



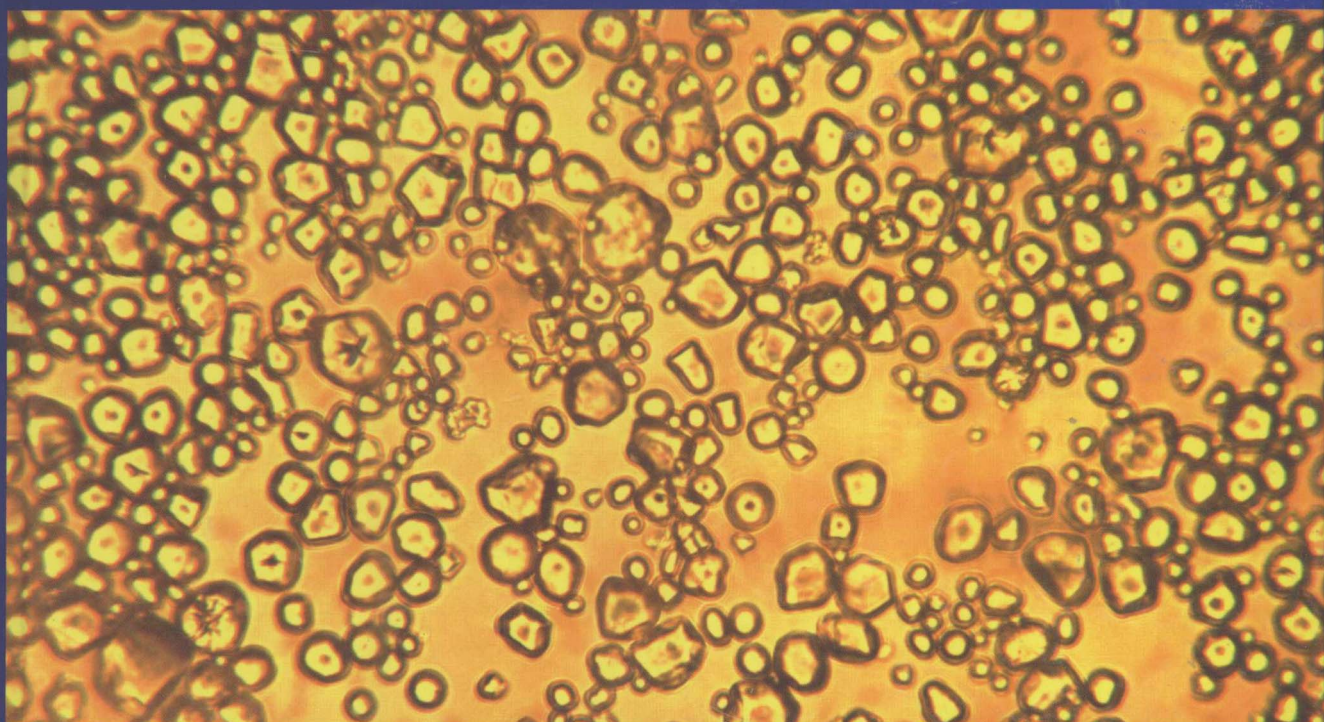
【原著第3版】  
THIRD EDITION

# 淀粉化学与技术

## Starch Chemistry and Technology

[美] J.N.贝米勒 (James N. BeMiller) 主编  
R.L.惠斯特勒 (Roy L. Whistler)

岳国君 郝小明 等译



化学工业出版社

# 淀粉化学与技术

---

## Starch Chemistry and Technology

[ 原著第3版 ]  
[ THIRD EDITION ]

[ 美 ] J.N.贝米勒 ( James N. BeMiller ) 主编  
R.L.惠斯特勒 ( Roy L. Whistler )

岳国君 郝小明 等译



化学工业出版社

· 北京 ·

本书深入系统地阐述了淀粉化学、遗传学、生物化学、分子生物学, 淀粉团粒的结构特征, 特别是对玉米淀粉、高粱淀粉、小麦淀粉、马铃薯淀粉、木薯淀粉、大米淀粉、黑麦淀粉、燕麦淀粉、大麦淀粉以及改性淀粉的生产、性能、加工和应用进行了全面的综述, 同时对淀粉在造纸、聚合物、食品甜味剂等方面的应用进行了阐述, 并在此基础上展望了未来的发展。

本书适合从事淀粉科学研究, 以及淀粉应用研发的科技人员阅读, 对从事各种淀粉作物种植研究的科技人员也有重要参考价值。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

