



普通高等教育“十三五”规划教材

Food Molecular Microbiology

食品分子微生物学

石 慧 陈启和 ◎ 主编
罗云波 何国庆 ◎ 主审



中国农业大学出版社
China Agricultural University Press



普通高等教育“十三五”规划教材

食品分子微生物学

石 慧 陈启和 主编

罗云波 何国庆 主审

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书介绍了食品分子微生物学在食品领域的理论与实践知识,内容涵盖了食品微生物学中常用的以及新兴的分子生物学技术、食品分子微生物学的理论知识(食品微生物的基因组学、食品微生物的群体生态分子机制、食品微生物的特殊存活状态及其分子机制、食品微生物对胁迫环境的应激性反应)以及应用知识(食品微生物的分子鉴定与分型、食品微生物的分子改良、食品微生物的分子检测技术)。

本书既可作为高等院校食品科学与工程专业本科生及研究生的教科书,也可作为食品分子微生物学工作者的参考用书。

食品分子微生物学

图书在版编目(CIP)数据

食品分子微生物学/石慧,陈启和主编.—北京:中国农业大学出版社,2019.5
ISBN 978-7-5655-2145-4

I. ①食… II. ①石…②陈… III. 食品微生物-微生物学-高等学校-教材 IV. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 263468 号

书 名 食品分子微生物学
作 者 石 慧 陈启和 主编

策划编辑 宋俊果 刘 军

责任编辑 郑万萍

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.caupress.cn>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2019 年 5 月第 1 版 2019 年 5 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 18.5 印张 460 千字

定 价 68.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

全国高等学校食品类专业系列教材

编审指导委员会委员

(按姓氏拼音排序)

- | | | | |
|-----|--------|-----|--------------|
| 毕 阳 | 甘肃农业大学 | 孟素荷 | 中国食品科学技术学会 |
| 陈 卫 | 江南大学 | 南庆贤 | 中国农业大学 |
| 陈复生 | 河南农业大学 | 蒲 彪 | 四川农业大学 |
| 陈绍军 | 福建农林大学 | 钱建亚 | 扬州大学 |
| 陈宗道 | 西南大学 | 史贤明 | 上海交通大学 |
| 董海洲 | 山东农业大学 | 孙宝国 | 北京工商大学 |
| 郝利平 | 山西农业大学 | 孙远明 | 华南农业大学 |
| 何国庆 | 浙江大学 | 田洪涛 | 河北农业大学 |
| 贾英民 | 河北科技大学 | 王 硕 | 天津科技大学 |
| 江连洲 | 东北农业大学 | 夏延斌 | 湖南农业大学 |
| 李洪军 | 西南大学 | 谢笔钧 | 华中农业大学 |
| 李新华 | 沈阳农业大学 | 谢明勇 | 南昌大学 |
| 李云飞 | 上海交通大学 | 薛长湖 | 中国海洋大学 |
| 林家栋 | 中国农业大学 | 严卫星 | 国家食品安全风险评估中心 |
| 刘金福 | 天津农学院 | 岳田利 | 西北农林科技大学 |
| 刘景圣 | 吉林农业大学 | 赵丽芹 | 内蒙古农业大学 |
| 刘静波 | 吉林大学 | 赵谋明 | 华南理工大学 |
| 罗云波 | 中国农业大学 | 周光宏 | 南京农业大学 |
| 马 涛 | 渤海大学 | | |

编审人员

- 主 编** 石 慧(西南大学)
陈启和(浙江大学)
- 副主编** 夏效东(西北农林科技大学)
向文良(西华大学)
尹 胜(北京工商大学)
- 编 者**(按拼音顺序排名)
陈启和(浙江大学)
李 云(韩山师范学院)
廖振林(华南农业大学)
石 慧(西南大学)
索 标(河南农业大学)
王 鹏(中国海洋大学)
王彦波(浙江工商大学)
王玉华(吉林农业大学)
夏效东(西北农林科技大学)
向文良(西华大学)
尹 胜(北京工商大学)
张 充(南京农业大学)
张 雨(北京工商大学)
周 辉(湖南农业大学)
周 康(四川农业大学)
- 主 审** 罗云波(中国农业大学)
何国庆(浙江大学)

