

功能性食品及其加工技术丛书

糖尿病功能性食品

陈骁熠 编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

功能性食品及其加工技术丛书

糖尿病功能性食品

陈骁熠 编



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

糖尿病功能性食品/陈骁熠编. —北京:化学工业出版社, 2006. 3

(功能性食品及其加工技术丛书)

ISBN 7-5025-8397-1

I. 糖… II. 陈… III. 糖尿病-疗效食品-基本知识 IV. TS218

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 022610 号

功能性食品及其加工技术丛书

糖尿病功能性食品

陈骁熠 编

责任编辑: 王蔚霞

文字编辑: 彭爱铭

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
化学与应用化学出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真 (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 6¼ 字数 143 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7 5025 8397 1

定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

食品的功能第一是营养功能：它提供人体所需要的基础营养素，以满足人体生存的需要。第二是感官功能：它必须满足人们对色、香、味、形嗜好的要求，增强人们对食品的食欲。然而，随着社会的进步，人民生活水平的提高，人们对自身健康的重视和对长寿的追求越来越关注。另一方面，社会的发展，科技的进步也给人们的生存环境中的空气、水源、食品等带来严重的污染，从而导致各种疾病发病率的不断上升。在这种情况下，人们寻求一种既能满足营养和感官功能，又能增强机体免疫能力，调节人体生理节律，预防疾病或促进康复的具有特殊用途的食品，即既具有营养和感官功能又具有第三功能的食品。这种被称为具有特殊功能的功能食品（亦称健康食品）是食品营养与功能研究的热门课题，是当今的前沿与方向。

功能食品的第三功能在于功能食品中的活性成分对人体生理节律的调节。功能活性成分和功能食品的研究与生理学、生物化学、营养学及中医药等多种学科的基本理论相关。目前，国内外研究工作者应用多学科的知识、采用现代科学仪器和实验手段，以体内试验和体外试验相结合，从分子、细胞、器官等分子生物学水平上对功能食品进行了深入的研究，开发出一系列具有不同功效的功能食品。因此功能食品应是多学科交叉、融合的结晶。如果将各自的研究结晶向研究和开发功能食

品的科技人员介绍，共同深入探讨，共同切磋，将有利于功能食品产业的飞跃和健康发展；特别是深入浅出，通俗易懂地将功能食品介绍给广大人民群众，为人民群众所理解和接受，得到人们的喜爱，对提高人们生活质量和健康水平的重要意义是不可低估的。

然而，目前我国认真地系列地介绍具有不同功效的功能食品书籍还很缺乏。化学工业出版社组织编著和不断推出的《功能性食品及其加工技术丛书》，填补了这一空白。此系列丛书由我国研究功能食品的有关专家教授亲自编著而成。他们在积累了相当丰富文献资料的基础上，结合各自的研究成果，撰写出内容丰富，兼具科学性与实用性的系列丛书。该丛书既可供大众阅读，又可供研究功能食品的科技人员、开发生产功能食品的生产管理人员借鉴和参考。它的出版，对提高人民的健康水平、生活质量，对我国功能食品的开发和产业的发展，将起到较大的推动作用。在此系列丛书不断问世之际，特向读者推荐，并作此序。

吴谋成 教授

2004 年 12 月于武汉狮子山

前 言

糖尿病是一种以慢性高血糖为特征的代谢紊乱性疾病。血糖升高的原因是由于体内胰岛素分泌不足或胰岛素与胰岛素受体之间的作用存在缺陷，也可能两者同时并存所致。它不仅引起体内糖类、蛋白质、脂肪三大营养物质以及水、电解质代谢紊乱，而且可引起人体多系统、多器官损害，出现眼、肾、肝脏、血管、神经等重要脏器和组织的病变。病情严重时还可能出现急性代谢紊乱而危及患者的生命。国际糖尿病研究所主任齐默尔教授说：“糖尿病流行可能较艾滋病等危害更大，非胰岛素依赖型糖尿病（Ⅱ型糖尿病）可能是人类自古以来面临的最大的健康挑战”。

