



普通高等教育“十三五”规划教材  
食品科学与工程类专业应用型本科教材

# 食品发酵 与酿造

金昌海◎主 编  
方维明 王振斌◎执行主编



Food  
Fermentation  
and Brewing



教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目  
《食品科学与工程》专业职教师资培养资源开发 (VTNE049)

# 食品发酵与酿造

金昌海 主 编

方维明 王振斌 执行主编

## 图书在版编目 (CIP) 数据

食品发酵与酿造/金昌海主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2018. 1  
普通高等教育“十三五”规划教材 食品科学与工程类专业应用型  
本科教材

ISBN 978-7-5184-1278-5

I. ①食… II. ①金… III. ①发酵食品-生产工艺-高等学校-教材  
②酿造-高等学校-教材 IV. ①TS26 ②TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 055003 号

责任编辑: 马妍 王艳丽

策划编辑: 马妍

责任终审: 张乃柬

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 锋尚设计

责任校对: 吴大鹏

责任监印: 张可

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: 三河市万龙印装有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 23.25

字数: 510 千字

书号: ISBN 978-7-5184-1278-5 定价: 55.00 元

邮购电话: 010-65241695

发行电话: 010-85119835 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

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

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

151520J1X101ZBW

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

项目牵头单位：扬州大学

项目负责人：金昌海

项目专家指导委员会

主任：刘来泉

副主任：王宪成 郭春鸣

成员（按姓氏笔画排列）：

刁哲军 王继平 王乐夫 邓泽民 卢双盈

石伟平 汤生玲 米靖 刘正安 刘君义

孟庆国 沈希 李仲阳 李栋学 李梦卿

吴全全 张元利 张建荣 周泽扬 姜大源

郭杰忠 夏金星 徐流 徐朔 曹晔

崔世钢 韩亚兰

## 本书编写人员

主 编 金昌海（扬州大学）

执行主编 方维明（扬州大学）

王振斌（江苏大学）

副 主 编 张锦丽（山东农业大学）

黄亚东（江苏食品药品职业技术学院）

索 标（河南农业大学）

编 者 吴建峰（江苏今世缘酒业股份有限公司）

刘爱平（四川农业大学）

沈洪涛（江苏韩侯酒业有限公司）

孙永康（安徽科技学院）

张 荣（江苏大学）

饶胜其（扬州大学）

尹永祺（扬州大学）

## 出版说明

自《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》颁布实施以来，我国职业教育进入到加快构建现代职业教育体系、全面提高技能型人才培养质量的新阶段。加快发展现代职业教育，实现职业教育改革发展新跨越，对职业学校“双师型”教师队伍建设提出了更高的要求。为此，教育部明确提出，要以推动教师专业化为引领，以加强“双师型”教师队伍建设为重点，以创新制度和机制为动力，以完善培养培训体系为保障，以实施素质提高计划为抓手，统筹规划，突出重点，改革创新，狠抓落实，切实提升职业院校教师队伍整体素质和建设水平，加快建成一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍，为建设具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系提供强有力的师资保障。

目前，我国共有60余所高校正在开展职教师资培养，但由于教师培养标准的缺失和培养课程资源的匮乏，制约了“双师型”教师培养质量的提高。为完善教师培养标准和课程体系，教育部、财政部在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目，中央财政划拨1.5亿元，系统开发用于本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。其中，包括88个专业项目，12个资格考试制度开发等公共项目。该项目由42家开设职业技术师范专业的高等学校牵头，组织近千家科研院所、职业学校、行业企业共同研发，一大批专家学者、优秀校长、一线教师、企业工程技术人员参与其中。

经过三年的努力，培养资源开发项目取得了丰硕成果。一是开发了中等职业学校88个专业（类）职教师资本科培养资源项目，内容包括专业教师标准、专业教师培养标准、评价方案，以及一系列专业课程大纲、主干课程教材及数字化资源；二是取得了6项公共基础研究成果，内容包括职教师资培养模式、国际职教师资培养、教育理论课程、质量保障体系、教学资源中心建设和学习平台开发等；三是完成了18个专业大类职教师资资格标准及认证考试标准开发。上述成果，共计800多本正式出版物。总体来说，培养资源开发项目实现了高效益：形成了一大批资源，填补了相关标准和资源的空白；凝聚了一支研发队伍，强化了教师培养的“校-企-校”协同；引领了一批高校的教学改革，带动了“双师型”教师的专业化培养。职教师资培养资源开发项目是支撑专业化培养的一项系统化、基础性工程，是加强职教师资培养培训一体化建设的关键环节，也是对职教师资培养培训基地教师专业化培养实践能力、教师教育研究能力的系统检阅。