出版说明

(代总序)

时光荏苒,食品科学与工程系列教材第1版发行距今,已有14年。总计120余万册的发行量,已经表明了这套教材受欢迎的程度,应该说它是全国食品类专业教育使用最多的系列教材。

这套教材已成为经典,作为总策划的我,在再再版的今天,重新翻阅这套教材的每一科目、每一章节,在感慨流年如水的同时,更有许多思考和感激。这里,借出版说明(代总序)的机会,再一次总结本套教材的编撰理念和特点特色,也和我挚爱的同行们分享我的感悟和喜乐。

第一,优秀的教材一定是心血凝成的精品,杜绝任何形式的粗制滥造。

14年前,全国40余所大专院校、科研院所,300多位一线专家教授,涵盖生物、工程、医学、农学等领域,齐心协力组建出一支代表国内食品科学最高水平的教材撰写队伍。著作者们呕心沥血,在教材中倾注平生所学,那字里行间,既有学术思想的精粹凝结,也不乏治学精神的光华闪现,诚所谓学问人生,经年积成,食品世界,大家风范。这精心的创作,和彼敷衍的粘贴,其间距离,岂止云泥!

第二,优秀的教材必以学生为本,不是居高临下的自说自话。

注重以学生为本,就是彻底摒弃传统填鸭式的教学方法。著作者们谨记“授人以鱼不如授人以渔”,在传授食品科学知识的同时,更启发食品科学人才获取知识和创造知识的思维与灵感。润物细无声中,尽显自由思想,彰耀独立精神。在写作风格上,也注重学生的参与性与互动性,接地气,说实话,深入浅出,有料有趣。

第三,优秀教材与时俱进、推陈出新,绝不墨守成规、原地不动。

首版再版再再版,均是在充分收集和尊重一线任课教师和学生意见的基础上,对新增教材进行科学论证和整体策划。每一次工作量都不小,几乎覆盖食品学科专业的所有骨干课程和主要选修课程,但每一次都不敢有丝毫懈怠,内容的新颖性,教学的有效性,齐头并进,一样都不能少。具体而言,此次再再版,不仅增

添了食品科学与工程最新理论发展,又以相当篇幅强调了食品工艺的具体实践。每本教材,既相对独立又相互衔接互为补充,构建起系统、完整、实用的课程体系。

第四,优秀教材离不开出版社编辑人员的心血倾注。

同为他人作嫁衣裳,教材的著作者和编辑,都一样的忙忙碌碌,飞针走线。这套系列教材的编辑们站在出版前沿,以其炉火纯青的专业技能,辅以最新最好的出版传播方式,保证了这套教材的出版质量和形式上的生动活泼。编辑们的高超水准和辛勤努力,赋予了此套教材蓬勃旺盛的生命力。

这里,我也想和同行们分享以下数字,以表达我发自内心的喜悦:

第1版食品科学与工程系列教材出版于2002年,涵盖食品学科15个科目,全部入选“面向21世纪课程教材”。

第2版(再版)食品科学与工程系列教材出版于2009年,涵盖食品学科29个科目。

第3版(再再版)食品科学与工程系列教材将于2016年暑期出版(其中《食品工程原理》为第4版),涵盖食品学科36个科目,增加了《食品工厂设计》《食品分析》《食品感官评价》《葡萄酒工艺学》《生物技术安全与检测》等9个科目,调整或更名了部分科目。

需要特别指出的是,这其中,《食品生物技术导论》《食品安全导论》《食品营养学》《食品工程原理》4个科目为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材;《食品化学》《食品化学综合实验》《食品工艺学导论》《粮油加工学》《粮油加工学实验技术》《食品酶学与工程》6个科目为普通高等教育农业部“十二五”规划教材;《食品生物技术导论》《食品营养学》《食品工程原理》《粮油加工学》《食品试验设计与统计分析》为“十五”或“十一五”国家级规划教材。

本套食品科学与工程系列教材出版至今已累计发行超过126万册,使用教材的院校140余所。

第3版有500余人次参与编写,参与编写的院所近80家。

本次出版在纸质基础上引入了数字化元素,增加了二维码,内容涉及推荐阅读文字,直观的图片展示,以及生动形象的短小视频等,使教材的内容更加丰富、信息量更大,形式更加活泼,使用更加便捷,与学生的阅读和学习习惯更加贴近。

