

SHIPIN

FAJIAO JISHU



高职高专“十一五”规划教材

★ 食品类系列

食品发酵技术

岳春 主编



化学工业出版社



SHIPIN

FAJIAO JISHU



高职高专“十一五”规划教材

★ 食品类系列

食品发酵技术

岳春 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书对食品发酵技术作了较详细的阐述,广泛吸纳了同行的建议,结合生产实际,丰富生产应用开发实例,将食品发酵专业必需的基础理论知识与必要的工程技术知识进行了有机结合,并积极反映近年来食品发酵行业的新技术、新成果。

本书共分两大部分:理论知识和实验技能。理论知识包括绪论、发酵食品原理、白酒、啤酒、葡萄酒、黄酒、食醋、酱油、味精、发酵豆制品、发酵乳制品、发酵果蔬制品、柠檬酸、黄原胶及单细胞蛋白、国内外新型发酵产品及新型发酵技术成果,共十五章。实验部分包括菌种选育、啤酒生产工艺研究、葡萄酒生产工艺研究、黄酒生产工艺研究、食醋生产工艺研究、酱油生产工艺研究、发酵豆制品生产工艺研究、发酵乳制品生产工艺研究、发酵果蔬制品生产工艺研究,共九个实验。

本书适宜作为高职高专院校食品类专业的教材,同时也可供本科、大中专、中职、技校等相关专业的师生参考使用,也可作为企业工程技术人员的技术参考书和企业员工技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

食品发酵技术/岳春主编. —北京:化学工业出版社,
2008.9

高职高专“十一五”规划教材★食品类系列
ISBN 978-7-122-03536-3

I. 食… II. 岳… III. 食品-发酵-高等学校:技术
学院-教材 IV. TS201.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第126255号

责任编辑:李植峰 梁静丽 郎红旗
责任校对:战河红

文字编辑:焦欣渝
装帧设计:风行书装

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张16½ 字数428千字 2008年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

高职高专食品类“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

| | | | | | | | |
|--------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主任委员 | 贡汉坤 | 逯家富 | | | | | |
| 副主任委员 | 杨宝进 | 朱维军 | 于雷 | 刘冬 | 徐忠传 | 朱国辉 | 丁立孝 |
| 委 员 | 李靖靖 | 程云燕 | 杨昌鹏 | | | | |
| | (按照姓名汉语拼音排列) | | | | | | |
| | 边静玮 | 蔡晓雯 | 常锋 | 程云燕 | 丁立孝 | 贡汉坤 | 顾鹏程 |
| | 郝亚菊 | 郝育忠 | 贾怀峰 | 李崇高 | 李春迎 | 李慧东 | 李靖靖 |
| | 李伟华 | 李五聚 | 李霞 | 李正英 | 刘冬 | 刘靖 | 娄金华 |
| | 陆旋 | 逯家富 | 秦玉丽 | 沈泽智 | 石晓 | 王百木 | 王德静 |
| | 王方林 | 王文焕 | 王宇鸿 | 魏庆葆 | 翁连海 | 吴晓彤 | 徐忠传 |
| | 杨宝进 | 杨昌鹏 | 杨登想 | 于雷 | 臧凤军 | 张百胜 | 张海 |
| | 张奇志 | 张胜 | 赵金海 | 郑显义 | 朱国辉 | 朱维军 | 祝战斌 |

高职高专食品类“十一五”规划教材 编审委员会成员名单

| | | | | | | | |
|--------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主任委员 | 莫慧平 | | | | | | |
| 副主任委员 | 魏振枢 | 魏明奎 | 夏红 | 翟玮玮 | 赵晨霞 | 蔡健 | |
| 委 员 | 蔡花真 | 徐亚杰 | | | | | |
| | (按照姓名汉语拼音排列) | | | | | | |
| | 艾苏龙 | 蔡花真 | 蔡健 | 陈红霞 | 陈月英 | 陈忠军 | 初峰 |
| | 崔俊林 | 符明淳 | 顾宗珠 | 郭晓昭 | 郭永 | 胡斌杰 | 胡永源 |
| | 黄卫萍 | 黄贤刚 | 金明琴 | 李春光 | 李翠华 | 李东凤 | 李福泉 |
| | 李秀娟 | 李云捷 | 廖威 | 刘红梅 | 刘静 | 刘志丽 | 陆霞 |
| | 孟宏昌 | 莫慧平 | 农志荣 | 庞彩霞 | 邵伯进 | 宋卫江 | 隋继学 |
| | 陶令霞 | 汪玉光 | 王立新 | 王丽琼 | 王卫红 | 王学民 | 王雪莲 |
| | 魏明奎 | 魏振枢 | 吴秋波 | 夏红 | 熊万斌 | 徐亚杰 | 严佩峰 |
| | 杨国伟 | 杨芝萍 | 余奇飞 | 袁仲 | 岳春 | 翟玮玮 | 詹忠根 |
| | 张德广 | 张海芳 | 张红润 | 赵晨霞 | 赵晓华 | 周晓莉 | 朱成庆 |

高职高专食品类“十一五”规划教材 建设单位

(按照汉语拼音排列)

