



普通高等教育“十三五”规划教材



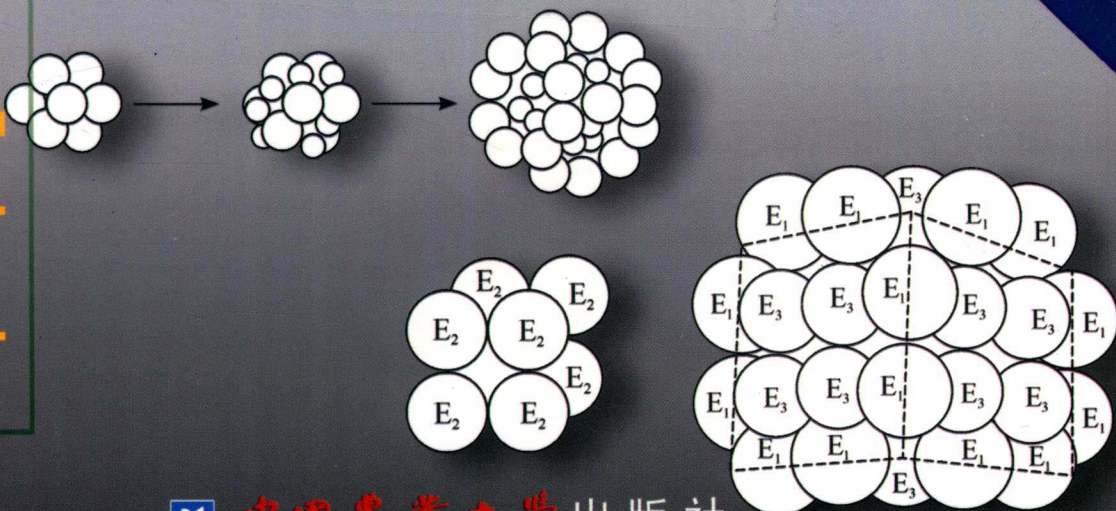
普通高等教育农业部“十二五”规划教材

Food Enzymology and Enzyme Engineering

# 食品酶学与酶工程

第2版

李斌 于国萍 ◎主编  
贾英民 ◎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

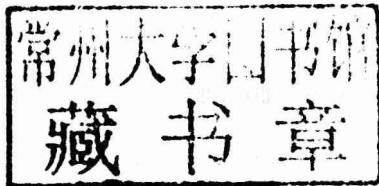


普通高等教育农业部“十二五”规划教材

# 食品酶学与酶工程

第2版

李 斌 于国萍 主编  
贾英民 主审



中国农业大学出版社

· 北京 ·

## 内容简介

本教材结合现代生物和食品科学发展趋势,以食品酶学和食品酶工程的基本原理和实际应用为主线,分别介绍了食品酶学之:酶学基础理论,食品工业中常用的水解酶、氧化酶等;食品酶工程之:酶的生产与分离纯化,酶的修饰、改造与固定化,酶生物传感器,非水相酶学和酶工程新技术进展等。本教材编写中结合二维码的使用,力求内容丰富、简明扼要、特色突出与科学实用,适合高等院校食品科学与工程、食品质量与安全等专业作为教材使用,也可供其他相关专业学生或食品从业人员选择使用。

# 食品酶学

第2版

### 图书在版编目(CIP)数据

食品酶学与酶工程 / 李斌,于国萍主编. —2版. —北京:中国农业大学出版社, 2017.9

ISBN 978-7-5655-1872-0

I. ①食… II. ①李… ②于… III. ①食品工艺学-酶学②酶工程 IV. ①TS201.2②Q814

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 166299 号

书 名 食品酶学与酶工程 第2版

作 者 李 斌 于国萍 主编 贾英民 主审

策划编辑 宋俊果 刘 军

责任编辑 田树君

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤

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.cau.edu.cn/caup>

E-mail [cbsszs@cau.edu.cn](mailto: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 2017年9月第2版 2017年9月第1次印刷

