



“十二五”普通高等教育规划教材

发酵食品 上

FAJIAO SHIPIN

● 熊涛 魏华 乔长晟 主编



中国质检出版社
中国标准出版社



“十二五”普通高等教育规划教材

FAJIAO SHIPIN

发酵食品

(上)

熊 涛 魏 华 乔长晟 主 编

中国质检出版社
中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

发酵食品. 上/熊涛, 魏华, 乔长晟主编. —北京: 中国质检出版社, 2013. 11

“十二五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5026-3847-4

I. ①发… II. ①熊… ②魏… ③乔… III. ①发酵食品—生产工艺 IV. ①TS26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 155016 号

内 容 提 要

本书是食品学科的专业课程, 是编者在参考和吸收国内外发酵食品专著和文献精髓, 并结合多年来在食品工程和发酵工程教学和研究成果的基础上系统编写的。全书分上、下册, 重点讲述发酵食品微生物及其代谢机制, 发酵蔬菜、发酵豆制品、发酵肉制品、发酵谷物制品、发酵乳制品等传统发酵食品以及氨基酸发酵、有机酸发酵、维生素发酵、发酵多糖、发酵饮料等现代发酵食品的基础理论和专业技术知识, 同时关注到发酵食品研究的最新成果与前沿技术、现代研究方法和手段。

本书可作为高等院校食品科学与工程、发酵工程、生物工程、食品生物技术等专业的教材, 对食品生产与流通、食品质量控制、食品安全卫生监控与检测等行业领域的科技和管理人员也有重要的参考价值。

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 15.5 字数 400 千字

2013 年 11 月第一版 2013 年 11 月第一次印刷

*

定价: 35.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

审 定 委 员 会

陈宗道 (西南大学)

谢明勇 (南昌大学)

殷涌光 (吉林大学)

李云飞 (上海交通大学)

何国庆 (浙江大学)

王锡昌 (上海海洋大学)

林 洪 (中国海洋大学)

徐幸莲 (南京农业大学)

吉鹤立 (上海市食品添加剂行业协会)

巢强国 (上海市质量技术监督局)

— 本 书 编 委 会 —

主 编 熊 涛 (南昌大学)
魏 华 (南昌大学)
乔长晟 (天津科技大学)

参 编 (按姓氏笔画排序)

于海峰 (山东轻工业学院食品与生物工程学院)
马晓娟 (南昌大学生命科学与食品工程学院)
王 玉 (天津农学院农学系)
王如福 (山西农业大学食品科学与工程学院)
王德培 (天津科技大学生物工程学院)
冯 超 (南昌大学生命科学与食品工程学院)
李 政 (天津工业大学纺织工程学院)
关倩倩 (南昌大学生命科学与食品工程学院)
刘妍妍 (南昌大学生命科学与食品工程学院)
许恒毅 (南昌大学食品科学与技术国家重点实验室)
汪建明 (天津科技大学食品工程与生物技术学院)
陈廷涛 (南昌大学转化医学研究院)
张葳媛 (天津科技大学生物工程学院)
张慧玲 (宁夏大学农学院食品科学系)
郑 宇 (天津科技大学生物工程学院)
徐 锋 (南昌大学中德联合研究院)
黄旭慧 (南昌大学软件学院)
黄运红 (江西师范大学生命科学学院)
崔云前 (山东轻工业学院食品与生物工程学院)
舒国伟 (陕西科技大学生命科学与工程学院)
谢希贤 (天津科技大学生物工程学院)

序 言

近年来，人们对食品安全的关注度日益增强，食品行业已成为支撑国民经济的重要产业和社会的敏感领域。随着食品产业的进一步发展，食品安全问题层出不穷，对整个社会的发展造成了一定的不利影响。为了保障食品安全，规制食品产业的有序发展，近期国家对食品安全的监管和整治力度不断加强。经过各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部门实施食品原材料监管、质监部门承担食品生产环节监管、工商部门从事食品流通环节监管的制度完善的食品安全监管体系。