宝鸡职业技术学院
北京电子科技职业学院
北京农业职业学院
滨州市技术学院
滨州职业学院
长春职业技术学院
常熟理工学院
重庆工贸职业技术学院
重庆三峡职业学院
东营职业学院
福建华南女子职业学院
福建宁德职业技术学院
广东农工商职业技术学院
广东轻工职业技术学院
广西农业职业技术学院
广西职业技术学院
广州城市职业学院
海南职业技术学院
河北交通职业技术学院
河南工贸职业学院
河南农业职业学院
河南濮阳职业技术学院
河南商业高等专科学校
河南质量工程职业学院
黑龙江农业职业技术学院
黑龙江畜牧兽医职业学院
呼和浩特职业学院
湖北大学知行学院
湖北轻工职业技术学院
湖州职业技术学院
黄河水利职业技术学院
济宁职业技术学院
嘉兴职业技术学院
江苏财经职业技术学院
江苏农林职业技术学院
江苏食品职业技术学院
江苏畜牧兽医职业技术学院
江西工业贸易职业技术学院
焦作大学
荆楚理工学院
景德镇高等专科学校
开封大学
漯河医学高等专科学校
漯河职业技术学院
南阳理工学院
内江职业技术学院
内蒙古大学
内蒙古化工职业学院
内蒙古农业大学职业技术学院
内蒙古商贸职业学院
平顶山工业职业技术学院
日照职业技术学院
山东商务职业学院
商丘职业技术学院
深圳职业技术学院
沈阳师范大学
双汇实业集团有限责任公司
苏州农业职业技术学院
天津职业大学
武汉生物工程学院
襄樊职业技术学院
信阳农业高等专科学校
杨凌职业技术学院
永城职业学院
漳州职业技术学院
浙江经贸职业技术学院
郑州牧业工程高等专科学校
郑州轻工职业学院
中国神马集团
中州大学

《食品发酵技术》编写人员

主 编 岳 春 (南阳理工学院)

副 主 编 胡斌杰 (开封大学)

刘兰泉 (重庆三峡职业学院)

参编人员 (按照姓名汉语拼音排列)

胡斌杰 (开封大学)

华慧颖 (中州大学)

贾翠娟 (济宁职业技术学院)

雷湘兰 (海南职业技术学院)

李福泉 (内江职业技术学院)

刘桂香 (苏州农业职业技术学院)

刘兰泉 (重庆三峡职业学院)

逯 昀 (商丘职业技术学院)

马玉玲 (内蒙古农业大学职业技术学院)

孙美玲 (湖北大学知行学院)

王振伟 (黄河水利职业技术学院)

岳 春 (南阳理工学院)

序

作为高等教育发展中的一个类型，近年来我国的高职高专教育蓬勃发展，“十五”期间是其跨越式发展阶段，高职高专教育的规模空前壮大，专业建设、改革和发展思路进一步明晰，教育研究和教学实践都取得了丰硕成果。各级教育主管部门、高职高专院校以及各类出版社对高职高专教材建设给予了较大的支持和投入，出版了一些特色教材，但由于整个高职高专教育改革尚处于探索阶段，故而“十五”期间出版的一些教材难免存在一定程度的不足。课程改革和教材建设的相对滞后也导致目前的人才培养效果与市场需求之间还存在着一定的偏差。为适应高职高专教学的发展，在总结“十五”期间高职高专教学改革成果的基础上，组织编写一批突出高职高专教育特色，以培养适应行业需要的高级技能型人才为目标的高质量教材不仅十分必要，而且十分迫切。

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高〔2006〕16号）中提出将重点建设好3000种左右国家规划教材，号召教师与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材。“十一五”期间，教育部将深化教学内容和课程体系改革、全面提高高等职业教育教学质量作为工作重点，从培养目标、专业改革与建设、人才培养模式、实训基地建设、教学团队建设、教学质量保障体系、领导管理规范化等多方面对高等职业教育提出新的要求。这对于教材建设既是机遇，又是挑战，每一个与高职高专教育相关的部门和个人都有责任、有义务为高职高专教材建设作出贡献。

化学工业出版社为中央级综合科技出版社，是国家规划教材的重要出版基地，为我国高等教育的发展作出了积极贡献，被新闻出版总署领导评价为“导向正确、管理规范、特色鲜明、效益良好的模范出版社”，最近荣获中国出版政府奖——先进出版单位奖。依照教育部的部署和要求，2006年化学工业出版社在“教育部高等学校高职高专食品类专业教学指导委员会”的指导下，邀请开设食品类专业的60余家高职高专骨干院校和食品相关行业企业作为教材建设单位，共同研讨开发食品类高职高专“十一五”规划教材，成立了“高职高专食品类‘十一五’规划教材建设委员会”和“高职高专食品类‘十一五’规划教材编审委员会”，拟在“十一五”期间组织相关院校的一线教师和相关企业的技术人员，在深入调研、整体规划的基础上，

编写出版一套食品类相关专业基础课、专业课及专业相关外延课程教材——“高职高专‘十一五’规划教材★食品类系列”。该批教材将涵盖各类高职高专院校的食品加工、食品营养与检测和食品生物技术等专业开设的课程，从而形成优化配套的高职高专教材体系。目前，该套教材的首批编写计划已顺利实施，首批 60 余本教材将于 2008 年陆续出版。

该套教材的建设贯彻了以应用性职业岗位需求为中心，以素质教育、创新教育为基础，以学生能力培养为本位的教育理念；教材编写中突出了理论知识“必需”、“够用”、“管用”的原则；体现了以职业需求为导向的原则；坚持了以职业能力培养为主线的原则；体现了以常规技术为基础、关键技术为重点、先进技术为导向的与时俱进的原则。整套教材具有较好的系统性和规划性。此套教材汇集众多食品类高职高专院校教师的教学经验和教改成果，又得到了相关行业企业专家的指导和积极参与，相信它的出版不仅能较好地满足高职高专食品类专业的教学需求，而且对促进高职高专课程建设与改革、提高教学质量也将起到积极的推动作用。希望每一位与高职高专食品类专业教育相关的教师和行业技术人员，都能关注、参与此套教材的建设，并提出宝贵的意见和建议。毕竟，为高职高专食品类专业教育服务，共同开发、建设出一套优质教材是我们应尽的责任和义务。