自2013年项目立项开题以来，各项目承担单位、项目负责人及全体开发人员

做了大量深入细致的工作，结合职教教师培养实践，研发出很多填补空白、体现科学性和前瞻性的成果，有力推进了“双师型”教师专门化培养向更深层次发展。同时，专家指导委员会的各位专家以及项目管理办公室的各位同志，克服了许多困难，按照两部对项目开发工作的总体要求，为实施项目管理、研发、检查等投入了大量时间和心血，也为各个项目提供了专业的咨询和指导，有力地保障了项目实施和成果质量。在此，我们一并表示衷心的感谢。

编写委员会

2016年3月

## 前 言

### Preface

加快发展现代职业教育，实现职业教育改革发展新跨越，对职业学校“双师型”教师队伍建设提出了更高的要求。教育部、财政部为加快建设一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍，在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目，系统开发用于本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。根据教育部、财政部的要求，扬州大学牵头组织全国部分相关高等学校、职业学校、行业企业，承担了《食品科学与工程》专业职教师资培养资源的开发项目。《食品发酵与酿造》是本项目组完成的特色教材成果之一。

《食品发酵与酿造》教材内容以行业产品为主线，涵盖了食品生物发酵的主要产品类型，如厌氧发酵的酒精白酒发酵，啤酒、黄酒、葡萄酒等的酒类酿造，酱油、食醋的发酵调味品酿造，以及好氧发酵的氨基酸发酵，包括了四大类型的8个典型产品。在各章产品内容的结构设计方面，包含简要的发酵原理机制，各产品的核心工艺过程，以及对典型产品工艺的剖析；部分章节中还有该产品的综合实践内容，充分体现出本教材的专业工程性和职业技能性的融合统一。

本教材编写人员主要为扬州大学方维明、饶胜其、尹永祺；江苏大学王振斌、张荣；山东农业大学张锦丽；河南农业大学索标；四川农业大学刘爱平；江苏食品药品职业技术学院黄亚东；安徽科技学院孙永康；江苏今世缘酒业股份有限公司吴建峰。具体编写分工：第一章由方维明编写；第二章由饶胜其、尹永祺编写；第三章由索标编写；第四章由黄亚东、吴建峰编写；第五章由张锦丽编写；第六章由张荣编写；第七章由刘爱平编写；第八章由王振斌编写；第九章由孙永康编写。本教材执行主编方维明、王振斌，副主编张锦丽、黄亚东、索标，方维明负责全书的统稿工作。

本教材为高等院校食品科学与工程职教师资本科专业的主干课程教材，也可用于职业院校相关专业的教师培训教材，同时可供相关专业人员参考使用。

本教材编写是一项探索性的工作，难度较大。由于编者水平有限，教材中难免会有一些疏漏之处，恳请专家和广大读者予以指正，以便进一步修改完善。

编 者

2017年3月



# 目 录

## Contents

<b>第一章</b>	<b>发酵食品理论基础</b> .....	1
第一节	发酵食品生物技术现状与发展趋势 .....	1
第二节	发酵食品分类特点及质量标准 .....	4
第三节	发酵微生物实验室基本建设及生物安全 .....	6
第四节	专业人才需求及中职教育教学特点 .....	10
<b>第二章</b>	<b>发酵食品操作技术</b> .....	15
第一节	无菌技术 .....	15
第二节	菌种保藏技术 .....	32
第三节	工艺控制技术 .....	37
第四节	生物制品分离技术 .....	46
第五节	清洁生产与节能降耗 .....	67
第六节	综合实验 .....	72
<b>第三章</b>	<b>酒精工艺</b> .....	76
第一节	酒精发酵及原辅材料 .....	76
第二节	酒精发酵微生物及机制 .....	85
第三节	酒精发酵工艺 .....	94
<b>第四章</b>	<b>白酒工艺</b> .....	117
第一节	白酒（蒸馏酒）及原辅材料 .....	117
第二节	白酒酿造微生物及制曲技术 .....	123
第三节	白酒发酵工艺 .....	132
第四节	典型白酒生产案例 .....	139
<b>第五章</b>	<b>啤酒工艺</b> .....	170
第一节	啤酒及原料 .....	170
第二节	麦芽制备 .....	177
第三节	啤酒酵母扩培 .....	187