虽然我的确有敝帚自珍的天性,但我也深深地知道,世上的事没有百分之百的完美。我还要真心地感谢在此套教材中肯定存在的那些不完美,因为正是她们给了我们继续向前的动力。这里,我真诚地期待大家提出宝贵意见,让我们与这套教材一起共同成长,更加进步。

罗云波

2016年5月5日于马连洼

序

如今之食品学科,依托于日新月异的科学技术,满载着日益增长的社会需求,一路向前,一路向上,一路都在强调人才培养的重要性、教育的重要性、教材的必要性。

我国近代教育家陆费逵在《中华书局宣言书》中明确提出“教科书革命”的口号,他说:“国立根本,在乎教育,教育根本,实在教科书。”身为食品学科教材丛书编撰的发起者,以及作为系列策划和整体策划,我深感责任重大,力求资料搜集周详,论证过程周全,站得更高,看得更远。

我们从食品专业人才培养方案的整体出发,有重点地筛选内容,稳固特色,有计划地更新、选择和新建教材,这本《食品分子微生物学》就是系列中的新成员。

新教材,新内容,新团队,每样都是新的,编写人员几乎都是年富力强的副教授,虽然还未成大名成大家,但都是领域内的一线研究人员,站在学科研究的最前沿。年轻科学家们像写SCI论文一样认真,像做科学实验一样仔细,写出来的每一章节,不仅凝聚了专业智慧,字里行间还展现了挥斥方遒的青春风采。不过,年轻人的个性飞扬,并未影响体例的一致性、体系的完整性和概念的准确性。

教材中食品微生物基因组学、食品微生物对胁迫环境的应激性反应、食品微生物群体生态分子机制、食品中微生物的特殊存活状态及其分子机制这些内容,倘若剪刀加浆糊的复制粘贴,不花心思,不下功夫,很可能会给读者似曾相识的重复感。感到欣慰的是年轻人们在不影响内容完整性的前提下,对与其他教材可能重复的内容大刀阔斧地简化,力求三言两语说清道理,不漏重点、不少难点,留了浓墨重彩于学科生长点。乍一看,章节名称大同小异,细细读,其中内容耳目一新。

这些年轻人的严谨学风、创新意识和团队精神,让我这个老食品人倍感骄傲。

遥想当年,获得白酒大曲里华根霉基因组全序列,可是算得上食品分子微生物学的一个标志性事件,因为这是传统食品微生物基因组全测序的第一株菌种。

十年弹指一挥间,十年磨砺得一剑。新学科的出现,就是已有科学理论和技术方法不断发展的结果。可以这样理解,食品微生物学和分子微生物学在理论上交叉融合,在技术上综合运用,食品分子微生物学就这样应运而生了。

现在的食品微生物学,利用基因组、功能基因组、转录组和代谢组的信息资源,借力分子生物学技术,依靠先进的高通量筛选平台和过程优化平台,轻松实现从功能基因到优良菌株,再到重要食品产品的高效生物制造,可谓装备精良,前途远大。

举个例子,作为食品微生物学重要组成部分的预测微生物学,只能描述单一微生物在纯培养或消除本底微生物食品中的生长情况,为了突破发展瓶颈,不得不寻求省力、快速、高效的分子微生物技术的帮助,进一步预测实际食品中微生物的动态变化规律。

贮运保鲜和食品安全是我的专业和事业,要想推动前者的标准化、信息化、一体化,要想对后者进行有指导意义的风险评估,需要食品微生物分子预测模型大显身手,对食品保质期、致

病菌风险等进行预测估算。

理论和实践相结合,这是该系列教材的特色和共性,这本教材在内容的编排选取上也突出了这一点。因为食品分子微生物学作为食品微生物学融合分子生物技术后的一个重要分支,是实践性极强的一门学科,不管是研究食品微生物基因组结构和功能,还是揭示食品微生物基因组复制、基因表达及其调控机制,以及探索食品微生物、肠道微生物代谢活动的本质,帮助学生掌握其间涉及的分子微生物相关的基础实验技术,提高学生的实际操作技能,都是必不可少的一环。