贡汉坤

前 言

人类利用微生物进行发酵生产已有数千年的历史，传统发酵食品起源于食品保藏，几千年前，人类就懂得利用传统生物技术制造酱油、醋、酒、面包、酸奶及其他传统发酵食品。随着科学和技术的发展，发酵所包含的含义越来越广，利用微生物发酵技术生产发酵食品的种类越来越多，尽管人们今天享用的许多产品还离不开传统的发酵工业，但现代生物技术对沿用传统技术的发酵食品行业形成了猛烈的冲击，现代发酵技术给人们带来了一些以前不曾存在的新型发酵产品，如各类新型酒、新型酱油、新型发酵奶、真菌多糖、细菌多糖、发酵饮料、微生物油脂、生物活性物质、单细胞蛋白等。

本书对食品发酵技术作了较详细的阐述，广泛吸纳了同行的建议，结合生产实际，丰富生产应用开发实例，将食品发酵专业必需的基础理论知识与必要的工程技术知识进行了有机结合，并积极反映近年来的食品发酵行业的新技术、新成果。

本书共分两大部分：理论知识和实验技能。理论知识包括绪论、发酵食品原理、白酒、啤酒、葡萄酒、黄酒、食醋、酱油、味精、发酵豆制品、发酵乳制品、发酵果蔬制品、柠檬酸、黄原胶及单细胞蛋白、国内外新型发酵产品及新型发酵技术成果，共十五章。实验部分包括菌种选育、啤酒生产工艺研究、葡萄酒生产工艺研究、黄酒生产工艺研究、食醋生产工艺研究、酱油生产工艺研究、发酵豆制品生产工艺研究、发酵乳制品生产工艺研究、发酵果蔬制品生产工艺研究，共九个实验，各学校可根据专业方向和实验条件选做。

本书由岳春主编，胡斌杰、刘兰泉副主编。参加编著的有：岳春（第一章，第十五章，第十六章实验实训一、实验实训六），刘兰泉（第二章，第十六章实验实训一），胡斌杰（第八章，第十章，第十六章实验实训六），王振伟（第三章，第五章，第十六章实验实训三），孙美玲（第四章，第十二章，第十六章实验实训二），刘桂香（第六章，第十六章实验实训四，参与第十五章第二节），逯昀（第七章，第十六章实验实训五），贾翠娟（第九章），李福泉（第十章，第十六章实验实训七），雷湘兰（第十一章，第十六章实验实训八），马玉玲（第十三章，第十六章实验实训九），华慧颖（第十四章，参与第十五章第二节）。

本书适宜作为高职高专院校食品类专业的教材，同时也可供本科院校、中职学校、技校等相关专业的师生参考使用，也可作为企业工程技术人员的参考书和企业员工的技术培训教材。

限于编著者的学识和水平，书中难免存在着不妥和疏漏之处，恳请读者提出宝贵意见。

编 者
2008年5月

目 录

| | | | |
|---------------------------------|----|----------------------------------|----|
| 第一章 绪论 | 1 | 四、生产用水 | 23 |
| 第一节 食品发酵技术概述 | 1 | 第三节 白酒生产基本原理及相关微生物 | 24 |
| 一、食品发酵技术的有关概念 | 1 | 一、白酒生产基本原理 | 24 |
| 二、发酵食品的种类 | 2 | 二、白酒生产中的微生物 | 24 |
| 三、发酵食品的特点 | 3 | 第四节 大曲白酒生产技术 | 25 |
| 四、发酵食品的安全性评估与品质控制 | 3 | 一、大曲生产技术 | 25 |
| 第二节 食品发酵工业的发展历史与现状 | 5 | 二、浓香型大曲酒生产工艺 | 26 |
| 一、传统发酵食品生产阶段 | 5 | 三、清香型大曲酒生产工艺 | 28 |
| 二、现代发酵食品生产阶段 | 5 | 四、酱香型大曲酒生产工艺 | 28 |
| 第三节 食品发酵工业的发展趋势 | 6 | 第五节 小曲白酒生产技术 | 28 |
| 一、基因工程和细胞工程的应用 | 7 | 一、小曲生产技术 | 28 |
| 二、发酵工程和酶工程的应用 | 8 | 二、小曲白酒生产工艺 | 29 |
| 本章小结 | 9 | 第六节 白酒新工艺生产技术 | 29 |
| 复习题 | 9 | 一、新工艺白酒生产技术 | 29 |
| 第二章 发酵食品原理 | 10 | 二、新工艺白酒生产的改良技术 | 30 |
| 第一节 发酵食品与微生物 | 10 | 第七节 白酒生产质量控制 | 31 |
| 一、发酵食品与酵母菌 | 10 | 一、原辅料质量控制 | 31 |
| 二、发酵食品与细菌 | 11 | 二、大曲白酒生产质量控制 | 31 |
| 三、发酵食品与霉菌 | 12 | 第八节 白酒的质量规格、技术指标及检测 | 32 |
| 四、螺旋藻 | 14 | 一、白酒的感官要求及感官评定 | 32 |
| 五、生产单细胞蛋白的微生物种类 | 14 | 二、白酒的理化指标及检测 | 33 |
| 第二节 发酵条件及过程控制 | 14 | 本章小结 | 34 |
| 一、温度对发酵过程的影响及其控制 | 14 | 复习题 | 34 |
| 二、pH对发酵过程的影响及其控制 | 16 | 第四章 啤酒生产技术 | 35 |
| 三、溶解氧对发酵过程的影响及其控制 | 16 | 第一节 概述 | 35 |
| 四、基质浓度对发酵过程的影响及补料 的控制 | 17 | 一、我国啤酒工业生产简史与发展趋势 | 35 |
| 五、泡沫对发酵过程的影响及其控制 | 18 | 二、啤酒的种类、成分及营养价值 | 35 |
| 六、其他因子的在线控制 | 18 | 第二节 原辅料及处理 | 36 |
| 本章小结 | 19 | 一、啤酒酿造原料——大麦 | 36 |
| 复习题 | 19 | 二、啤酒酿造的辅助原料 | 37 |
| 第三章 白酒生产技术 | 20 | 三、啤酒花和酒花制品 | 37 |
| 第一节 概述 | 20 | 四、啤酒酿造用水 | 38 |
| 一、白酒生产的历史、现状与发展趋势 | 20 | 第三节 啤酒生产的基本原理及相关微生物 | 39 |
| 二、白酒的种类、成分及营养价值 | 20 | 一、啤酒生产的基本原理 | 39 |
| 第二节 原辅料及处理 | 22 | 二、啤酒生产中的微生物——酵母 | 39 |
| 一、主要原料 | 22 | 第四节 麦芽制备 | 39 |
| 二、主要辅料 | 22 | 一、大麦的精选和分级 | 39 |
| 三、原料处理 | 23 | 二、大麦浸渍 | 40 |
| | | 三、发芽 | 41 |
| | | 四、绿麦芽干燥 | 44 |

