



21 世纪

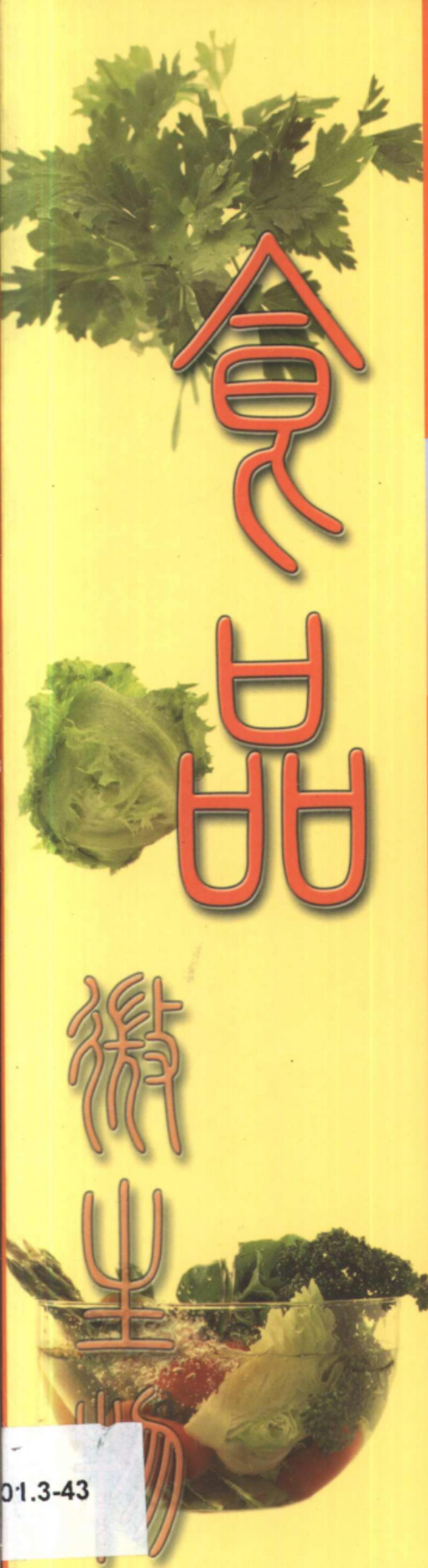
农业部高职高专规划教材

食品微生物

钱爱东 主编

食品科学与工程类专业用

中国农业出版社



01.3-43

ZHONGGUO NONGYE CHUBANSHE

责任编辑 林珠英
封面设计 梓 怡
版式设计 邵国平

ISBN 7-109-07596-6



9 787109 075962 >

ISBN 7-109-07596-6/TS·109

定价：21.60 元

T5201.343
Q42

21 世纪农业部高职高专规划教材

食品微生物

钱爱东 主编

食品科学与工程类专业用



A1057134

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物/钱爱东主编. —北京: 中国农业出版社,
2002.6

21 世纪农业部高职高专规划教材

ISBN 7-109-07596-6

I. 食... II. 钱... III. 食品-微生物-高等学校:
技术学校-教材 IV. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 011012 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 林珠英

北京忠信诚胶印厂印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16.75

字数: 378 千字

定价: 21.60 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

出版说明

高 职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，近年来高职高专教育有很大的发展，为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类专门人才。当前，高职高专教育成为社会关注的热点，面临大好的发展机遇。同时，经济、科技和社会发展也对高职高专人才培养提出了许多新的、更高的要求。但是，通过对部分高等农业职业技术学院、中等农业学校高职班教学和教材使用等情况的了解，目前农业高职高专教育教材短缺，已严重影响了当前教学的开展和教育改革工作。针对上述情况，并根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家制定了 21 世纪农业部高职高专规划教材编写出版规划。根据各校有关专业的设置，按专业陆续分批出版。

教材的编写是按照教育部高职高专教材建设要求，紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才，即培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的，德、智、体、美全面发展的高等技术应用性专门人才。教材定位是：基础课程体现以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强针对性和实用性。相信这些教材





