

现代食品深加工技术丛书

果蔬生理活性物质及其高值化

主 编 王友升



科学出版社

现代食品深加工技术丛书

果蔬生理活性物质及其高值化

王友升 主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统论述了果蔬生理活性物质类型、功效及高值化的最新研究成果,从介绍果蔬生理活性物质的类型、来源、性质、生理功能/合成入手,重点阐述与果蔬相关的9种功能特性;从采前因素、采收期、采后处理、贮藏和加工等5方面论述了对果蔬生理活性物质产生及稳定性的影响。最后介绍了33种果实和22种蔬菜的生理活性物质及其高值化利用情况。

本书内容新颖,专业性强,有较强的实用性。既可作为生物学、农学、食品科学等专业科研人员的参考书,也可供相关专业的教师和本科生参考。

图书在版编目(CIP)数据

果蔬生理活性物质及其高值化/王友升主编. —北京:科学出版社, 2015.8

(现代食品深加工技术丛书)

ISBN 978-7-03-045480-5

I. ①果… II. ①王… III. ①水果-生物活性-研究 ②蔬菜-生物活性-研究 IV. ①S660.1②S630.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第200082号

责任编辑:贾超宁倩/责任校对:张小霞

责任印制:徐晓晨/封面设计:东方人华

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京数图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年8月第 一 版 开本:720×1000 B5

2015年8月第一次印刷 印张:29 1/2

字数:550 000

定价:118.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“现代食品深加工技术丛书” 编写委员会

主 编 孙宝国

副主编 金征宇

编 委 (以姓氏汉语拼音为序)

毕金峰	曹雁平	程云辉	段长青	哈益明
江连洲	孔保华	励建荣	林 洪	林亲录
刘新旗	陆启玉	马美湖	木泰华	单 杨
王 静	王 强	王 硕	王凤忠	魏益民
谢明勇	徐 岩	杨贞耐	叶兴乾	张 泓
张 敏	张 懋	张 偲	张春晖	张德权
张丽萍	张名位	赵谋明	周光宏	周素梅

秘 书 贾 超

联系方式

电话:010-64001695

邮箱:jiachao@mail.sciencep.com

本书编委会

主 编 王友升

副主编 李 健 安 磊 赵晓丹

编 委 王友升 李 健 安 磊 赵晓丹

郭晓敏 蔡琦玮 何欣萌 张 萌

徐皓月 王胜杰 张小玲 任 朋

崔健文 谢佳颖

丛 书 序

食品加工是指直接以农、林、牧、渔业产品为原料进行的谷物磨制、食用油提取、制糖、屠宰及肉类加工、水产品加工、蔬菜加工、水果加工和坚果加工等。食品深加工其实就是食品原料进一步加工,改变了食材的初始状态,例如,把肉做成罐头等。现在我国有机农业尚处于初级阶段,产品单调、初级产品多,而在发达国家,80%都是加工产品和精深加工产品。所以,这也是未来一个很好的发展方向。随着人民生活水平的提高、科学技术的不断进步,功能性的深加工食品将成为我国居民消费的热点,其需求量大、市场前景广阔。

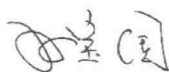
改革开放 30 多年来,我国食品产业总产值以年均 10% 以上的递增速度持续快速发展,已经成为国民经济中十分重要的独立产业体系,成为集农业、制造业、现代物流服务业于一体的增长最快、最具活力的国民经济支柱产业,成为我国国民经济发展极具潜力的新的经济增长点。2012 年,我国规模以上食品工业企业 33 692 家,占同期全部工业企业的 10.1%,食品工业总产值达到 8.96 万亿元,同比增长 21.7%,占工业总产值的 9.8%。预计 2015 年食品工业总产值将突破 12.3 万亿元。随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,食品产业在保持持续上扬势头的同时,仍将有很大的发展潜力。

民以食为天。食品产业是关系到国民营养与健康的民生产业。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,人民对食品工业提出了更高的要求,食品加工的范围和深度不断扩展,其所利用的科学技术也越来越先进。现代食品已朝着方便、营养、健康、美味、实惠的方向发展,传统食品现代化、普通食品功能化是食品工业发展的大趋势。新型食品产业又是高技术产业。近些年,具有高技术、高附加值特点的食品精深加工发展尤为迅猛。国内食品加工起步晚、中小企业多、技术相对落后,导致产品在市场上的竞争力弱,特组织了国内外食品加工领域的专家、教授,编著了“现代食品深加工技术丛书”。

