



国外优秀科技著作出版专项基金资助

工业生物技术译著系列

生物炼制——工业过程与产品

Biorefineries - Industrial Processes and Products

【上卷】

[德] 波吉特·卡姆

(Birgit Kamm)

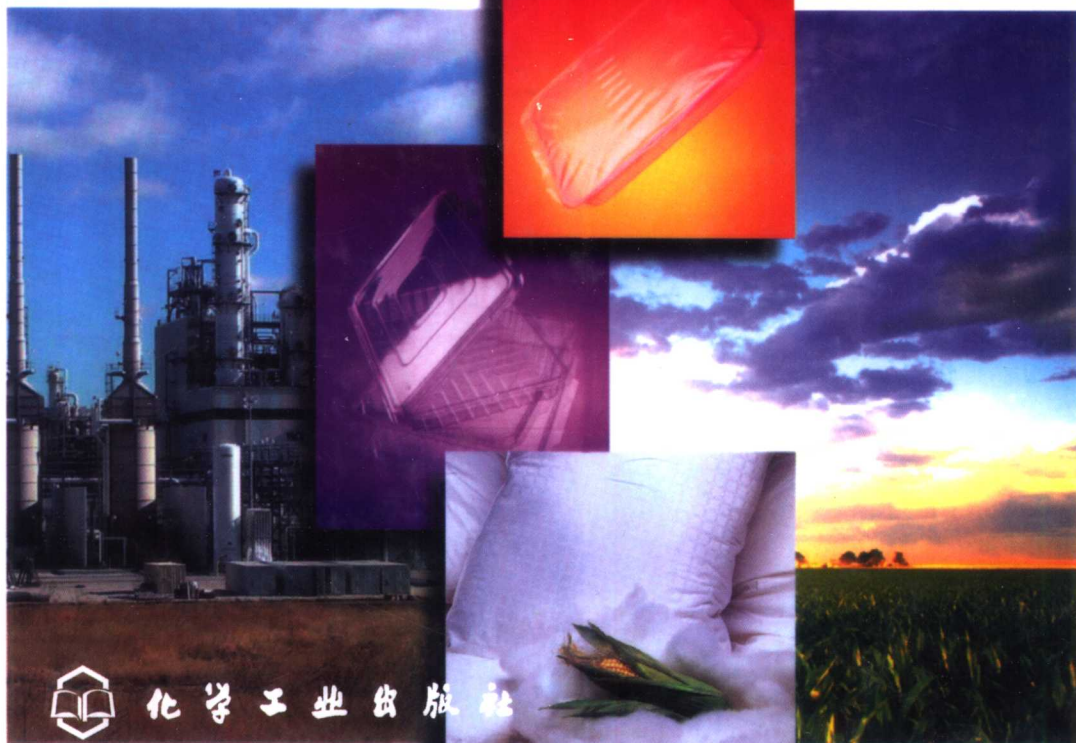
[美] 帕特里克·R·格鲁勃

(Patrick R. Gruber) 著

[德] 迈克·卡姆

(Michael Kamm)

马延和 主译



化学工业出版社



国外优秀科技著作出版专项基金资助

工业生物技术译著系列

生物炼制——工业过程与产品

(上 卷)

Biorefineries-Industrial Processes and Products

[德] 波吉特·卡姆 (Birgit Kamm)

[美] 帕特里克·R·格鲁勃 (Patrick R. Gruber) 著

[德] 迈克·卡姆 (Michael Kamm)

马延和 主译



化学工业出版社

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

生物炼制——工业过程与产品. 上卷/[德]卡姆 (Kamm, B.) 等著; 马延和主译. —北京: 化学工业出版社, 2007. 4

(工业生物技术译著系列)

书名原文: Biorefineries-Industrial Processes and Products; Status Quo and Future Directions

ISBN 978-7-5025-9605-7

I. 生… II. ①卡…②马…③卡… III. 工业微生物学 IV. Q939. 97

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 055519 号

Biorefineries-Industrial Processes and Products; Status Quo and Future Directions Volume 1, by Birgit Kamm, Patrick R. Gruber, Michael Kamm

ISBN 3-527-31027-4

Copyright © 2006 by Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.