目前对糖尿病的控制并不理想，在包括发达国家在内的诸多国家中，至少有四分之一至一半的糖尿病未被诊断；已诊断的患者中仅有大约三分之二接受了正确的治疗，这其中只有三分之一患者的病情得到了理想的控制。所以，在社会公众中普及预防、诊断、治疗和监测糖尿病的知识，是控制糖尿病及其并发症的重要举措，因此国际糖尿病联盟向世界宣布每年 11 月 14 日为世界糖尿病日。对糖尿病及并发症的控制已经成为国内外医学界的重要课题。

在目前医疗条件下，还没有彻底根治糖尿病的好办法，所以一旦患此疾病需要终生治疗。轻型病人单用饮食治疗即可控制病情，重型病人需要以饮食配合药物治疗。因此饮食治疗是糖尿病治疗中必不可少且伴随糖尿病患者终身的治疗方法。通过饮食治疗降低血糖，促使尿糖消失或减少，纠正代谢紊乱，防止并发症，同时供给病人足够的营养。

现有的饮食疗法是有效的，只是具体操作起来比较复杂，很多糖尿病患者因此不能坚持，尤其是新患者，他们迫切需要属于自己的食品，能够帮助他们轻松面对貌似可怕的糖尿病，使他们也能正常地工作、学习、娱乐。糖尿病功能食品就是这样诞生的。它是根据糖尿病饮食治疗原则设计配方，以保护有效成分为宗旨选择工艺的个性化工业食品，营养成分标识明确，能量标识明确，便于携带和储藏。它不同于药物，没有毒副作用，可在能量需求范围内尽量食用。糖尿病饮食治疗中有糖尿病功能食品参与将使糖尿病患者血糖、尿糖、体重、血脂的控制更有效。糖尿病功能食品对糖尿病治疗来说简直可以用如虎添翼来形容。

近 20 年来，我国糖尿病患者不断增加，糖尿病功能食品的市场需求量不断增长，但糖尿病功能食品的开发情况却不尽人意。早在 20 世纪 90 年代中期，已有不少保健品进入糖尿病市场，但由于产品技术含量偏低，大多数只能是第一代，近年来才出现第二代功能食品，目前市场上常见的糖尿病功能食品有三大类：一类是膳食纤维类，如南瓜茶、富纤饼干等；一类是含微量元素类，如强化铬的奶粉、海藻等；还有一类是无糖食品，比如无糖的酥糖、饮料等。从数量和质量上都远远满足不了国内糖尿病患者的迫切需要，在国际市场上也缺乏竞争力，日本、美国等发达国家的糖尿病功能食品市场以第三代功能食品为主，且已将第一代功能食品归为普通食品，因此糖尿病功能食品研制开发工作迫在眉睫，势在必行。

本书旨在使糖尿病患者了解糖尿病，认识到饮食治疗的重要性，积极地利用糖尿病功能食品帮助自己克服饮食治疗中的困难，增加饮食治疗的信心；使高危人群意识到糖尿病的威胁，认识糖尿病可能给自己带来的危害，养成科学的饮食习惯，积极利用糖尿病功能食品延缓或阻止糖尿病的发生。尤其是希望食品开发和食品研究工作者对糖尿病功能食品给予更多关注，了解糖尿

病的发病机理，感受到糖尿病控制中糖尿病功能食品的重要性，树立帮助糖尿病患者摆脱困境的责任心和使命感，借鉴几千年中医关于糖尿病治疗的理念，挖掘“医食同源”的精髓，吸收国外先进的技术手段和科研成果，积极投入到研制第三代糖尿病功能食品的工作中去。

由于时间仓促，作者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正，并对所参阅资料的作者表示诚挚的谢意！

编者
2006. 1

目 录

第一章 糖尿病基本知识	1
第一节 糖尿病简介	1
第二节 与糖尿病相关的基本知识	2
一、糖的生理功能及糖代谢	2
二、血糖	8
三、尿糖	11
四、酮体与酮症酸中毒	12
五、胰岛和胰岛素	12
六、葡萄糖毒性作用	16
第三节 糖尿病的代谢紊乱	20
一、糖尿病的分类	20
二、糖尿病的发病机理	20
三、糖尿病的代谢紊乱	21
第四节 糖尿病发病的原因及诱因	23
一、糖尿病发病的原因	23
二、中医对糖尿病病因的解释	24
三、糖尿病发病的诱因	26
第五节 糖尿病发病的临床表现	28
一、典型症状	28
二、特殊的症状	28
第六节 糖尿病常用的诊断指标	30
一、与血糖有关的测定	30
二、与尿糖有关的测定	33
三、酮体测定	35
四、胰岛功能测定	36