淀粉化学与技术/[美] 贝米勒 (BeMiller, J. N.), [美] 惠斯特勒 (Whistler, R. L.) 主编; 岳国君, 郝小明等译.  
3 版. —北京: 化学工业出版社, 2012. 9

书名原文: Starch Chemistry and Technology  
ISBN 978-7-122-14734-9

I. ①淀… II. ①贝… ②惠…③岳…④郝… III. ①淀粉-生物化学②淀粉加工-生产工艺 IV. ①Q539②TS234

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 144178 号

Starch Chemistry and Technology, Third edition/by James N. BeMiller and Roy L. Whistler  
ISBN 978-0-12-746275-2

Copyright©2009 by Elsevier Inc. Apart from Chapter 19 which is in the public domain. All rights reserved.

Authorized simplified Chinese translation edition of English Edition jointly published by Chemical Industry Press and Elsevier (Singapore) Ltd, 3 Killiney Road, # 08-01 Winsland House I, Singapore 239519.

Copyright © (2013) by Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

Copyright © (2013) by Chemical Industry Press

All rights reserved.

This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体字翻译版由化学工业出版社与 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 在中国大陆境内合作出版。本版仅限在中国境内 (不包括香港特别行政区、台湾及澳门) 出版及标价销售。未经许可之出口, 视为违反著作权法, 将受法律之制裁。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分, 违者必究。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2012-4938

---

责任编辑: 路金辉

文字编辑: 林 媛

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 关 飞

---

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

787mm×1092mm 1/16 印张 41¼ 字数 1046 千字 2013 年 1 月北京第 3 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: 168.00 元

版权所有 违者必究

---

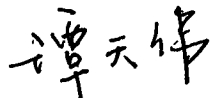
# 序 言

热烈祝贺由岳国君、郝小明等同志主持翻译的《淀粉化学与技术》第3版中文译本正式出版。

J. N. BeMiller 和 R. L. Whistler 主编的《Starch Chemistry and Technology》1984年出版第2版，到2008年第3版出版时隔25年。目前大家见到的第3版对前两版进行了全面补充和完善，充分体现了20多年来国际淀粉领域的研究成果和工业化进展。

《淀粉化学与技术》包括淀粉的发育遗传学、生理学、淀粉生物合成、团粒结构、理化特性表征、不同类型淀粉产品特性、淀粉加工以及应用等内容，涉及范围广，专业性强。同时，作为一部系统性专著，也阐述了国际淀粉行业的技术发展趋势。可以讲，这部著作对从事淀粉加工、科研、教学和生产工作者具有重要参考价值。

中粮营养健康研究院投入大量人力物力，组织中粮集团的有关专业人员进行这部大型著作的翻译。期间，还将译文样稿汇集成册，广泛征求意见，历时一年，反复核校。岳国君同志和各位译者为我国淀粉行业发展做基础性工作的这种踏实精神，令人欣慰和鼓舞。仅希望国内更多的企业科研单位继续支持和推动淀粉乃至生物化工科研事业的发展，为助推我国生物化工发展做出新贡献。



中国工程院院士

二〇一二年七月十八日于北京

# 译者前言

《淀粉化学与技术》(“Starch Chemistry and Technology”第3版)中译本正式出版与读者见面了。

J. N. BeMiller 和 R. L. Whistler 主编的“Starch Chemistry and Technology”第1版、第2版分别于1964年、1984年在美国出版。1987年,吉林省食品工业协会组织翻译了第2版,中国食品工业出版社出版了该书的中译本《淀粉的化学与工艺学》。中译本的出版深受我国食品业界的欢迎,曾两次增印,成为当时本专业的一本重要基础工具书。

2008年,原著第3版在美国出版。新版充分吸纳了20多年来淀粉领域的研究和工业化成果,对前两版进行了补充和完善。全书涵盖了淀粉主要品种,深入系统地阐述了淀粉化学、遗传学、生物化学、分子生物学和淀粉的工业应用,并在此基础上展望了淀粉领域未来的发展。第3版保留了前两版的风格,并大量引用文献,各章引用的参考文献大多过百篇,有的超过了400篇。

当我看到“Starch Chemistry and Technology”第3版时,深感有必要将它翻译成中文,力争为推进中粮集团乃至我国食品工业的技术进步做出一份微薄的贡献。