第四节	定型麦汁制备 .....	192
第五节	啤酒发酵 .....	199
第六节	典型啤酒生产案例 .....	217
<b>第六章</b>	<b>黄酒工艺 .....</b>	<b>221</b>
第一节	黄酒及原料要求 .....	221
第二节	糖化发酵剂及其制备 .....	228
第三节	黄酒酿造工艺 .....	233
第四节	典型黄酒生产案例 .....	239
<b>第七章</b>	<b>葡萄酒工艺 .....</b>	<b>252</b>
第一节	葡萄酒及生产原料 .....	252
第二节	葡萄酒发酵原理与工艺 .....	257
第三节	典型葡萄酒生产案例 .....	263
第四节	葡萄酒再加工 .....	271
第五节	综合实验 .....	275
<b>第八章</b>	<b>酱油食醋酿造工艺 .....</b>	<b>280</b>
第一节	酿造酱油及主要原料 .....	280
第二节	酿造酱油种曲制备与制曲 .....	284
第三节	酿造酱油生产工艺 .....	289
第四节	酿造食醋及生产原辅材料 .....	294
第五节	酿造食醋糖化发酵剂及制备 .....	300
第六节	酿造食醋生产工艺 .....	307
第七节	典型酿造食醋生产案例 .....	311
第八节	综合实验 .....	319
<b>第九章</b>	<b>氨基酸发酵工艺 .....</b>	<b>324</b>
第一节	氨基酸发酵概述 .....	324
第二节	氨基酸发酵原料及处理 .....	328
第三节	氨基酸发酵菌种及发酵机制 .....	333
第四节	氨基酸发酵生产工艺 .....	341
第五节	典型氨基酸发酵生产案例 .....	345
第六节	综合实验 .....	349
	<b>参考文献 .....</b>	<b>354</b>

# 发酵食品理论基础

## [知识目标]

1. 了解并掌握食品生物技术典型产品的质量标准和。
2. 掌握发酵微生物实验室建设的工艺技术要求 and 设计方法。
3. 熟悉生物安全的操作要求。

## [能力目标]

能够运用基本概念对部分发酵食品生产进行分析说明。

## 第一节 发酵食品生物技术现状与发展趋势

### 一、发酵食品生物技术的概念

我国传统发酵食品历史悠久，产品风味浓郁，曾影响着日本、朝鲜以及一些西方国家，但由于其发酵周期长，受环境因素影响大，产品质量不稳定，人工成本高，工业化水平低，发展缓慢。近年来，在现代生物技术的影响下，通过吸收国外发酵技术，我国发酵食品工业化水平逐年提高，白酒、啤酒、葡萄酒、酸乳等产品的工业化生产发展迅速，其他产品如腐乳、豆豉、酱油、醋等工业化程度也在提高。但随着发酵食品的不断发展和中国发酵食品在制作的过程中也出现了一系列问题。虽然现代生物技术提高了生产效率，但是产品风味感较清，已失去了传统发酵食品的风味，常需要加入各种香料、色素、营养物质，才能弥补产品风味的不足。因此，现代食品工业必须更加注重传统食品工艺研究，融合现代生物技术，在保留传统风味的基础上，提高传统发酵食品的产品质量和工艺水平，这正是我国现代发酵食

品发展的趋势和方向。

生物技术可定义为应用自然科学及工程学的原理,依靠生物催化剂的作用将物料进行加工,以提供产品或为社会服务的一门技术。生物技术也可解释为将生物化学、生物学、微生物学和化学工程应用于工业生产过程(包括医药卫生、能源及农业产品)及环境保护的技术。而目前较为广泛接受的通俗描述为:生物技术是利用生物体系,应用先进的生物学和工程技术,加工或不加工底物原料,以提供所需的各种产品,或达到某种目的的一门新型跨学科技术。