本书中文简体字版由 Wiley-VCH 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行。未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2006-3431

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 尤彩霞

责任校对: 凌亚男

装帧设计: 潘峰

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$ 字数 419 千字 2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

序 言

以石油炼制为基础的现代工业体系是国家经济发展的支柱，但由于对不可再生化石资源的过分依赖，全球经济的可持续发展正面临着能源资源短缺、生态环境恶化的空前挑战。缓解能源短缺压力、发展新型循环经济、保护环境与改善生态、解决“三农”问题、建设节约型社会，都呼唤着新兴的生物炼制产业。生物炼制是以可再生的生物质为原料，经过生物、化学、物理方法或这几种方法集成的方法，生产一系列化学品、材料与能源的新型工业模式。大力发展生物炼制技术体系，以可再生生物质资源为原料，大规模生产人类所需要的能源、材料、化学品和医药等，将有可能引发一场以碳水化合物为基础的全球性产业革命，使生物质资源取代化石资源，成为人类新文明的物质基础。这对于实现人类社会的可持续发展，具有极其深远的意义。

2006年由WILEY-VCH出版的《Biorefineries-Industrial Processes and Products》是世界上第一本全面介绍生物炼制的书籍。该书有强大的作者阵容，三位主编均是国际知名的工业生物技术专家，其余的参编作者分别来自大学、科研机构以及商业和工业界，有着十分丰富的生物炼制的科研和工作经验。本书详细阐述了生物炼制体系的基础及原理、基本技术、生物炼制的工业产品，指出了生物炼制技术及产品的发展方向。本书的独到之处在于，作者并没有简单地罗列生物炼制的实例，而是用第一手的研究资料，对生物炼制的原理、现状和问题以及将来的努力方向进行了精辟和深入的阐述。这对我国从事工业生物技术，尤其是对生物炼制的基础和开发研究的参考意义和推动作用是十分重要且深远的。

本书的框架和内容有利于读者掌握生物炼制的基本概念和理论，在研究工作中借鉴和参考相关的方法及信息。其系统性和权威性将使该书成为生物炼制研究和开发的经典性文献之一，是从事化工、医药、食品、饲料以及轻工等领域或行业的教学和科研人员的重要参考书。

我非常高兴地看到欧阳平凯、马延和、黄和等国内主要从事生物炼制研发工作的研究人员，及时组织翻译了本书并促成《生物炼制——工业过程与产品》中文版的问世，感谢他们及化学工业出版社的编辑人员为这本书的翻译和出版所付出的心血。相信本书的出版将对我国的工业生物技术，尤其是生物炼制的研究和开发有所裨益。



上海

2007年3月

译者前言

近百年的化石经济在为人类社会创造了空前的物质文明的同时，也导致了石油资源的渐趋枯竭和大量使用化石燃料造成的环境污染。从化石经济向碳水化合物经济过渡，是社会经济发展的一种必然趋势。生物炼制是以可再生的生物质资源为原料，通过生物、物理、化学法等多种加工转化途径获得平台化合物并进一步加工成各种化工产品的过程。生物炼制能够实现传统石油化工产品的原料替代和加工路线替代，将明显降低经济发展对石油等不可再生资源的依赖，解决目前我国化学加工业造成的严重环境污染问题，促进农业的发展，对人类社会的可持续发展具有十分重要的意义。目前，世界各国都在致力于生物炼制技术体系的开发。我国政府也十分重视生物炼制技术的研究和开发，分别在国家重点基础研究发展计划（973计划）和国家高技术研究发展计划（863计划）设立专项予以支持。