在整个食品行业快速发展的同时，行业自身的结构性调整也在不断深化，这种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高的要求，而与此相关的高等教育正是在食品科学与工程各项理论的实际应用层面培养专业人才的重要渠道，因此，近年来教育部对食品类各专业的高等教育发展日益重视，并连年加大投入以提高教育质量，以期向社会提供更加适应经济发展的应用型技术人才。为此，教育部对高等院校食品类各专业的具体设置和教材目录也多次进行了相应的调整，使高等教育逐步从偏重基础理论的教育模式中脱离出来，使其真正成为为国家培养应用型的高级技术人才的专业教育，“十二五”期间，这种转化将加速推进并最终得以完善。为适应这一特点，编写高等院校食品类各专业所需的教材势在必行。

针对以上变化与调整，由中国质检出版社牵头组织了“十二五”普通高等教育规划教材（食品类）的编写与出版工作，该套教材主要适用于高等院校的食品类各相关专业。由于该领域各专业的技术应用性强、知识结构更新快，因此，我们有针对性地组织了西南大学、南昌大学、上海交通大学、浙江大学、上海海洋大学、中国海洋大学、南京农业大学、华中农业大学以及河北农业大学等 40 多所相关高校、科研院所以及行业协会中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出该套框架好、内容

新、适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足食品类各专业普通高等教育的不断发展和当前全社会范围内对建立食品安全体系的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的应用型技术人才，进一步提高食品类各专业高等教育教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校食品类各专业的实际教学需要，本系列教材的编写尤其注重了理论与实践的深度融合，不仅将食品科学与工程领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过对教材的学习，可以深入把握食品行业发展的全貌，而且也将食品行业的新知识、新技术、新工艺、新材料编入教材中，使读者掌握最先进的知识和技能，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出，必将会推动我国食品类高等教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材审定委员会

2013 年 11 月

前言

• FOREWORD •

发酵食品是指人们利用有益微生物的发酵作用加工制造的一类具有独特风味的食品。其生产历史悠久，种类繁多，如泡菜、酸奶、奶酪、面包、酱油、豆酱、豆豉、腐乳、食醋、黄酒、甜米酒以及其他酒类等都有着几千年的历史，且深受人们的欢迎。这些发酵食品不仅给人们带来了营养和美味，而且还有很好的保健功能，对人类健康作出了很大的贡献。20世纪以来，随着微生物理论的进一步完善和发酵工程、酶工程及生化工程的迅猛发展，发酵食品的内涵也得到了极大的拓展，出现了有机酸、氨基酸、抗生素、维生素、酶制剂等一系列现代发酵食品。发酵食品行业现已成为了我国国民经济的重要组成部分。随着人们生活水平的提高和健康意识的增强，发酵食品及其生产技术将会越来越受到人们的重视，对发酵食品的研究也会越来越深入。然而，目前关于发酵食品的书籍多是侧重于发酵食品加工及酿造工艺，理论知识深度不足，这对于大中专院校生物及食品专业的教学来说，是远远不够的，因而本书得以应运而生。

《发酵食品》分为三篇共十五章，第一篇介绍发酵食品原理；第二篇介绍传统发酵食品，包括国内外的传统发酵蔬菜制品、传统发酵豆制品、传统发酵肉制品、传统发酵谷物制品和传统发酵乳制品以及传统发

酵食品的安全性；第三篇介绍新型发酵食品，包括氨基酸、有机酸、维生素、发酵多糖及发酵饮料。本书的编写特点是：第一，理论知识更为深入。书中不仅对不同种类的发酵食品的生产原料、参与发酵的微生物、生产工艺等做了详尽的叙述，并且结合经典的基础理论与最新的研究成果，对各种发酵食品的发酵机理及代谢控制做了更为深入的介绍。第二，内容更为全面。本书涵盖了发酵食品原理、传统发酵食品、现代发酵食品以及未来发酵食品的发展方向等方面的内容，使读者对发酵食品有更为全面深入的了解。