本套丛书由多部专著组成,不仅包括传统的肉品深加工、稻谷深加工、水产品深加工、禽蛋深加工、乳品深加工、水果深加工、蔬菜深加工,还包含了新型食材及其副产品的深加工、功能性成分的分离提取,以及现代食品综合加工利用新技术等。

各部专著的作者由国内工作在食品加工、研究第一线的专家担任。所有作者都根据市场的需求,详细论述食品工程中最前沿的相关技术与理念。不求面面俱到,但求精深、透彻,将国际上前沿、先进的理论与技术实践呈现给读者,同时还附有便于读者进一步查阅信息的参考文献。每一部对于大学、科研机构的学生或研究者来说都是重要的参考。希望能拓宽食品加工领域科研人员和企业技术人员的思路,推进食品技术创新和产品质量提升,提高我国食品的市场竞争力。

中国工程院院士



2014年3月

前 言

据统计,目前我国水果和蔬菜种植面积分别达到 1.8 亿亩和 3 亿亩,年产量超过 2.4 亿吨和 7 亿吨,种植面积和产量均居世界首位,产值超过 2 万亿元。但我国果蔬除鲜食外,大部分加工方式以初级产品为主。随着人们生活水平的提高,果蔬作为健康饮食的重要组成部分,其所具有的功能特性已经成为国内外的研究热点,果蔬类功能食品的研究开发也成为今后国内外食品工业发展的趋势。

果实和蔬菜作为我国传统饮食和中医食疗文化的重要食材,早在战国时期的《黄帝内经》中就记载:“五谷为养、五果为助、五畜为益、五蔬为充”。东晋的《肘后备急方》中载有很多食疗方剂。唐代名医孙思邈的《备急千金要方》中专门设有“食治”篇,共收录分为果实、菜蔬、谷米、鸟兽四大门类的药用食物 164 种。在卫生部公布的 81 味药食同源中草药有 45 味来源于果蔬。目前,国外的著作主要从果蔬化学成分及提高其营养价值来论述,国内的植物性功能食品著作分别就不同原料来源的功能性食品进行介绍,而对于常见水果蔬菜的功能特性及其高值化利用现状,目前缺乏系统总结又易于理解的参考书。

本书以“果实和蔬菜”为切入点,就果蔬功能因子化学成分,功能特性,采前、采收及采后因素对果蔬功能成分的影响,果蔬功能成分的分离和检测技术,常见水果和蔬菜的活性物质及其高值化利用进行系统总结。本书共分为 5 章,第 1 章介绍了果蔬生理活性物质的类型;第 2 章论述了果蔬生理活性物质具有的抗氧化、减少体内脂肪、降血脂、降血糖、增强免疫力、改善记忆力、改善胃肠功能、促进皮肤面部健康和抗肿瘤 9 大功能特性;第 3 章着重论述了采前、采收以及采后处理、贮藏和加工对果蔬生理活性物质的影响,并介绍了果蔬生理活性物质的制备技术;第 4 章介绍了常见水果的生理活性物质及其高值化技术;第 5 章介绍了常见蔬菜的生理活性物质及其高值化技术。对于每一种果蔬,我们力求从历史渊源着手,在详细分析主要功能成分的含量分布、结构、理化性质、生理功能的基础上,重点就生理活性物质的制备和产品的开发利用技术进行了介绍,希望为我国果蔬传统食品现代化提供一定的理论支持和技术指导。

本书由王友升主编,组织了果蔬贮藏学、果蔬加工学、食品仪器分析学、中药药理学、食品生物技术等领域的专家编写。第 1 章由李健撰写;第 2 章由王友升(抗氧化、有助于促进面部皮肤健康),张萌(有助于减少体内脂肪),安磊(有助于降低血脂、增强免疫力、改善记忆、改善胃肠道功能和防治恶性肿瘤)和蔡琦玮(有助于降低血糖)共同撰写;第 3 章由李健(采前因素、采收),王友升(采