2006年，波吉特·卡姆（德国）、帕特里克·R·格鲁勃（美国）以及迈克·卡姆（德国）三位博士组织了30多位从事生物炼制及其相关领域研究和开发的国际知名专家，编写了《Biorefineries-Industrial Processes and Products》一书，并由WILEY-VCH出版。全书分上下卷。这是世界上首次全面介绍生物炼制技术体系的书籍。全书详细阐述了有关生物炼制的概念、基础及原理、基本技术、工业产品以及生物炼制技术及产品的发展方向。为了帮助我国读者了解生物炼制技术体系的国际发展动向，我们组织翻译了这本书。希望这本书中文版的出版会推动我国生物炼制相关技术的研究及产业化应用，促进我国工业生物技术的快速发展，并对从事化工、医药、食品、饲料以及轻工等领域或行业的教学和科研人员有所帮助。

本卷由马延和组织翻译，其中，李雪、马延和翻译了第1~4章，吴剑荣翻译了第5~7章，郑志永翻译了第8、9章，许正宏翻译了第10、11章，王栋翻译了第12、13章，段作营翻译了第14、15章，穆晓清翻译了第16、17章。马延和、许正宏、许平、李寅、于波负责了全书的文字整理和校对工作。化学工业出版社的编辑在本书出版过程中也付出了许多心血。在此对各位译校者和编辑表示诚挚的谢意！

杨胜利院士欣然为本书中文版作序，在此一并表示衷心地感谢！

由于时间仓促，加上译者水平所限，译稿疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

马延和
于中国科学院微生物研究所
2007年3月

编者寄语

在 2003 年，当出版“生物炼制，生物基工业过程及产品”这套书的想法首次出现时，生物炼制作为高效利用可再生原料和生产工业原料的一种方式，还只是除美国以外其他地方的一个非主流话题。但在随后的两年里，形势发生了戏剧性的变化。受不断上涨的油价的影响，以及摆脱基于石油化学品的经济系统的渴望，大多数发达国家及新兴国家正致力于开发生物炼制体系。

在本书中我们没有描述和讨论属于或者可能属于生物炼制的¹所有方面——那是不可能做到的。当前存在有许多种类型的生物炼制，由于新的焦点集中于将生物炼制实现商业化，因此生物炼制技术的发展非常迅速。对于那些对生物炼制技术感兴趣的人而言，这是一个令人振奋的时期，因为生物转化技术已经发展到一个能用于大规模生产的先进阶段；从经济学角度而言，更倾向于使用可再生的工业原料；此外，化工过程的知识也被应用于生物基体系中。

作为编著第一本全面介绍生物炼制书籍的编者，我们认为有义务向读者提供生物炼制方面的概况——阐述与生物炼制相关的问题；生物炼制体系的基础、原理及基本技术；属于生物炼制范畴的工业产品；最后，向读者介绍未来生物炼制领域的技术及产品。

为了全面、准确地阐述生物炼制的研究现状、发展情况以及工业应用情况、策略和未来的发展方向，我们请 85 位来自大学、研究与开发机构以及工业和商业方面的专家来阐述他们关于工业炼制的观点、研究结果、应用情况及理念。据此，我们总结整理出 33 篇文章并将其分成 7 个部分。在此，对所有参与的作者表示衷心的感谢！

我们特别感谢来自 Wiley-VCH 出版社、与我们一起策划此书并且主持了随后的出版发行工作的 Hubert Pelc 博士。同时，感谢来自 Wiley-VCH 出版社的、可敬的、非常有耐心的专家 Bettina Bems 博士。此外，感谢本书的 3 位主编和来自于三大洲的 85 位作者。我们同样深深地感谢来自 Wiley-VCH 出版社的 Hans-

Jochen Schmitt, 他参与了本书的排版工作, 并将各位专家的手稿付梓出版。

也许在 2030 年, 当利用生物炼制技术的生物基经济已成为国家和全球整体经济的基础部分时, 有人会想知道在 21 世纪初时, 关于生物炼制, 人们曾经思考过什么, 书写过什么。希望此书对此具有高度的代表性。此外, 我们也希望此书能够促进国际生物炼制的发展。

泰尔托-希霍夫 (德国), 波吉特·卡姆 (Birgt Kamm)

波尔得, 科罗拉多 (美国), 帕特里克·R·格鲁勃

(Patrick R. Gruber)

波茨坦 (德国), 迈克·卡姆 (Michael Kamm)