五、尿微量白蛋白检测	39
六、胰岛素自身抗体检测	40
七、血脂测定	40
第七节 糖尿病的诊断	41
第二章 糖尿病的预防与治疗	43
第一节 糖尿病的危害	43
一、糖尿病引起的并发症	43
二、糖尿病对不同人群的影响	44
第二节 糖尿病预防与治疗的意义	45
一、糖尿病的自然病程	45
二、预防与治疗的意义	46
第三节 糖尿病的三级预防	47
一、糖尿病一级预防	47
二、糖尿病二级预防	48
三、糖尿病三级预防	48
第四节 糖尿病的自我监测	49
一、自我监测的意义	49
二、自我管理内容	49
第五节 糖尿病的饮食治疗	50
一、糖尿病饮食治疗的意义	51
二、糖尿病饮食治疗的目标	52
三、糖尿病饮食治疗的原则	52
四、糖尿病饮食治疗的方法	56
五、糖尿病饮食治疗中存在的问题	62
第三章 糖尿病功能食品	64
第一节 功能食品	64
一、概念	64
二、基本特征和要求	66
三、利用中草药开发功能食品应注意的问题	67

四、功能食品的常用原料	67
五、功能食品发展的三个阶段	68
六、功能食品的研究开发新动向	69
第二节 糖尿病功能食品	70
一、概念	70
二、分类	71
三、糖尿病功能食品基本特征和要求	73
第三节 糖尿病功能食品饮食治疗的意义	73
第四节 糖尿病功能食品的分子生物学机制	74
第五节 糖尿病功能食品的活性成分	75
一、生理活性成分	75
二、药理活性成分	87
第六节 糖尿病功能食品的自然资源	88
一、动物类资源	88
二、植物及中药类资源	91
三、粮食类资源	98
四、瓜菜类资源	101
五、水果类资源	106
六、具有调节血糖作用的真菌及发酵食品	107
 第四章 糖尿病功能食品的开发	108
第一节 糖尿病功能食品的配方原则	108
一、配方总则	108
二、配方细则	109
三、配方禁忌	113
四、糖尿病功能食品与药膳	115
第二节 糖尿病功能食品开发的技术路线	116
一、第一代糖尿病功能食品开发的技术路线	116
二、第二代糖尿病功能食品开发的技术路线	117
第三节 糖尿病功能食品功能因子纯化技术	117
一、纯化方案及纯化方案设计	117

二、纯化步骤	118
三、纯化方法	118
第四节 糖尿病功能食品的加工技术	120
一、微胶囊技术	120
二、超微粉碎技术	120
三、蒸煮挤压技术	120
四、喷雾干燥	122
五、冷杀菌技术	122
第五节 生物技术在糖尿病功能食品开发中的应用	123
一、生物技术研究内容	123
二、生物技术在糖尿病功能食品开发中的应用	124
三、基因工程标准	126
第六节 糖尿病功能食品加工工艺实例	126
一、枸杞汁工艺流程	126
二、豆渣纤维饮料工艺流程	127
三、南瓜粉工艺流程	128
四、螺旋藻营养饮料工艺流程	129
五、螺旋藻微胶囊制备工艺流程	130
六、苦荞麦茶饮料制作工艺流程	131
七、海带酥工艺流程	132
八、苦瓜全肉速溶固体饮料工艺流程	133
九、大蒜粉工艺流程	135
十、马齿苋功能性饮品工艺流程	135
十一、富硒固体饮料工艺流程	136
十二、百合汁饮料工艺流程	137
第七节 糖尿病功能食品功能成分提取纯化实例	139
一、黄芪水提取液	139
二、 γ -亚麻酸的提取	139
三、螺旋藻多糖的提取	140
四、壳聚糖加工技术	140
五、茶叶多糖的提取	140