规 格 787×1092 16开本 17.75印张 440千字

定 价 36.00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   | 石阶平 | 国家食品药品监督管理总局 |
| 董海洲 | 山东农业大学 | 史贤明 | 上海交通大学       |
| 郝利平 | 山西农业大学 | 孙宝国 | 北京工商大学       |
| 何国庆 | 浙江大学   | 孙远明 | 华南农业大学       |
| 贾英民 | 河北科技大学 | 田洪涛 | 河北农业大学       |
| 江连洲 | 东北农业大学 | 王 硕 | 天津科技大学       |
| 李洪军 | 西南大学   | 夏延斌 | 湖南农业大学       |
| 李新华 | 沈阳农业大学 | 谢笔钧 | 华中农业大学       |
| 李云飞 | 上海交通大学 | 谢明勇 | 南昌大学         |
| 林家栋 | 中国农业大学 | 薛长湖 | 中国海洋大学       |
| 刘金福 | 天津农学院  | 严卫星 | 国家食品安全风险评估中心 |
| 刘景圣 | 吉林农业大学 | 岳田利 | 西北农林科技大学     |
| 刘静波 | 吉林大学   | 赵丽芹 | 内蒙古农业大学      |
| 罗云波 | 中国农业大学 | 赵谋明 | 华南理工大学       |
| 马 涛 | 渤海大学   | 周光宏 | 南京农业大学       |

## 第2版编审人员

主 编 李 斌 (华南农业大学)

于国萍 (东北农业大学)

副 主 编 生吉萍 (中国人民大学)

杨飞芸 (内蒙古农业大学)

李从发 (海南大学)

赵春燕 (沈阳农业大学)

段 杉 (华南农业大学)

编写人员 (按姓氏拼音排序)

布日额 (内蒙古民族大学)

满都拉 (内蒙古农业大学)

陈安均 (四川农业大学)

庞 杰 (福建农林大学)

陈柄灿 (西南大学)

莎丽娜 (内蒙古农业大学)

陈忠正 (华南农业大学)

生吉萍 (中国人民大学)

崔素萍 (黑龙江八一农垦大学)

孙京新 (青岛农业大学)

段 杉 (华南农业大学)

杨飞芸 (内蒙古农业大学)

李 斌 (华南农业大学)

杨莉榕 (山西农业大学)

李从发 (海南大学)

于国萍 (东北农业大学)

林晓蓉 (华南农业大学)

张长峰 (山东商业职业技术学院)

罗晓妙 (西昌学院)

赵春燕 (沈阳农业大学)

主 审 贾英民 (北京工商大学)



# 第1版编审人员

**主 编** 李 斌 (华南农业大学)  
于国萍 (东北农业大学)

**副主编** 生吉萍 (中国农业大学)  
庞 杰 (福建农林大学)  
莎丽娜 (内蒙古农业大学)  
布日额 (内蒙古民族大学)

**参编者** 陈安均 (四川农业大学)  
孙京新 (青岛农业大学)  
赵春燕 (沈阳农业大学)  
李从发 (海南大学)  
崔素萍 (黑龙江八一农垦大学)  
陈柄灿 (西南大学)  
段 杉 (华南农业大学)  
陈忠正 (华南农业大学)  
杨飞芸 (内蒙古农业大学)  
张长峰 (长江大学)  
罗晓妙 (西昌学院)

**主 审** 贾英民 (河北科技大学)

# 出版说明

## (代总序)

时光荏苒,食品科学与工程系列教材第一版发行距今,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,借写出版说明(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



## 第2版前言

食品酶学是酶学的分支学科之一,是研究食品相关酶类以及酶与食品关系的一门学科。20世纪80年代以来,酶学基础理论日益丰富和深入,酶的生产应用技术不断创新,已成为食品科学研究的热点之一,推动了传统食品工业技术的改造和升级。