熊涛负责全书的统稿和修改。魏华负责第一篇的统稿，陈廷涛参与编写第一篇的第一章，徐锋参与编写第一篇的第二章，许恒毅、陈廷涛参与编写第一篇的第三章，徐锋、陈廷涛参与编写第一篇的第四章。关倩倩负责第二篇的统稿，关倩倩、刘妍妍参与编写第二篇的第一章，黄运红参与编写第二篇的第二章，冯超、关倩倩、刘研研参与编写第二篇的第三章，王如福参与编写第二篇的第四章，马晓娟、关倩倩参与编写第二篇的第五章。魏华、许恒毅参与编写第二篇的第六章，黄旭慧负责数据处理和图表绘制。乔长晟负责第三篇的统稿，谢希贤参与编写第三篇第一章，王德培参与编写第三篇第二章，李政、王玉、崔云前、乔长晟参与编写第三篇第三章，舒国伟、于海峰、李政、乔长晟参与编写第三篇第四章，汪建明、于海峰、张慧玲、郑宇参与编写第三篇第五章，张葳媛协助绘制、修改书中部分图表。

由于时间仓促和编者水平所限，书中对发酵食品的介绍可能不尽全面，不足之处在所难免，恳请同行和广大读者批评指正。

编 者

2013 年 11 月

目 录

• CONTENTS •

第一篇 发酵食品原理

第一章 发酵食品概论	(1)
第一节 发酵食品的内涵和特征	(1)
一、发酵食品的定义及种类	(1)
二、发酵食品的内涵和特征	(2)
第二节 发酵食品的历史沿革	(3)
一、发酵谷类食品	(4)
二、发酵豆类食品	(4)
三、发酵蔬菜	(5)
第三节 发酵食品的功能	(5)
一、功能性碳水化合物	(6)
二、多肽与氨基酸	(6)
三、抗氧化活性物质	(7)
四、降低胆固醇及血压的物质	(7)
五、益生菌及微生物酶系	(7)
六、其他对人体有益的物质	(8)
第四节 发酵食品的现状与发展趋势	(8)
一、我国传统发酵食品的现状	(8)
二、发酵食品存在的主要问题	(8)
三、传统发酵食品的发展之路	(10)
四、现代生物技术在传统发酵食品的应用	(10)

第二章 发酵食品微生物..... (12)

第一节 细菌 (12)

一、乳酸菌 (12)

二、双歧杆菌 (15)

三、醋酸杆菌 (18)

四、其他生产常用细菌 (19)

第二节 酵母 (20)

一、酵母菌的生物学功能 (20)

二、酵母菌应用食品发酵的典型例子 (21)

第三节 霉菌 (21)

一、毛霉属 (22)

二、根霉属 (22)

三、曲霉属 (22)

四、地霉属 (23)

第三章 发酵食品微生物代谢机制 (24)

第一节 碳水化合物代谢 (24)

一、淀粉的降解 (24)

二、糖代谢 (25)

三、呼吸作用与发酵 (27)

第二节 蛋白质代谢 (28)

一、蛋白质的分解 (28)

二、氨基酸的分解 (28)

第三节 脂代谢 (29)

一、甘油及脂肪酸的降解 (29)

二、脂肪酸及脂肪的合成 (31)

第四章 发酵过程共性技术 (33)

第一节 菌种选育及优化技术 (33)

一、菌种选育和优化技术简介 (33)

二、菌种选育及优化技术的现状及发展趋势 (34)

第二节 培养基的设计及其工业化制备 (39)

一、培养基的设计	(39)
二、培养基的工业化制备	(40)
第三节 发酵工程设备	(42)
一、固态发酵	(43)
二、液态发酵	(45)

第二篇 传统发酵食品

第一章 传统发酵蔬菜制品	(50)
--------------------	------

第一节 概述	(50)
一、蔬菜发酵中的微生物	(50)
二、蔬菜发酵机理	(53)
三、蔬菜发酵过程中化学成分的变化	(60)
第二节 泡菜	(62)
一、原料及辅料	(62)
二、生产工艺	(64)
三、四川泡菜	(66)
四、韩国泡菜	(70)
五、泡菜工业现代化	(72)
第三节 其他传统发酵蔬菜制品	(74)
一、酸菜	(74)
二、梅干菜	(77)
三、酸辣辣椒	(79)
四、酸黄瓜	(80)