六、茶汁浓缩工艺	140
七、银杏叶总黄酮提取纯化工艺	141
八、低聚木糖的分离提纯	141
九、低聚蔗果糖分离纯化	141
十、低聚半乳糖分离纯化	141
十一、从蓝色犁头霉中提取壳聚糖	142
第五章 糖尿病功能食品评价	143
第一节 毒理学评价	143
一、食品毒理学评价试验的四个阶段与试验原则	143
二、食品毒理学评价试验的目的与试验内容	145
三、食品毒理学评价试验结果的判定	147
四、食品安全性评价时需要考虑的因素	149
第二节 调节血糖的功能评价	150
一、功能评价的步骤	150
二、糖尿病动物模型的建立	150
三、生化指标测定	152
四、统计方法简介	161
附录	162
参考文献	181

第一章

糖尿病基本知识

第一节 糖尿病简介

糖尿病是一种以糖代谢紊乱为主的、慢性、全身性代谢性疾病。碳水化合物、蛋白质、脂肪是维持生命的三大营养素，碳水化合物、蛋白质、脂肪三大营养素的代谢发生异常会直接影响到人体许多正常生理功能，严重威胁人体健康。人体内进行糖代谢需要胰腺内胰岛 β 细胞分泌的激素——胰岛素参与，当 β 细胞受损使胰岛素分泌缺陷，或者既有分泌缺陷、又有周围组织对胰岛素作用不敏感导致的作用缺陷引起胰岛素的分泌发生绝对或相对不足时，就会导致糖代谢的紊乱，使血糖增高。当糖在血液中浓度达到某一限度时就会从尿中排出而产生糖尿。糖尿病的典型特点是血糖升高，尿糖阳性。高血糖通过渗透性利尿作用引起多尿，继而口渴、多饮，不能利用葡萄糖，蛋白质、脂肪消耗增多引起体重减轻、乏力；为补偿糖分的丢失，维持机体活动，便会易饥、多食，形成典型的“三多一少”现象。严重时可发生酮症酸中毒、高渗性非炎症糖尿病昏迷以及严重感染等。病程长者可并发神经、肾、眼、心脑血管等各种慢性进行性病变，这些并发症直接损害患者的健康，甚至危及生命。其死亡率仅次于心血管病和肿瘤，被列为世界第三大疾病。目前，糖尿病还不能根治，

但可以通过饮食控制、药物治疗、运动疗法、实施教育等综合防治措施而得到控制，并可减少各种急慢性并发症的发生和发展。

第二节 与糖尿病相关的基本知识

一、糖的生理功能及糖代谢

1. 糖的生理功能

糖是人体内重要的有机物之一，它的主要生理功能是通过氧化分解提供生命活动所需的能量，人体所需的能量大约有50%~60%来自糖的氧化分解。糖除了氧化供能外，还能与脂类结合生成糖脂，它是神经组织和细胞膜中的组成成分。还能与蛋白质结合生成糖蛋白和蛋白聚糖，它们是构成生物膜、软骨、结缔组织的重要成分，一些糖蛋白如某些激素、免疫球蛋白、血型物质，可参与生物信号传递、免疫、细胞识别等过程。此外，核糖和脱氧核糖是构成遗传物质核酸（DNA 和 RNA）、核苷酸及某些重要生化反应中辅酶的主要成分。糖是维持人体生命的基本料，没有糖，人的生命活动就无法进行。

人体内主要的糖类是葡萄糖和糖原。葡萄糖是糖的运输形式，糖原是糖的储存形式。

2. 糖的消化吸收

从食物中来的淀粉和蔗糖、乳糖等双糖是人体糖的主要来源，糖消化吸收的部位主要在小肠，在小肠无论是淀粉或双糖，经消化液中有关的糖水解酶类作用均可消化成单糖（主要是葡萄糖），然后由肠黏膜细胞吸收，经门静脉入肝，入肝的葡萄糖一部分可转变为肝糖原暂时储存，一部分氧化分解供给肝所需的能量，还可转变为脂肪和非必需氨基酸，肝糖原又可分解为葡萄糖

