

农产品现代加工技术丛书



碳水化合物加工技术

李 勇 编著



化学工业出版社

农产品现代加工技术丛书

碳水化合物加工技术

李 勇 编著

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

碳水化合物加工技术/李勇编著. —北京: 化学工业出版社, 2004
(农产品现代加工技术丛书)
ISBN 7-5025-5105-0

I. 碳… II. 李… III. 碳水化合物-食品加工
IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 001703 号

农产品现代加工技术丛书

碳水化合物加工技术

李 勇 编著

责任编辑: 侯玉周

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 李 林

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 396 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5105-0/TS·147

定 价: 32.00 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

前 言

碳水化合物也简称为糖类，主要是绿色植物通过光合作用天然合成的一大类有机化合物，是食品的重要组成部分，它和蛋白质、脂肪合称为三大类营养物质，人与动物体内不能合成碳水化合物，人与动物主要是以食用植物中的碳水化合物为能源，它对于生物的生命活动起着十分重要的作用，所以它是人类赖以生存的物质基础。碳水化合物存在于所有的谷物、蔬菜、水果以及其他人类能食用的植物中，估计生物界每年有能力制造 5000 亿吨糖类物质，是地球上植物界产出最多的物质成分。另外，功能性碳水化合物具有防治肥胖等“文明病”的作用。所以了解碳水化合物、研究它的性质与深加工，对人们的保健与社会的发展都具有深远的现实意义。

本书系统地介绍了碳水化合物的组成、性质及其不同类别产品的加工方法。旨在促进糖类物质加工企业进一步改进工艺、增加生产品种、提高产品质量，促进其产品向多样化、多功能方面发展。本书可作为科研教学工程技术人员的实用参考书。

本书主要由江苏省徐州工程学院食品工程系李勇副教授编写，徐州市小乔食品公司王成军工程师编写了第六章，阙小峰参加了部分书稿整理工作。本书编写过程中，得到了许多朋友的大力支持，在此深表感谢！

由于编写时间较紧，不当之处欢迎读者指正。

编者

2003.11.21

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
第二节 碳水化合物的定义与分类	3
一、碳水化合物的定义	3
二、碳水化合物的分类	3
第三节 碳水化合物的历史与国内外发展现状	11
一、碳水化合物的历史	11
二、碳水化合物的国内外发展现状	12
第四节 碳水化合物在食品工业中的应用	23
第二章 碳水化合物的营养及功能性	28
第一节 碳水化合物的营养作用	28
一、供给能量作用	28
二、合成蛋白质和脂肪的碳架作用	29
三、作为体内一些重要物质的组件	30
四、解毒作用	30
第二节 碳水化合物的生理功效	30
一、低聚糖的生理功效	31
二、活性多糖的生理功效	36
三、类黄酮的生理功效	55
四、皂苷的生理功效	61
五、糖醇类的生理功效	65
六、廿八醇的生理功效	68
第三章 碳水化合物的理化性质与加工特性	70
第一节 单糖、低聚糖的理化性质与加工特性	70
一、单糖的结构	70
二、单糖的化学性质	77
三、低聚糖的结构与化学性质	88
四、单糖、低聚糖的物理性质与加工特性	104
第二节 糖类衍生物的理化性质与加工特性	112

一、糖醇的理化性质与加工特性	112
二、黄酮类化合物的加工特性	114
三、葡萄糖酸的加工特性	114
四、皂苷的加工特性	115
第三节 多糖类的理化性质与加工特性	119
一、概述	119
二、淀粉的结构与化学性质	123
三、其他多糖的结构与化学性质	131
四、淀粉的物理性质与加工特性	139
五、变性淀粉的理化性质与加工特性	146
第四章 生产碳水化合物产品的常用原料	149
第一节 甘薯	149
一、概述	149
二、甘薯的营养成分和功效	150
第二节 马铃薯	151
一、概述	151
二、马铃薯的结构及化学组成	152
第三节 玉米	153
一、概述	153
二、玉米的结构及化学组成	154
第四节 木薯	155
一、木薯的结构	155
二、木薯的化学组成	156
第五节 小麦	156
第五章 淀粉的生产工艺与设备	157
第一节 玉米淀粉的生产工艺与设备	157
一、湿法玉米淀粉的生产工艺与设备	158
二、干法玉米淀粉的生产工艺与设备	164
第二节 薯类淀粉的生产工艺与设备	165
一、甘薯淀粉的生产工艺	165
二、鲜甘薯加工工艺操作要点	166
三、马铃薯淀粉的生产工艺	167
四、马铃薯淀粉加工要点	168
五、马铃薯淀粉加工实例	169
六、木薯类淀粉的生产工艺	172