传统生物技术的技术特征是酿造技术和发酵技术,而现代生物技术的技术特征是以重组 DNA 技术为核心的一个综合技术体系。现代生物技术的主要内容包括:重组 DNA 技术及其他转基因技术,细胞和原生质融合技术,酶和细胞固定化技术,分离工程技术,植物脱毒和快速繁殖技术,动植物细胞培养技术,动物胚胎工程技术,微生物高密度发酵、连续发酵和新型发酵技术体系,以及蛋白质工程、分子进化工程和代谢工程技术体系等。

生化反应都需要有生物催化剂的参与。生物催化剂是具有催化功能的生物物质的总称,包括酶、细胞及多细胞体系和亚细胞结构。与化学催化剂相比,生物催化作用能在常温、常压下进行,具有反应条件温和、高度专一及反应速率快等优点;但生物催化剂稳定性较差、易失活,对温度、pH 以及某些化学物质相当敏感,也容易污染杂菌而被破坏,因此要求严格控制各项条件。

最早最广泛应用的生物催化剂是游离的整体微生物活细胞,即利用特定微生物中特定酶系发挥功能。在进行单一酶反应时可将特定酶分离制取,以较纯的形式进行酶反应。细胞或酶催化剂都可以以游离的或固定化的形式使用。固定化技术是将生物催化剂固定在多孔惰性固体介质表面后再使用,称为固定化催化剂。固定化细胞催化剂又可分为固定化活细胞和灭活细胞两种,应用最广泛的是固定化活细胞。

生物技术的最终目的是建立工业生产过程或进行社会服务,这一过程也称为生物反应过程。生物技术在发酵食品制作或生产过程中的应用大大推动了发酵食品产业的发展。

## 二、发酵食品生物技术发展的历史回顾

发酵食品生物技术的发展过程可分为天然发酵、初期发酵、近代发酵和现代发酵四个阶段。

酿酒制醋是古老传统生物技术的典型代表,是人类最早通过实践所掌握的生产技术之一,距今已有几千年的历史。当时人们并不了解微生物的概念,采取自然发酵形式,是属于古老的生物技术实践。这一时期还有酱、酱油、泡菜、奶酒、干酪等产品的制作,以及面团发酵等技术。

传统生物技术产品的制作及有关技术的应用,虽然历史悠久,但在很长时期内,人们只知其然而不知其所以然,直至物理、化学和生物学等自然科学的不断发展,其中的奥秘才被逐渐揭开。1680 年荷兰人列文虎克制成了显微镜,人们才知道微生物的存在;1857 年法国著名生物学家巴斯德用实验证明了酒精发酵是由活的酵母引起的,其他不同的发酵产物则由不同微生物的作用而形成;1897 年德国人毕希纳发现了酶的存在,使发酵现象的真相开始被人们所了解。从 19 世纪末到 20 世纪 30 年代,许多工业发酵过程陆续出现,开创了工业微生物的新世纪。微生物及酶的发现,无菌技术和纯培养技术的出现,使生物技术进入到初期发

酵阶段。典型的初级生物技术发酵产品有乳酸、酒精、面包酵母、丙酮-丁醇,以及采用表面发酵获得的柠檬酸、淀粉酶、蛋白酶等。

近代生物技术产品开始出现于20世纪40年代。第二次世界大战爆发后,医生们急需一种比磺胺药物更为有效且毒副作用更小的抗细菌感染药物,用于治疗士兵及平民因创伤引起的感染及继发性疾病。在美英两国科学家和工程人员的共同努力下,终于研究开发出青霉素的通风发酵生产设备工艺,并从发酵液中提取纯化获得了青霉素产品。不久,链霉素、金霉素等相继问世。抗生素工业的兴起,标志着工业微生物的生产进入了新的阶段。抗生素的发酵生产极大地促进了其他发酵产品的出现与改进,如50年代氨基酸、60年代酶制剂、饲料单细胞蛋白的生产,以及表面培养产品的液体深层发酵等。这一时期生物发酵的特点是:产品类型多,技术要求高,规模巨大,技术发展速度快。

