

国外现代食品科技系列

功能性食品碳水化合物

〔加拿大〕 Costas G. Biliaderis Marta S. Izydorczyk 著

王元凤 等译

FUNCTIONAL FOOD CARBOHYDRATES



中国轻工业出版社

国外现代食品科技系列

功能性食品碳水化合物

[加拿大] Costas G. Biliaderis

Marta S. Izydorczyk 著

王元凤 熊双丽 冯 涛 魏新林 译

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

功能性食品碳水化合物/(加) 比利亚德里斯 (Bilia-
deris, C. G.), (加) 伊齐多尔奇克 (Izydorczyk, M. S.)
著; 王元凤等译. —北京: 中国轻工业出版社, 2009. 4
(国外现代食品科技系列)
ISBN 978-7-5019-6841-1

I. 功… II. ①比…②伊…③王… III. 疗效食品-
碳水化合物-研究 IV. TS218 O629.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 013016 号

“Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC.”

责任编辑: 张 靓 责任终审: 唐是雯 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王培燕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 28

字 数: 646 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-6841-1 定价: 62.00 元

著作权合同登记 图字: 01-2008-0306

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

70639K1X101ZYW

译者序

糖，习惯上称之为碳水化合物，是核酸和蛋白质之外的另一类重要的生命物质。20世纪70年代开始，糖化学和生物化学的结合诞生了新型研究领域“糖生物学”。1989年日本实施了糖工程和糖生物学前沿计划，美国能源部1986年资助佐治亚大学开始创建复合糖研究中心；1993年欧洲成立欧洲糖工作小组，开始创建“欧洲糖研究平台”。经过全世界不同行业科学家的不懈努力，基于多种学科的糖科学不断发展壮大，逐步形成了糖生物学、糖化学、糖工程学、化学糖生物学、糖药理学、糖组学等学科。通过研究，人们认识到糖具有增强机体免疫功能、抗肿瘤、抗病毒、抗氧化、抗衰老、抗突变、抗辐射、促进骨髓造血功能和改善细胞对物质代谢作用等重要生物活性。

在糖科学发展过程中，方法学方面的突破使众多领域发生了革命性变化，并辐射到其它学科，推动着化工、食品、医药、农业及相关学科的发展。糖在攻克人类重大疑难病症、新药的研发、保健食品开发、农业病害防治、涂膜保鲜及环境保护等领域有着十分广阔的应用前景。

健康已成为食品开发的主题，研究食物功能成分、开发功能性食品已成为国际上食品研究瞩目的热点和发展趋势。当前国外已将功能性食品及功能因子研究作为增强国际竞争力具有战略意义的研究课题。G. Mazza 副教授于1998年开始出版了他主编的功能性食品和营养制品系列丛书，全面地记述和讨论了目前功能性食品的发展、基本原理、重大事件、最新进展和发展前景，尤其是 Costas G. Biliaderis 博士和 Marta S. Izydorczyk 博士主编的《功能性食品碳水化合物》对功能因子碳水化合物作了更为全面地介绍，包括其化学、物理、加工特性、生产、生理效应、安全性及管理，每章均由各领域专业知识、经验和写作能力较强的专家撰写，适合于碳水化合物研究、开发、生产、质量控制及管理部分的技术人员参考。在目前所出版的碳水化合物食品专著中，堪称一本难得的佳作。

本书1~4章由冯涛博士、王元凤博士译，5~6章由熊双丽博士、魏新林博士译，7~12章由熊双丽博士、王元凤博士译，13~17章由熊双丽博士、魏新林博士译，全书由熊双丽博士、王元凤博士统稿完成。

在本书翻译过程中，得到了李安林老师的大力帮助，在此表示深深的谢意！

由于译者水平有限，书中难免有不足之处，敬请读者不吝指教，以便进一步完善和提高。

王元凤

2009年2月

丛书总序

功能性食品和营养制品系列丛书的编著工作起始于 1998 年，其目的旨在及时地综合性分析在预防和延缓疾病，特别是慢性疾病发生中起重要作用的功能性食品和营养制品领域中出现的新兴科学技术。丛书的前 9 册分别为《功能性食品：生物化学与加工》（第 1 册和第 2 册）、《草药，植物与茶》、《功能性食品和营养制品的分析方法》、《发酵功能性食品手册》、《功能性乳制品手册》、《功能性油脂手册》、《功能性食品和营养制品百科全书》，以及《功能性食品和营养制品加工技术》。这些书都被食品、营养和卫生行业从业人员所广泛接受。