2005 年 11 月

序 言

在煤基化学发展 150 年、石油基化学发展 50 年之后，工业化学进入了一个新纪元。21 世纪，可再生原材料的利用在工业规模物质的化学转化中将占有更重要的地位。将经济形态部分或全部调整为以可再生原材料为基础的经济，需要在研究、开发及生产过程中使用全新的方法。化学以及生物科学在未来工业的建立中将起主导作用。我们必须通过努力，建立生物、物理、化学以及技术科学间的合作，并将研究的重点放在原材料、生产线的效率以及可持续性上。对于研究人员和工程师而言，从基于化石原料的化学向基于生物学的现代科学技术进行必要的转变，是一项智力挑战。化学家应该支持这样的转变，并且加强与其相关学科同行的合作，例如，生物技术、农学、林学以及材料科学。

德国化学会将通过在其协会中为那些在大学、研究机构和工厂研究生物炼制的化学家建立新的组织机构，以帮助发展这种必然趋势。

这套两卷丛书，主要是基于生物炼制系统所发展的方法——将今天石油化学品生产线和产品系列的思路和效率，用于处理生物质。生物质粗原料被机械分离为不同成分，然后利用不同的方法，如生物技术法、热化学法或热法，将这些成分转化为其他产品。总结那些在过去建立的、但是在石油时代被遗忘的生物质的处理过程和产品，与介绍当前仍然需要开展大量研发工作的新方法、新工艺和新产品相比，具有同样重要的意义。

亨宁·霍普夫 (Henning Hopf)

德国化学会主席

法兰克福 (德国)

2005 年 11 月

序 言

2005年10月5日，诺贝尔委员会针对化学奖做了一个有趣且重要的陈述。其指出：“这代表了绿色化学的重要进步，通过更先进的生产，减少了潜在的有害性废物。该研究作为一个例子，说明基础科学的应用对维护和提高人类、社会与环境的利益是多么重要”。这一声明表明诺贝尔委员会认识到了新一代科学家已经知道的一个事实，即通过最基础水平的工作——分子水平——我们可通过可持续的方式设计出我们需要的产品、工艺以及体系。

众所周知，我们现在生产产品以及为社会服务的体系都是不可持续的。这种不可持续性以多种形式表现。我们应该注意到，在现有的生产系统中，我们主要依赖于从地球提取的有限的原料，这些原料正在以不可持续的速度被耗尽。同样我们也应该意识到，现有的生产效率导致90%以上的原料最后成为废弃物，也就是说，只有少于10%的材料最终变成我们所需要的产品。另一种不可持续的情况存在于我们当前对能源的使用现状上；我们不但很大程度上依赖于有限的能源资源，而且还导致了环境的破坏。在21世纪，随着人口的增加以及发展中国家对能源的需求等问题的出现，这种对环境的破坏不能再继续下去了。在工业革命时我们设计的产品和生产方法，在完成既定目标时，并没有全面考虑其给人类以及生物圈带来的影响和后果，如许多毒性和有害的物质被散布到全球各处，并且进入我们的体内。

如果我们想改变这种不可持续的路线，需要最好的科学家和工程师来设计出与过去不同的未来。我们需要在一个更开阔的视野下前行，当我们的设计朝向高效率、高效力和高性能努力时，我们还必须考虑到，这些目标需要包括可持续性在内——将对人类和环境的影响降低到最小程度。

迎接可持续性设计的挑战，关键在于我们用来作为起始材料或原料的材料性质。任何可持续的未来都必须保证，支持我们经济基础的原材料是可再生的而非消耗性的。可再生率也同样重要，因为有些人会争辩说，如果等上几百万年，石油资源也可以再生。因此有必要进行认真的分析，以确认可再生率与使用率相

关。解决这个技术挑战我们有许多选择，例如，将一个产品生产过程中的废弃物作为另一个生产过程的原材料，工业生态学模式已对此进行过详细分析。不过，人们普遍认为，可持续未来的本质是合理和创新地使用生物基原料。