第三节 小麦淀粉的生产工艺	173
第四节 豆类淀粉的生产工艺	173
第五节 大米淀粉的生产工艺	174
第六节 淀粉深加工产品——醇溶蛋白的分离提纯	175
一、乙醇提取工艺流程	175
二、玉米醇溶蛋白提取操作要点	175
三、玉米醇溶蛋白提取结果	177
四、玉米醇溶蛋白的性质	177
五、玉米醇溶谷蛋白的应用	177
第六章 淀粉糖类(衍生物)的生产和应用	179
第一节 淀粉糖生产工艺概述	179
第二节 淀粉的液化与糖化技术	181
一、液化技术	181
二、糖化技术	188
第三节 酸水解葡萄糖浆及糖粉的生产	190
一、酸水解淀粉糖浆的种类及性质	190
二、淀粉的酸水解反应及其糖化机理	191
三、酸水解淀粉糖浆生产工艺流程	192
四、糖化工艺条件的确定及对原料的要求	193
五、间断糖化	195
六、连续糖化	196
七、糖液的精制	196
八、糖液的蒸发	202
九、产品的贮存与包装	203
十、全糖的生产	203
第四节 麦芽糊精的生产	207
一、原料预处理工序	208
二、液化工序	211
三、过滤工序	213
四、脱色工序	215
五、真空浓缩工序	216
六、喷雾干燥工序	217
七、成品包装工序	221
八、麦芽糊精的应用	221
第五节 麦芽糖浆与高麦芽糖浆的生产	222

一、制造麦芽糖浆的有关酶类	223
二、麦芽糖浆的制法	223
三、饴糖的制法	225
四、高麦芽糖浆	228
五、应用	232
第六节 果葡糖浆的生产	233
一、工艺流程	233
二、工艺要点	233
三、应用	235
第七节 淀粉制糖新工艺	236
一、生产工艺流程	236
二、生产工序与要点	236
第八节 生产淀粉糖所用设备	248
一、液化设备	248
二、蒸发设备	252
三、结晶设备	254
第七章 变性淀粉的生产与应用	258
第一节 预糊化淀粉的生产工艺	258
一、糊化淀粉的制备	259
二、预糊化淀粉的应用	262
第二节 酸变性淀粉的生产工艺	262
一、酸变性淀粉的性质	262
二、制备工艺及反应条件	263
三、酸变性淀粉的应用	264
第三节 氧化淀粉的生产工艺	265
一、氧化淀粉的性质	266
二、氧化淀粉的制备	266
三、氧化淀粉的应用	271
第四节 交联淀粉的生产工艺	272
一、交联淀粉的制备	272
二、交联淀粉的应用	275
第五节 酯化淀粉的生产工艺	276
一、淀粉醋酸酯	276
二、淀粉磷酸酯	278
三、淀粉黄原酸酯	283

四、淀粉硫酸酯	284
五、淀粉烯基琥珀酸酯	286
六、磷氨双变性淀粉的制备	288
第六节 醚化淀粉的生产工艺	289
一、醚化淀粉的性质	289
二、羧甲基淀粉	289
三、羟乙基淀粉	292
四、羟丙基淀粉	294
第七节 阳离子淀粉的生产工艺	296
一、阳离子淀粉的制备	297
二、阳离子淀粉的应用	299
第八节 接枝淀粉的生产工艺	299
一、概述	299
二、氰乙基淀粉	301
三、丙酰胺(氨基甲酰乙基)淀粉	302
第九节 国内变性淀粉市场现状分析	303
第八章 低聚糖与膳食纤维的生产与应用	307
第一节 异麦芽低聚糖的生产	307
一、前言	307
二、异麦芽低聚糖的生产方法	307
第二节 低聚果糖的生产	310
一、前言	310
二、低聚果糖的工业生产	310
第三节 低聚乳果糖的生产	313
一、概述	313
二、低聚乳果糖的生产工艺	313
第四节 海藻糖的生产	314
一、生产工艺与要点	314
二、产品的性质与应用	315
第五节 大豆低聚糖的生产	316
一、概述	316
二、大豆低聚糖生产工艺	316
第六节 巴拉金糖的生产	318
一、概述	318
二、巴拉金糖工业生产的研究	318