酶工程是酶学和微生物学的基本原理与化学工程相互渗透、结合发展而形成的一门交叉的科学技术。随着生物工程学科的发展,作为生物工程重要组成部分的酶工程发展迅速,并在科学研究和生产实践中显示出重要的意义和作用。将酶工程的新理论、新概念和新方法融入食品生产与技术之中,形成了食品酶工程学科。

本书结合现代生物科学和食品科学发展趋势,系统介绍食品酶学和食品酶工程的相关内容。全书共11章,第1章为绪论,第2~5章为食品酶学,重点阐述酶学基础理论,食品工业中应用的水解酶、氧化酶等。后6章为食品酶工程,全面介绍酶的生产与分离纯化,酶的修饰、改造与固定化,酶反应器与酶传感器,非水相酶学和酶工程新技术进展等。

本书第1版于2010年出版,重点阐述食品酶工程的基本原理和技术进展,被多所院校相关专业选为教材,取得良好的反响。时隔7年,食品工业快速发展,生物技术领域更是日新月异,极大地促进了食品酶学理论的深化和食品酶工程技术的发展。根据使用者反馈的信息,为更切合教学的实际需要,编者决定对本书第1版进行修订。全书内容结构调整为人民酶学和食品酶工程两部分,新增了食品工业常用水解酶、氧化酶等内容,更新了食品酶学、食品酶工程的理论和技术进展。同时,为更好推进传统出版与新型出版融合,充分发挥信息技术对教学的积极作用,本版采用二维码技术扩展教学内容,以便读者扫描学习,既能确保本书专业内容的充实、丰富,又使全书结构紧凑、简明扼要,具有时代特色。

本书是全国高等学校食品类专业系列教材之一。内容囊括了食品酶学和食品酶工程的基本原理及实际应用和发展趋势,既可作为高等院校食品专业教材,也可供食品科研、食品生产等部门的有关技术人员参考。

全书由国内十几所高等院校的专家教授共同编写,编者来自各高校食品领域教学、科研的第一线,有着丰富的酶学、酶工程理论与技术基础及食品工业丰富的实践经验,编写过程中力求做到理论准确、技术实用、体系完整,尽可能概括最新的研究进展和成果。编写中参考了国内外同行的相关文献和资料,在此表示诚挚的感谢。

在本书完稿之时,北京工商大学贾英民教授在百忙中对全书稿进行了认真的审阅,在此深表谢意!

鉴于编者的水平和能力,书中的错误和不足之处在所难免,敬请读者批评赐教。

编者

2016年12月

# 第 1 版前言

酶工程是酶学和微生物学的基本原理与化学工程相互渗透、结合发展而形成的一门交叉的科学技术。随着生物工程的进展,作为生物工程重要组成部分的酶工程同样迅猛发展,在科学研究和生产实践中显示出重要的意义和作用。为了将酶工程中涌现的许多新理论、新概念和新方法更好地融入食品生产与技术之中,我们编写了《食品酶工程》一书。

全书共 12 章,系统地介绍了酶学基础理论、酶的生产、酶的分离纯化等酶学理论知识,阐述了酶分子修饰与改造、酶与细胞固定化、酶反应器与传感器技术体系,介绍了有机相中的酶催化、极端酶、人工模拟酶、生物酶工程等酶工程的新进展,最后对食品酶工程的应用给予全面的介绍。

本书是全国高等学校食品类专业系列教材之一。全书由国内 14 所高等院校的专家教授共同编写,编者来自各高校食品领域教学、科研的第一线,有着丰富的酶工程与食品生产知识和实践,编写过程中力求做到理论准确、技术实用、体系完整,尽量包括最新的研究进展和成果。编写中参考了较多国内外同行的相关文献和资料,在此表示诚挚的感谢。

在本书完稿之时,河北科技大学贾英民教授在百忙中对全书稿进行了认真的审阅,在此深表谢意!