本书讲述了转向以生物基原料、生产过程和产品为经济支柱的可持续社会的关键问题和挑战。本书不但讨论了这一转变中的科学和技术问题，还讨论了经济、社会基础和政策的相关问题。只有通过这种整体策略，真正的可持续性转变才能够发生，才能使社会、经济和环境在满足当代人的需要的同时，还能满足后代的需要。

对读者而言，本书所阐述的主题显然是很重要的。除此之外，读者还应当理解，本书的这些主题——以及作者陈述的向可持续之路的转变——已经迫在眉睫。在这一历史时刻，我们需要所有能够促进向可持续社会转变的人，以迎接这一挑战所需要的精力、创新性和创造性，来从事这一工作。

保罗·T·阿纳斯塔斯 (Paul T. Anastas)

绿色化学研究所所长

华盛顿哥伦比亚特区

2005年11月

目 录

第一部分 背景及概述——原理和基础知识

1 生物炼制体系——概述	1
1.1 引言	1
1.2 历史回顾	2
1.2.1 传统技术的概述及工业资源	2
1.2.2 开端——生物质消化	2
1.2.3 生物基产品集成生产的起源	5
1.3 现状	8
1.3.1 生物炼制目前研究和开发的一些现状	8
1.3.2 生物质原料	9
1.3.3 生物质技术的国家远景、目标和计划（美国）	11
1.3.4 生物燃料的远景、目标及计划（欧盟及德国）	12
1.4 生物炼制的原理	13
1.4.1 基本原理	13
1.4.2 “生物炼制”的定义	14
1.4.3 生物技术的作用	16
1.4.4 砌块化合物，化合物和潜能筛选	18
1.5 生物炼制体系与设计	19
1.5.1 简介	19
1.5.2 木质纤维素原料的生物炼制	20
1.5.3 全谷物生物炼制	22
1.5.4 绿色生物炼制	24
1.5.5 双平台概念与合成气	27
1.6 前景展望	28
参考文献	29
2 生物质炼制的全球性影响——21 世纪的生物基经济	36
2.1 引言	36
2.2 历史概要	36
2.2.1 化石碳加工工业的背景及发展	36
2.2.2 现存的生物基经济：可再生碳	38
2.2.3 迈向更大的生物基经济	39

2.3	生物炼制厂的供应	40
2.3.1	生物炼制厂需要什么原材料,能生产何种产品?	40
2.3.2	生物质原料成本与石油成本的比较	41
2.3.3	能够提供多少生物质原料,其价格是多少?	44
2.4	生物炼制的技术如何发展?	46
2.4.1	产品的产率:主要的技术经济因素	46
2.4.2	产品的多样化:利用全生物质	47
2.4.3	纤维素生物炼制方法的完善与先决技术条件	48
2.5	集成生物炼制体系的可持续性	49
2.5.1	集成生物炼制系统:“所有生物质本地化”	49
2.5.2	农业/林业生态系统模型:可持续时代的新工具	50
2.5.3	分析集成生物炼制体系的可持续性:一些结论	51
2.6	结论	55
	参考文献	56
3	发展生物炼制需考虑的技术与经济因素	58
3.1	引言	58
3.2	概述:生物炼制模型	59
3.3	原料及可发酵糖的转化	59
3.3.1	蔗糖	60
3.3.2	淀粉	61
3.3.3	纤维素	61
3.4	技术挑战	63
3.4.1	纤维素酶	63
3.4.2	发酵微生物	66
3.5	结论	69
	参考文献	70
4	适于化工业的生物炼制——荷兰的观点	73
4.1	引言	73
4.2	历史性概述——化工业:现状及前景	74
4.2.1	产品及市场概况	74
4.2.2	技术路线	75
4.2.3	生物基工业产品	76
4.2.4	国际前景	78
4.3	生物质:技术和可持续性	80
4.3.1	向生物基工业的过渡:在荷兰的行业集成	80
4.3.2	可持续性能够推动工业技术的发展吗?	82
4.4	化工业:生物质机遇——生物炼制	83
4.4.1	生物质机遇	83