的出版将对培养高等技术应用性专门人才，提高劳动者素质，对建设社会主义精神文明，促进社会进步和经济发展起到重要的作用。

21世纪农业部高职高专规划教材突出基础理论知识的应用和实践能力的培养，具有针对性和实用性。适用于全国农林各高等职业技术学院、农林大学成教学院、高等农林专科学院、农林中专学校的高职班师生和相关层次的培训及自学。

在规划教材出版之际，对参与教材策划、主编、参编及审定工作的专家、老师以及支持教材编写的各高等职业技术学院、农业中专学校一并表示感谢！

中国农业出版社

2002年2月

编写说明

BIANXIESHUYONG

本书是中国农业出版社受农业部的委托，在广泛调查研究的基础上，组织编写的 21 世纪农业部高职高专规划教材。随着国家经济体制改革和社会主义市场经济的发展，高等职业教育蓬勃发展，迅速壮大。为了满足高职高专人才培养工作的需要，中国农业出版社根据《教育部关于加强高职高专人才培养工作的意见》和《关于加强高职高专教育教材建设的意见》的精神，组织了高职高专规划教材的编写工作。本书编写为了适应高职高专教育和培养人才需要，结合高职高专教育发展的实际要求，紧紧围绕培养高等技术应用型专门人才，即培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的，德、智、体、美全面发展的高等技术应用型专门人才。本书是食品科学和食品工程类专业的基础课教材，在编写过程中注重体现高职高专的特点，以应用为目的，尽量以较小的篇幅，讲清概念，内容达到系统、够用、实用。

本书分三分篇，第一篇为微生物学基本知识，包括绪言和第 1、2、3、4、5 章，较系统而简明扼要地叙述了微生物学的基础知识；第二篇为微生物与食品加工和保藏，包括第 6、7、8、9 章，介绍了微生物学在食品科学和食品工程方面的应用，叙述了微生物在食品加工、贮藏中的



作用以及食品中毒性微生物的控制与检验；第三篇为实验实训指导，共包括15个实训操作指导，重点介绍了微生物学基本实验技术和食品加工及检验有关的微生物学实验。本书编写中既注重微生物学知识的系统性，又体现其实用性，为食品科学和工程专业课的学习奠定基础。

本书的编写人员对全书内容进行了编写分工，钱爱东编写绪论、第3章、实训十、实训十五和附录二（微生物名称的拉丁文索引）；王树宁编写第5章、实训四和实训十四；杨政水编写第7章、实训九和实训十三；周振银编写第2章、实训一和实训二；郝林编写第6章、实训七和实训八；郭延军编写第4章、第9章和实训六；高俊萍编写第1章、实训三、实训五和附录一（常用的几种培养基）；黄中培编写第8章、实训十一和实训十二。在编写过程中，得到了中国农业出版社教材出版中心领导和吉林农业大学郭庆海副校长和程培英院长的指导和关怀，也得到了主审陈贵连教授积极支持和密切配合，在本书的结构、编排和内容上都提出了宝贵意见。在此，对在本书编写中给予支持和帮助的同志表示衷心感谢。

由于高职高专教育是一种新兴的职业教育形式，其教材编写工作也没有更多经验，故在确定本书的内容结构、知识深度和广度时，较难以把握。加之编者水平所限，因此本书难免错漏与不妥之处，热忱希望广大师生和读者批评指正，以便再版时使其更臻完善。

编者

2001年12月

内 容 简 介

本书是为高职高专食品工程及食品科学专业学生编写的专业基础课教材。

全书分微生物学基本知识、微生物与食品加工和保藏以及实验实训指导三部分。理论知识分9章,较系统而简明地介绍了微生物学的基础知识及其在食品加工和食品科学方面的应用。详述了食品的微生物污染及其控制;微生物对食品的加工、贮藏、保鲜的影响及其变化规律;食品中毒性微生物的生物学特性、检验方法和预防措施。实验实训部分共15个实训,重点介绍微生物实验的基本操作技术和食品加工及贮藏有关的微生物实验。