中粮集团是国内最大的粮油食品企业,在国际业界也有重要影响,自1994年起,连续入选《财富》杂志世界500强企业。21世纪第二个十年,中粮集团进入“全产业链粮油食品企业”深化战略转型的新阶段,作为推动“全产业链”战略的重要一步,正在有序建设14个综合产业园。大米、面粉、面条、面包、啤酒麦芽、燃料乙醇、食用酒精、无水乙醇、淀粉、甜味剂、动物饲料等是供各综合产业园选择的主导产品;淀粉则是涉及众多产品的基本“元素”。全面系统深入地研究淀粉应是我们长期面对的基础课题。只有在淀粉科学深厚积淀的基础上,才能研发好的产品,带来新服务、新体验,提供饮食健康生活方式的新选择。正是基于这一考虑,我下决心组织中粮生化能源部、中粮营养健康研究院及中粮工程科技公司的科研人员翻译本书。在正式出版前,翻译样稿曾分发给有关单位征求意见,最后又进行了一次全面修订。

本书由化学工业出版社购得版权,承担出版任务。他们安排经验丰富的编辑进行加工,提升了译文的水平。

在长达两年的工作中,该项工作始终得到中粮集团领导和各方面的大力支持;参与翻译、审核、校对和编辑的所有同志付出了大量的辛勤劳动,在此一并致以诚挚的谢意!

我衷心期盼这本译著的出版对我国食品工业的技术进步起到积极推动作用,能受到我国食品业界的欢迎,成为这一领域生产、科研、设计、规划、管理人员及高校教师的重要基础工具书。

本书由岳国君译第 1、9、21 章，郝小明译第 2、18 章，夏令和译第 20 章，张军华译第 22 章，林海龙译第 19 章，罗虎译第 10 章，韩钟淇译第 12 章，郜培译第 14 章，宋波译第 3 章，许玉彬译第 4 章，赵琳琳译第 5 章，高占争译第 6 章，徐梦译第 7 章，伍维维译第 8 章，娄新建译第 11 章，鲁艳秋译第 13 章，武国庆译第 15 章，周勇译第 16 章，满云译第 17 章，佟易任全书审校。中粮集团组织翻译这种大型的理论性专业著作还是首次，由于涉及的专业跨度大，理论基础深，要充分理解还有不小的难度，对翻译的不妥之处，敬请广大读者提出宝贵意见。

岳国君

二〇一二年七月

# 第3版前言

《淀粉化学与技术》第3版开始是由惠斯特勒 (R. L. Whistler) 教授和我编写的, 但是不久惠斯特勒教授就不能继续做这件事了。我很高兴能够见到第3版终于完成了。

自从1984年第2版问世以来, 世界上在淀粉化学、遗传学、生物化学、分子生物学和应用等方面都取得许多进展。这一版像前两版那样, 包括最常见淀粉的分离工艺、特性、功能和应用, 即普通玉米、蜡质玉米、高直链玉米、木薯、马铃薯和小麦所制成的淀粉, 重点介绍它们的生产、特性以及各自的应用, 但并非都独立成章。书中还包括那些用量有限或可能有限的淀粉, 即大米 (包括蜡质大米, 但不是所有大米品种)、高粱、大麦 (包括蜡质大麦)、燕麦和黑麦的淀粉。后三种淀粉是这一版新增的章节。书中不包括那些从种植面积有限的植物分离出的淀粉和地域性淀粉工业品。这些品种包括苜蓿属植物、竹芋、香蕉、美人蕉、葛根、小米、绿豆、豌豆、藜、西米、甘薯和芋头的淀粉, 但是有些品种在食品应用章节中有所介绍, 有两个品种在第1章中提到。凡能使用的这些淀粉, 多数是制成的粉, 而不是纯淀粉。然而, 令人感兴趣的是, 从香蒲根、芋头根以及苜蓿、金丝雀芒草、捕蝇草、喂牛用麦仙翁、六瓣合叶子、藜等植物种子, 可制得小颗粒淀粉。除了前面指出的品种外, 这一版都未涉及。但是, 在小麦淀粉这一章讲述了小颗粒小麦淀粉的特性和应用。

前一版所有章节的标题都更新了, 还新增了淀粉生物合成的生物化学和分子生物学、淀粉结构转换和相关物理特性以及环糊精章节。有两章讲述淀粉团粒结构特点, 可使读者不仅对淀粉组织结构的认识更清楚, 而且对直链淀粉和支链淀粉结构的理解也更深了, 这些都基于1984年以来的技术进展。