4.4.2	生物炼制的概念	84
4.4.3	生物质的可利用性	86
4.4.4	初级炼制	87
4.4.5	二次热化学炼制	87
4.4.6	二次生物化学炼制——发酵过程	89
4.5	结论, 展望, 前景	91
4.5.1	生物质——可持续性	91
4.5.2	生物质的提炼与预处理	91
4.5.3	转化技术	92
4.5.4	化学品及材料的设计	92
4.5.5	荷兰能源研究战略	93
	参考文献	93

第二部分 生物炼制体系

5	木质纤维素生物炼制——一种回到利用可持续资源生产资源和工业有机化学品的策略	96
5.1	目前形势	96
5.2	策略	96
5.2.1	策略中的策略	97
5.2.2	环境效益	97
5.2.3	商业结构	98
5.2.4	成本评估	98
5.3	石油和生物质化学的比较	99
5.3.1	石油资源	99
5.3.2	生物质资源	99
5.3.3	糖类和多糖	100
5.3.4	木质素	101
5.3.5	三酰甘油酯	101
5.3.6	蛋白质	102
5.4	木质纤维素炼制化学	102
5.5	几个集成生物炼制的应举例	104
5.5.1	以木质纤维素为原料生产乙醇和糠醛	104
5.5.2	城市固体废弃物处理	104
5.5.3	城市固体废弃物处理、乙醇生产和生物柴油生产的耦合	105
5.6	小结	106
	参考文献	106
6	木质纤维素生物炼制——生物质水解工厂的历史和发展	107
6.1	引言	107

6.2	生物质原料的水解	107
6.2.1	酸水解法转化	107
6.2.2	酶催化法转化	108
6.3	酸水解过程	108
6.3.1	生产乙醇的早期努力	108
6.3.2	其他产物	110
6.4	酶水解过程	111
6.4.1	早期历史	111
6.4.2	酶催化水解生物质工厂的发展	111
6.4.3	技术发展	112
6.5	结论	113
	参考文献	113
7	生物精炼工艺——以木质纤维素为原料生产乙酰丙酸、糠醛、甲酸——	116
7.1	引言	116
7.2	木质纤维素水解	116
7.2.1	多糖的酸水解	117
7.2.2	乙酰丙酸、甲酸和糠醛的生产	118
7.3	生物精炼过程	120
7.3.1	生物精炼过程产量和效率	121
7.3.2	比传统木质纤维素加工技术具有的优势	122
7.3.3	生物质精炼工艺的产品	122
7.3.4	生物质精炼半焦	129
7.3.5	生物炼制过程的经济性	132
7.4	结论	134
	参考文献	135

全农作物生物炼制技术

8	一个全农作物生物炼制系统——一种利用谷物生产非食用产品的 封闭系统	138
8.1	引言	138
8.2	基于小麦的生物炼制技术	140
8.2.1	小麦的结构和组成	140
8.2.2	小麦粉碾磨副产物的二级处理	141
8.2.3	食品和非食品应用的小麦分离新工艺	144
8.2.4	基于小麦新型干分级处理技术的生物炼制	146
8.3	基于燕麦的生物炼制技术	151
8.3.1	燕麦的结构和组成	151

8.3.2 潜在的基于燕麦的分级处理工艺概况	152
8.4 小结	155
参考文献	155

燃料导向的生物炼制技术

9 Iogen 公司利用纤维素生物质生产乙醇的示范加工过程	160
9.1 引言	160
9.2 过程概述	160
9.3 原料的选择	161
9.3.1 原料的组成	161
9.3.2 原料的选择	162
9.3.3 利用淀粉或蔗糖生产乙醇	163
9.3.4 纤维素生物质生产乙醇的优势	163
9.4 预处理	164
9.4.1 预处理过程	164
9.4.2 化学反应	164
9.4.3 其他的预处理过程	165
9.5 纤维素酶的生产	166
9.5.1 生产纤维素酶	166
9.5.2 在乙醇厂区现场生产纤维素酶	167
9.5.3 纤维素酶的商业化生产现状	167
9.6 纤维素水解	168
9.6.1 过程描述	168
9.6.2 纤维素酶水解的动力学	168
9.6.3 酶水解的改进	169
9.7 木质素加工	170
9.7.1 过程描述	170
9.7.2 木质素的其他用途	170
9.8 糖发酵和乙醇提取	171
参考文献	171
10 糖基生物炼制——联产聚 3-羟基丁酸、糖及乙醇的技术	173
10.1 引言	173
10.2 巴西的甘蔗工业——历史沿革	173
10.2.1 糖及乙醇的生产	173
10.2.2 甘蔗农业与绿色循环	174
10.3 甘蔗原料生产的生物可降解塑料	175
10.3.1 聚 3-羟基丁酸	175