现代生物技术发酵的特点是采用DNA重组、细胞融合等技术的成果而进行产品的生产。1953年美国的沃森及克里克发现了DNA双螺旋结构,为DNA重组奠定了基础。1974年美国的波依耳和科恩首次在实验室中实现了基因转移,为基因工程启开了通向现实的大门,从而使人们有可能在实验室中按人们意志设计、组建新的生命体。克隆技术、固定化酶技术、DNA重组技术、细胞融合技术、人体基因密码的破译加快了现代生物技术的发展。

### 三、发酵食品生物技术产业现状及发展趋势

发酵食品生物技术是现代生物学、化学、工程科学的完美交叉与融合。它利用微生物的代谢作用,通过现代工程技术手段把微生物细胞或其酶直接应用于生物反应器中,利用可再生资源进行有用物质生产和社会服务。随着基因组学、蛋白质组学等生物技术的飞速发展,发酵食品生物技术作为生物技术的一个重要分支,已经渗透到食品行业的诸多领域,我国生物发酵产业的技术水平逐年提高,部分生产技术已经位列世界前沿,甚至属于领先水平。

#### 1. 我国发酵食品生物技术企业和产品发展现状

(1) 产能扩张快,盲目建设情况严重 在行业的发展过程中,由于市场经济规律的作用,对利润效益较好的发酵产品,必然会有众多的企业投资建厂和生产。但是,我国现有的市场经济并不完善,随着产能的不断扩张,后续建设的企业并不会详细分析市场容量、需求量及利润的变化而进行科学决策,造成行业发展中普遍存在盲目跟风和模仿,低水平重复建设,同质化严重,从而导致产能过剩、供需矛盾突出。

(2) 产品结构不合理,中低档产品比例过高 由于行业的准入门槛不高,因此,低水平产品占据了大部分市场。虽然我国生物发酵产业已经在生产技术水平上有了大幅度的提升,但高质量产品的生产技术较匮乏,产品种类及产量在市场中的占有率较低。

(3) 生产要素成本不断增加,利润空间逐步压缩 生物发酵产业的要素成本占到总成本的60%。虽然我国的发酵行业属于技术密集型行业、高技术产业,但还不是精深加工和高附加值产业。当前,为了能够在逐渐压缩的利润空间中得到正常的发展,企业必须把开发高水平工艺技术、研制高附加值产品、寻求低成本的替代原料、提高全要素生产力、提升产业链价值、提高产出水平、降低综合成本作为主攻的方向。

#### 2. 我国生物发酵产业发展趋势

(1) 发展速度趋缓 伴随我国经济进入增速放缓的发展转型期后,生物发酵产业也随后进入了增长的重要转折期。工业化发展的特点是在资源型发展完成之后增长空间将逐渐变

小,发展增速将逐步放缓。生物发酵产业对此必须要有充分的思想准备。不要幻想过去的高速增长时代会再次到来,要适应增速放缓这个外部环境的变化,要把精力放在转变方式、调整结构和产业升级方面来。

(2) 技术进步和快速发展的步伐趋缓 生物发酵产业快速发展,可以说在短时期内走完了发达国家多年来走过的路,一个重要的原因就是通过引进国外现成的,可利用的先进技术、装备和管理,发挥后发优势,推进生产要素快速提升而实现的。但随着技术水平的提高,特别是味精、柠檬酸等产品产量不仅达到世界第一,而且发酵质量方面也达到世界领先水平,在这种状况下,可以直接利用的国外现成技术装备空间已大大减少,必须加快自主研发,提升自主创新能力。

(3) 产业结构调整加剧,集中度进一步加强 生物发酵产业部分产能严重过剩,生产成本急剧上涨,利润空间也大幅度压缩,同时环保压力日趋严峻,这些均使得生产者不得不理性分析和应对市场的变化,并且根据市场未来的发展调整产业结构,以适应发展,而不能适应市场发展的企业势必将退出竞争领域,产业集中度会进一步加强。企业之间的并购、合作,境外投资也将成为发展的主流趋势。依据发酵行业进入新的发展阶段所面临的形势,我们应该清醒地认识到,生物发酵行业以前依靠高投入、高能耗、低成本的增长模式,已经不可持续,必须尽快从资源消耗型转向要素集约型,从依靠投资规模的扩张,向依靠技术进步和创新、要素升级转变。因此加快转变增长方式,优化机构调整,加快产品更新换代和产业链转型升级进程,全面提升生物发酵产业素质和整体水平是全行业首要的任务。

