国普

副主任 刘宝兰 陆兆新 刘树兴 刘静波

委员 (按姓氏笔画排序)

马汉军	王向东	牛广财	邓洁红
白新鹏	刘学军	刘振春	李波
李代明	李向阳	李宗军	陈力力
张大力	张升晖	陈厚荣	张瑞宇
肖玫	杨春海	吴卫国	吴少雄
林松毅	武军	岳喜庆	赵晓红
赵晨霞	赵瑞香	唐克华	秦文
夏湘	黄广民	黄艾祥	彭珊珊

策划 刘宝兰 杨庚生

本书编委会

主 编 王向东

(山西师范大学)

孟良玉

(渤海大学)

副主编 向延菊

(新疆塔里木大学)

刘新华

(新疆塔里木大学)

武晋海

(山西师范大学)

朱丽云

(中国计量学院)

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 辉

(北京农业职业学院)

刘华英

(新疆塔里木大学)

李治龙

(新疆塔里木大学)

张锐利

(新疆塔里木大学)

陈 旭

(辽宁辽阳职业技术学院)

陈志刚

(山西金绿禾生物科技有限公司)

张 兰

(江苏食品职业技术学院)

张德欣

(安徽阜阳职业技术学院)

郝涤非

(江苏食品职业技术学院)

翁 梁

(江苏食品职业技术学院)

高永生

(中国计量学院)

主 审 赵晨霞

(北京农业职业学院)

编写说明 |

近年来,随着食品科技的迅速发展和食品新产品的不断推出,人们不仅对各类食品的安全使用问题日益重视,而且对与食品安全相关的各类知识也日益关注。另一方面,为了保障与人民生命和生活息息相关的各类食品的使用安全,政府的相关部门也加大了对食品生产各环节的监管的力度。经过各食品相关主管部门的不懈努力,我国已基本形成并明确了卫生与农业主管部门抓原材料监管、质监部门抓各类食品生产环节的监管、工商部门从事食品成品监管的制度完善的食品监管体系。

目前,食品质量问题已成为全社会关注的焦点。为了适应当前的经济发展,为了从根本上解决与食品质量相关的各类实际问题,需要从最基础的专业教育抓起。这就对我国食品类高校的教育工作提出了更高的要求。

当前,食品行业的快速发展和结构性调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更加具体的要求。因此,为了进一步提高食品专业教材的编写水平,以适应市场对素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才的需求,由中国计量出版社牵头组织了西南大学(原西南农业大学)、南京农业大学、山东农业大学、湖南农业大学、四川农业大学、陕西科技大学、山西师范大学、新疆塔里木大学、吉林农业大学、湖北民族学院、北京农业职业学院和中国农业大学等 59 所高校参与食品质量与安全以及食品科学与工程专业高校教材编写与出版工作。此次的教材编写的出版工作旨在为各食品类相关院校在教材建设方面的信息交流搭建一个平台,以促进各院校之间在教学内容方面相互取长补短,从而使该套教材的参编与使用院校的课程设置更趋合理化,最终培养出更加适应当前社会经济发展的应用型人才。为了达到这一要求,我们必须严把教材写作质量关,想方

设法使参编教师的丰富教学实践很好地融入教学理论体系之中，从而推出教师好教、学生好用的优秀教材。为此，我们特别邀请了许多所知名高校及科研机构的专家从事相关教材的审稿工作，从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广并且与国际接轨的好教材提供了必要的保障，以此来满足食品专业高等教育的不断发展和当前全社会范围内食品安全体系建设的迫切需要。

本次教材的编写尤其注重了理论体系的前沿性，不仅将食品科技发展的新理论合理融入教材中，而且使读者通过教材的学习可以深入把握国际食品科技发展的全貌，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的推出必将会推动我国食品类高校教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2010 年 12 月