再进入血液。血糖随血液流经各组织时，一部分被氧化利用，一部分可转变成糖原而储存。

3. 糖代谢

糖代谢包括糖的分解代谢和糖的合成代谢，糖在体内的代谢变化十分复杂，本文主要简述四个问题：糖在体内的分解代谢，糖原的分解与合成，糖异生作用，糖与蛋白质、脂肪代谢之间的关系。

(1) 糖的分解代谢

糖在体内的氧化分解途径有三条：一是无氧情况下进行的无氧分解；二是在有氧情况下进行的有氧氧化，它是糖分解的最主要途径；三是磷酸戊糖途径。如图 1-1 所示。

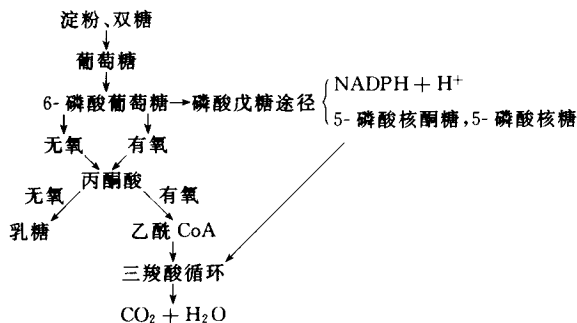


图 1-1 糖分解代谢简图

无氧情况下进行的无氧分解又称为糖酵解，可在人体组织各细胞中进行，过程中所需要的酶均存在于胞质中，所以整个反应都在胞质中进行。它能较迅速地地为机体提供能量，1mol 葡萄糖经糖酵解可净生成 2mol ATP，这对某些组织及某些特殊情况下组织的供能有重要的生理意义。例如成熟红细胞仅依靠糖酵解供应能量；机体在进行剧烈或长时间运动时，骨骼肌处于相对缺氧状态，糖酵解过程加强，补充运动所需的能量。在病理情况下，当呼吸

或循环发生障碍时（如大量失血、心力衰竭、呼吸衰竭等），因供氧不足，组织细胞也可通过加强糖酵解以获得能量。但糖酵解的增强，产生乳酸过多时，可引起酸中毒。细胞液在有氧情况下进行的有氧氧化，是糖分解的最主要途径。葡萄糖或糖原在有氧条件下彻底分解氧化生成水和二氧化碳，同时释放大量的能量，称为有氧氧化。分解反应在细胞液和线粒体内进行，它是机体在生理条件下获得能量的主要方式。糖在有氧条件下，氧化分解所释放的能量远远大于糖酵解过程。每分子葡萄糖彻底氧化可净生成 38（或 36）分子的 ATP，是糖酵解供能的 18~19 倍。因此，有氧氧化是体内最重要的供能途径。三羧酸循环是糖、脂肪、蛋白质三大营养素的氧化分解的最终代谢通路。糖、脂肪、蛋白质在体内氧化分解都将产生乙酰辅酶 A，然后进入三羧酸循环继续氧化。三羧酸循环是三者代谢联系的枢纽。

糖酵解与有氧氧化虽是体内糖分解代谢的主要途径，但在肝、脂肪组织、泌乳期乳腺、肾上腺皮质、性腺及成熟红细胞等组织中，尚有磷酸戊糖途径，该途径因存在代谢中间物为含五个碳原子的磷酸戊糖而得名。整个反应过程均在胞液中进行。磷酸戊糖途径主要的生理功能是为体内某些生物合成物质提供所需的原料，其中最重要的是磷酸核糖和大量的 $\text{NADPH} + \text{H}^+$ 。磷酸核糖是合成核苷酸和核酸的原料之一； $\text{NADPH} + \text{H}^+$ 是许多重要反应的供氢体，例如在脂肪酸、类固醇激素的生物合成时提供氢，因此在脂类合成旺盛的部位此途径较为活跃。它还是谷胱甘肽还原酶的辅酶，对维持红细胞的细胞完整性起重要作用。

（2）糖原的合成与分解

由葡萄糖合成糖原的过程称糖原的合成作用；由糖原分解成葡萄糖的过程称糖原的分解作用。

糖原是以葡萄糖为基本组成单位，通过 α -1,4 糖苷键（直链部分）及 α -1,6 糖苷键（分支交叉点）相连的带有许多分支的多