第二章 传统发酵豆制品	(83)
-------------------	------

第一节 概述	(83)
一、传统发酵豆制品简介	(83)
二、发酵豆制品生产常用微生物	(85)
三、豆制品发酵过程中质量控制	(89)
第二节 酱油	(90)
一、酱油的发酵机理	(91)

- 二、酱油发酵的生物化学 (94)
- 三、酱油的传统生产工艺 (95)
- 四、酱油的现代工艺及改进 (98)
- 第三节 腐乳 (99)
 - 一、腐乳的发酵机理 (100)
 - 二、腐乳发酵的生物化学 (101)
 - 三、腐乳的传统生产工艺 (101)
 - 四、腐乳的现代工艺及改进 (103)
- 第四节 其他传统发酵豆制品 (104)
 - 一、豆豉 (104)
 - 二、豆酱 (106)
 - 三、丹贝 (107)
 - 四、纳豆 (108)
 - 五、味噌 (109)

第三章 传统发酵肉制品 (111)

- 第一节 概述 (111)
 - 一、发酵肉制品种类及特点 (111)
 - 二、发酵肉制品中的微生物 (112)
- 第二节 发酵香肠 (114)
 - 一、香肠的发酵机理 (114)
 - 二、香肠发酵常用微生物 (115)
 - 三、香肠制作的原料及辅料 (119)
 - 四、香肠的加工工艺 (120)
 - 五、发酵香肠成熟过程中化学成分变化 (124)
- 第三节 发酵火腿 (125)
 - 一、火腿的发酵机理 (125)
 - 二、火腿发酵常用微生物 (126)
 - 三、火腿制作的原料及辅料 (127)
 - 四、火腿的加工工艺 (128)
 - 五、发酵火腿成熟过程中化学成分变化 (134)

第四章 发酵谷物制品 (137)

- 第一节 概述 (137)

一、发酵谷物制品的历史	(137)
二、发酵谷物制品的种类及特点	(137)
第二节 食醋	(140)
一、食醋生产常用的微生物	(140)
二、食醋的发酵机理	(141)
三、食醋生产的原料及前处理	(142)
四、食醋的酿制工艺	(144)
五、食醋发酵过程中化学成分变化	(154)
第三节 白酒	(155)
一、白酒生产常用微生物	(156)
二、白酒的发酵机理	(157)
三、酿酒原料及前处理	(158)
四、白酒酿造工艺	(160)
五、白酒发酵过程中化学成分变化	(167)
第四节 其他发酵谷物食品	(169)
一、啤酒生产技术	(169)
二、黄酒生产技术	(174)
三、清酒生产技术	(179)
四、面包生产技术	(182)
第五章 传统发酵乳制品	(188)
第一节 概述	(188)
一、发酵乳制品的种类	(188)
二、发酵乳制品的特点	(188)
三、发酵乳制品中的微生物	(189)
四、发酵乳制品中的质量控制	(190)
第二节 酸乳	(191)
一、酸乳的定义	(191)
二、酸乳的发酵机理及后发酵控制	(193)
三、酸乳发酵剂	(195)
四、酸乳的加工工艺	(198)
五、酸乳发酵过程中化学成分的变化	(202)
第三节 干酪	(202)

- 一、干酪的加工 (202)
- 二、天然干酪的加工工艺 (203)
- 三、融化干酪的加工 (208)
- 四、生干酪的加工 (210)
- 五、干酪发酵过程中化学成分变化 (210)
- 第四节 其他传统发酵乳制品 (211)
 - 一、开菲尔 (211)
 - 二、酸马奶 (215)
 - 三、发酵稀奶油 (218)
 - 四、发酵酪乳 (221)

第六章 传统发酵食品的安全性..... (223)