后处理、贮藏和加工)和赵晓丹(果蔬生理活性物质的制备)共同撰写;第4章由王友升(苹果、梨、李、杨梅、杏、猕猴桃、草莓、沙棘、龙眼、番木瓜),张小玲(山楂),徐皓月(桃、枣、芒果、板栗、香蕉),何欣萌(樱桃、核桃、榛子、松子、香榧),蔡琦玮(葡萄、树莓、蓝莓、桑葚),张萌(石榴、榴莲),王胜杰(无花果),崔健文(柑果类、罗汉果、杨桃)和任朋(荔枝、番石榴)共同撰写;第5章由李健(胡萝卜、萝卜、甘薯、牛蒡、山药),安磊(菊苣、韭菜、猴头菇、黑木耳、香菇、银耳),郭晓敏(茭白、竹笋、香椿、马铃薯、南瓜、冬瓜),谢佳颖(芦笋),赵晓丹(大蒜、洋葱、菜豆)和王友升(番茄)共同撰写。

本书得到了国家自然科学基金(31471626)、北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划项目(CIT&TCD201504008)和北京工商大学学术专著资助项目(ZZCB2015-10)的资助,在编写过程中得到了北京工商大学食品学院、食品质量与安全北京实验室、北京市食品风味化学重点实验室、北京市食品添加剂工程技术研究中心的大力支持,在此表示衷心的感谢!同时,特向本书所引用资料的研究者致以诚挚的谢意!由于水平所限,书中难免存在疏漏和不足,恳请同行和读者批评、指正。

王友升

2015年7月

目 录

第 1 章 果蔬的生理活性物质	1
1.1 多糖	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 膳食纤维	4
1.2 酚类	12
1.2.1 单宁	12
1.2.2 绿原酸	15
1.2.3 咖啡酸	15
1.2.4 阿魏酸	18
1.2.5 没食子酸	19
1.2.6 白藜芦醇	19
1.3 黄酮类	20
1.3.1 结构特征	21
1.3.2 黄酮类化合物	21
1.3.3 黄酮醇类	22
1.3.4 二氢黄酮类	25
1.3.5 黄烷醇类	26
1.3.6 其他黄酮类	28
1.4 萜类	31
1.4.1 结构与功能	31
1.4.2 生物合成	32
1.4.3 类柠檬苦素	32
1.5 色素类	33
1.5.1 类胡萝卜素	33
1.5.2 番茄红素	35
1.5.3 叶绿素	37
1.5.4 玉米黄素	39
1.5.5 辣椒红素	40
1.6 维生素	41
1.6.1 维生素 C	41

1.6.2 维生素 B ₁ ·····	43
1.6.3 维生素 B ₂ ·····	44
1.6.4 维生素 B ₆ ·····	46
1.6.5 维生素 K·····	46
1.6.6 生物素·····	47
1.6.7 叶酸·····	48
1.6.8 泛酸·····	50
1.7 其他·····	50
1.7.1 皂苷·····	50
1.7.2 含硫化合物·····	51
参考文献·····	52
第2章 果蔬生理活性物质的功能 ·····	57
2.1 抗氧化·····	57
2.1.1 抗氧化的理论基础·····	57
2.1.2 抗氧化能力评价方法·····	59
2.1.3 果蔬功能因子·····	64
2.2 有助于减少体内脂肪·····	67
2.2.1 概述·····	68
2.2.2 减肥功能评价方法·····	70
2.2.3 果蔬功能因子·····	72
2.3 有助于降低血脂·····	76
2.3.1 高脂血症的概述·····	76
2.3.2 降血脂的评价方法·····	78
2.3.3 果蔬功能因子·····	81
2.4 有助于降低血糖·····	86
2.4.1 糖尿病的概述·····	86
2.4.2 降糖物质的评价方法·····	88
2.4.3 果蔬功能因子·····	91
2.5 有助于增强免疫力·····	95
2.5.1 免疫功能的概述·····	96
2.5.2 辅助增强免疫力的评价方法·····	98
2.5.3 果蔬功能因子·····	100
2.6 有助于改善记忆·····	104
2.6.1 学习记忆的概述·····	104
2.6.2 改善学习记忆的评价方法·····	107

2.6.3 果蔬功能因子	109
2.7 有助于改善胃肠道功能	113
2.7.1 胃肠道功能与健康	114
2.7.2 改善胃肠道功能的评价	117
2.7.3 果蔬功能因子	118
2.8 有助于促进面部皮肤健康	122
2.8.1 延缓皮肤衰老	123
2.8.2 祛痤疮	129
2.9 有助于防治恶性肿瘤	132
2.9.1 概述	132
2.9.2 抗肿瘤活性评价方法	134
2.9.3 果蔬功能因子	135
参考文献	139
第3章 果蔬生理活性物质的影响因素	156
3.1 采前因素	156
3.1.1 品种特性	156
3.1.2 环境因素	159
3.1.3 农业技术措施	162
3.2 采收	167
3.3 采后处理	168
3.3.1 物理处理	169
3.3.2 化学处理	172
3.3.3 生物防治	176
3.4 贮藏	177
3.4.1 低温贮藏	177
3.4.2 气调贮藏	180
3.4.3 减压贮藏	182
3.5 加工	184
3.5.1 清洗	185
3.5.2 去皮去核	185
3.5.3 加热处理	185
3.5.4 高压电场处理	187
3.5.5 高压处理	188
3.5.6 高压二氧化碳处理	189
3.5.7 脱水处理	190