本书亦可作为食品科研、食品生产、食品卫生监督和检验等部门有关人员的参考书。

目 录

出版说明
编写说明

绪 论	1
--------------	---

第一篇 微生物学基本知识

第 1 章 微生物的形态结构	9
----------------------	---

第一节 细菌	9
第二节 酵母菌	18
第三节 霉菌	23
第四节 食用菌	30
第五节 病毒及其他类型微生物	32
▶ 复习思考题	37

第 2 章 微生物的生长与繁殖	39
-----------------------	----

第一节 微生物的营养	39
第二节 微生物的代谢	43
第三节 微生物生长繁殖的条件	48
第四节 微生物生长繁殖的方式和规律	51
▶ 复习思考题	53

第3章 微生物的分类	54
第一节 微生物的分类地位与命名	54
第二节 微生物的分类依据与方法	56
第三节 微生物的分类系统	58
▶ 复习思考题	64
第4章 环境因素对微生物的影响	65
第一节 物理因素对微生物的影响	66
第二节 化学因素对微生物的影响	72
第三节 生物因素对微生物的影响	77
▶ 复习思考题	78
第5章 微生物的遗传变异与育种	80
第一节 微生物的遗传和变异现象	80
第二节 微生物的突变和诱变育种	81
第三节 基因工程育种	87
第四节 菌种的退化、复壮和保藏	88
▶ 复习思考题	91

第二篇 微生物与食品加工和保藏

第6章 微生物与食品加工	95
第一节 发酵食品	95
第二节 微生物酶制剂	99
第三节 微生物食品添加剂	103
第四节 微生物菌体	105
▶ 复习思考题	108
第7章 食品的微生物污染及其控制	109
第一节 食品的微生物来源	109



第二节	食品中微生物污染的途径与控制	112
第三节	食品中微生物的检验	114
▶	复习思考题	119
第8章	食品保藏与微生物	120
第一节	肉与肉制品	120
第二节	乳与乳制品	123
第三节	禽蛋	125
第四节	鱼及鱼制品	126
第五节	水果与蔬菜	128
第六节	软饮料	131
第七节	粮食与粮食制品	132
第八节	罐藏食品中的微生物	134
第九节	香辛料	135
▶	复习思考题	136
第9章	常见的食物中毒性微生物	137
第一节	沙门氏菌属	137
第二节	葡萄球菌属	140
第三节	致病性大肠杆菌	144
第四节	变形杆菌属	147
第五节	副溶血性弧菌属	148
第六节	肉毒梭菌属	150
第七节	魏氏梭菌属	153
第八节	蜡样芽孢杆菌属	155
第九节	空肠弯曲杆菌	156
第十节	霉菌毒素	158
[附]	食品变态反应	161
▶	复习思考题	163

第三篇 实验实训指导

实训一	显微镜的使用和测微技术	167
实训二	细菌标本片的制备及染色技术	171
实训三	真菌显微标本制备与形态观察技术	173



实训四 微生物实验器材及物品准备和仪器使用技术 175

实训五 常用培养基的制作技术（高压灭菌技术） 180

实训六 细菌的分离培养和纯培养技术（无菌操作技术） 184

实训七 真菌的分离培养及移植技术 188

实训八 细菌和真菌菌落特征的观察 190

实训九 微生物的理化鉴定技术 193

实训十 细菌总数的测定技术 203

实训十一 大肠菌群最近似数（MPN）的测定技术 208

实训十二 罐头食品平酸菌的检验 213

实训十三 肉、乳和蛋中微生物的检验技术 215

实训十四 微生物的免疫学检验鉴定技术 225

实训十五 分子生物学诊断技术 229

附 录 240

附录一 常用的几种培养基 240

附录二 微生物名称的拉丁文索引 248

主要参考文献 253

绪 论

一、微生物与微生物学

微生物不是生物分类学中的名词，是一类体形微小、构造简单的单细胞、多细胞，甚至没有细胞结构的低等生物的统一统称。它包括许多微小生物类群，如原核生物的细菌、放线菌、螺旋体、立克次氏体、衣原体和支原体，还包括不具细胞结构的病毒和属于真核生物的真菌、少数藻类及原生动物。它们不仅形体微小，而且都是构造简单的、低等的生物，其生物学特性比较相近，对它们的研究方法和应用方面都有很多相似之处，所以将它们统归为微生物的范畴，但也有人将藻类和原生动物分别归属于植物和动物。