第七节 低聚半乳糖的生产	320
一、低聚半乳糖的生成机理	321
二、低聚半乳糖的工业化生产	321
第八节 低聚木糖的生产	323
一、前言	323
二、低聚木糖的生产工艺	323
第九节 低聚龙胆糖的生产	327
第十节 甘露寡聚糖的生产研究	327
一、概述	327
二、甘露寡聚糖的生产工艺	328
第十一节 壳聚糖的生产与应用	329
一、壳聚糖的制备原理	329
二、制备壳聚糖的仪器与材料	329
三、制备壳聚糖的方法	329
四、壳聚糖的测定方法	331
五、壳聚糖的应用效果	332
第十二节 环状糊精的生产与应用	334
一、环状糊精的生产工艺	334
二、环状糊精的质量标准	335
三、环状糊精的应用	335
第十三节 膳食纤维的生产与应用	340
一、概述	340
二、以豆渣为原料制取膳食纤维	341
三、以麸皮为原料制取膳食纤维	341
四、橘皮膳食纤维的制取方法	343
五、牛蒡渣提取膳食纤维工艺	344
六、竹笋膳食纤维微胶囊的研制	346
七、膳食纤维的改性处理	347
八、富含膳食纤维食品的加工	347
第十四节 棉子糖简介	348
第十五节 低聚糖的部分应用	349
第九章 真菌多糖的生产与应用	351
第一节 香菇多糖的特性与生产	351
一、前言	351
二、香菇多糖的理化性质	352

三、香菇多糖的提取、分离和纯化	352
四、香菇多糖测定的方法	353
第二节 银耳多糖的特性	356
一、银耳多糖的理化性质	356
二、银耳多糖的制备 (Mariko 氏方法)	356
三、银耳多糖的药理学研究	356
第三节 金针菇多糖的特性	358
一、前言	358
二、理化性质	358
三、金针菇多糖的提取	358
四、利用金针菇提取物开发功能性食品	360
第四节 灵芝多糖的特性与制备	360
一、前言	360
二、灵芝多糖的结构及性质	361
三、灵芝多糖的提取	361
四、灵芝多糖的应用	364
第五节 冬虫夏草的特性	364
一、前言	364
二、冬虫夏草研究简史	365
三、冬虫夏草的形态及其分布	365
四、冬虫夏草的化学成分	366
五、冬虫夏草人工培育技术	367
六、贮存方法	369
七、产业化前景	369
第六节 猴头多糖的提取	369
一、前言	369
二、猴头多糖 (HEP) 提取	370
第七节 黄芪多糖的提取	371
一、前言	371
二、理化性质	371
三、黄芪多糖提取工艺	372
第八节 茶叶多糖的制备	373
一、前言	373
二、茶叶多糖的制备	374
第九节 山药多糖的提取	376

一、前言	376
二、山药多糖的结构特点	376
三、提取方法	376
第十节 枸杞多糖的提取	377
一、前言	377
二、枸杞多糖的制备方法之一	377
三、枸杞多糖的制备方法之二	378
第十一节 地黄多糖的提取	380
一、前言	380
二、地黄多糖的提取	380
第十二节 百合多糖的提取	381
一、前言	381
二、百合多糖的提取（采用水提醇沉法）	381
第十三节 海带多糖的提取与应用	382
一、前言	382
二、海带多糖的提取分离	383
第十四节 大豆多糖的特性与应用	384
一、大豆多糖的结构	384
二、大豆多糖的特性与应用	385
第十五节 羊栖菜多糖的提取工艺	386
一、概述	386
二、羊栖菜粗多糖的水提取工艺	387
三、工艺参数与结论	387
第十六节 魔芋葡甘露聚糖的特性	387
第十章 糖醇的生产与应用	389
第一节 概述	389
第二节 山梨糖醇的生产与应用	390
一、概述	390
二、以淀粉为原料生产山梨糖醇工艺	391
三、以蔗糖为原料生产山梨糖醇工艺	392
四、产品质量指标与应用	392
第三节 甘露糖醇的生产与应用	393
第四节 麦芽糖醇的生产与应用	394
一、麦芽糖醇的生产工艺	395
二、产品的性质与应用	395