| | | | |
|--------------------------|----|-------------------------|----|
| 五、麦芽质量的评定依据 | 45 | 二、干白葡萄酒生产工艺 | 68 |
| 六、特种麦芽 | 45 | 第六节 葡萄酒的贮存 | 68 |
| 第五节 麦芽汁制备工艺 | 46 | 一、葡萄酒的贮存方法及管理技术 | 68 |
| 一、麦芽及辅料的粉碎 | 46 | 二、葡萄酒的净化与澄清 | 70 |
| 二、糖化时的主要物质变化 | 46 | 第七节 葡萄酒新工艺生产技术 | 70 |
| 三、糖化方法 | 47 | 第八节 葡萄酒生产质量控制 | 71 |
| 四、麦芽醪的过滤 | 47 | 一、葡萄原料的质量控制 | 71 |
| 五、麦汁煮沸与酒花添加 | 49 | 二、酿造设备和厂房的配置要求 | 71 |
| 六、麦汁的处理 | 50 | 三、葡萄原酒生产过程的工艺控制 | 71 |
| 第六节 啤酒发酵 | 52 | 四、葡萄酒的破败病及防治 | 72 |
| 一、啤酒酵母的扩大培养 | 52 | 第九节 葡萄酒的质量规格、技术指标及 | |
| 二、啤酒发酵过程中酵母的代谢作用 | 52 | 检测 | 73 |
| 三、啤酒发酵工艺 | 54 | 一、葡萄酒的感官指标及检验 | 73 |
| 第七节 成品啤酒的生产过程 | 54 | 二、葡萄酒的理化指标及检测 | 74 |
| 一、啤酒的过滤与分离 | 55 | 本章小结 | 75 |
| 二、啤酒的包装与杀菌 | 56 | 复习题 | 76 |
| 第八节 啤酒新工艺生产技术 | 57 | | |
| 一、新工艺 | 57 | 第六章 黄酒生产技术 | 77 |
| 二、新技术 | 57 | 第一节 概述 | 77 |
| 第九节 啤酒生产质量控制 | 58 | 一、黄酒生产的历史与发展趋势 | 77 |
| 一、感官指标 | 58 | 二、黄酒的种类、风味物质成分及营养 | |
| 二、理化指标 | 58 | 价值 | 77 |
| 三、保存期 | 58 | 第二节 原辅料及处理 | 78 |
| 四、卫生指标 | 58 | 一、原辅料 | 78 |
| 本章小结 | 58 | 二、原料的处理 | 79 |
| 复习题 | 59 | 第三节 黄酒发酵的基本原理及相关 | |
| | | 微生物 | 79 |
| 第五章 葡萄酒生产技术 | 60 | 一、黄酒发酵的基本原理 | 79 |
| 第一节 概述 | 60 | 二、黄酒酿造的主要微生物 | 79 |
| 一、我国葡萄酒生产的历史与发展趋势 | 60 | 第四节 糖化发酵剂的制备 | 80 |
| 二、葡萄酒的种类、风味物质成分及营养 | | 一、酒药 | 80 |
| 价值 | 60 | 二、麦曲 | 82 |
| 第二节 酿酒用葡萄 | 61 | 三、酒母 | 84 |
| 一、葡萄的成分 | 61 | 第五节 黄酒酿造工艺 | 85 |
| 二、主要酿酒用葡萄品种 | 62 | 一、干型黄酒的酿造 | 85 |
| 第三节 葡萄酒生产基本原理及相关 | | 二、半干黄酒的酿造 | 87 |
| 微生物 | 62 | 三、半甜黄酒的酿造 | 87 |
| 一、葡萄酒生产基本原理 | 62 | 四、甜、浓甜黄酒的酿造 | 87 |
| 二、葡萄酒生产中的微生物 | 63 | 第六节 黄酒生产的后处理工艺 | 87 |
| 第四节 葡萄酒发酵前的准备工作 | 64 | 一、压滤 | 87 |
| 一、葡萄的采收与运输 | 64 | 二、澄清 | 88 |
| 二、葡萄的破碎与除梗 | 64 | 三、煎酒 | 88 |
| 三、果汁的分离与压榨 | 65 | 四、包装 | 88 |
| 四、果汁的改良 | 65 | 五、贮存(陈酿) | 88 |
| 五、二氧化硫在葡萄酒生产中的作用 | 66 | 第七节 黄酒新工艺生产技术 | 88 |
| 第五节 葡萄酒的发酵工艺 | 66 | 第八节 黄酒生产质量控制 | 89 |
| 一、干红葡萄酒生产工艺 | 66 | 一、发酵醪酸败及其防治 | 89 |