“食品微生物学常用的分子生物学技术、食品微生物的分子鉴定与分型、新兴分子生物学技术在食品微生物中的应用、食品微生物的分子检测技术”,这几章都是着眼于技术和实践的。

教材提纲挈领打开一扇窗,食品分子微生物学的明天还有更多的精彩,我这个策划老骥伏枥,志在千里。

不是我存心蹭热点,而是现如今如火如荼的肠道微生物研究,和食品、和人体息息相关,理所应当成为食品分子微生物学的一个有机组成部分,以阐释肠道微生物群落与人体相互作用的分子基础。

另外,食品微生物基因水平转移与适应性进化,食品微生物菌落的群体感应系统和群体行为等等,都会成为我们教材未来更新的内容。

我对明天充满信心,我们都还在努力,苟日新,日日新,又日新,

罗云波

2018年8月于北京马连洼

前 言

随着生物技术迅猛发展,以分子生物学为代表的生物技术已渗透到食品产业的各个领域,尤其是在食品精深加工中的微生物发酵及有益微生物的开发利用、功能分析,食品安全控制中致病微生物的代谢、检测等领域,分子微生物学都得以广泛的运用,并已逐渐形成了分子微生物学的新兴学科。然而,目前还没有一本系统介绍食品分子微生物学的理论、技术的较为详细的教材。在这样的背景下,编撰食品分子微生物学的专门教材,对于该学科的学科发展、人才培养,有着极为重要的意义。

本教材介绍了分子微生物学在食品领域的理论与实践,内容涵盖了食品微生物学常用的以及新兴的分子生物学技术、食品分子微生物学的理论知识(食品微生物的基因组学、食品微生物的群体生态分子机制、食品微生物的特殊存活状态及其分子机制、食品微生物对胁迫环境的应激性反应)以及应用知识(食品微生物的分子鉴定与分型、食品微生物的分子改良、食品微生物的分子检测技术)。本书既可作为高等院校食品科学与工程专业本科生及研究生的教科书,也可作为食品分子微生物学工作者的参考用书。

全书共分为10章,其中第1章和第10章由石慧编写,第2章由王彦波、周辉编写,第3章由王玉华、张充编写,第4章由向文良、周康、石慧编写,第5章由索标、廖振林编写,第6章由夏效东编写,第7章由陈启和编写,第8章由王鹏、李云、张雨编写,第9章由尹胜编写。

本教材在编写过程中,得到中国农业大学出版社的大力协助,由于时间紧迫、内容涉及面广,书中疏漏和不妥之处在所难免,衷心期待诸位同仁和读者指正。

石 慧

2018年7月于重庆

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 食品微生物学的历史	2
1.1.1 食品微生物的发现	2
1.1.2 食品微生物学的发展历史	3
1.2 食品分子微生物学的发展	5
1.2.1 分子生物学的发展	5
1.2.2 食品分子微生物学发展中重要的分子生物学技术	6
1.3 食品分子微生物学的研究内容与应用	8
1.3.1 食品微生物的分子鉴定	8
1.3.2 食品微生物的基因组学	9
1.3.3 食品微生物的群体生态分子机制	9
1.3.4 食品微生物的特殊存活状态及其分子机制	10
1.3.5 食品微生物对胁迫环境的应激性反应	10
1.3.6 食品微生物的分子改良	11
1.3.7 食品微生物的分子检测技术	12
复习思考题	13
参考文献	13
第 2 章 食品微生物学常用的分子生物学技术	14
2.1 核酸提取技术	15
2.1.1 核酸的分类与存在形式	15
2.1.2 核酸的提取	18
2.1.3 核酸的检测	19
2.2 聚合酶链式反应(PCR)技术	22
2.2.1 PCR 技术的发展简史	22
2.2.2 PCR 技术的原理	23
2.3 分子克隆技术	26
2.3.1 分子克隆技术原理	26
2.3.2 工具酶	26
2.3.3 基因载体	38
2.3.4 基因表达系统	44
2.4 同源重组技术	48
2.4.1 RecA 同源重组系统	48