第五节 赤藓醇的生产与应用	395
一、赤藓醇的理化性质	395
二、赤藓醇的工业化生产流程	396
三、赤藓醇的功能与应用	396
第六节 木糖醇的生产与应用	397
一、前言	397
二、木糖醇的性质	397
三、木糖醇的生产	398
四、木糖醇的功能与应用	402
第十一章 植物胶的提取与应用	407
第一节 果胶的性质、提取与应用	407
一、概述	407
二、果胶的分类	407
三、果胶的性质	408
四、果胶的提取	409
五、果胶在食品加工中的应用	409
第二节 琼脂的性质、提取与应用	412
一、琼脂的结构与性质	412
二、琼脂的抽提	414
三、琼脂的应用	415
第三节 瓜尔豆胶的特性与提取	416
一、瓜尔豆胶的结构与组成	416
二、瓜尔豆胶的提取及特性	417
三、瓜尔豆胶在食品工业中的应用	419
第四节 卡拉胶的特性、生产与应用	420
一、卡拉胶的结构	420
二、卡拉胶的生产工艺	421
三、卡拉胶的一般性状与鉴别	421
四、卡拉胶的主要特性	422
五、卡拉胶在食品工业方面的应用	423
第五节 阿拉伯树胶的特性	426
一、阿拉伯树胶	426
二、阿拉伯树胶的化学结构和性质	426
三、阿拉伯树胶的应用	428
第六节 海藻酸的特性	429

一、前言	429
二、海藻酸的化学结构和性质	429
三、海藻酸的制备工艺	430
第七节 罗望子胶的特性、生产与应用	431
一、前言	431
二、罗望子胶的提取方法	432
三、罗望子胶的应用	433
第八节 黄原胶的制备	434
一、前言	434
二、黄原胶的理化性质及结构	435
三、黄原胶的制备方法	436
四、黄原胶的特性及应用	444
第九节 其他胶类的特性	446
一、刺梧桐胶	446
二、鹿角藻胶	446
三、刺槐豆角	447
第十二章 糖酸的生产方法	448
第一节 葡萄糖酸及其衍生物的制备方法	448
一、概述	448
二、制备葡萄糖酸的生物发酵法	448
三、葡萄糖酸钙发酵工艺	449
第二节 异抗坏血酸钠的生产与应用	451
一、概述	451
二、异抗坏血酸钠的生产方法	451
参考文献	454

第一章 绪 论

第一节 概 述

碳水化合物主要是绿色植物通过光合作用，天然合成的一大类有机化合物，广泛分布于动植物体中。人类赖以生存的粮食以谷类、薯类和豆类为主，这些粮食中都含有丰富的碳水化合物。如小麦、玉米、大米中碳水化合物的含量均在 60%~70% 以上，甘薯中的碳水化合物约占总干物质的 89.7%，马铃薯中碳水化合物约占总干物质的 82.6%，黄豆中碳水化合物约占 28.3%，绿豆中碳水化合物约占 58.8%。

碳水化合物存在于所有的谷物、蔬菜、水果以及其他人类能食用的植物中，所有生物的细胞质和细胞核皆含核糖，动物血液含有葡萄糖，肝脏、肌肉中含有糖原，乳汁含有乳糖。植物的细胞壁、木质部、棉花、竹木等除水分以外，几乎全是由纤维素所组成，所以世界上最丰富的碳水化合物就是纤维素。谷物含丰富的淀粉，甘蔗和甜菜含大量蔗糖，鲜果含果糖和果胶。所有这些核糖、葡萄糖、果糖、乳糖、蔗糖、糖原、果胶、纤维素、淀粉以及麦芽糖（俗称饴糖）等都是碳水化合物。估计生物界每年有能力制造 5000 亿吨糖类物质，占有植物体总干重的 75%~85%。但目前能作为人类食用的只有百分之几，绝大部分都没有利用。食用的碳水化合物主要是淀粉和糖类（D-葡萄糖、D-果糖、乳糖、蔗糖及多糖等），且大多碳水化合物最终可分解为单糖，所以碳水化合物也简称为糖类。

人与动物体内不能合成碳水化合物，动物主要是以食用植物中的碳水化合物为能源。碳水化合物也是人类营养的基本物质之一，是食品的重要组成部分，它和蛋白质、脂肪合称为三大类营养物