3.5.8 酶处理	191
3.5.9 超声波处理	192
3.5.10 包装和贮藏	192
3.6 果蔬生理活性物质的制备	194
3.6.1 提取分离	194
3.6.2 果蔬生理活性成分的分析	200
参考文献	204
第4章 水果的生理活性物质及其高值化	219
4.1 梨果类	219
4.1.1 苹果	219
4.1.2 梨	223
4.1.3 山楂	226
4.2 核果类	229
4.2.1 桃	229
4.2.2 李	232
4.2.3 樱桃	235
4.2.4 枣	240
4.2.5 芒果	245
4.2.6 杨梅	248
4.2.7 杏	251
4.3 浆果类	253
4.3.1 葡萄	253
4.3.2 猕猴桃	257
4.3.3 石榴	260
4.3.4 草莓	264
4.3.5 树莓	268
4.3.6 蓝莓	271
4.3.7 沙棘	274
4.3.8 桑葚	277
4.3.9 无花果	280
4.4 柑果类	283
4.4.1 概述	283
4.4.2 生理活性物质	284
4.4.3 主要功能	285
4.4.4 高值化利用现状	287

4.5 坚果类	288
4.5.1 板栗	288
4.5.2 核桃	291
4.5.3 榛子	295
4.5.4 松子	298
4.5.5 香榧	301
4.6 热带及亚热带水果	303
4.6.1 荔枝	303
4.6.2 龙眼	307
4.6.3 香蕉	311
4.6.4 番木瓜	314
4.6.5 番石榴	318
4.6.6 罗汉果	320
4.6.7 杨桃	325
4.6.8 榴莲	328
参考文献	332
第5章 蔬菜的生理活性物质及其高值化	358
5.1 根菜类	358
5.1.1 胡萝卜	358
5.1.2 萝卜	361
5.1.3 菊苣	363
5.1.4 甘薯	367
5.1.5 牛蒡	371
5.2 茎菜类	374
5.2.1 茭白	374
5.2.2 芦笋	377
5.2.3 竹笋	382
5.2.4 香椿	386
5.2.5 马铃薯	390
5.2.6 山药	394
5.3 叶菜类	397
5.3.1 韭菜	397
5.3.2 大蒜	401
5.3.3 洋葱	404
5.4 果菜类	408

5.4.1 番茄	408
5.4.2 南瓜	413
5.4.3 冬瓜	416
5.4.4 菜豆	419
5.5 食用菌	424
5.5.1 猴头菇	424
5.5.2 黑木耳	428
5.5.3 香菇	431
5.5.4 银耳	434
参考文献	437

第 1 章 果蔬的生理活性物质

1.1 多 糖

1.1.1 概述

多糖是存在于自然界的醛糖和（或）酮糖通过糖苷键连在一起的多聚物。研究表明，多糖除有免疫调节、抗肿瘤生物学效应外，还有抗衰老、降血糖、抗凝血等作用，且对机体毒副作用小（汪志好，2007）。

多糖是非特异性的免疫调节剂（生物效应调节剂 BRM），它主要影响网状内皮系统（RES）、巨噬细胞（MY）、淋巴细胞、白细胞以及 RNA、DNA、蛋白质的合成，cAMP（环磷酸腺苷）与 cGMP（环磷酸鸟苷）的含量，抗体的生成，补体的形成以及干扰素（IFN）的诱生，并具有抗肿瘤、抗炎、抗凝血、抗病毒、抗放射、降血糖、降血脂等活性。多糖又是真菌细胞壁的组成成分，可强化正常细胞抵御致癌物的侵蚀；多糖还可抑制过敏反应介质的释放，从而阻断非特异性反应的发生（李连德等，2000）。