最后一册为《功能性食品碳水化合物》，总共 17 章，由 Costas G. Biliaderis 博士（亚里士多德大学，希腊塞萨洛尼基港）和 Marta S. Izydorczyk 博士（谷物研究实验室，加拿大谷物委员会，加拿大温尼伯）主编，由 31 位顶尖科学家共同编写。其中前 7 章主要综合分析经过同行评议的文献，深入介绍关于 β -葡聚糖、抗性淀粉、魔芋葡甘聚糖、种子多糖胶、微生物多糖、壳聚糖和阿拉伯木聚糖的物理化学特性、加工工艺、安全性和健康特性。8~14 章详细论述食品碳水化合物在心血管疾病、肥胖、癌症、2 型糖尿病、矿物质代谢和胃肠道功能方面的代谢和生理效应，以及作为心情和行为的调节剂。最后一部分，15~17 章主要叙述有关碳水化合物作为功能性食品添加剂方面的技术和法规。第 15 章涉及益生菌、益生菌和合生素安全性和健康效益方面的问题，并提供了最近的临床研究结果，以及展望了将来利用前景较好的领域。第 16 章讨论碳水化合物作为食品中生物活性成分的稳定剂和运输载体的潜在应用能力，第 17 章总结美国、日本、加拿大和欧盟国家当前关于功能性食品碳水化合物和其它营养制品的法规管理现状。

希望 Biliaderis 博士和 Izydorczyk 博士组织的一批国内外掌握了碳水化合物前沿科学技术的杰出学者共同编写的这本《功能性食品碳水化合物》可以作为一本极好的参考书，适合于广大研究者，教师，学生，企业家，食品、营养和卫生行业从业者，以及从事功能性食品和营养制品行业的所有人员。

希望这本书能更好地促进功能性食品和营养制品的健康发展，给国内外消费者提供众多预防疾病和提高生活质量的产品理念。

丛书总编

G. Mazza, Ph. D., FCIFST

序 言

食品中的碳水化合物包括很小的简单糖和结构复杂、常存在于植物细胞壁的多糖复合体。过去 20 年来,随着对多糖结构特性和物理化学特性的进一步研究,解释了其结构多样性的原因,并阐述了相应的基本理论,这些都有助于理解和预测它们应用的功能性质(如增稠和胶凝行为)。因此,食品工艺师利用碳水化合物作为功能性成分,以改善外观、味道、口感、溶解性——可分散性,以及体系稳定性,从而成功地生产了许多可口,并具有较好市场效应的食品。然而,迄今为止,很少有人注意到碳水化合物的生理效应和它们对人体健康的影响,以及它们的营养价值与其来源特性之间的关系。

随着国际上对功能性食品和营养补充品的浓厚兴趣,以及它们的快速发展,我们很有必要全面了解对人体健康有益的食品成分的非营养效应。从工艺和营养方面来看,其中碳水化合物是所消耗食物的主体,可能起着重要的作用。例如,文献中已充分显示出复合非淀粉多糖的摄入有助于降低慢性疾病(包括糖尿病、心血管疾病和癌症)发病率,并建议消费者多摄入膳食纤维。另外一个有趣的例子是那些不被吸收的碳水化合物,如果聚糖(菊粉)和果寡糖,它们可以改善结肠功能和促进有益菌如双歧杆菌的选择性增殖,作为免疫调节剂,并能潜在抑制消化道中有害厌氧菌的生长。另外,由于它们能改善结肠功能,又被称为益生菌。

但是,当逐渐揭示碳水化合物某些生理特性时,亦清楚发现任何关于这些组分的膳食推荐量必须基于流行病学、代谢、动物和其它临床的综合研究资料。同时,碳水化合物的生理效应与其种类密切相关,也就是说,碳水化合物的生物转化和功能(生理功能和工艺性质)都与其分子结构特性相关。因此,很有必要综述这方面快速发展的信息。