玉米和高粱淀粉的生产这一章不仅全面讲述了对湿磨工艺认识的深化以及工业实践的进步, 而且介绍了可选的玉米籽粒分级工艺、淀粉生产与用玉米籽粒生产其他产品的关系以及未来的发展方向。

小麦淀粉这一章增加了许多内容, 讲述了生产方面取得的进展、大小颗粒之间的差别、直链和支链小麦淀粉的精细结构、小麦淀粉的基因和化学改性及其功能和应用, 尤其是在食品工业中的功能和应用。

过去的20年, 木薯淀粉工业有了重大发展和突变, 这反映在第12章中, 其中包括了木薯淀粉特性与其他淀粉的比较。马铃薯淀粉这一章特别从加工角度做了明显的改动, 后面还讨论了全支链马铃薯淀粉。

由于消费者越来越关注其饮食含有什么成分, 而且欧盟要求对化学改性的淀粉必须予以标明, 因此, 对仅靠加热获得一定加工精度和结构疏松的轻度交联淀粉已产生了兴趣。有两章讨论了这些无需化学衍生作用而使淀粉改性的技术进展。

淀粉产品在造纸工业中的应用全章进行了更新, 增加了许多内容。

贝米勒 (J. N. BeMiller)  
于美国印第安纳州西拉斐特市  
2008年5月



# 前言

近年来,中国家蚕基因组计划和功能基因研究发展十分迅速,不但在国内已经成为我国重要动植物功能基因组研究代表之一,在国际上也具有相当的优势和广泛的影响。为了及时总结家蚕基础研究成果,2008年,我们编辑出版了《家蚕基因组计划2000~2007》,以家蚕基因组测序、生物信息学分析和平台技术建立等为主,全面总结了2000~2007年的8年间家蚕基因组计划的主要研究成果。《家蚕基因组计划2000~2007》的出版,得到业界许多同行专家学者的肯定,并荣获“重庆市首届出版政府奖——优秀图书奖”(2010年)。得益于大家的支持和鼓励,我们才编辑了《家蚕基因组研究2008~2009》。同时,我们也希望将家蚕基因组研究成果作为一个系列丛书,将来陆续编辑出版。

家蚕基因组和功能基因组研究,始终围绕着三个中心任务展开,即家蚕基因组计划、家蚕功能基因研究平台和关键技术,以及家蚕功能基因组研究。

首先,就家蚕基因组计划而言,2000年以来取得了三个标志性成果。第一个是家蚕基因组框架图谱的绘制。如果从2000年组织筹划算起,到2004年在 *Science* 上发表家蚕基因组框架图,历时4年。家蚕基因组框架图谱相关成果,已经收录于《家蚕基因组计划2000~2007》一书之中。第二个是家蚕基因组精细图谱。该图谱的绘制由中国和日本联合完成。2008年,中日两国科学家达成一致,由日方完成家蚕BAC测序和分子连锁图谱构建,并将日方3倍家蚕基因组WGS数据并入中国6倍WGS数据,共同完成了家蚕9倍精细图谱,以中方为第一完成者于2008年以特刊形式在最重要的昆虫学专业杂志 *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 上发表。2009年在 *Nucleic Acids Research* 上发表了基于家蚕精细图谱的信息库升级版Silk-DBv2.0。第三个是家蚕高精度遗传变异图谱的绘制。家蚕自5000年前由中国野桑蚕驯化而来,形成了大量地理品系和基因突变体材料。在基因组水平上解析家蚕和野桑蚕主要地理品系的遗传变化,具有重要科学价值。为此,我们采用Illumina-Sol-exa测序技术,选取代表性的29个家蚕突变品系和11个不同地理来源的中国野桑蚕

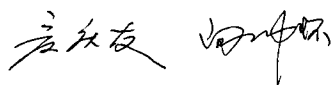


章处于未发表阶段,因此相关内容只能在本书后续的册子中加以总结。总体上分析,我们认为,建立家蚕功能基因组平台和关键技术的主体任务已经完成。未来的主要工作,将进一步集中在家蚕基因的功能研究方面。