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,敬请读者批评赐教。

编 者

2009 年 11 月

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 酶学和酶工程研究的历史与现状 .....	2
1.1.1 史前期酶的应用 .....	2
1.1.2 近代酶学和酶工程研究历史 .....	3
1.1.3 现代酶学和酶工程研究进展 .....	4
1.2 食品酶学与酶工程研究内容与技术方法 .....	8
1.2.1 食品酶学与酶工程研究的内容 .....	8
1.2.2 食品酶学与酶工程研究的技术方法 .....	8
1.3 酶学与基础理论 .....	8
1.3.1 酶学与现代化学 .....	8
1.3.2 酶学与现代物理学 .....	9
1.3.3 酶学与生物学 .....	9
1.4 酶工程及其在生产实践中的应用 .....	10
1.4.1 酶制剂的应用概况 .....	10
1.4.2 酶在食品工业上的应用 .....	12
1.4.3 酶制剂在食品分析检测中的应用 .....	15
思考题 .....	17
参考文献 .....	18
第 2 章 酶学基础理论 .....	19
2.1 酶的分类和命名 .....	20
2.1.1 国际系统分类法 .....	20
2.1.2 国际系统命名法 .....	23
2.1.3 习惯名或常用名 .....	23
2.2 酶的结构与性质 .....	24
2.2.1 酶的化学本质及其组成 .....	24
2.2.2 酶的分子结构 .....	25
2.2.3 酶催化作用的特点 .....	26
2.3 酶催化反应动力学 .....	30
2.3.1 酶催化反应速率 .....	30
2.3.2 底物浓度对酶促反应的影响 .....	30
2.3.3 酶浓度对酶促反应的影响 .....	34

2.3.4	温度对酶促反应的影响	35
2.3.5	pH对酶促反应的影响	35
2.3.6	抑制剂对酶促反应的影响	37
2.3.7	激活剂对酶促反应的影响	40
2.4	酶的作用机制	41
2.4.1	酶催化的化学机制	41
2.4.2	酶催化的专一性与高效性	44
2.4.3	辅因子在反应中的作用	49
2.4.4	酶作用机制的研究方法	51
2.5	酶活力及其测定	51
2.5.1	酶的活力单位	51
2.5.2	酶的比活力	52
2.5.3	常用酶活力测定方法原理	52
2.6	酶在生物体内存在的几种形式	52
2.6.1	单体酶、寡聚酶、多酶复合体	52
2.6.2	同工酶	55
2.6.3	别构酶与修饰酶	56
2.6.4	结构酶与诱导酶	58
2.6.5	胞内酶与胞外酶	58
	思考题	59
	参考文献	59
<b>第3章</b>	<b>食品工业中应用的水解酶</b>	<b>61</b>
3.1	糖酶	62
3.1.1	淀粉酶	62
3.1.2	蔗糖酶及乳糖酶	67
3.1.3	纤维素酶	69
3.1.4	果胶酶	70
3.2	蛋白酶	74
3.2.1	蛋白酶概述	74
3.2.2	丝氨酸蛋白酶	77
3.2.3	巯基蛋白酶	79
3.2.4	金属蛋白酶	80
3.2.5	酸性蛋白酶	80
3.2.6	蛋白酶在食品工业中的应用	82
3.3	酯酶	82
3.3.1	酯酶的分类	83
3.3.2	脂肪酶	86
3.3.3	酯酶在食品工业中的应用	88
3.4	溶菌酶	91