前言

• FOREWORD •

《发酵食品工艺》是一部面向 21 世纪课程教材，它以微生物生理及其发酵的生化机制、微生物遗传育种、代谢调节等理论为基础，以发酵工程、酶工程及基因工程为支撑，利用微生物细胞的特定性状，通过现代化工技术，来生产食品、保健品或添加剂的一门科学技术。它不但是支撑现代食品工业的重要技术，同时也是生物技术产业化的重要手段。《发酵食品工艺》以发酵和酿造食品的工业化生产为主，注重现代生物技术在该领域的应用，内容包括食品发酵与酿造技术原理及其发展，啤酒、白酒、葡萄酒、黄酒、发酵乳制品、发酵豆制品、发酵果蔬制品、发酵肉制品、食醋、味精、单细胞蛋白质、酶制剂发酵生产、食品添加剂及微生物性功能食品发酵生产技术，并对近年来与食品发酵、酿造工业相关的综合利用、安全管理进行了总结。

本书各章既独立成章，又相互联系，内容安排强调系统基础上的相互衔接，紧扣现代食品发酵与酿造工程最具发展潜力的领域和方向。通过本教材的学习，可使学生全面掌握食品发酵与酿造工业产品的生产原理与技术应用，熟悉现代食品发酵与酿造工业的发展领域和重点方向，为学生今后从事与食品发酵、酿造工业相关的新产品、新工艺的研究和开发打下良好的理论与技术基础。参编人员有具有丰富科研经验的高校教师、博士生导师；还有具有丰富生产实践经验的工厂技术管理人员；也有职业技术学校的实习指导人员。全书内容丰富，理论全面、系统，工艺翔实，并着力反映了当前学科新成就。它适用于食品科学与工程、生物技术、应用生物工程、发酵工程、农产品贮运与加工、应用微生物等专业的大学本科、专科及研究生的课程教学使用，也可供从事食品发酵、食品加工及相关学科的研究者和生产者参考应用。

本书由赵晨霞教授主审，通过新疆塔里木大学、山西师范大学、渤海大学、江苏食品职业技术学院、安徽阜阳职业技术学院、山西金绿禾生物科技有限公司等多所大学和科研院所的相关同仁共同努力完成。其中张德欣（第一章）、李治龙（第二、十七章）、王辉（第三章）、王向东（第四章）、陈旭（第五章）、孟良玉（第六章）、刘新华（第七章）、张锐利（第八章）、武晋海（第九、十五章）、向延菊（第十、十一章）、刘华英（第十二章）、陈志刚（第十三章）、高永生、朱丽云（第十八章）、翁梁（第十六章）、郝涤非、张兰（第十四章）。

本书涉及内容广泛，尽管编写人员付出了很多艰辛和努力，但由于时间仓促及编者的学识水平有限，书中难免存在着不妥和错误之处，恳请广大师生、同行和读者提出宝贵意见。

编 者

2010年12月20日

目 录

• CONTENTS •

第一章 绪论	1
第一节 食品发酵与酿造概述	1
一、发酵与发酵工业	1
二、酿造与酿造工业	2
三、食品发酵与酿造的历史	2
第二节 食品发酵与酿造的研究对象及与生物技术的关系	4
一、食品发酵与酿造的研究对象	4
二、食品发酵工程对食品加工的影响	6
三、现代生物技术在食品发酵中的应用	6
第三节 食品发酵与酿造的现状和发展趋势	7
一、我国发酵工业的研究概况	7
二、我国发酵工业的主要进步	7
三、与先进国家相比存在的差距	7
四、我国发酵工业的具体发展目标	8
五、国际发酵工程研究方向	10
第二章 食品发酵技术原理	11
第一节 发酵食品中的微生物	11
一、发酵食品与酵母菌	11
二、发酵食品与细菌	12
三、发酵食品与霉菌	14
四、螺旋藻	16
第二节 发酵方式	16
一、固态发酵	16
二、液态发酵	18
第三节 发酵技术的过程控制	19
一、温度对发酵过程的影响及其控制	19