最后是家蚕功能基因组研究,这是家蚕基因组和功能基因组研究的主战场。在国家重大基础研究项目“家蚕主要经济性状功能基因组与分子遗传改良研究”(“973”计划;2005CB121000)的支持下,我们初步建立了以家蚕丝蛋白合成、家蚕变态发育、家蚕性别决定和家蚕免疫四个重要生物学性状为主的功能基因组研究体系,并取得了较大的进展。《家蚕基因组计划 2000~2007》一书中收录了主要性状基因作用网络的生物信息学鉴定、关键基因克隆等内容。本书则更多地集中于一些关键基因的功能研究和调控机制分析等方面,研究水平和深度都有很大的进步。除了这四大性状相关功能基因组的研究外,本书还收集了大量有关家蚕重要突变、重要生理生化过程、人工选择与进化、家蚕重要病原微生物基因组和家蚕遗传素材创新等方面的研究论文,也总体上反映了我国家蚕基础研究的整体实力和水平。鉴于家蚕结构基因组和平台建设的主体任务已经完成,家蚕基因组计划的主体工作将集中于功能研究方面,所以,从本集开始,书名将采用《家蚕基因组研究》,以后根据研究论文的数量,以适当的周期陆续编辑出版。

以本书所覆盖的年份(2008年)开始,“发现基因,研究基因,利用基因”已成为家蚕基因组研究的主旋律。从这个意义上讲,本书将发挥承上启下、继往开来的作用。家蚕基因组研究的主要科学目标,将仍然是振兴蚕丝产业、推进模式昆虫和开拓生物新兴产业。我们在做好扎实的基础工作的同时,还特别希望研究家蚕的人更多一些,研究进展更快一些,研究水平更高一些,研究成果离实际应用更近一些。这也是我们通过本书的出版,最想表达的团队意志和愿望。

本书的出版,得到了西南师范大学出版社和人民出版社的大力支持。特别是西南师范大学出版社周安平社长的工作团队,为本书付出了大量的心血。谨此深表谢意。由于论文收集自不同的国内外杂志,体例格式与现行出版要求不统一之处较多,为保持原貌仅做部分修改。由于编者的水平和能力限制,尚有许多不足之处,敬请读者批评指正。



2010年12月于重庆

# 目 录

<b>第 1 章 淀粉的历史与未来</b> .....	1
1.1 历史 .....	1
1.1.1 早期历史 .....	1
1.1.2 16 世纪至 20 世纪 .....	2
1.1.3 20 世纪至今 .....	3
1.2 特种淀粉的发展 .....	4
1.2.1 蜡质玉米淀粉 .....	4
1.2.2 高直链淀粉 .....	4
1.2.3 化学改性淀粉 .....	4
1.2.4 其他天然改性玉米淀粉 .....	5
1.3 其他淀粉产品 .....	5
1.3.1 甜味剂 .....	5
1.3.2 乙醇 .....	5
1.3.3 多元醇 .....	6
1.3.4 有机酸 .....	6
1.3.5 氨基酸 .....	6
1.4 淀粉的未来 .....	7
1.4.1 两种新型工业淀粉 .....	7
1.4.2 现有美国公司名录 .....	7
参考文献 .....	8
<b>第 2 章 美国玉米淀粉行业的组织和经济增长</b> .....	9
2.1 引言 .....	9
2.2 市场增长的领域和方向 .....	9
2.3 高果糖浆的消费量 .....	11
2.4 燃料乙醇 .....	12
2.5 技术进展 .....	13
2.6 企业布局 .....	13
2.7 行业组织 .....	13
2.8 玉米价格变化对行业的影响 .....	15
2.9 国际参与 .....	15
2.10 行业前景 .....	16
参考文献 .....	16
<b>第 3 章 淀粉发育的遗传学和生理学</b> .....	18
3.1 引言 .....	18