3.4.1 溶菌酶的作用机制	91
3.4.2 溶菌酶在食品工业中的应用	92
思考题	94
参考文献	94
<b>第4章 食品工业中应用的氧化酶</b>	<b>95</b>
4.1 过氧化物酶	96
4.1.1 过氧化物酶的分类与分布	96
4.1.2 过氧化物酶催化的反应及作用底物	97
4.1.3 影响过氧化物酶活力的因素	98
4.1.4 过氧化物酶的提取、纯化与同工酶	103
4.1.5 过氧化物酶的应用	104
4.2 多酚氧化酶	104
4.2.1 多酚氧化酶的分类与分布	104
4.2.2 多酚氧化酶催化的反应及作用底物	105
4.2.3 影响多酚氧化酶活力的因素	107
4.2.4 多酚氧化酶的应用	112
4.3 脂肪氧合酶	112
4.3.1 脂肪氧合酶的分类与分布	113
4.3.2 脂肪氧合酶催化的反应	113
4.3.3 脂肪氧合酶活力的测定	114
4.3.4 脂肪氧合酶与食品质量的关系	115
4.3.5 脂肪氧合酶的应用	116
4.4 葡萄糖氧化酶	117
4.4.1 葡萄糖氧化酶的性质和分布	117
4.4.2 葡萄糖氧化酶活力的测定	119
4.4.3 葡萄糖氧化酶在食品领域的应用	119
4.5 转谷氨酰胺酶	120
4.5.1 转谷氨酰胺酶催化的反应	120
4.5.2 转谷氨酰胺酶在自然界的分布及性质	121
4.5.3 测定转谷氨酰胺酶活力的方法	123
4.5.4 转谷氨酰胺酶在食品工业中的应用	123
思考题	125
参考文献	125
<b>第5章 酶的生产</b>	<b>126</b>
5.1 酶的生产方法	127
5.1.1 提取分离法	127
5.1.2 生物合成法	127
5.1.3 化学合成法	128



5.2 酶的发酵生产 .....	128
5.2.1 优良产酶菌的特点和要求 .....	128
5.2.2 主要的产酶菌 .....	129
5.2.3 产酶菌的获得 .....	131
5.2.4 产酶菌的培养 .....	133
5.3 提高酶发酵产量的方法 .....	138
5.3.1 酶的合成调控机制 .....	138
5.3.2 控制发酵条件提高酶产量 .....	141
5.3.3 通过基因突变提高酶产量 .....	144
5.3.4 通过基因重组提高酶产量 .....	144
5.3.5 其他提高酶产量的方法 .....	145
思考题 .....	145
参考文献 .....	146
<b>第6章 酶的分离纯化 .....</b>	<b>147</b>
6.1 酶分离纯化的一般原则 .....	148
6.1.1 减少或防止酶的变性失活 .....	148
6.1.2 根据酶不同特性采用不同的分离纯化方法 .....	149
6.1.3 建立快速可靠的酶活性检测方法 .....	149
6.1.4 尽量减少分离纯化步骤 .....	149
6.2 酶的提取 .....	149
6.2.1 预处理和细胞破碎 .....	149
6.2.2 提取 .....	151
6.2.3 浓缩 .....	153
6.3 酶的纯化 .....	154
6.3.1 根据酶溶解度不同进行纯化 .....	154
6.3.2 根据酶分子大小、形状不同进行纯化 .....	157
6.3.3 根据酶分子电荷性质进行纯化 .....	160
6.3.4 根据酶分子专一亲和作用进行纯化 .....	164
6.3.5 高效液相层析法 .....	165
6.3.6 酶的结晶 .....	167
6.3.7 酶纯化方法评析 .....	169
6.4 酶的纯度与保存 .....	169
6.4.1 酶纯度的检验 .....	169
6.4.2 酶活性的检验 .....	170
6.4.3 酶的剂型 .....	170
6.4.4 酶的稳定性与保存 .....	170
思考题 .....	171
参考文献 .....	172