本书的目的是通过临床和流行病学证据,介绍食品中一些有益健康的特殊碳水化合物,并集中通过它们对慢性疾病如癌症、心血管疾病、糖尿病、骨质疏松症、各种肠道紊乱等疾病的影响,讨论它们对慢性疾病的生理和代谢作用。本书适宜学食品 and 营养学的学生、科学家、卫生行业从业者,以及那些从事于食品工业、并利用碳水化合物作为食品配料和新产品开发功能成分的人。本书将归纳总结原来的旧文献研究结果和新近的研究进展,特别是关于功能性食品和生物活性成分的研究资料,更为全面地介绍生理活性碳水化合物,阐述它们的化学、物理、加工特性、生产和生理功能。也试图集中介绍人体正常摄入碳水化合物后,其理化特性和加工特性与健康的关系。总体来说,本书旨在整合新型研究领域功能性食品和营养补充剂的食品化学、加工、人体营养学和生理学特性。

作者简介

DR. Costas G. Biliaderis: DR. Costas G. Biliaderis 是希腊塞萨洛尼基亚里士多德大学食品科学技术系的教授。他分别在 1978 年和 1980 年获得了加拿大萨斯喀彻温省立大学的硕士和博士学位。1980—1981 年间，为加拿大国家研究委员会的合作研究伙伴，1984—1985 年间，为通用食品有限公司化学设计师，1985—1993 年间，为加拿大马尼托巴大学的副教授。另外，他也是加拿大圭尔夫大学的副教授，曾任碳水化合物聚合物的前编委。他作为作者或合作者发表了许多关于食品理化特性的杂志文章和书，重点都是食品碳水化合物的构效关系。他目前的研究领域包括食品中碳水化合物聚合物（植物和微生物来源）的化学和物理化学性质、食品成分的热力学分析、多糖混合物的热物理性质、加工和储藏对食品产品和相应成分质构和稳定性的影响。2003 年，Biliaderis 博士被 ISI-Thomson 评为高级研究员，ISI-Thomson 肯定了他研究、教学和学术工作上的成就。

DR. Marta S. Izydorczyk: 目前 DR. Marta S. Izydorczyk 是研究科学家、加拿大谷物委员会（CGC）谷物研究所谷物研究实验室大麦基础研究的负责人，马尼托巴大学食品科学系的副教授。她是美国国际谷物化学家协会（AACC）中心的主要成员，以及 AACC 科学咨询小组和 2006 世界谷物高峰论坛（美国旧金山关于食品和饮料的会议）组织委员会成员。她是谷物化学的编委，也是北美荞麦推广委员会的成员。

Izydorczyk 博士擅长于研究淀粉和非淀粉多糖（NSPs）的分子结构和物理化学性质、它们的化学和酶修饰，以及它们与蛋白质、油脂和谷物植物其它成分的相互作用。她的大麦研究项目集中于大麦麦芽的化学和生物化学，主要目标是确定、解释和阐述在麦粒发芽和酿造时，影响其功能性质和生产特性的大麦成分的遗传和环境因素，以及分子机制。这个项目同时也强调了碳水化合物成分（如淀粉和非淀粉多糖、来源于大麦和其它草原经济谷物的膳食纤维）的结构和功能性质。

Izydorczyk 博士于多伦多瑞尔森大学工学院获得学士学位，马尼托巴大学获得食品科学硕士学位和食品营养科学的博士学位。

目 录

1 谷物 β-葡聚糖：结构、物理性质和生理功能	1
1.1 引言	1
1.2 产地	1
1.3 抽提	3
1.4 提取、分离和纯化	5
1.5 谷物 β -葡聚糖的富集和 β -葡聚糖浓缩物、分离物的工业化制备	8
1.5.1 干法	9
1.5.2 湿磨法	12
1.6 结构特征	15
1.7 物理性质	19
1.7.1 溶解性——溶解行为	19
1.7.2 胶凝——冷冻胶凝	23
1.7.3 加工对物理性质的影响	27
1.8 在食品中的应用	31
1.8.1 谷物食品	31
1.8.2 用作脂肪替代品、稳定剂和增稠剂	33
1.9 营养效应——健康效应	35
1.9.1 降低血浆胆固醇效应	36
1.9.2 低血糖效应	39
1.9.3 降胆固醇和降血糖效应的决定因素	39
1.9.4 其它生理效应	44
参考文献	45
2 抗消化淀粉	59
2.1 引言：什么是抗消化淀粉？	59
2.2 RS 的体外分析检测	59
2.3 体外 RS 的分离	60
2.4 RS 的实质	61
2.5 RS 的来源	61
2.6 RS 与膳食纤维	63
2.7 RS 在肠道中的命运如何？	63
2.8 RS 的营养特性	64
2.9 RS 的生产方法	65
2.9.1 1 型 RS	65
2.9.2 2 型 RS	65