微生物虽然个体微小，结构简单，但它们与高等生物具有相同的基本生物学特性。如生长、繁殖、遗传、变异和新陈代谢等等。除此之外，它们还具有区别动物和植物的本身独特的如下特点：

1. **个体微小** 测量微生物所采用的长度单位一般是微米或毫微米 (μm 或 nm)，必须应用光学显微镜和电子显微镜才能观察到细菌和病毒等。

2. **结构简单** 多数微生物如细菌、放线菌等只是单细胞构造，而有的微生物如病毒和立克次氏体等还不具有细胞膜的构造，处于生物和非生物之间。真菌、藻类和原生动物是较复杂生物。

3. **分布广** 微生物在自然界分布极广，可以说是无处不有，无时不有。我们日常接触到的环境中都有微生物存在，只是我们看不见、摸不到罢了。在空气、土壤和江河水中都有多量微生物存在，甚至人和动植物体上都有数量不等的微生物存在。这些微生物绝大多数对人类和动、植物是有益的，如酿酒、生产味精、制作面包以及生产酸乳制品等都离不开有益微生物的活动。然而在自然界中，除了一大群对人类有益微生物外，还有一部分能引起人、动物



和植物发生各种疫病的病原微生物、引起食品变质及引起食物中毒的有害微生物等。

4. **种类多、数量大** 微生物除上述所说的各大类外，每类又可分为很多种属，并可下设各种生物型、血清型和基因型，如细菌有很多种属，大家熟悉大肠杆菌可分为数百个血清型。微生物的数量极大，大肠杆菌接种在肉汤中培养 18h 可达每毫升几十亿个菌，国家规定一等生牛奶标准是含菌数在 50 万/ml 以下，二等生牛奶含菌数为 50 万/ml 至 400 万/ml 之间。

5. **繁殖快** 绝大多数微生物的繁殖速度是很快的，如大肠杆菌在适宜的条件下 20min 可繁殖一代，如果一个大肠杆菌如能保持以这样速度繁殖下去，24h 后可达 2^{72} 个，约为 1 亿亿个细菌。

6. **易变异** 微生物的变异率很高，它的适应性很强。人们常利用这一特点来培育和驯化出所需要菌种，为工农业生产服务。

微生物与人类和动植物有着密切关系，既有有益的一面，如人们可以利用其发酵造酒、制醋，生产食品和工业产品，也可以帮助人和动物消化、吸收营养等。又有有害的一面，如引起动植物病害。微生物在自然界物质循环转化中起到了不可缺少的作用。

微生物学是生物学的分支学科，是研究微生物的形态、生理、生态、分类、遗传变异及其与生物界、非生物界的相互作用，与人类生产和生活的利害关系等方面的科学。根据研究对象和目的不同，微生物学又可分许多分支学科，如根据研究对象和目的不同，可分为普通微生物学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生态学和微生物遗传学，根据研究微生物种类的不同，有细菌学、真菌学和病毒学；在应用微生物学方面，形成更多的分支学科，如食品微生物学、农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、畜牧微生物学和土壤微生物学等。各分支学科的相互配合、相互促进，有力地推动了微生物学全面而深入地发展。