2.4.2	RecE 同源重组系统	49
2.4.3	Red 同源重组系统	49
	复习思考题	50
	参考文献	50
第3章	食品微生物的分子鉴定与分型	52
3.1	食品微生物分类方法概述	53
3.2	rRNA 序列分析	53
3.2.1	16S rRNA 和 18S rRNA 的序列分析	53
3.2.2	NCBI 数据库	55
3.3	非 rRNA 序列分析	56
3.3.1	肠杆菌基因间保守重复序列	56
3.3.2	规律成簇间隔短回文重复序列分析	57
3.3.3	内转录间隔区	57
3.3.4	葡萄球菌 A 蛋白基因	58
3.3.5	多位点序列分析	58
3.3.6	基于看家基因的弧菌鉴定法	59
3.4	分子分型技术	60
3.4.1	脉冲场凝胶电泳分析	60
3.4.2	限制性片段长度多态性分析	61
3.4.3	扩增片段长度多态性分析	61
3.4.4	随机扩增多态性 DNA 分析	61
3.4.5	单链构象多态性分析	62
3.4.6	PCR 电喷雾电离质谱分型技术	62
3.4.7	多位点可变数目串联重复序列分析	63
3.4.8	不同分型方法的联合应用	63
	复习思考题	63
	参考文献	64
第4章	食品微生物的基因组学	65
4.1	基因组学的定义	66
4.2	食源性致病菌的基因组学	66
4.2.1	大肠杆菌和志贺氏菌的基因组学	66
4.2.2	沙门氏菌的基因组学	69
4.2.3	李斯特菌属的基因组学	70
4.2.4	葡萄球菌的基因组学	72
4.2.5	致病性弧菌的基因组学	73
4.2.6	致病性芽孢杆菌基因组学	77
4.3	食品中有益菌的基因组学	79
4.3.1	乳酸杆菌的基因组学	79
4.3.2	乳酸乳球菌的基因组学	83

4.3.3 嗜热链球菌的基因组学	85
4.3.4 双歧杆菌的基因组学	86
复习思考题	87
参考文献	87
第5章 食品微生物的群体生态分子机制	89
5.1 宏基因组	90
5.1.1 宏基因组的概念	90
5.1.2 宏基因组研究方法	91
5.1.3 微生物宏基因组学在食品科学研究中的应用	95
5.2 群体感应	100
5.2.1 微生物群体感应的概念	100
5.2.2 群体感应的分子机制	100
5.2.3 群体感应的生物学效应	103
5.2.4 群体感应干扰及其在食品质量安全控制中的应用	108
5.3 基因水平转移	113
5.3.1 微生物的可移动遗传元件	113
5.3.2 基因水平转移的方式与机制	116
5.3.3 基因水平转移的作用与影响	119
复习思考题	120
参考文献	120
第6章 食品微生物的特殊存活状态及其分子机制	122
6.1 芽孢	123
6.1.1 芽孢的概念及特征	123
6.1.2 芽孢的形成及其分子机制	125
6.1.3 芽孢的萌发及其分子机制	128
6.1.4 食品中芽孢的控制方法	130
6.2 生物被膜	135
6.2.1 生物被膜的特征	135
6.2.2 生物被膜的形成及其分子机制	137
6.2.3 生物被膜的控制方法	140
6.2.4 生物被膜的检测方法	142
6.3 活的但不可培养(VBNC)菌	143
6.3.1 VBNC 菌的特征	143
6.3.2 食品中 VBNC 菌的产生	146
6.3.3 VBNC 菌的复活	150
复习思考题	154
参考文献	155
第7章 食品微生物对胁迫环境的应激性反应	156
7.1 微生物热应激机制	157