2.9.3 3型RS	68
2.9.4 4型RS	71
2.10 小结	71
参考文献	71
3 魔芋葡甘聚糖	78
3.1 引言	78
3.2 魔芋葡甘聚糖的结构和相对分子质量	78
3.2.1 甘露糖/葡萄糖之比	78
3.2.2 分级分离	79
3.2.3 相对分子质量	79
3.3 魔芋葡甘聚糖的溶液性质	80
3.3.1 特性黏度	80
3.3.2 零剪切增比黏度	80
3.3.3 KGM分散液的动态黏弹性	81
3.3.4 其它溶液性质	81
3.4 KGM在碱中的胶凝行为	83
3.4.1 具有不同相对分子质量的KGM的胶凝动力学	83
3.5 与其它多糖分子的混合	88
3.5.1 魔芋胶-黄原胶混合物	88
3.5.2 魔芋胶- κ -卡拉胶混合物	88
3.5.3 魔芋-结冷胶混合物	89
3.5.4 魔芋-Acetan混合物	91
3.5.5 魔芋胶-淀粉混合物	91
3.6 魔芋葡甘聚糖的固体性质	92
3.6.1 魔芋葡甘聚糖薄膜的介电性、黏弹性和宽核磁共振谱线	92
3.6.2 生物可降解材料	93
3.7 KGM的生理功能	96
参考文献	98
4 种子多糖胶	101
4.1 引言	101
4.2 作为储能物质的种子胶：半乳甘露聚糖	101
4.2.1 刺槐豆胶	102
4.2.2 瓜尔胶	104
4.2.3 塔拉胶	106
4.2.4 葫芦巴胶	107
4.3 作为细胞壁物质的种子胶	108
4.3.1 从罗望子中提取的木葡聚糖	108
4.3.2 可溶性大豆多糖（大豆纤维）	111

4.4 种皮胶：黏液	113
4.4.1 车前子黏液	113
4.4.2 亚麻籽胶	115
4.4.3 黄芥籽胶	118
4.5 小结	122
参考文献	123
5 微生物多糖	130
5.1 引言	130
5.2 功能性多糖的类型和来源	130
5.2.1 葡聚糖	130
5.2.2 乳酸菌微胞外多糖	134
5.2.3 其它微生物多糖	135
5.3 生产	138
5.3.1 生物合成	138
5.3.2 生物工艺条件	141
5.3.3 分离纯化	144
5.4 生理功能	146
5.4.1 抗肿瘤-免疫调节效应	146
5.4.2 抗菌剂——抗病毒效应	148
5.4.3 降胆固醇——降血糖及其它效应	149
5.5 构效关系	150
5.6 发展前景	154
参考文献	155
6 壳聚糖——膳食补充剂和食品工艺制剂	168
6.1 引言	168
6.2 甲壳素作为食品成分	169
6.3 膳食壳聚糖的特性	170
6.4 壳聚糖在现代食品科学中的应用	171
6.4.1 抗细菌活性	171
6.4.2 抗真菌活性	172
6.4.3 可食用膜和质构改善剂	174
6.4.4 果实中酶促褐变的控制	174
6.4.5 果汁的澄清和脱酸	175
6.4.6 食品加工废弃物的回收利用	175
6.5 壳聚糖作为营养补充剂	175
6.5.1 高胆固醇血症	175
6.5.2 壳聚糖副作用的现代观点	178
6.5.3 超重	179