- 第一节 传统蔬菜制品的安全性问题 (223)
 - 一、传统蔬菜中硝酸盐、亚硝酸盐对人类健康的危害 (224)
 - 二、中国传统蔬菜加工的弊端 (224)
 - 三、传统蔬菜中安全性的研究 (224)
- 第二节 传统发酵大豆制品的安全性问题 (225)
 - 一、微生物毒素的安全性 (225)
 - 二、发酵过程中主要微生物的安全性 (225)
 - 三、化学性危害及工艺控制因素 (226)
 - 四、含转基因原料的发酵豆制品的安全性 (226)
- 第三节 其他传统发酵食品存在的安全性问题 (226)
 - 一、乳制品的安全性 (226)
 - 二、肉制品安全 (228)
- 第四节 传统发酵食品的安全性评估的内容 (229)
- 第五节 传统发酵食品的安全性监控的方式 (230)
 - 一、发酵食品的安全性 (230)
 - 二、发酵食品安全性监控 (231)

第一篇 发酵食品原理

第一章 发酵食品概论

“民以食为天”。在绵延数千年的中华历史文化以及世界各国的科学发展史中,积淀颇深的传统饮食文化对社会文明进步起了重要的推动作用。食物作为满足人体或动物机体生理需求、人类正常生活要求、延年益寿的基本物质,经历了不同时代的逐步加速发展的阶段。

农业的出现是人类文明的起源。人类从狩猎和采集食物阶段开始转向作物的栽培和动物的养殖阶段,满足人们对食物不断增长的需求。相对原始阶段,农业时代是文明的起源,采集的植物源食物或猎得的动物源食物(俗称野生食物)逐步转向作物种植或饲养动物(人工驯养的食物),形成了饮食文明的伊始。人类开始用自己生产的食品来代替自然提供的野生食物,渐渐进入了食品加工的发展阶段。

在人类长达数千年的生产实践活动中,人类不断摸索、实践、总结出改进食物风味、延长贮藏期、提高其营养、消化吸收率的方法。其中大部分实践都涉及微生物的代谢活动,形成了众多赋予地域特色、生产工艺传统的发酵食品资源。

发酵食品的应用虽然具有几千年历史,然而人类对其精确的描述却始于近代微生物学的出现。19世纪中后叶,法国科学家巴斯德通过曲颈瓶试验证实了微生物的存在,挽救了濒临困境的法国葡萄酒业和蚕丝业。随着科学界对微生物发酵原理了解的不断深入,伴随现代生物技术,尤其是分子生物学技术发展的突飞猛进,发酵食品迎来了一个高速发展、日新月异的春天。然而,微生物在环境中的无所不在,同样也使得发酵食品的安全性受到了质疑和挑战。

中国传统发酵食品作为我国食品资源的重要组成部分,在承继传统中华饮食文化的基础上,其与现代先进科学技术、管理理念的结合,必将形成文化底蕴深厚、多元化的系列产品,对世界饮食结构和文化的形成产生深远的影响。

第一节 发酵食品的内涵和特征

一、发酵食品的定义及种类

发酵是指利用培养微生物来获得菌体本身或初级、次级代谢产物的有氧或厌氧培养的过程。发酵食品是指人们利用有益微生物加工制造的一类具有独特风味、功能的食品。

发酵食品业已成为食品工业中的重要分支。广义而言,凡是利用微生物的作用制取的食品都可称为发酵食品,而功能性发酵食品则主要是以高新生物技术(包括发酵法、酶法)生产出具有某种生理活性、调节机体生理功能的物质或食品。从食物原料的划分来看,包括发酵乳制品、发酵豆制品、发酵谷物类制品、发酵果蔬、发酵肉制品等,涵盖酸奶、干酪、酿酒(白酒、葡萄酒、啤酒、黄酒等)、泡菜、酱油、食醋、豆豉、以及氨基酸、有机酸、维生素、多糖等功能性物质;从