| | | | |
|---------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 二、黄酒的褐变及防治 | 90 | 一、酱油生产常用原料 | 112 |
| 三、黄酒的浑浊及防治 | 90 | 二、原料的处理 | 112 |
| 第九节 黄酒的质量标准 | 90 | 第三节 酱油生产的基本原理与相关 | |
| 本章小结 | 92 | 微生物 | 113 |
| 复习题 | 93 | 一、酱油生产的基本原理 | 113 |
| 第七章 食醋生产技术 | 94 | 二、酱油生产中的微生物 | 114 |
| 第一节 概述 | 94 | 第四节 种曲制造 | 115 |
| 一、我国食醋生产的历史与发展趋势 | 94 | 一、制种曲工艺流程 | 115 |
| 二、食醋的种类、风味物质成分及营养 | | 二、种曲室及其主要设施 | 115 |
| 价值 | 94 | 三、菌种制备 | 115 |
| 第二节 原辅料及其处理 | 95 | 四、原料要求、配比及处理 | 115 |
| 一、原料选择的依据 | 95 | 五、接种及培养 | 116 |
| 二、常用的酿醋原料 | 95 | 六、种曲质量指标 | 117 |
| 三、常用酿醋原料的化学成分 | 96 | 第五节 制曲 | 117 |
| 四、原料的处理 | 96 | 一、厚层通风制曲工艺 | 117 |
| 第三节 食醋酿造的基本原理与相关微生物 | 97 | 二、成曲质量指标 | 118 |
| 一、食醋酿造的基本原理 | 97 | 第六节 发酵 | 118 |
| 二、食醋酿造的相关微生物 | 98 | 一、低盐固态发酵法 | 118 |
| 第四节 糖化发酵剂 | 98 | 二、高盐稀醪发酵工艺 | 119 |
| 一、糖化发酵剂的类型 | 98 | 三、固稀发酵法 | 120 |
| 二、制曲工艺 | 99 | 第七节 酱油生产的后处理工艺 | 120 |
| 第五节 食醋酿造方法 | 99 | 一、酱油的浸出 | 120 |
| 一、固态发酵法酿醋 | 99 | 二、酱油的加热 | 121 |
| 二、固稀发酵法酿醋 | 101 | 三、成品酱油的配制 | 122 |
| 三、液态发酵法酿醋 | 103 | 四、成品酱油的贮存 | 122 |
| 第六节 山西老陈醋的酿造方法 | 104 | 五、成品包装和保管 | 122 |
| 一、酿造工艺 | 104 | 第八节 酱油新工艺生产技术及几种名特 | |
| 二、质量标准 | 105 | 酱油简介 | 122 |
| 第七节 食醋新工艺生产技术 | 105 | 一、酱油新工艺生产技术 | 122 |
| 第八节 果醋酿造 | 106 | 二、几种名特酱油及其工艺简介 | 124 |
| 一、酿造工艺 | 106 | 第九节 成品酱油的质量标准及检测 | 124 |
| 二、陈酿和保藏 | 106 | 一、质量标准 | 124 |
| 第九节 食醋酿造的质量控制 | 106 | 二、检测 | 125 |
| 第十节 食醋的质量标准及检测 | 107 | 本章小结 | 125 |
| 一、质量规格 | 107 | 复习题 | 126 |
| 二、经济技术指标 | 107 | 第九章 味精生产技术 | 127 |
| 三、食醋的检测 | 108 | 第一节 概述 | 127 |
| 本章小结 | 109 | 一、我国味精生产的历史与发展趋势 | 127 |
| 复习题 | 109 | 二、味精的种类 | 128 |
| 第八章 酱油生产技术 | 110 | 三、味精的性质 | 128 |
| 第一节 概述 | 110 | 四、味精的生理作用及安全性 | 128 |
| 一、我国酱油生产的历史与发展趋势 | 110 | 第二节 谷氨酸生产的原料与微生物 | 128 |
| 二、酱油的分类、风味物质成分及营养 | | 一、原料 | 128 |
| 价值 | 110 | 二、谷氨酸生产的微生物 | 129 |
| 第二节 原料及其处理 | 112 | 第三节 谷氨酸发酵机制 | 130 |
| | | 一、谷氨酸的生物合成途径 | 130 |