第 7 章 酶分子修饰与改造 .....	173
7.1 酶分子的化学修饰 .....	174
7.1.1 酶分子化学修饰的基本原理 .....	174
7.1.2 金属离子置换修饰 .....	175
7.1.3 大分子结合修饰 .....	176
7.1.4 肽链有限水解修饰 .....	176
7.1.5 酶分子侧链基团的修饰 .....	177
7.1.6 氨基酸置换修饰 .....	184
7.1.7 核苷酸剪切/置换修饰 .....	184
7.1.8 酶分子亲和标记修饰 .....	185
7.1.9 酶分子化学修饰的应用 .....	186
7.2 酶分子的生物改造 .....	187
7.2.1 克隆酶 .....	188
7.2.2 突变酶 .....	189
7.2.3 设计新酶 .....	190
思考题 .....	191
参考文献 .....	192
第 8 章 酶与细胞的固定化 .....	193
8.1 酶的固定化 .....	194
8.1.1 固定化酶的定义 .....	194
8.1.2 酶的固定化原则 .....	195
8.1.3 酶的固定化方法 .....	195
8.1.4 固定化酶的性质 .....	200
8.1.5 影响固定化酶性能的因素 .....	201
8.2 辅酶的固定化 .....	202
8.2.1 辅因子的定义及分类 .....	203
8.2.2 辅酶的固定化方法 .....	204
8.2.3 辅酶的再生 .....	204
8.3 细胞的固定化 .....	206
8.3.1 固定化细胞的制备方法 .....	207
8.3.2 固定化细胞的性质 .....	209
8.4 固定化酶和固定化细胞的表征 .....	209
8.4.1 评价固定化酶(细胞)的指标 .....	209
8.4.2 载体活化程度和固定化配基密度的测定 .....	211
8.5 固定化酶和固定化细胞在食品工业中的应用 .....	211
8.5.1 固定化酶在乳制品中的应用 .....	211
8.5.2 固定化酶在油脂工业中的应用 .....	212
8.5.3 固定化酶在果汁中的应用 .....	212

8.5.4	固定化酶在茶叶加工中的应用 .....	212
8.5.5	固定化酶在啤酒工业上的应用 .....	212
8.5.6	固定化酶用于果葡糖浆的生产 .....	212
8.5.7	固定化酶在食品添加剂和食品配料中的应用 .....	213
	思考题 .....	213
	参考文献 .....	213
<b>第9章</b>	<b>酶反应器与酶传感器 .....</b>	<b>215</b>
9.1	酶反应器 .....	216
9.1.1	酶反应器的类型 .....	216
9.1.2	酶反应器的选择 .....	221
9.1.3	酶反应器的设计 .....	222
9.1.4	酶反应器的应用 .....	223
9.2	酶传感器 .....	225
9.2.1	生物传感器概述 .....	225
9.2.2	酶传感器的结构与工作原理 .....	226
9.2.3	酶传感器的制备及性能 .....	228
9.2.4	酶传感器的应用 .....	232
	思考题 .....	233
	参考文献 .....	233
<b>第10章</b>	<b>非水相酶催化 .....</b>	<b>235</b>
10.1	非水相酶催化的概念与意义 .....	236
10.2	酶催化反应的非水相体系 .....	237
10.2.1	水-有机溶剂两相体系 .....	237
10.2.2	水不互溶单相有机溶剂体系 .....	238
10.2.3	反相胶束体系 .....	238
10.2.4	水互溶有机溶剂单相体系 .....	239
10.2.5	超临界流体体系 .....	239
10.2.6	离子液 .....	240
10.2.7	低共熔混合体系 .....	240
10.3	非水相中酶的结构和性质 .....	240
10.3.1	非水相中酶的结构 .....	240
10.3.2	非水相中的酶学性质 .....	241
10.4	非水相酶催化反应在食品工业中的应用 .....	244
10.4.1	在油脂工业中的应用 .....	244
10.4.2	酯类香料的合成 .....	246
10.4.3	橙花醇的分离 .....	246
10.4.4	阿斯巴甜的合成 .....	246
	思考题 .....	247

参考文献	247
第 11 章 酶工程新技术及其研究应用进展	248
11.1 极端酶	249
11.1.1 极端酶的种类	249
11.1.2 极端酶的结构特点与生产	250
11.1.3 极端酶在食品工业中的应用	251
11.1.4 极端酶工程研究进展	252
11.2 人工模拟酶	253
11.2.1 模拟酶的理论基础和策略	253
11.2.2 合成酶	254
11.2.3 印迹酶	256
11.3 生物酶工程	257
11.3.1 核酸酶的发现	257
11.3.2 核酸酶的分类与作用机理	258
思考题	261
参考文献	261