7.1.1	微生物热应激简介	157
7.1.2	热激蛋白	157
7.1.3	海藻糖	159
7.1.4	应激糖蛋白	160
7.2	微生物冷应激机制	160
7.2.1	微生物冷应激简介	160
7.2.2	脂肪酸成分的改变	161
7.2.3	溶质跨膜转运系统	162
7.2.4	冷激蛋白	162
7.3	微生物高渗透压和干燥应激机制	164
7.3.1	高渗透压和干燥对微生物的影响	165
7.3.2	微生物高渗透压应激机制	165
7.3.3	微生物干燥应激机制	172
7.4	微生物酸胁迫应激机制	172
7.4.1	微生物酸胁迫简介	172
7.4.2	改变细胞壁和细胞膜的成分	173
7.4.3	质子泵	173
7.4.4	脱羧反应和脱氨基反应	174
7.4.5	改变基因表达及蛋白调控	174
7.4.6	热休克蛋白对细胞酸胁迫的保护机制	174
7.5	微生物氧化胁迫应激机制	175
7.5.1	氧化胁迫简介	175
7.5.2	抗氧化酶清除剂	176
7.5.3	非酶清除剂	180
7.6	微生物辐射胁迫应激机制	180
7.6.1	微生物辐射胁迫简介	180
7.6.2	细菌对辐射胁迫的应激机制	181
7.6.3	真菌对辐射胁迫的应激机制	182
7.6.4	以极端微生物耐辐射奇球菌为例的抗辐射应激机制	183
7.7	微生物其他应激机制	185
7.7.1	营养胁迫	185
7.7.2	胆汁胁迫与应激	186
7.7.3	重金属胁迫与应激	186
	复习思考题	187
	参考文献	187
第8章	新兴分子生物学技术在食品微生物中的应用	188
8.1	新一代测序技术	189
8.1.1	测序技术的历史及第一代测序技术	189
8.1.2	新一代测序技术	192

8.1.3	新一代测序技术在食品微生物研究中的主要应用	199
8.2	组学技术	204
8.2.1	基因组学	204
8.2.2	转录组学	209
8.2.3	蛋白质组学	214
8.3	新型基因组编辑技术	220
8.3.1	新型基因组编辑技术概述	220
8.3.2	ZFNs 技术	220
8.3.3	TALENs 技术	221
8.3.4	CRISPR/Cas 系统	222
8.3.5	三种编辑技术的比较	224
	复习思考题	224
	参考文献	225
第 9 章	食品微生物的分子改良	227
9.1	概述	228
9.2	食品微生物分子改良的基本原理	228
9.3	食品微生物分子改良的技术方法	229
9.3.1	优良菌株的诱变选育	230
9.3.2	靶基因高效表达工程菌株的构建	231
9.3.3	细胞表面展示技术	242
9.3.4	蛋白质的体外定向分子改造	248
9.3.5	代谢途径改造	249
9.4	食品微生物工程菌株的应用	251
9.4.1	食品微生物工程菌株生产工业原料	251
9.4.2	食品微生物工程菌株生产酶制剂	253
9.4.3	食品微生物工程菌株生产功能分子	254
9.4.4	食品微生物工程菌株改善发酵食品的风味与品质	254
	复习思考题	255
	参考文献	256
第 10 章	食品微生物的分子检测技术	258
10.1	PCR 及其拓展检测技术	259
10.1.1	PCR 检测技术	259
10.1.2	实时荧光定量 PCR 检测技术	260
10.1.3	核酸染料结合实时荧光定量 PCR 的活菌检测技术	262
10.1.4	多重 PCR 检测技术	263
10.1.5	环介导等温扩增技术	265
10.2	荧光原位杂交(FISH)技术	266
10.2.1	FISH 技术的原理	266
10.2.2	FISH 技术的发展	267

10.3 酶联免疫吸附测定(ELISA).....	269
10.3.1 ELISA 的原理.....	269
10.3.2 ELISA 技术的分类与应用.....	270
10.4 生物传感器.....	271
10.4.1 光学生物传感器.....	272
10.4.2 电化学生物传感器.....	274
10.4.3 压电生物传感器.....	274
10.5 基于噬菌体的检测技术.....	275
10.5.1 荧光噬菌体检测技术.....	275
10.5.2 其他噬菌体检测技术.....	275
10.6 生物芯片检测技术.....	276
10.6.1 微阵列芯片.....	276
10.6.2 液体芯片.....	277
复习思考题.....	278
参考文献.....	278



第1章

绪 论



本章学习目的与要求

1. 了解食品微生物学及分子生物学的发展史；
2. 认识食品分子微生物学发展中重要的分子生物学技术；
3. 掌握食品分子微生物学的研究内容。