| | | | |
|-------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 二、谷氨酸生物合成的调节机制····· | 132 | 趋势····· | 158 |
| 第四节 谷氨酸的发酵技术····· | 133 | 二、发酵乳制品的种类、风味物质及 营养价值····· | 158 |
| 一、淀粉糖原料生产谷氨酸发酵技术····· | 133 | 第二节 发酵乳制品生产的基本原理及 相关微生物····· | 159 |
| 二、糖蜜原料生产谷氨酸的发酵技术····· | 134 | 一、发酵乳制品生产的基本原理····· | 159 |
| 第五节 谷氨酸的提取与精制····· | 135 | 二、发酵乳制品生产中的微生物····· | 160 |
| 一、等电点法提取谷氨酸····· | 135 | 第三节 酸乳和酸乳饮料生产····· | 160 |
| 二、离子交换法提取谷氨酸····· | 136 | 一、酸乳分类····· | 160 |
| 第六节 谷氨酸制味精技术····· | 137 | 二、酸乳发酵剂····· | 161 |
| 一、谷氨酸制味精的工艺流程····· | 137 | 三、酸乳的加工工艺····· | 161 |
| 二、谷氨酸中和技术····· | 138 | 四、酸乳饮料的生产工艺····· | 163 |
| 三、中和液的除铁与脱色····· | 138 | 第四节 酸牛奶酒和酸马奶酒的生产····· | 163 |
| 四、味精的结晶····· | 138 | 一、概述····· | 163 |
| 五、味精的分离、干燥和筛选····· | 139 | 二、酸牛奶酒的生产····· | 163 |
| 第七节 谷氨酸生产的质量控制····· | 140 | 三、酸马奶酒的生产····· | 164 |
| 一、发酵菌种的控制····· | 140 | 第五节 干酪制造····· | 164 |
| 二、发酵过程的控制····· | 140 | 一、干酪的分类····· | 165 |
| 三、噬菌体污染的控制····· | 140 | 二、发酵剂与凝乳酶····· | 165 |
| 本章小结····· | 140 | 三、干酪的生产工艺····· | 165 |
| 复习题····· | 141 | 第六节 新型发酵乳制品生产技术····· | 166 |
| 第十章 发酵豆制品生产技术 ····· | 142 | 一、双歧酸奶的生产····· | 166 |
| 第一节 概述····· | 142 | 二、益生菌剂制品的生产····· | 167 |
| 一、发酵豆制品生产的现状与发展趋势····· | 142 | 三、大豆酸奶的生产····· | 167 |
| 二、发酵豆制品种类、风味及营养价值····· | 142 | 第七节 发酵乳制品的质量规格、技术 指标及检测····· | 167 |
| 第二节 腐乳的生产····· | 143 | 一、酸乳标准····· | 167 |
| 一、腐乳的定义、类型、品牌····· | 143 | 二、检测方法····· | 167 |
| 二、腐乳生产的原辅料····· | 143 | 三、干奶酪的质量标准····· | 168 |
| 三、菌种培养····· | 145 | 本章小结····· | 168 |
| 四、豆腐坯制作····· | 145 | 复习题····· | 168 |
| 五、腐乳发酵····· | 146 | 第十二章 发酵果蔬制品生产技术 ····· | 169 |
| 六、其他类型腐乳生产简介····· | 148 | 第一节 概述····· | 169 |
| 七、腐乳的质量标准及生产技术指标····· | 148 | 一、果蔬制品生产的现状与发展趋势····· | 169 |
| 第三节 发酵大豆制品生产技术····· | 149 | 二、果蔬制品的种类、成分及营养价值····· | 169 |
| 一、豆酱····· | 149 | 第二节 泡菜生产技术····· | 170 |
| 二、豆豉····· | 151 | 一、泡菜生产的工艺流程····· | 170 |
| 三、丹贝····· | 153 | 二、泡菜生产工艺要点····· | 170 |
| 四、纳豆····· | 154 | 第三节 果汁发酵饮料····· | 172 |
| 第四节 新型发酵豆制品及其生产技术····· | 155 | 一、酵母菌发酵果汁饮料····· | 172 |
| 一、富含双歧杆菌的发酵豆乳冰淇淋 生产技术····· | 155 | 二、乳酸菌发酵果汁饮料····· | 173 |
| 二、新型发酵豆乳制品····· | 155 | 第四节 蔬菜发酵饮料····· | 173 |
| 本章小结····· | 156 | 一、酵母菌发酵蔬菜汁饮料····· | 173 |
| 复习题····· | 157 | 二、乳酸菌发酵蔬菜汁饮料····· | 174 |
| 第十一章 发酵乳制品生产技术 ····· | 158 | 三、酵母菌和乳酸菌混合发酵果蔬汁 饮料····· | 174 |
| 第一节 概述····· | 158 | | |
| 一、发酵乳制品生产的现状与发展 | | | |

| | | | |
|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 第五节 发酵果蔬制品生产质量控制 | 174 | 二、黄原胶生产的现状与发展趋势 | 195 |
| 一、影响发酵果蔬制品颜色的物质——色素 | 174 | 三、黄原胶的应用 | 195 |
| 二、影响发酵果蔬制品风味的物质——香味物质 | 175 | 四、黄原胶的生产 | 196 |
| 三、影响发酵果蔬制品口感的物质 | 175 | 五、黄原胶的质量标准 (GB 13886—92) | 200 |
| 四、影响发酵果蔬制品组织质地的物质 | 176 | 第二节 单细胞蛋白生产技术 | 200 |
| 第六节 发酵果蔬制品的质量规格、技术指标及检测 | 176 | 一、单细胞蛋白概述 | 200 |
| 一、发酵果蔬制品的质量规格 | 176 | 二、单细胞蛋白的生产特性 | 201 |
| 二、发酵果蔬制品的检测方法 | 176 | 三、单细胞蛋白的应用 | 201 |
| 本章小结 | 177 | 四、单细胞蛋白的生产历史及开发应用前景 | 202 |
| 复习题 | 177 | 五、单细胞蛋白的生产 | 202 |
| | | 六、单细胞蛋白的安全性及营养性评价 | 204 |
| | | 本章小结 | 205 |
| | | 复习题 | 205 |
| 第十三章 柠檬酸生产技术 | 178 | 第十五章 国内外新型发酵产品及新型发酵技术成果 | 206 |
| 第一节 概述 | 178 | 第一节 新型发酵食品 | 206 |
| 一、柠檬酸生产的历史与发展趋势 | 178 | 一、粮油发酵新型饮料 | 206 |
| 二、柠檬酸的性质、保健作用及安全性 | 178 | 二、发酵法生产食品添加剂 | 209 |
| 第二节 柠檬酸发酵原料及微生物 | 179 | 三、微生物油脂 | 212 |
| 一、原料 | 179 | 四、功能性食品 | 213 |
| 二、柠檬酸生产中的微生物 | 180 | 五、发酵法生产维生素 | 215 |
| 第三节 柠檬酸发酵机理 | 181 | 六、微生物发酵生产多糖 | 218 |
| 一、经 EMP 途径生物合成柠檬酸 | 181 | 七、其他新型发酵食品 | 221 |
| 二、三羧酸循环途径生物合成柠檬酸 | 182 | 第二节 新型发酵技术 | 223 |
| 三、经 HMP 途径生物合成柠檬酸 | 182 | 一、生料发酵技术 | 223 |
| 四、其他合成柠檬酸的途径 | 182 | 二、固态发酵技术 | 225 |
| 第四节 柠檬酸发酵 | 182 | 三、其他新型发酵技术 | 229 |
| 一、表面发酵工艺 | 182 | 本章小结 | 229 |
| 二、固体发酵工艺 | 182 | 复习题 | 230 |
| 三、深层发酵工艺 | 184 | 第十六章 实验实训 | 231 |
| 第五节 柠檬酸提取 | 187 | 【实验实训一】 菌种选育 | 231 |
| 一、工艺流程 | 187 | 【实验实训二】 啤酒生产工艺研究 | 234 |
| 二、发酵液的处理 | 187 | 【实验实训三】 葡萄酒生产工艺研究 | 235 |
| 第六节 柠檬酸的质量规格、技术指标及检测 | 192 | 【实验实训四】 黄酒生产工艺研究 | 236 |
| 一、我国食品添加剂柠檬酸的标准 (GB 1987—1986) | 192 | 【实验实训五】 食醋生产工艺研究 | 239 |
| 二、柠檬酸质量检测 | 192 | 【实验实训六】 酱油生产工艺研究 | 241 |
| 本章小结 | 193 | 【实验实训七】 发酵豆制品 (豆腐乳) 生产工艺研究 | 244 |
| 复习题 | 193 | 【实验实训八】 发酵乳制品生产工艺研究 | 245 |
| | | 【实验实训九】 发酵果蔬制品 (泡菜) 生产工艺研究 | 246 |
| 第十四章 黄原胶及单细胞蛋白生产技术 | 194 | 参考文献 | 249 |
| 第一节 黄原胶生产技术 | 194 | | |
| 一、黄原胶的结构及性质 | 194 | | |