3.2	存在	19
3.2.1	总体分布	19
3.2.2	细胞质中形成的淀粉	19
3.2.3	质体中形成的淀粉	19
3.3	细胞发育梯度	20
3.4	非突变型淀粉团粒的多糖组成	21
3.4.1	多糖组分	21
3.4.2	物种及品种对淀粉团粒组分的影响	23
3.4.3	淀粉团粒组分在发育中的变化	23
3.4.4	环境对淀粉团粒组分的影响	24
3.5	非突变型淀粉团粒和质体形态	24
3.5.1	简述	24
3.5.2	物种和品种对淀粉团粒形态的影响	25
3.5.3	淀粉团粒平均大小在发育中的变化	25
3.5.4	非突变型团粒的形成和增大	26
3.6	多糖的生物合成	27
3.6.1	酶学	27
3.6.2	叶绿体中淀粉合成与降解的区室化及调控	27
3.6.3	造粉体中淀粉合成的区室化和调控	30
3.7	突变效应	32
3.7.1	蜡质型	36
3.7.2	直链淀粉扩展型 ( <i>ae</i> )	38
3.7.3	甜型	40
3.7.4	甜型-2	42
3.7.5	暗型	43
3.7.6	直链淀粉扩展与蜡质双突变型	44
3.7.7	直链淀粉扩展与甜型双突变型	44
3.7.8	直链淀粉扩展与甜型-2 双突变体	45
3.7.9	直链淀粉扩展与暗型双突变体	46
3.7.10	暗型与甜型双突变体	46
3.7.11	暗型与甜型-2 双突变体	47
3.7.12	暗型与蜡质双突变体	47
3.7.13	甜型与蜡质双突变体	47
3.7.14	甜型-2 与蜡质双突变体	48
3.7.15	甜型与甜型-2 双突变体	48
3.7.16	直链淀粉扩展与暗型及甜型三突变体	48
3.7.17	直链淀粉扩展与暗型及甜型-2 三突变体	49
3.7.18	直链淀粉扩展与暗型及蜡质三突变体	49
3.7.19	直链淀粉扩展与甜型及甜型-2 三突变体	50
3.7.20	直链淀粉扩展与甜型及蜡质三突变体	50
3.7.21	直链淀粉扩展与甜型-2 及蜡质三突变体	50
3.7.22	暗型与甜型及甜型-2 三突变体	50
3.7.23	暗型与甜型及蜡质三突变体	51

3.7.24	暗型与甜型-2及蜡质三突变体	51
3.7.25	甜型与甜型-2及蜡质三突变体	51
3.7.26	直链淀粉扩展与暗型甜型及蜡质四突变体	51
3.8	本章小结	52
	参考文献	53

## 第4章 淀粉生物合成的生物化学与分子生物学机制 ..... 63

4.1	引言	63
4.2	植物中的淀粉合成:定位	63
4.2.1	叶片中的淀粉	63
4.2.2	储藏组织中的淀粉	64
4.3	植物和藻类中淀粉合成及蓝细菌中糖原合成的酶促反应	64
4.4	植物 $\alpha$ -1,4-葡聚糖合成酶的特性	65
4.4.1	腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶的动力学特征和四级结构	65
4.4.2	大、小亚基之间的关系:腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶大亚基重获催化活性	69
4.4.3	大小亚基的系统发育分析	72
4.4.4	马铃薯块茎腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶的晶态结构	73
4.4.5	腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶调节的生理学重要性的支持数据	81
4.4.6	不同腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶中3-磷酸甘油酸酯与正磷酸盐之间互相作用的差异	81
4.4.7	植物腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶可被硫氧还原蛋白活化	83
4.4.8	不同来源的腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶的特性分析	84
4.4.9	腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶中重要氨基酸残基的特性鉴定	87
4.4.10	淀粉合成酶	89
4.4.11	分支酶	101
4.4.12	与淀粉合成相关的其他酶类	106
	缩写词	107
	参考文献	108

## 第5章 淀粉团粒的结构特征 I ..... 116

5.1	引言	116
5.2	团粒的构架	119
5.2.1	团粒结构概述	119
5.2.2	结晶结构的分子排布	119
5.2.3	淀粉晶体的超微结构	123
5.2.4	淀粉团粒的超分子排布	124
5.3	团粒表面	130
5.3.1	淀粉团粒表面的化学性能与组成	130
5.3.2	表面特异性化学分析	131
5.4	团粒表面成像	132
5.4.1	采用扫描电子显微镜技术的团粒成像	132

5.4.2	原子力显微镜的原理	133
5.4.3	用于原子力显微镜成像的淀粉团粒样品制备	134
5.4.4	原子力显微镜显示的团粒表面细节和内部结构	134
5.4.5	关于团粒结构原子力显微镜图像的说明	136
5.4.6	团粒表面用扫描探针显微镜 (SPM) 成像的探讨	137
5.4.7	淀粉扫描探针显微镜检测的未来展望	139
5.5	淀粉团粒结构的假说: 止水塞概念	139
5.6	团粒内直链淀粉的分布和状态	143
5.7	淀粉团粒的表面微孔和内部孔道	144
5.8	结论	144
	参考文献	145