二、微生物学发展简史

人们在认识微生物以前，就已经利用了很长时间的微生物学知识，人们在长期的生产、生活实践中，已经对微生物的作用积累了不少知识，并且广泛地利用着微生物的作用。公元前 2400 年，埃及第五王朝的墓壁上就有描绘当时劳动人民如何烘制面包和酿酒的大浮雕。我国对微生物的利用和认识也有悠久的历史。据考古证实，我国曲蘖酿酒起源于七八千年前石器时代的早期，谷物酒已成为当时比较普遍的饮料。郭沫若在《中国史稿》中写道“距今 6000—7000 年前的仰韶文化时期，已有大量采食蘑菇”，人们已知有些微生物可直接作为食品。公元 5 世纪贾思勰著的《齐民要术》中已有做曲、做醋、做沮（利用乳酸发酵以保存蔬菜）的记载，在造酒栏目中有“黄衣”、“黄蒸”等曲种名。

在医学方面，我国古代劳动人民对防病治病有着极丰富的经验，周朝已知有人畜传染病，公元前 5 世纪襄公时已知驱逐疯狗以预防狂犬病。公元 4 世纪，葛洪的《肘后方》中，除详细记载天花症状外，并采用种痘方法以预防天花。以后传至欧洲和美洲，这是世界医学史上一个伟大的创举，也是我国劳动人民对世界医学宝库的重大贡献。远在公元前



6 世纪,我国名医扁鹊就主张防重于治,然而,由于古代科学技术不发达,始终未能证实和发现微生物的存在,也未能把它们分离出来。因此,从整体来说,对微生物的认识仍然进展缓慢,然而微生物作为一门科学,乃是 17 世纪末叶逐渐形成的,可以概括为三个阶段。

(一) 形态学发展阶段

人类对微生物利用虽然历史很久,但发现微生物却是在 17 世纪下半叶。由于航海业的兴起,促进了光学仪器的研究和发展,荷兰科学家安东·吕文虎克 (Antony van Leeuwenhoek) 利用自制的可放大 200 倍显微镜首先观察了污水、牙垢等多种物质,并描述了微生物的形态、大小和排列,这为微生物学作为一门科学奠定了基础。从此之后,开始了微生物形态学描述阶段。这个时期持续了近 200 年,仅限于微生物的形态学方面,进展不大,直至 19 世纪中叶。

(二) 生理学发展阶段

到了 19 世纪,由于工业革命所引起的生产力的迅速发展,迫切要求应用科学解决生产中出现的問題。如 19 世纪 60 年代,在欧洲一些国家中,酒类常发生变质、养蚕业发生蚕病危害。一位伟大的微生物学家,法国人路易·巴斯德 (Louis Pasteur) 经过长期对微生物的研究,不仅在理论上为微生物学做出了卓越的贡献,又为微生物的研究提供了实验方法,解决了生产中的许多微生物学问题,促进了微生物学的发展。1861 年,巴斯德以实验证明自然发生论是荒谬的,他应用了一个颈细长而且弯曲的玻璃瓶,内盛肉汤,经灭菌后久存不坏,内无微生物生长,因为空气虽能进入玻瓶,但其中所含有的微生物却不能随管上升进入瓶内,而是附着在颈的低弯处。若将液体与低弯处接触后就有微生物生长了,从而证明了微生物来自微生物的“种子”。他通过实验,证明了酒是由酵母菌发酵而制成,而酒的变质是由其他杂菌引起的,并研究了蚕病防治。在研究了乳酸发酵、醋酸发酵和丁酸发酵等过程后指出,不同的发酵,是由不同的微生物引起的,得出了没有微生物的存在便没有发酵的发生的结论。他还发明了巴氏灭菌法,用来解决当时的酒的变质,直到现在这种灭菌法还广泛地应用于酒、醋、酱油、牛奶和果汁等食品的灭菌。巴斯德的研究成就推动着微生物学不断发展,使微生物学进入了生理学发展阶段。除此之外,他还发现了传染病的病原体,研究了炭疽病、禽霍乱病、狂犬病等人和动物传染病的病原,研制出有名的炭疽菌苗和狂犬病疫苗,创立了免疫学基本原理及预防接种方法。