二、pH 对发酵过程的影响及其控制	20
三、溶解氧对发酵过程的影响及其控制	21
四、基质浓度对发酵过程的影响及补料的控制	23
五、泡沫对发酵过程的影响及其控制	23
六、其他因子在线控制	24
第三章 啤酒生产技术	25
第一节 啤酒的原料及其发展	25
一、大麦	25
二、麦芽	25
三、酿造用水	25
四、酒花	27
五、辅助原料	27
六、啤酒工业现状	28
七、啤酒的发展趋势	28
第二节 啤酒生产工艺流程	28
一、制麦	29
二、糖化工序	31
三、发酵工序	31
四、过滤工序	32
五、包装工序	33
第三节 成品啤酒	34
一、概述	34
二、啤酒的非生物稳定性	35
三、啤酒的风味稳定性	35
第四节 啤酒工厂的三废处理及副产品利用	36
一、啤酒工厂的废水处理	36
二、啤酒工厂的废物处理	36
三、副产品的综合利用	36
第四章 白酒生产技术	38
第一节 原辅料和填充料	38
一、白酒生产对原料的要求	38
二、酿制白酒的主要原料	39
三、辅助原料及填充料	40
四、水	40
第二节 白酒生产工艺	40
一、固态法发酵	40

二、半固态法发酵	45
三、液态发酵法	46
第三节 白酒的贮存	47
一、贮存容器	47
二、贮藏环境	47
三、贮藏时间	47
第四节 白酒的勾兑	47
一、勾兑的原理	47
二、勾兑的作用	48
三、白酒的勾兑和调味	48
第五章 葡萄酒生产技术	50
第一节 葡萄酒分类与成分	50
一、葡萄酒的分类	50
二、葡萄酒的成分	51
第二节 葡萄酒的酿造	52
一、葡萄酒生产原料	52
二、葡萄酒发酵的微生物	53
三、红葡萄酒的酿造方法	54
四、白葡萄酒的酿造	56
五、桃红葡萄酒的酿造	58
第三节 葡萄酒发酵的后续处理	59
一、葡萄酒的贮存（陈酿）	59
二、葡萄酒的调配	59
三、葡萄酒的澄清、冷处理、过滤	59
四、葡萄酒的包装、杀菌和瓶贮	60
第六章 黄酒的生产技术	61
第一节 黄酒的分类	61
第二节 酿造黄酒的糖化发酵剂	62
一、黄酒酿制过程中的主要微生物	62
二、红曲	62
三、麦曲	63
四、酒母	65
五、酒药	66
六、纯种根霉	66
第三节 黄酒的生产	68
一、生产黄酒的主要原料	68



二、黄酒的酿造工艺流程	69
第七章 发酵乳制品生产技术	71
第一节 发酵乳制品概述	71
一、酸奶定义与分类	71
二、发酵乳对人体的健康作用	72
第二节 发酵剂	73
一、菌种	73
二、发酵剂的概念和种类	74
三、使用发酵剂的目的	74
四、发酵剂的制备	74
五、发酵剂的保存方法	76
第三节 酸奶的生产工艺	77
一、凝固型酸奶的生产工艺	77
二、搅拌型酸奶的生产工艺	79
第四节 乳酸菌发酵	80
一、乳酸菌	80
二、益生菌	82
第八章 发酵豆制品生产技术	84
第一节 酱油	84
一、酱油概述	84
二、酱油的原料和辅料	85
三、酿造酱油的生产工艺	85
第二节 腐乳	89
一、腐乳概述	89
二、腐乳生产工艺	92
第三节 豆豉	94
一、豆豉概述	94
二、豆豉的加工工艺及质量标准	95
三、豆豉的营养价值	96
四、豆豉的加工工艺及质量标准	99
第四节 纳豆	100
一、纳豆概述	100
二、纳豆的生产工艺	101
三、纳豆的营养价值	102
第五节 丹贝	103
一、丹贝概述	103