果蔬中富含多糖，果蔬中的多糖按单糖的组成种类，可分为同多糖、杂多糖。同多糖是指由一种单糖缩合形成的多糖，如淀粉、纤维素等。杂多糖是指由两种或两种以上不同单糖分子组成的多糖，如半纤维素、肽聚糖等。按多糖来源的果蔬种类不同，果蔬多糖可分为果菜类多糖、核果类多糖、根茎类多糖、浆果类多糖、仁果类多糖、其他类多糖等。

1. 南瓜多糖

南瓜多糖是南瓜中的重要活性成分。南瓜多糖（pumpkin polysaccharide, PP）为棕色粉末，溶于水，易溶于热水及乙酸乙酯等有机溶剂；其水溶液呈透明黏稠状，可被 2% CTAB 络合沉淀，但与碘-碘化氨基黑 10B 反应为阴性；南瓜多糖主要由糖（69.82%）和蛋白质（17.53%）组成（江璐等，2007）。据报道，南瓜多糖成分的单糖组成为：D-葡萄糖：D-半乳糖：L-阿拉伯糖：木糖：D-葡糖醛酸=40.18：15.09：10.73：6.56：26.44，其物质的量比分别为 0.083：0.181：0.069：0.031：0.178（孔庆胜和蒋滢，1999）。

南瓜多糖能促进胰岛素分泌，从而起到降血糖作用；其降血脂功效可能具有

类似磷脂的作用,可与脂蛋白脂酶结合,并将其从动脉壁上释放入血液,促进乳糜微粒和极低密度脂蛋白降解;南瓜多糖是较好的抗动脉粥样硬化食疗剂;并具有延缓与抑制肿瘤生长的作用,且不影响荷瘤小鼠外周血白细胞、淋巴细胞总数,并能提高红细胞免疫吸附功能(江璐等,2007)。

2. 枸杞多糖

枸杞总多糖以阿拉伯糖、鼠李糖、木糖、甘露糖、半乳糖、葡萄糖与半乳糖醛酸组成的酸性杂多糖同多肽或蛋白质构成的复合多糖为主,还含有中性杂多糖和葡聚糖同多肽或蛋白质构成的复合多糖。复合多糖中的糖链呈多分枝的复杂结构,肽链的氨基酸含量在5%~30%。枸杞多糖的相对分子质量范围较大,在 $6.6 \times 10^4 \sim 0.8 \times 10^4$ 。

枸杞多糖在体外可以直接清除羟自由基并能抑制自发或由羟自由基引发的脂质过氧化反应。灌服枸杞多糖能提高D-半乳糖致衰老小鼠体内谷胱甘肽过氧化物酶(GSH Px)和超氧化物歧化酶(SOD)活性,从而可以清除过量的自由基,起到延缓衰老的作用。枸杞多糖对四氧嘧啶损伤的离体大鼠胰岛细胞有一定的保护作用,可明显增强受损胰岛细胞内SOD的活性,提高胰岛细胞的抗氧化能力,减轻过氧化物对细胞的损伤,降低丙二醛生成量。枸杞多糖能显著增强机体免疫功能,可明显地提高吞噬细胞的功能,提高T淋巴细胞的增殖能力,增加血清IgG含量,增强补体活性等作用。枸杞多糖对机体细胞具有较强的保护作用并能使受损细胞恢复正常功能。吴若芬和赵承军(2000)通过测验小鼠早期生精细胞微核方法研究枸杞多糖对环磷酰胺(CY)造成的染色体损伤的修复保护作用证实了枸杞多糖对损伤后的染色体具有修复保护作用(刘锡建等,2008)。

3. 大枣多糖

大枣中的糖分占大枣果肉总干物的81.3%~88.7%,还原糖含量占总糖含量的70.8%~95.0%。中国大枣中水溶性糖类含量最多的是葡萄糖(含量为32.5%),其次是果糖(含量为30.8%)和低聚糖(含量为13.0%)。大枣中性多糖的单糖组成为L-阿拉伯糖、D-半乳糖和D-葡萄糖;酸性多糖的单糖组成为L-鼠李糖、L-阿拉伯糖、D-半乳糖、D-甘露糖和D-半乳糖醛酸。

大枣多糖是大枣中重要的生物活性物质,具有多种生理活性,可作为免疫促进剂;能控制细胞的分裂和分化,调节细胞的生长与衰老;能有效清除人体内的氧自由基,其活性大小与多糖的剂量呈线性关系。大枣中性多糖(JDP-N)能引起小鼠腹腔巨噬细胞内pH升高。大枣多糖是抗衰老的主要活性成分,具有明显抗补体活性,且中性多糖的活性要强于酸性多糖(吴海霞等,2009)。