## 第 6 章 淀粉团粒的结构特征 II ..... 150

6.1	引言	150
6.2	淀粉团粒的一般特征	151
6.2.1	团粒形状、大小和分布	151
6.2.2	淀粉团粒的多孔结构	154
6.2.3	糊化淀粉团粒的形状	156
6.3	淀粉团粒的分子组成	156
6.3.1	支链淀粉和直链淀粉	156
6.3.2	中间体和植物糖原	158
6.3.3	脂和磷脂	159
6.3.4	磷酸单酯	159
6.4	直链淀粉和支链淀粉的结构	160
6.4.1	直链淀粉的化学结构	160
6.4.2	直链淀粉单螺旋结构 (V-复合物)	162
6.4.3	直链淀粉的双螺旋结构	164
6.4.4	支链淀粉的化学结构	165
6.4.5	支链淀粉的团簇模型	170
6.4.6	生长温度和籽粒成熟度对淀粉结构的影响	174
6.5	团粒中分子成分的位置	175
	参考文献	177

## 第 7 章 酶及其对淀粉的作用 ..... 185

7.1	引言	185
7.2	淀粉酶	185
7.2.1	内切反应型 $\alpha$ -淀粉酶的作用	185
7.2.2	外切反应型 $\beta$ -淀粉酶的作用	190
7.2.3	产生特异麦芽糊精的淀粉酶	191
7.2.4	异淀粉酶的反应	192
7.2.5	古细菌淀粉酶	193

7.2.6	环麦芽糊精葡萄糖基转移酶的反应	194
7.3	酶的结构与酶促反应的关系	197
7.3.1	内切反应型 $\alpha$ -淀粉酶的结构与酶促反应的关系	197
7.3.2	大豆 $\beta$ -淀粉酶的结构和酶促反应	199
7.3.3	葡萄糖淀粉酶的结构和酶促反应	200
7.3.4	参与催化和底物结合的活性部位处的特定氨基酸	202
7.3.5	淀粉分解酶中域的结构与功能	203
7.4	糖苷键的酶水解机理	205
7.5	淀粉酶对不溶性淀粉底物的作用	207
7.5.1	$\alpha$ -淀粉酶对直链淀粉-V复合体及老化直链淀粉的作用	207
7.5.2	淀粉酶与原淀粉团粒的作用	209
7.6	淀粉酶的抑制剂	211
7.7	磷酸化酶和淀粉裂解酶的作用	214
7.7.1	植物磷酸化酶	214
7.7.2	淀粉裂解酶	215
7.8	淀粉分子的酶学特性	216
7.8.1	淀粉中分支连接键的性质测定	217
7.8.2	微分支直链淀粉的鉴定及结构确定	218
7.8.3	支链淀粉 $\beta$ -淀粉酶极限糊精的形成及其精细结构的确定	219
	参考文献	220

## 第8章 淀粉结构转变及其相关物理特性 227

8.1	引言	227
8.2	淀粉的结构、特性及物理分析方法	228
8.2.1	有序和无定形结构区(见第5、6章)	229
8.2.2	淀粉在水中的物理特性	232
8.3	状态转变和相变	239
8.3.1	无定形结构区的玻璃化转变	239
8.3.2	通过湿热处理的退火(韧化)及结构变化	245
8.3.3	团粒状淀粉中晶态体的熔融转变	248
8.3.4	淀粉的凝胶和老化及其聚合成分	254
8.3.5	V型结构的相变及其他特性	269
	参考文献	273

## 第9章 玉米与高粱淀粉的生产 285

9.1	引言	285
9.2	谷物籽粒的结构、组成和品质	286
9.2.1	结构	286
9.2.2	组成	290
9.2.3	谷物籽粒的品质	294
9.3	湿磨	298
9.3.1	谷物籽粒的清理	299

9.3.2	浸泡	300
9.3.3	研磨和组分分离	311
9.3.4	淀粉加工	320
9.3.5	产品干燥、能耗和污染控制	320
9.3.6	自动化	321
9.4	产品	321
9.4.1	淀粉	321
9.4.2	甜味剂	322
9.4.3	乙醇	323
9.4.4	玉米油	323
9.4.5	饲料产品	323
9.5	替代分离工艺	324
9.6	淀粉生产的未来方向	326
9.6.1	发酵产品继续扩展	326
9.6.2	生物固体作为动物饲料	326
9.6.3	加工特定杂交玉米	326
9.6.4	通过基因工程等生物技术获得新玉米基因型和表现型	327
9.6.5	玉米淀粉行业的分化	327
	参考文献	327