质，对于生物的生命活动起着十分重要的作用，碳水化合物为人类提供了主要的膳食热量，是最经济的食物资源。淀粉或双糖经过消化，在小肠内分解为单糖后被吸收利用。糖在人体内氧化，变成二氧化碳和水，同时释放出能量，以满足人体活动的需要，人体所需要的能量中有 60%~70% 是由糖类提供的。糖类还提供了人们期望的食品质构，食品的嗜好口感和大家喜爱的甜味。糖类是重要的甜味料，它在调味中的地位也极其重要。我国各大菜系中有不少菜肴及面点的制作均要用到糖。糖在烹饪中不仅起着调和滋味的作用，而且还具有增色、添香以及改善面点性质等多种作用，在烹饪中有着广泛用途。

糖类可与脂类形成糖脂，是构成神经组织与细胞膜的成分；还可与蛋白质结合成糖蛋白及黏蛋白，它们都是具有重要生理功能的物质。低聚糖、纤维素和果胶等物质虽然不能被消化吸收，但能促进肠道蠕动，使粪便通过肠道时间缩短，减少细菌及其毒素对肠壁的刺激，可以降低肿瘤病的发病率。食品中的纤维素还能与饱和脂肪结合，防止血浆胆固醇的形成。因此，可以说碳水化合物是人类生活不可缺少的物质。

碳水化合物在食品加工中起着重要的作用，如具有游离醛基或酮基的还原糖与其他食品成分（诸如蛋白质的氨基酸）起反应而形成能影响色泽、风味和其他性质的化合物。又如含 6 个碳原子的单糖，它们虽然都含有 6 个碳原子、12 个氢原子和 6 个氧原子，但由于羟基的位置不同，致使各种单糖在溶解度、甜度、微生物发酵速率和其他性质上有所不同。食品的黏弹性也是与多糖的淀粉和果胶等成分分不开的。食糖可用于食品保藏，还可用来腌渍一些原料，也就是我们常说的“糖渍”。它可使被腌渍的原料具有一定的防腐能力，一般常用于某些水果、蔬菜的腌渍。糖在腌渍过程中本身对微生物无害，但它能减少微生物生长活动所利用的自由水分，并借助渗透压的作用导致微生物细胞的质壁分离，从而达到抑制微生物生长繁殖的目的。碳水化合物通过酵母菌和其他微生物发酵，可以获得二氧化碳、酒精、有机酸和其他许多化合物。

第二节 碳水化合物的定义与分类

一、碳水化合物的定义

碳水化合物由碳、氢、氧三种元素组成，大多数碳水化合物的氢与氧之比为 2:1，与组成水之氢氧比相同，可用通式 $C_n(H_2O)_m$ 来表示，故称为碳水化合物 (Carbohydrates)。早期的这一观点认为，这类化合物是由碳和水组成的。但亦有例外，如在自然界中存在的脱氧核糖 ($C_5H_{10}O_4$) 及鼠李糖 ($C_6H_{12}O_5$)，根据它们的结构和性质应该属于碳水化合物，但其组成并不符合上面通式；而有些化合物，如甲醛 (CH_2O)、醋酸 ($C_2H_4O_2$)、乳酸 ($C_3H_6O_3$) 及连苯三酚 ($C_6H_6O_3$) 等虽然分子组成符合上述通式，但从结构及性质上讲，则与碳水化合物完全不同，因此，此类物质已失去原有的碳水化合物涵义了，则不属碳水化合物研究的范畴。

根据化学结构特点和化学性质，碳水化合物属于多羟基醛类 (Polyhydroxy Aldehydes) 或多羟基酮类 (Polyhydroxy Ketones) 化合物或经水解后能生成多羟基醛或多羟基酮的化合物，还包括它们的缩聚物和衍生物。

二、碳水化合物的分类

碳水化合物是一类成分众多的化合物，根据 1962 年美国化学协会与英国化学协会探讨的命名法，碳水化合物可以分为单糖、低聚糖 (寡糖) 和多糖三大类，目前碳水化合物还应包括它们的缩聚物和衍生物。如包括中性糖、酸性糖、糖酒精类、氨基糖、含硫糖、糖脂、糖醚等在内的单糖、低聚糖、多糖，还包括含有脂质和蛋白质的碳水化合物等。

还有一些多糖是同非糖物质，如肽、脂质或硫酸相连接的；也有一些多糖的组成单位不是单纯的单糖，而是单糖的衍生物如乙酰糖胺、硫酸糖胺或糖醛酸。

(一) 单糖

单糖 (Monose) 是指不能再水解的最简单的多羟基醛或多羟基酮，通式为： $C_n(H_2O)_n$ ，按所含碳原子数目的不同，分为乙