随着科学技术与经济的发展,人们生活水平的不断提高,人们对食品的色、香、味,及营养、安全等提出了越来越高的要求。作为21世纪最具有发展潜力的新兴产业,食品生物发酵技术在满足人们对食品的要求,解决食品工业发展中的问题方面,必将发挥着越来越大的作用,具有强大的发展潜力和良好的发展前景。虽然目前食品生物技术及其产业发展还存在一些争议问题,但是相信在不久的将来,食品生物技术必能克服种种困难,为食品工业的上、中、下游,农产品、食品资源改造、食品生产工艺改良,及食品的保鲜、包装、贮运、检测等方面提供强有力的技术支撑和保障,并发展、开拓更为广阔的应用和前景。

## 第二节 发酵食品分类特点及质量标准

发酵食品是指利用微生物加工制造的一类食品。全世界很多国家都有不同的发酵食品。发酵食品在东方国家甚为流行,如日本纳豆、韩国泡菜和印度丹贝等。发酵食品通常制作成本低,能有效地保藏,还能提高营养价值及形成特殊风味。另外,发酵过程还能除去一些食物原料中的有毒成分或抗营养因子,如植酸、单宁、多酚类物质等。

我国发酵食品历史悠久,种类丰富,很多发酵食品形成了独特的风味特点。粮谷、果蔬、肉、乳等均可用于发酵食品的原料,根据这些原料的营养特点不同,采用不同的微生物可制作成风味独特的发酵食品,如酒类、酱醋调味品类、酱腌菜、火腿、酸乳及发酵肉制品等。对这些发酵食品有众多深入的研究,涵盖了生产、营养保健特点、安全性、分析方法等各个方面。

功能性发酵食品主要是以高新生物技术(包括发酵法、酶法)形成具有某种生理活性的成分,生产出能调节机体生理功能的食品,使消费者在享受美味食物的同时,也达到调节自

身生理机能,甚至辅助某些疾病治疗的效果。目前,在大部分发酵食品背后的生化过程、代谢作用机制尚不清楚,而功能发酵食品的生理调节机制仍需探讨,对这些基础理论知识的掌握,为食品新功能、新工艺、新产品的开发创造条件和奠定基础。

## 一、发酵食品的分类及特点

### 1. 发酵食品的分类

#### (1) 按照所利用原料的种类分类

谷物发酵制品:如面包、黄酒、白酒、啤酒、食醋等;

发酵豆制品:如酱油、豆腐乳、纳豆、豆豉、丹贝等;

发酵果蔬制品:如果酒、果醋、果蔬发酵饮料、泡菜、果汁发酵饮料等;

发酵肉制品:如发酵香肠、发酵干火腿、培根等;

发酵水产品:如鱼露、蟹酱、酶香鱼等。

#### (2) 按照所利用的主要微生物的种类分类

酵母菌发酵食品:如面包、啤酒、葡萄酒及其他果酒、食醋、面酱、食用酵母等;

霉菌发酵食品:如白酒、糖化酶、果胶酶、柠檬酸、豆豉、酱油等;

细菌发酵食品:如谷氨酸、淀粉酶、豆腐乳、豆豉、酱油、黄原胶、味精等;

酵母、霉菌混合发酵食品:如酒精、绍兴酒、日本清酒等;

酵母、细菌混合发酵食品:如腌菜、奶酒、果醋等;

酵母、霉菌及细菌混合发酵食品:如食醋、大曲酒、酱油及酱类发酵制品等。

#### (3) 按照传统发酵食品 and 现代发酵食品的概念分类

传统发酵食品:如发酵面食、发酵米粉、醪糟、白酒、啤酒、酱油、面酱、豆豉、食醋、豆酱、泡菜、纳豆、丹贝、鱼露、发酵香肠等;

现代发酵食品:如柠檬酸、苹果酸、醋酸、真菌多糖、细菌多糖、维生素C、发酵饮料、微生物油脂、食用酵母、单细胞蛋白等。

### 2. 发酵食品的特点

发酵食品的功能来源于微生物产生的代谢产物以及微生物酶对原料分解后产生的分解产物,当以一种或数种农副产品为原料经微生物发酵生产发酵食品时,伴随着主要产物的生成,有成百上千种其他代谢物形成;它们平衡协调形成了发酵食品特有的品质与风味,也使发酵后的食物中可能含有多种功能因子,其中有很多都是传统意义上对人体有保健作用的成分。