6.5.4 骨关节炎	180
6.6 小结	185
致谢	185
参考文献	185
7 阿拉伯木聚糖：工艺性和营养功能性植物多糖	196
7.1 引言	196
7.2 阿拉伯木聚糖——农作物中的组分	196
7.3 阿拉伯木聚糖的提取、分离和纯化	198
7.3.1 水提取	198
7.3.2 从农副产品中提取阿拉伯木聚糖的方法	200
7.3.3 物理谷物分级法得到富含阿拉伯木聚糖的级分	201
7.3.4 低聚木糖的生产	203
7.4 阿拉伯木聚糖的分子结构	203
7.4.1 阿拉伯木聚糖结构中的单糖残基和糖苷键	203
7.4.2 阿魏酸残基和分子间的交联	205
7.4.3 阿拉伯木聚糖的异构性与多分散性	207
7.4.4 相对分子质量	210
7.5 阿拉伯木聚糖的生物合成	211
7.6 阿拉伯木聚糖的物理化学性质	212
7.6.1 阿拉伯木聚糖在固体和液体中的构型	212
7.6.2 阿拉伯木聚糖溶液的黏性	213
7.6.3 氧化交联	215
7.6.4 阿拉伯木聚糖胶体的理化性质	216
7.7 阿拉伯木聚糖作为功能性食品成分	216
7.8 阿拉伯木聚糖作为营养性的功能性成分	218
参考文献	222
8 碳水化合物与心血管疾病	230
8.1 引言	230
8.2 心血管疾病	230
8.2.1 血脂、载脂蛋白、血压和凝血因子	231
8.3 饮食和心血管疾病	233
8.3.1 单糖和双糖	234
8.3.2 低聚糖	235
8.3.3 多糖；膳食纤维	235
8.4 关于碳水化合物与心血管疾病的健康声称	245
8.5 小结	246
参考文献	246

9 碳水化合物与肥胖	252
9.1 引言	252
9.2 膳食碳水化合物影响能量平衡的机制	253
9.2.1 饱食和过饱	253
9.2.2 能量密度	254
9.2.3 适口性和味觉偏爱	255
9.2.4 膳食脂肪与碳水化合物的比率	255
9.2.5 代谢能源的构成	255
9.2.6 血糖指数	256
9.2.7 小结	256
9.3 长期趋势：肥胖率上升期间碳水化合物摄入量的变化	257
9.3.1 碳水化合物总量	257
9.3.2 糖和精制碳水化合物	258
9.3.3 纤维素	258
9.4 观察试验：碳水化合物摄入与超重之间的关系	259
9.4.1 纵向调查试验	259
9.4.2 代表性研究	261
9.4.3 观察研究综述（纵向实验和代表性实验）	266
9.5 治疗研究：膳食碳水化合物在体重减轻和体重增加中的作用	267
9.5.1 低含量和高含量碳水化合物膳食对体重减轻的影响	267
9.5.2 低/高碳水化合物饮食对体重反弹的预防	269
9.5.3 碳水化合物的类型对体重减轻的影响	269
9.5.4 高碳水化合物食物对其他健康指标的影响	270
9.5.5 低碳水化合物饮食对其它健康指标的影响	270
9.6 预防研究：膳食碳水化合物与体重增加的预防	271
9.6.1 低/高碳水化合物膳食在预防体重增加中的作用	271
9.6.2 防止体重增加的碳水化合物种类	279
9.6.3 治疗和预防研究概述	279
9.7 小结	280
致谢	282
参考文献	282
10 膳食碳水化合物与癌症的危险性	289
10.1 引言	289
10.2 食物中的碳水化合物	289
10.3 癌症与碳水化合物摄入的关系	291
10.3.1 糖与可消化碳水化合物	291
10.3.2 膳食纤维	292
10.4 胰岛素和结肠癌	295
10.5 其它相关研究	295