二、丹贝的生产工艺	103
第九章 发酵果蔬制品生产技术	105
第一节 果酒生产工艺	105
一、果酒概述	105
二、果酒的制造工艺	107
第二节 果醋生产工艺	109
一、果醋概述	109
二、果醋的制造工艺	110
第三节 泡菜生产工艺	111
第十章 发酵肉制品的生产技术	113
第一节 发酵肉制品的种类及特点	113
一、发酵肉制品的种类	113
二、发酵肉制品的特点	114
三、营养特征	114
第二节 肉制品常用的微生物及其特征	114
一、发酵肉制品优势菌的定义	114
二、发酵肉制品中的有利发酵的微生物种类及其作用	114
三、肉制品中优势菌种筛选标准	115
第三节 发酵肉的生产工艺	116
一、发酵肉	116
二、肉制品种类及特征	116
三、灌肠的一般加工工艺	117
四、西式火腿	121
五、去骨火腿	122
第十一章 食醋生产技术	124
第一节 食醋概述	124
一、食醋概述	124
二、酿醋相关微生物	124
第二节 酿醋原料及预处理	126
一、制醋原料	126
二、原料的预处理	126
第三节 食醋生产工艺流程	127
一、固态发酵法酿制麸曲醋	127
二、酶法液化通风回流法生产食醋	130
三、液态深层通风发酵法生产食醋	131



四、醋塔法制醋	131
第十二章 味精的生产技术	133
第一节 味精概述	133
一、味精的生理作用 and 安全性	133
二、味精的性质	133
第二节 味精的生产流程	134
第十三章 单细胞蛋白质生产技术	136
第一节 单细胞蛋白概述	136
第二节 单细胞蛋白生产技术	137
一、单细胞蛋白 (SCP) 生产原料	137
二、单细胞蛋白生产技术	138
第十四章 酶制剂发酵生产技术	141
第一节 淀粉酶	141
一、淀粉酶概述	141
二、淀粉酶的分类	141
第二节 蛋白酶	145
一、酸性蛋白酶	145
二、碱性蛋白酶	147
三、中性蛋白酶	147
第三节 纤维素酶的生产	148
一、纤维素酶的生产概论	148
二、纤维素酶固体生产工艺技术	148
三、纤维素酶的生产方法	149
四、影响纤维素酶生产的因素	149
五、纤维素酶的生产应用	150
第四节 其他酶类的生产	150
一、果胶酶	151
二、葡萄糖异构酶	151
三、溶菌酶	152
第十五章 食品添加剂的发酵生产技术	154
第一节 食品添加剂概述	154
第二节 添加剂的发酵法生产	154
一、黄原胶	154
二、红曲	157

三、乳酸菌素	159
四、糖醇	163
五、真菌多糖	170
第十六章 微生物性功能食品发酵生产技术	176
第一节 多不饱和脂肪酸	176
一、多不饱和脂肪酸的来源	176
二、多不饱和脂肪酸的生物合成及生理功能	177
三、多不饱和脂肪酸的生物资源	177
四、多不饱和脂肪酸的主要功效	178
第二节 低聚糖	178
一、低聚糖的生理功能	178
二、低聚糖的种类	180
三、低聚糖的保健作用	181
第三节 活性多肽	182
一、活性多肽概述	182
二、活性多肽发展史	182
三、酪蛋白磷酸肽	183
四、谷胱甘肽	183
五、降血压肽	184
第四节 微生态制剂	185
一、微生态制剂及其特性	185
二、影响微生态制剂作用的因素	187
第十七章 发酵综合利用	189
第一节 核苷、核苷酸及其类似物的微生物发酵	189
一、核苷酸的代谢机理	189
二、核苷酸类物质生产菌的分离和选育	190
三、发酵法生产核苷酸类物质	191
第二节 氨基酸发酵	193
一、概述	193
二、氨基酸发酵机理	195
第三节 发酵与环境保护	196
一、沼气发酵	196
二、污水处理	197
三、发酵床养猪技术	199
第四节 发酵法生产紫杉醇	199
一、紫杉醇概述	199



二、微生物发酵法产紫杉醇	199
三、紫杉醇产生菌的工程菌株构建与发酵生产	200
四、微生物法生产紫杉醇的巨大效益	201
第十八章 发酵安全管理	203
一、食品发酵安全的由来	203
二、影响发酵食品安全生产的主要因素	203
三、发酵食品安全生产常用检测方法	204
四、发酵食品安全生产的管理和控制	205
五、几种发酵食品的安全管理举例	207
参考文献	218