传统的发酵生产工艺中,微生物的菌群基本来源于自然界。而现代发酵生产中人们对微生物菌群进行了筛选和改造,利用先进的生产工艺高速地对其中某种需要的工程菌进行纯培养(克隆)。这种工艺能够提高原料的利用率,有利于缩短生产发酵食品的周期,对发酵食品的大量生产及提高营养价值都是有利的。为了实现大量生产且更多地保留其营养健康功效,在发酵食品的工艺中通常采用混合发酵的方式。这种工艺下的发酵食品具有营养、方便、口感好、卫生等特点。

微生物发酵方法改变了食品一些方面的性质,如食品的渗透压、pH、水分活度等。通过发酵,腐败微生物的生长受到了抑制,利于食品保藏,产品同时也具有了特殊的香气、口感和色泽。现代医学研究表明,微生物发酵食品对调节机体生理功能有着非常有效的作用。如

调节肠道菌群、促进营养吸收,防止便秘、降低胆固醇,改善肝功能等,甚至对精神类疾病也有一定的调节作用。

## 二、发酵食品典型产品质量标准

发酵食品生物工艺产品的质量标准有酒、酒精、发酵调味品、有机酸、氨基酸等几类。酒类质量标准包括啤酒、白酒、葡萄酒、黄酒等,酒精质量标准包括食用酒精和工业酒精等,发酵调味品质量标准包括酿造酱油、酿造食醋和酱等;以及柠檬酸、味精质量标准。发酵食品绝大多数为国家标准,也有部分为行业标准。食品标准的具体内容可从“食品伙伴网”下载(<http://www.foodmate.net/standard>)。现选取部分典型发酵食品的质量标准编号列举如下:

GB4927—2008《啤酒质量标准》; GB/T 10781.1—2006《浓香型白酒质量标准》; GB/T 10781.2—2006《清香型白酒质量标准》; GB/T 10781.3—2006《米香型白酒质量标准》; GB/T 23547—2009《浓酱兼香型白酒质量标准》; GB15037—2006《葡萄酒质量标准》; GB/T 13662—2008《黄酒标准》; GB10343—2008《食用酒精质量标准》; GB/T394.1—2008《工业酒精质量标准》; GB18186—2000《酿造酱油质量标准》; GB18187—2000《酿造食醋质量标准》; GB2718—2014《酿造酱》; GB/T 8269—2006《柠檬酸质量标准》; GB/T 8967—2007《谷氨酸钠(味精)质量标准》等。

## 第三节 发酵微生物实验室基本建设及生物安全

### 一、微生物实验室位置的选择

发酵微生物实验室的选址应考虑周围环境。一级发酵微生物实验室无需特殊选址,普通建筑物即可,但应有防止昆虫和啮齿动物进入的设计。二级发酵微生物实验室可共用普通建筑物,但应自成一区,宜设在建设物的一端或一侧,与建筑物其他部分可相通,但应设可自动关闭的门,新建实验室应远离公共场所。三级发酵微生物实验室可共用普通建筑物,但应自成一区,宜设在建设物的一端或一侧,与建筑物其他部分不相通,新建实验室应远离公共场所,主实验室与外部建筑物的距离应不小于外部建筑物高度的1.2倍。四级发酵微生物实验室应建造在独立建筑物的完全隔离区域内,该建筑物应远离公共场所和居住建筑,其间应设植物隔离带,主实验室与外部建筑物的距离应不小于外部建筑物高度的1.5倍。

微生物实验室的设计要求和地址选择应能保证实施菌种分离和扩大培养的无菌操作规程,使接种的菌种能有一个洁净、恒温 and 空气清新的培养环境,以提高微生物的成活率和纯培养质量。所以,微生物实验室应选择在水电齐全、环境洁净、空气清新的地方,尽量避免与畜禽圈舍、饲料仓库及排放“三废”的工厂相邻。尤其夏季,更应注意实验室周围的环境卫生。房间要求既能密封,又能通风通气、保温,并且光线充足。实验室的墙壁、天花板应光滑、耐腐蚀,防水、防霉,易于清洗,地面用水泥抹平,各个房间要求水电配套,利于温控湿。