10.6	乳腺癌	296
10.7	其它癌症	296
10.8	功能性食品添加碳水化合物降低癌症风险	297
	参考文献	297
11	碳水化合物在 2 型糖尿病预防和控制中的作用	301
11.1	引言	301
11.2	葡萄糖和胰岛素代谢与膳食碳水化合物的关系	301
11.3	代谢综合征和 2 型糖尿病的发病机理	302
11.4	血糖指数和血糖负荷	303
11.5	糖尿病治疗中的低血糖指数碳水化合物	304
11.5.1	中长期研究	304
11.6	低 GI 碳水化合物和 2 型糖尿病的风险	305
11.6.1	流行病学研究	305
11.6.2	餐后研究：第二餐的作用	305
11.6.3	中长期研究	306
11.7	膳食纤维对 2 型糖尿病、高血糖症的治疗作用	307
11.7.1	餐后研究	307
11.7.2	中长期效应研究	307
11.8	膳食纤维和 2 型糖尿病患者存在的风险	308
11.8.1	流行病学研究	308
11.8.2	餐后研究	309
11.8.3	中长期研究	309
11.9	碳水化合物食品的发展及 2 型糖尿病的预防	310
11.9.1	膳食纤维的应用	310
11.9.2	生物活性成分的潜在优势	310
11.9.3	未来体外方法预测	311
11.9.4	食物结构的修饰	311
11.10	小结	312
	参考文献	313
12	碳水化合物与矿物质代谢	321
12.1	引言	321
12.2	钙、镁的体内平衡	321
12.3	碳水化合物和矿物质的生物利用率与利用	322
12.3.1	非纤维性碳水化合物的来源	322
12.3.2	膳食纤维碳水化合物来源	323
12.4	可溶性纤维和矿物质的生物利用率	324
12.4.1	菊粉和果寡糖	324
12.4.2	抗性淀粉	325

12.4.3 果胶	327
12.4.4 树胶	328
12.4.5 葡聚糖	328
12.4.6 欧车前	329
12.5 不可溶性纤维与矿物质利用率	329
12.5.1 纤维素	329
12.5.2 小麦麸	329
12.5.3 美拉德反应产物	330
12.6 小结	331
参考文献	331
13 行为调节剂——膳食碳水化合物	336
13.1 引言	336
13.2 假设碳水化合物是代谢中调节行为的决定因素	337
13.2.1 碳水化合物与 5-羟色胺	337
13.2.2 碳水化合物与内源性阿片肽	339
13.3 碳水化合物对悲伤情绪个体心情的影响	340
13.3.1 碳水化合物偏好	340
13.3.2 碳水化合物与季节性情感失调	341
13.3.3 碳水化合物与肥胖者的心情	343
13.3.4 碳水化合物、情绪和经前期综合征	344
13.3.5 碳水化合物与严重抑郁症	346
13.4 碳水化合物对健康成年人的影响	347
13.4.1 碳水化合物和健康青年的情绪	347
13.4.2 碳水化合物对健康成年人的影响	350
13.5 小结	352
参考文献	354
14 碳水化合物与胃肠道功能	361
14.1 概述	361
14.2 胃肠道功能	361
14.2.1 口腔	361
14.2.2 胃	361
14.2.3 小肠	362
14.2.4 大肠	363
14.3 新兴的研究领域	363
参考文献	364
15 益生菌、维生素和合生素：微生物调控的功能成分	366
15.1 概述	366

15.2 引言	366
15.3 益生菌概念	367
15.3.1 益生菌产品类型	367
15.3.2 各种益生菌的存活情况	367
15.3.3 益生菌存活率：剂量效应	368
15.3.4 抗菌剂的转移抵抗	369
15.3.5 益生菌安全性	369
15.4 益生素概念	369
15.4.1 益生素使用的简单性	370
15.4.2 副作用	370
15.4.3 剂量效应	371
15.4.4 益生素的纯度和安全性	371
15.4.5 公认安全性和长期停留效应	371
15.5 合生素概念	371
15.5.1 合生素的类型	371
15.5.2 合生素的有效性	372
15.6 有效性测定	372
15.6.1 体外试验体系	372
15.6.2 动物模型	373
15.6.3 体外模型	373
15.6.4 人体试验	373
15.6.5 分析肠道微生物的新分子工具（生物标记）	374
15.7 益生菌、益生素和合生素保持健康作用的证据	374
15.7.1 婴儿与老年人	374
15.7.2 免疫功能	375
15.7.3 脂类和能量代谢	376
15.7.4 矿物质和维生素的吸收	377
15.7.5 益生菌、益生素和合生素在人类疾病中的作用	377
15.8 小结	379
参考文献	379
 16 碳水化合物的潜在用途——作为食品中生物活性物质的稳定剂和运输载体	387
16.1 引言	387
16.2 微胶囊技术	387
16.3 碳水化合物作为壁材	389
16.3.1 碳水化合物在食品微胶囊化中的功能	389
16.3.2 淀粉	390
16.3.3 果胶	392
16.3.4 其它多糖	392
16.3.5 麦芽糊精、糖浆和糖	393