## 第 10 章 小麦淀粉的生产、特性、改性和应用 ..... 335

10.1	引言	335
10.2	生产	336
10.3	小麦淀粉工业生产工艺	337
10.3.1	传统工艺	339
10.3.2	旋流器工艺（面团-面糊工艺）	340
10.3.3	高压碎解工艺	341
10.4	小麦淀粉、直链和支链淀粉特性	343
10.4.1	大团粒与小团粒淀粉	343
10.4.2	直链淀粉和支链淀粉的精细结构	347
10.4.3	糯性和部分糯性小麦淀粉	353
10.4.4	高直链小麦淀粉	358
10.4.5	独有的特性组合体	359
10.5	小麦淀粉的变性	362
10.5.1	交联	362
10.5.2	替代	364
10.5.3	双衍生	365
10.5.4	漂白、氧化和酸解	366
10.6	未变性和变性小麦淀粉的应用	367
10.6.1	在烘焙产品中的作用	367
10.6.2	在面条和意大利面食中的功能性	370
10.6.3	在其他食品中的应用	372
10.6.4	工业应用	373

参考文献 .....	374
------------	-----

## 第 11 章 马铃薯淀粉的生产、改性和应用 ..... 389

11.1 荷兰马铃薯加工史 .....	389
11.2 淀粉产量 .....	391
11.2.1 世界淀粉产量 .....	391
11.2.2 欧洲马铃薯淀粉生产 .....	391
11.3 马铃薯的结构和化学成分组成 .....	392
11.3.1 块茎的形成和形态 .....	392
11.3.2 块茎的解剖结构 .....	393
11.3.3 化学组成 .....	393
11.3.4 商品淀粉之间的差别 .....	396
11.3.5 新进展：全支链淀粉马铃薯 .....	396
11.4 马铃薯淀粉的加工 .....	398
11.4.1 磨碎 .....	400
11.4.2 马铃薯汁的提取 .....	400
11.4.3 纤维提取 .....	400
11.4.4 淀粉分级 .....	402
11.4.5 淀粉精制 .....	403
11.4.6 副线提取 .....	404
11.4.7 淀粉脱水 .....	405
11.4.8 淀粉的干燥和储存 .....	405
11.5 马铃薯蛋白质 .....	406
11.5.1 环境方面 .....	406
11.5.2 蛋白质回收 .....	406
11.5.3 特性和应用 .....	407
11.6 应用 .....	407
11.6.1 替代品（也可参照第 17 章和第 20 章） .....	407
11.6.2 转化淀粉（也可参照第 17 章和第 20 章） .....	407
11.6.3 交联淀粉（也可参照第 17 章和第 20 章） .....	408
11.6.4 马铃薯淀粉的优先应用领域 .....	408
11.7 马铃薯淀粉加工的展望 .....	408
参考文献 .....	409

## 第 12 章 木薯淀粉生产及应用 ..... 411

12.1 背景 .....	411
12.2 加工 .....	414
12.3 木薯淀粉 .....	418
12.4 改性 .....	423
12.5 在食品中的应用 .....	424
12.6 工业应用 .....	428
12.7 展望 .....	429



参考文献 .....	429
<b>第 13 章 大米淀粉的生产和性能</b> .....	<b>433</b>
13.1 稻谷的生产与组成 .....	433
13.1.1 稻谷的生产 .....	433
13.1.2 碾米及产品组成 .....	434
13.2 碾磨后大米和副产品的用途 .....	435
13.2.1 碾磨后大米 .....	435
13.2.2 副产品 .....	435
13.3 大米淀粉的制备 .....	436
13.3.1 传统方法 .....	436
13.3.2 机械方法 .....	436
13.4 大米淀粉的性能 .....	437
13.4.1 大米淀粉的独特性能 .....	437
13.4.2 糊化性能 .....	437
13.5 大米淀粉性能的影响因素 .....	438
13.5.1 大米品种：普通大米与糯大米 .....	438
13.5.2 蛋白质含量 .....	438
13.5.3 制备方法 .....	439
13.5.4 改性 .....	439
13.6 大米淀粉的应用 .....	439
参考文献 .....	439
<b>第 14 章 黑麦淀粉</b> .....	<b>441</b>
14.1 引言 .....	441
14.2 分离 .....	441
14.2.1 工业化分离 .....	441
14.2.2 试验室分离 .....	442
14.3 改性 .....	443
14.4 应用 .....	443
14.5 性能 .....	443
14.5.1 显微观察 .....	443
14.5.2 组成 .....	444
14.5.3 X 射线衍射图 .....	444
14.5.4 糊化性能 .....	444
14.5.5 老化、凝成（降解） .....	444
14.5.6 直链淀粉-脂类复合物 .....	445
14.5.7 膨胀势和直链淀粉的滤取 .....	445
14.5.8 流变学特性 .....	445
14.5.9 降落数 .....	446
参考文献 .....	446