### 二、微生物实验室的布局

在条件允许的情况下,实验室应按照配制培养基→蒸汽灭菌→分离或接种→培养→检



验→保存或处理的顺序进行平面布局，相应安排洗涤室、培养基配制室、灭菌室、接种室、培养室、检查室及冷藏保存或处理室，使其形成一条流水操作线。

### 1. 洗涤配制灭菌室

(1) 洗涤室及其设备 洗涤室是洗刷培养微生物用的试管、培养皿、三角烧瓶等的场所。室内为水泥或瓷砖地面，墙角及拐弯处应设计为弧形，四壁由地面起 1.5m 高为瓷砖墙面，以便于清洗。室内应具有水池、干燥架、工作台、干燥箱等洗涤相关辅助用具与设施。主要包括瓷制或水泥水池；水池带干燥架，可倒挂或悬挂清洗过的玻璃仪器以便控干水分；有可放电炉、铝锅等工具的工作台；有干燥箱，以供干燥器皿、试管及吸管等；需要毛刷、去污粉等辅助用具，以及其他相关专用洗涤工具。

(2) 培养基配制室及设备 培养基配制室是供调配各种培养基、培养料的场所。室内要求清洁、宽敞、无杂物。除实验台、上下水水池、电源而外，还需要配备衡量器具、药品橱柜、工作台橱柜、拌料用具以及装料用具等。粗天平、量杯、量筒等，用于称取或量取药品及拌料用水；橱柜、台柜等用来放置原料、药品、天平、漏斗、煮锅、烧杯、电炉、铁架台、试管架、试管夹、试管、棉花、纸、刀剪等；拌料用具有小铁铲、铝锅、塑料桶、玻璃棒等。必要时还应配置一些机械设备，如切片机、粉碎机等；以及三角烧瓶、培养皿、试管等玻璃器皿等。

(3) 灭菌室及其设备 灭菌室是对配制好的培养基、培养料及器具设备进行灭菌的场所，灭菌室内应有通风设备。常用的灭菌设备有高压蒸汽灭菌锅、干燥灭菌器、流动蒸汽釜等。

干燥灭菌器又称干热灭菌箱或干燥器。培养皿、试管、吸管等玻璃器皿，棉塞、滤纸以及不能与蒸汽充分接触的液体（石蜡）等，都可用于干燥器灭菌。

### 2. 接种室

(1) 接种室 接种室又称无菌室，由缓冲外间和接种内间构成。接种间内一般有超净工作台、接种箱等接种设备，以及各种接种工具，供微生物的接种、分离操作使用。接种室的构造如图 1-1 所示。

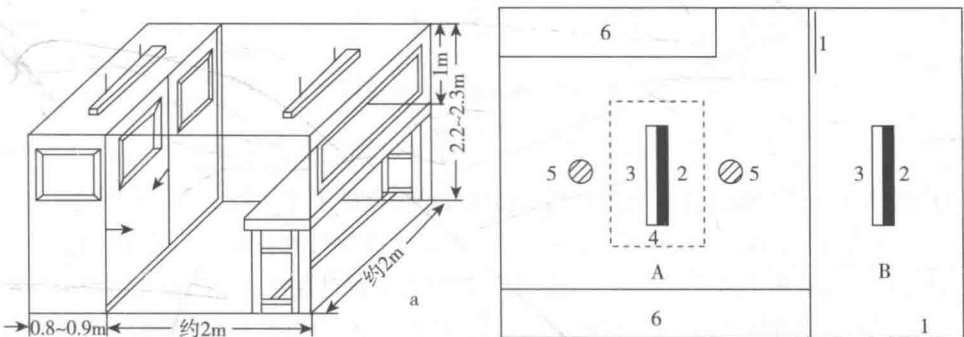


图 1-1 无菌室构造及平面布置

→表示门窗的推拉方向 A—接种室 B—缓冲室

1—移门 2—紫外线灯 3—日光灯 4—工作台 5—椅子 6—菌种架

接种间面积不宜过大，一般为 2m×2.5m，高度不超过 2.5m。室内地面、墙面均应光滑整洁，房顶铺设天花板，以减少空气波动，门要设在离工作台最远的地方。为提高无菌室的