第一章 绪 论

学习目标

1. 了解我国食品发酵工业的历史现状与发展趋势。
2. 理解发酵、发酵食品、食品发酵技术、发酵工艺、发酵工程、现代发酵工程等有关概念及其相互关系。
3. 掌握发酵食品的分类方法、发酵食品的特点、发酵食品的安全性评估与品质控制、发酵技术在现代生物技术中的地位。

第一节 食品发酵技术概述

人类利用微生物进行发酵生产已有数千年的历史，然而认识到发酵的本质却是近几百年的事。传统发酵食品起源于食品保藏，大多是以促进自然保护、防腐、延长食品保存期、拓展在不同食用季节的可食性为目的，是保证食品安全性最古老的手段之一。1857年法国化学家、微生物家巴斯德提出了著名的发酵理论：“一切发酵过程都是微生物作用的结果。”不同种类的微生物可引起不同的发酵过程。巴斯德的理论给发酵技术带来了巨大的影响。此后，发酵从单一的保存食物的技术逐渐发展成为一种独特的食品加工方法。

一、食品发酵技术的有关概念

1. 发酵的含义

发酵是生物氧化的一种方式，一切生物体内都有发酵过程存在。广义的发酵是指微生物进行的一切活动；狭义的发酵是指微生物在厌氧条件下，有机物进行彻底的分解代谢释放能量的过程。在工业生产上，发酵是指在人工控制条件下，微生物通过自身代谢活动，将所吸收的营养物质进行分解、合成，产生各种产品的生产工艺过程。这样定义的发酵就是“工业发酵”。工业发酵应该包括微生物生理学中生物氧化的所有方式：有氧呼吸、无氧呼吸和发酵。

2. 发酵技术

发酵技术是指人们利用微生物的发酵作用，运用一些技术手段控制发酵过程，生产发酵产品的技术。

3. 发酵食品

发酵食品是食品原料经微生物作用所产生的一系列特定的酶催化，所进行的生物、化学反应总和的代谢活动产物。

4. 发酵工艺

通过微生物群体的生命活动（工业发酵）来加工或制作产品，其对应的加工或制作工艺被称为“发酵工艺”。

5. 发酵工程

发酵工程又称微生物工程，是指传统的发酵技术与DNA重组、细胞融合、分子修饰等新技术结合并发展起来的现代发酵技术。

6. 现代发酵工程

现代发酵工程大大扩展了传统意义上的发酵工程，其内容包括菌种的分离、选育、发酵

器设计、空气净化、发酵条件以及产品分离、提纯等工艺技术。

二、发酵食品的种类

1. 根据所利用微生物的种类分类

在食品发酵工业中，由于生产工艺的需要，可单选用一种微生物进行发酵，也可选用两种或两种以上不同类的微生物进行发酵。常见的微生物发酵制品有以下几类。

(1) 单用酵母菌进行发酵的制品 如啤酒、葡萄酒及其他果酒、威士忌、白兰地、甘油、食用酵母及B族维生素等。

(2) 单用霉菌进行发酵的制品 如糖化酶、蛋白酶、果胶酶、富马酸、苹果酸、柠檬酸、葡萄糖酸、豆腐乳、丹贝、豆豉等。

(3) 单用细菌进行发酵的制品 如丁酸、乳酸、谷氨酸、赖氨酸、酸乳、葡萄糖酸、蛋白酶、淀粉酶、果胶酶、纤维素酶、豆腐乳、豆豉等。

(4) 酵母与霉菌混合使用的发酵制品 如酒酿、黄酒、日本清酒等。

(5) 酵母与细菌混合使用的发酵制品 如腌菜、奶酒、双菌饮料、酸面包、果醋等。

(6) 酵母、霉菌、细菌混合使用的发酵制品 如黄酒、食醋、白酒、酱油及酱类发酵制品等。

2. 按照所利用原料来分

(1) 发酵谷物粮食制品 如面包、酸面包、米酒、黄酒、白酒、食醋、格瓦斯等。

(2) 发酵豆制品 如酸豆奶、豆腐乳、豆豉、豆酱、酱油、丹贝、纳豆等。

(3) 发酵果蔬制品 如果酒、果醋、果汁发酵饮料、蔬菜发酵饮料、泡菜等。

(4) 发酵肉制品 如发酵香肠、培根等。

(5) 发酵水产制品 如鱼露、虾油、蟹酱、酶香鱼等。

(6) 其他原料发酵 如食用菌发酵产品、藻类发酵产品等。

3. 按照传统发酵食品和现代发酵食品的概念分类

(1) 传统发酵食品 如白酒、啤酒、黄酒、葡萄酒、清酒、酱油、食醋、豆酱、泡菜、纳豆、丹贝、鱼露、发酵香肠等。

(2) 现代发酵食品 如柠檬酸、苹果酸、醋酸、淀粉酶、蛋白酶、真菌多糖、细菌多糖、红曲、维生素C、维生素B₂、维生素B₁₂、发酵饮料、微生物油脂、食用酵母、单细胞蛋白等。