此后,许多国家的微生物学家也都对微生物学发展做出了杰出的贡献。如德国的医生柯赫 (Koch),建立了微生物的分离和纯化技术、培养基的制作及染色技术等。俄国微生物学家维诺格拉德斯基 (Виноградский) 于 1887 年发现了硝化细菌,揭示了微生物中新的营养类型,即自养微生物。为土壤微生物的研究积累了丰富的经验,做出了重大贡献。

在微生物学的生理学阶段,主要研究了微生物的分离培养、生长繁殖等生理活动及其与人类生活、生产之间的关系。这一阶段由 1870 年至 1920 年大约经过了近半个世纪。

(三) 近代微生物学阶段

进入 20 世纪 20 年代以后,由于自然科学的迅速发展,促使微生物学在理论和技术上

有了很大进展，特别是物理化学、生物化学、生物物理学、分子生物学的理论和技术的发展，包括40年代电子显微镜的问世、示踪原子的应用，使微生物学在形态、生理、免疫和遗传等方面的研究取得了很大成就。如电子显微镜的应用，使人们观察到了病毒的形态结构，并对微生物细胞进行了细微结构的观察研究。生物化学和分析化学的进步，使对微生物的蛋白质、碳水化合物、脂类等代谢及其生长繁殖规律有了进一步认识。由于对微生物抗原及其免疫机理的研究，使免疫学从微生物学中分离出来，成为一门独立学科。近几十年来，由于分子生物学、分子遗传学的建立，不仅对遗传物质基础DNA和RNA的结构和基因的实质有了明确的认识，而且能够分离出遗传基因，并进行基因的切割、重组、表达——即所谓的基因工程。现在科学家已能通过基因工程技术，利用微生物发酵生产胰岛素、生长激素、病毒干扰素等。通过基因工程技术，可以按照人们的意志改变现有生物的性状或创造新物种，培养有益于人类生产、生活的微生物新品种，改变有害微生物性状，使微生物学进入了一个崭新的阶段。

微生物学的发展过程，也是人们对微生物的认识日益加深的过程。随着微生物学发展的逐步深入，微生物学应用的范围也越来越广泛，它渗透到人类生活许多领域和工、农业生产等各个方面，微生物学在理论和应用方面都形成了许多分支，其中食品微生物学发展，为人类提供高质量、易贮藏和营养丰富的食品，以及开辟新的食品资源展示了广阔前景。

三、食品微生物学及其任务

食品微生物学是微生物学的一个分支学科，它是在普通微生物学与相关微生物学的基础理论与基本技术的基础上，研究与食品有关的微生物的特性、微生物与食品的相互作用关系及生态条件的科学。主要包括食品中微生物的生态分布、生物学特性，食品加工、贮藏过程中有益微生物的作用以及食品中有害微生物的污染与控制，为人类提供营养丰富、品种多样、安全卫生食品的相关微生物学问题。由于食品微生物学是研究和解决食品中有关的微生物问题，所以它就具有研究范围广、涉及学科多、应用性强及某些方面受一定法规约束（受中华人民共和国食品卫生法约束）等特点。

食品微生物学作为与人类生活关系极为密切的学科，它的任务是多方面的。其中主要包括研究食品中存在的微生物种类、分布及其特性，监测食品的微生物污染，提高食品的卫生质量，研究微生物与食品保藏间关系，预防微生物性食物中毒的发生，保证人们健康，研究微生物的有益作用，充分利用食品微生物资源，为提高和改善人类生活服务。

随着科学技术的发展，人们物质文化水平不断提高，食品微生物学作为与人们生活密切相关的应用科学，它的任务将更加繁重。它将在这个广阔的天地里，为人类的健康、幸福做出更大的贡献。

四、食品微生物学与其他学科的关系

食品微生物学是微生物学的一个分支学科。它的基础学科是生物学、有机化学、分析化学和生物化学。而它又是农畜（渔）产品加工与贮藏专业和食品科学、食品工程专