10.3.2 聚 3-羟基丁酸聚合物	176
10.4 聚 3-羟基丁酸的生产过程	179
10.4.1 <i>Ralstonia eutropha</i> 以糖为原料发酵合成 PHB	179
10.4.2 胞内 PHB 的提取和纯化的下游加工过程	180
10.4.3 糖厂联产 PHB	182
10.4.4 制糖厂中生产 PHB 的投资和生产成本	183
10.5 展望	184
参考文献	185

基于热化学工艺的生物炼制

11 基于热化学-生物复合式工艺的生物质炼制总论	187
11.1 引言	187
11.2 历史概要	187
11.2.1 基于合成气发酵的生物炼制的起源	187
11.2.2 基于生物油发酵的生物炼制的起源	188
11.3 基于气化技术的系统	189
11.3.1 气化的基础知识	189
11.3.2 合成气的发酵	191
11.3.3 基于合成气发酵的生物炼制	197
11.3.4 支撑技术 (enabling technology)	198
11.4 基于快速高温分解的系统	199
11.4.1 快速高温分解的基础知识	199
11.4.2 生物油的发酵	202
11.4.3 基于快速高温分解的生物炼制	204
11.4.4 支撑技术	206
11.5 前景与展望	206
参考文献	207

绿色生物炼制

12 绿色生物炼制的概念——基本原理和应用潜力	210
12.1 引言	210
12.2 历史概况	210
12.2.1 起源	210
12.2.2 叶蛋白浓缩物的首次生产	211
12.2.3 叶染料的首次生产	213
12.3 绿色生物炼制原材料	214

12.3.1	原材料	214
12.3.2	大规模绿色生物炼制的草场原料的获得	215
12.3.3	草料的关键成分	216
12.4	绿色生物炼制概念	223
12.4.1	基本原理和现状	223
12.4.2	湿法分级和初步炼制	224
12.5	加工和产品	227
12.5.1	汁液部分	227
12.5.2	GJ 饮料/另一种用途	228
12.5.3	成分和特性	229
12.5.4	滤饼(纤维)组分	231
12.6	绿色生物炼制——经济和生态	235
12.7	前景与展望	236
	参考文献	236
13	生物炼制中的植物汁液——利用植物汁液作为发酵培养基——	247
13.1	引言	247
13.2	历史概况	247
13.3	生物基聚(乳酸)	247
13.3.1	发酵过程	248
13.3.2	绿色生物炼制	248
13.3.3	乳酸发酵	248
13.3.4	褐色汁液作为发酵培养基	249
13.4	材料和方法	250
13.4.1	分析方法	250
13.4.2	唾液乳杆菌 BC1001 褐色汁液的补料分批发酵	250
13.4.3	唾液乳杆菌 BC1001 中试规模连续发酵	251
13.4.4	好氧和厌氧储存期间马铃薯汁的性质研究	251
13.5	褐色汁液	251
13.5.1	化学成分	251
13.5.2	季节变化	253
13.5.3	褐色汁液的乳酸发酵	255
13.5.4	绿色作物干燥工业作为乳酸生产者	256
13.6	马铃薯汁	258
13.6.1	马铃薯汁作为发酵培养基	258
13.6.2	马铃薯淀粉厂作为乳酸生产者	259
13.7	碳水化合物	259
13.8	乳酸纯化	260
13.9	结论与展望	261