4. 根据发酵工业部门分类

(1) 酿酒工业产品 如白酒、啤酒、黄酒、葡萄酒、清酒、白兰地、威士忌等。

(2) 调味品酿造工业产品 如酱油、食醋、豆酱、泡菜、纳豆等。

(3) 有机酸发酵工业产品 如柠檬酸、苹果酸、葡萄糖酸、醋酸等。

(4) 酶制剂发酵工业产品 如淀粉酶、果胶酶、纤维素酶、超氧化物歧化酶(SOD)等。

(5) 氨基酸发酵工业产品 如苏氨酸、鸟氨酸、谷氨酸、赖氨酸等。

(6) 功能性食品生产工业产品 如葡聚糖、灵芝多糖、微生物油脂、微生态制剂等。

(7) 食品添加剂生产工业产品 如黄原胶、乳酸菌素、红曲色素等。

(8) 菌体制造工业产品 如单细胞蛋白、食用菌、藻类、酵母等。

(9) 维生素发酵工业产品 如维生素C、维生素B₂、维生素B₁₂、L-肉碱等。

(10) 核苷酸发酵工业产品 如ATP、IMP、GMP等。

(11) 其他新型发酵食品工业产品 如发酵饮料、食用菌发酵产品、生理活性物质等。

5. 根据产品性质分类

(1) 生物代谢产物发酵产品 以生物体代谢产物为产品的发酵产品，包括初级代谢产物、中间代谢产物和次级代谢产物。如各种氨基酸、核苷酸、蛋白质、核酸、脂类、糖

类等。

(2) 酶制剂发酵产品 目前, 发酵食品工业用酶大多来自于微生物发酵生产的酶, 如淀粉酶、纤维素酶、蛋白酶、果胶酶、脂肪酶、蔗糖酶、凝乳酶、葡萄糖异构酶、乳糖酶等。此外, 曲的生产也可以看成是复合酶制剂生产。

(3) 生物转化发酵产品 生物转化是指利用生物细胞中的一种或多种酶, 作用于一些化合物的特定部位(基团), 使其转变成结构相似但具有更大经济价值化合物的生化反应。生物转化的最终产物并不是微生物细胞利用营养物质经代谢而产生的, 而是微生物细胞的酶或酶系作用于底物某一特定部位, 进行化学反应而形成的。生物转化可进行的转化反应包括脱氢、氧化、脱水、缩合、脱羧、羟化、氨化、脱氨、异构化等, 这类产品包括多种。发酵工业中比较重要的是甾体转化。

(4) 菌体制造产品 以获得具有特定用途的微生物菌体细胞为目的进行发酵, 得到产品, 包括单细胞蛋白、藻类、酵母、食用菌等的生产。

三、发酵食品的特点

1. 有利于保藏食品

发酵保藏是食品保藏的方法之一, 食品经过发酵由于改变了食品的渗透压、酸度等, 从而可以抑制腐败微生物的生长, 有利于延长食品保存的时间。

2. 经过发酵的食品营养价值有所提高

某些食品经发酵后可以提高其营养成分蛋白质等的含量, 并可提高其吸收率。有些食品通过微生物的发酵作用, 可产生维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 B₁₂, 其营养价值可大大提高。

3. 易于消化吸收

某些食品经发酵后其营养成分(蛋白质、碳水化合物、脂肪)经过发酵作用可以降解为氨基酸、有机酸、单糖等小分子物质, 一些不能被人体利用的物质(如乳糖、棉籽糖、水苏糖等)经发酵后转变成能被人体利用的形式, 更易于消化吸收。

4. 提高食品的安全性

某些食品(如薯类)含有对人体有害的氰基化合物, 经发酵后使其转化成安全无毒的物质, 提高了食品的食用安全性。

5. 改善食品的风味和结构

如木薯经发酵产生甘露醇和双乙酰而改善风味; 酸奶发酵生成乙醛、双乙酰和 3-羟基丁酮等, 得到愉快的口感; 蛋白酶水解酪蛋白使奶酪具有理想的柔软结构等。

6. 保健作用

某些食品经发酵后, 不仅能产生酸类和醇类等, 还可产生抗生素(如嗜酸乳菌素、乳酸杀菌素等), 对于一般致病菌有抑制作用。发酵食品如酸奶等, 除可抑制致病菌外, 对肠内腐败菌的抑制力也很强, 有些发酵食品还具有防治心血管疾病、整肠、改善便秘、降低胆固醇、提高免疫功能和抗癌等作用。

四、发酵食品的安全性评估与品质控制

1. 发酵食品安全性

发酵食品安全性是近年来伴随食品安全性的提出而产生和发展起来的。发酵食品中危害人体健康和安全的有毒有害物质有三大类, 即: 生物类有毒有害物质, 主要包括病原微生物、微生物毒素及其他生物毒素; 化学有毒有害物质, 主要包括残留农药、过敏物质及其他有害物质等; 物理性有害物质, 主要包括毛发、沙石、金属和放射性残留。当前影响较大的危害物主要有动植物天然毒素、农药残留、农业化学控制物质、真菌毒素、食源性致病菌和毒素、食品添