16.3.6 淀粉衍生物	394
16.4 展望	394
参考文献	395
17 食品管理：强化碳水化合物和其它补充剂的健康声称	398
17.1 引言	398
17.2 功能性食品的定义	399
17.3 日本功能食品：TOKUHO 系统	399
17.4 美国功能性食品的规章制度	402
17.4.1 食品安全：一般认为安全（GRAS）	402
17.4.2 健康声称	403
17.5 加拿大规范功能食品的法规	408
17.5.1 功能性食品的健康声称	409
17.5.2 新型食品	410
17.5.3 天然健康产品法规	411
17.6 欧盟对功能性食品的监管措施	412
17.6.1 新型食品	412
17.6.2 食品的健康声称：欧盟的建议	415
17.7 小结	416
参考文献	416

1 谷物 β -葡聚糖：结构、物理性质和生理功能

1.1 引言

大麦、燕麦、小麦、高粱、大米等谷类作物中的胚乳细胞壁的主要成分是(1 $\rightarrow$ 3)和(1 $\rightarrow$ 4)连接构成的线性 β -D-葡聚糖。谷类葡聚糖是线性均多糖，主要是由 β -葡萄糖残基通过 β -(1 $\rightarrow$ 3)和 β -(1 $\rightarrow$ 4)糖苷键连接组成。它的结构特点是由单个糖苷键(1 $\rightarrow$ 3)将连续相连的 β -(1 $\rightarrow$ 4)糖苷键分割成许多单元(如纤维寡糖的片段)。虽然大部分的纤维寡糖为三糖或四糖，但较长的纤维寡糖也存在高分子链^[1~7]。在分子结构特征如分子大小、三聚体/四聚体之比、较长纤维寡聚体的数量和 β -(1 $\rightarrow$ 4)/ β -(1 $\rightarrow$ 3)之比方面谷类 β -葡聚糖呈现多样性。 β -葡聚糖的分子特征似乎成为决定其物理特性如水溶性、分散性、黏度和胶凝性等及在胃肠道中生理功能的重要因素。

β -葡聚糖的物理和生理特性具有商业和营养上的双重价值。在过去20年里， β -葡聚糖的生理功能以及生物活性为人们所广泛认可，人们对 β -葡聚糖产生了越来越浓厚的兴趣。谷类 β -葡聚糖与降低血胆固醇、控制人类和动物餐后血糖及胰岛素反应有关^[8~13]。燕麦和大麦 β -葡聚糖在降低冠状动脉心脏病风险方面的有效性已得到美国食品与药物管理局(FDA)的认可，并且允许以燕麦和大麦为基质的食品具有降低冠心病风险的声称。 β -葡聚糖作为食品亲水胶体应用的潜在性是基于其流变特性而提出的。除了使溶液黏度增加以外，在特定条件下， β -葡聚糖还具有胶凝性。在某些配方中 β -葡聚糖可以用作增稠剂而改善食品的质地和外观，在开发低热量食品中， β -葡聚糖可以用作脂肪替代品。而且，由于其显著的生理功能特性，最近在许多食品配方中正试图添加或增加其用量。因此，富含谷物 β -葡聚糖或纯 β -葡聚糖的组分得以被成功添加到下列食品中，如早餐谷物、面食、面条、焙烤制品(面包、松饼)、乳制品和肉类产品^[22~37]。

β -葡聚糖的物理性能，如溶解性、在溶液和凝胶态的流变性等通常是由糖苷键连接方式、分子构象、分子质量及分子质量分布等决定的^[7,14,15,17~19,21,38~47]。另一方面，有关其结构-生理功能关系之间的研究也非常有限^[11]。

本章主要从谷类 β -葡聚糖的产地、结构、物理性能、生理作用等方面来全面介绍有关的最新研究结果。另外，本章还将介绍谷物中 β -葡聚糖的富集过程以及实验室和工业上提取、分离和纯化 β -葡聚糖的方法。最后，本章还试图讨论有关谷类 β -葡聚糖的构效关系。

1.2 产地

大麦和燕麦被认为是 β -葡聚糖的主要来源。大麦中 β -葡聚糖的总含量占麦胚重量