采用的技术先进性来看,发酵食品分为传统发酵食品 and 现代发酵食品。传统发酵食品的工业化程度低,过多地依赖于经验,存在稳定性差、易污染、人工费高等缺点,而现代食品发酵正逐步取代或部分取代传统发酵食品,成为满足现代生活节奏和高品质需求的主流发酵食品。从发酵食品的微生物本质来看,可分为含菌发酵食品或无菌发酵食品,前者的意义在于增强人体的胃肠道消化的功能,提高机体免疫力,然而,也容易造成食源性致病菌的污染和繁殖,造成食品安全中的食物中毒事件,而后者虽然具有安全性,然而只能应用在部分食品(如饮料、食品添加剂等),缺少益生菌的功能。

目前经常食用的发酵食品主要由谷物发酵制品、豆类发酵制品和乳类发酵制品组成。这些发酵食品在增进人体健康、预防疾病方面发挥着重要的辅助作用。如谷物发酵制品包括富含苏氨酸等成分的甜面酱、米醋、米酒等,可以防止记忆力减退;醋含有多种有机酸、氨基酸及矿物质等主要成分,可有效降低血压、血糖及胆固醇。豆类发酵制品包括豆瓣酱、酱油、豆豉、腐乳等,发酵后的大豆含有丰富的抗血栓成分,可预防动脉粥样硬化、降低血压、防止骨质疏松症的发生。乳类发酵制品如酸奶、奶酪等含有乳酸菌等成分,能抑制肠道腐败菌的生长、刺激机体免疫系统、有效地预防癌症等疾病的发生。

发酵食品离不开微生物的参与。目前最为常用的微生物主要包括酵母菌、曲霉、乳酸菌、醋酸菌、黄短杆菌、棒状杆菌等,其中醋酸杆菌属革兰氏阴性无芽孢杆菌,兼性好氧,常见于腐烂的水果、蔬菜、酸果汁、醋和饮料酒中,其能氧化乙醇成为乙酸,因而是制造食醋的主要菌种;谷氨酸棒杆菌、钝齿棒杆菌等能将糖分解合成有机酸,并将含氮物质分解成铵离子,再进一步合成谷氨酸并积累于发酵液中,因此被广泛用于味精(L-谷氨酸盐)的生产;乳酸菌属革兰氏阳性菌,能产生大量短链有机酸和抗菌肽物质,对人体健康具有积极的作用,目前已被广泛用于乳制品、肉制品和蔬菜类发酵中。

发酵食品的发展受现代生物技术、微生物学、分子生物学的影响,其定义和种类也必将随着科学的发展,呈现继承和创新发展的两种属性。

二、发酵食品的内涵和特征

我国发酵食品历史悠久,酒类、豆类、蔬菜类发酵食品对日本、韩国和朝鲜等亚洲国家饮食结构起到了重要的作用。与西方国家相比,东方发酵食品的生产形式、风味和食用特点具有其独特之处。然而,我国发酵食品工业化程度普遍低下,只有白酒、啤酒等产品实现了工业化生产,其他产品如腐乳、豆豉、酱油等均基本是作坊式生产,而西方的一些传统发酵食品如干酪、酸奶、啤酒、葡萄酒、发酵肠等,都已经实现了工业化生产。因此,提高我国发酵食品工业化水平,积极参与国际竞争,才有可能使我国发酵食品获得生存发展的空间,并带动技术水平的提高。目前全世界发酵食品以欧洲和北美洲的产量最大;北非和大洋洲最少;亚洲和南、中美洲介于两者之间。其中欧洲以发酵乳制品、饮料、谷物和肉制品为主;非洲以淀粉制品和饮料为主,乳制品次之;中东以奶制品为主,而豆类和肉制品次之;东亚和东南亚以鱼类和豆制品为主,奶制品次之;北非和大洋洲则以奶制品为主而豆制品次之;而我国发酵食品随着国家经济的不断增长,食品行业总量的不断扩大,正呈现快速增长的态势,在未来必将体现其重要的价值,占据优势的地位。

传统发酵食品是历代劳动人民创造的智慧结晶,尽管其产生多以经验为主,缺乏深入、客观的理论支持,然而其千百年来食用经验和文化沉淀足以证明发酵食品的安全性和独特性。