

食品亲水凝胶材料预测与应用系列丛书

魔芋葡甘聚糖粒子 及特性调控

庞 杰 主编



科学出版社



食品亲水凝胶材料预测与应用系列丛书

魔芋葡甘聚糖粒子及特性调控

庞 杰 主编



科学出版社

北 京

内 容 简 介

作为药食兼用资源,魔芋在我国已有两千多年的悠久历史,其活性成分魔芋葡甘聚糖作为一种具有应用前景的、丰富的可再生天然高分子资源,正在成为一种新型的食品原料和添加剂,其应用受到越来越多的重视。认识魔芋葡甘聚糖及其聚合物的分子结构、揭示其活性功能关系的分子机理,对资源植物的开发具有重要意义。

本书由魔芋在药用、食用等方面的功能特性入手,着重介绍魔芋葡甘聚糖的结构、性质及功能,并对用于改造魔芋葡甘聚糖结构的物理、化学、生物调控方法进行了阐述,展望其未来更广阔的应用价值。书中所述内容是层层深入、深入浅出的,可供食品、化学、医学、农学相关专业本科生、研究生、教师及科研工作人员,化工、食品、保健品生产加工者,爱好科学、关注养生的广大公众阅读学习。

图书在版编目(CIP)数据

魔芋葡甘聚糖粒子及特性调控/庞杰主编. —北京:科学出版社,2013
(食品亲水凝胶材料预测与应用系列丛书)
ISBN 978-7-03-038882-7

I. ①魔… II. ①庞… III. ①魔芋-葡甘聚糖-研究 IV. ①TQ351.37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 244465 号

责任编辑:裴 育 / 责任校对:韩 杨
责任印制:张 倩 / 封面设计:蓝正设计

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 10 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013 年 10 月第一次印刷 印张:14 1/2

字数:280 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《魔芋葡甘聚糖粒子及特性调控》编写组

主 编：庞 杰

副主编：敬 璞 徐振林 薛丽华

参 编：李孟繁 李耀玲 潘 娟 孙中琦

王 洁 王丽霞 薛海波 姚闽娜

张以盼 赵 菲

审 稿：刘佩瑛

前 言

魔芋又名蒟蒻,从药用到食用,在我国已经有两千多年历史。其主要活性成分魔芋葡甘聚糖作为一种具有广阔应用前景的可再生天然高分子资源,正在国际上成为一种新型的食品原料和添加剂。魔芋的药用价值早在《本草纲目》中就有记载:魔芋有毒、味辛、性寒,有解毒、消肿、行淤、化痰、散积等多种功能,能医治疟疾、闭经、疔疮、丹毒、烫伤、乳痈、疝气、痈疔肿毒、毒蛇咬伤等病症。现代研究表明,魔芋葡甘聚糖具有抗衰老、调节胃肠道、降血脂、减肥、降血糖、抗肿瘤和调节免疫等诸多功效。联合国世界卫生组织已认定魔芋为“宝贵的天然保健食品”。魔芋葡甘聚糖独特的结构,决定了其具有优良特性,使其可作为增稠剂、胶凝剂、乳化剂、稳定剂、添加剂、填充剂等,因此在环保、医药、食品及其他领域中正得到广泛应用。

我国对魔芋的研究工作已有几十年,基础和应用研究工作取得了长足的进步与发展,对魔芋葡甘聚糖的研究所涉及的领域主要集中在提取、结构分析与表征、理化性质、药用和保健功能、化学改性等方面。但是仍存在很多亟待解决的问题,如魔芋葡甘聚糖作为一种凝胶制品配料时,存在不耐低温、易失水、赋味难等问题,这就限制了它的销售市场;魔芋葡甘聚糖保鲜膜的研究仍处于试验阶段,有待进一步开发;重视魔芋精粉出口带来的经济效益而轻视魔芋产品的深度开发,对魔芋高附加值产品的开发很少。

近年来,魔芋葡甘聚糖与天然高分子的物理复配逐渐成为国内外的研究重点,寻找一种有利于提高魔芋葡甘聚糖凝胶稳定性且价格低廉的复配体将是未来一段时期内的研究热点。魔芋葡甘聚糖结构复杂,今后会借助更先进的研究手段致力于魔芋葡甘聚糖的高级结构、微观构象及其晶体形成的研究上。

本书注重实用性与科学性,以作者多年研究工作、经验和成果为基础,通过大量数据、表格、图形来阐述科学问题,让读者对魔芋葡甘聚糖的结构、性质、改性与应用等内容有一个全面、系统的认识。

本书可供食品、化学、医学、农学相关专业本科生、研究生、教师及科研工作人员,化工、食品、保健品生产加工者,爱好科学、关注养生的广大公众等阅读使用。

福建农林大学庞杰教授是本书的主要编写者,上海交通大学农业与生物学院敬璞副教授、华南农业大学徐振林副研究员、福建农林大学薛丽华参与了本书的编写工作,中国魔芋协会荣誉理事长、西南大学刘佩瑛教授负责审稿,此外福建农林大学李孟繁、李耀玲、潘娟、孙中琦、王洁、王丽霞、薛海波、姚闽娜、张以盼、赵菲等做了大量的资料整理、文字编辑和绘图等工作。

本书内容所涉及的研究工作得到以下基金资助:国家自然科学基金“魔芋葡甘聚糖活性片段螺旋构象与功能相关性研究”(31071518)和“魔芋葡甘聚糖非碱不可逆凝胶的形成机理研究”(31271837)、教育部高等学校博士学科点专项科研基金“基于肿瘤微环境的葡甘聚糖免疫调节分子机理研究——活性片段构象与分子对接”(20113515110010)、科技部专项研究经费“魔芋高效安全生产”(2012GA7200022)、福建省自然科学基金“魔芋葡甘聚糖活性片段螺旋构象与抗肿瘤相关性研究”(2011J0101)、福建省高等学校科技创新团队支持计划(闽教科[2012]03号)、福建农林大学科技创新团队支持计划(cxtld12009)。同时,本书的编写也得到海外合作单位德国霍恩海姆大学生物化学和营养研究所、芬兰奥博学术大学化工系过程化学中心的大力支持与帮助。正是在以上人员和单位的一致努力和帮助下,本书才能如期完成,在此向他们致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者给予批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 魔芋及其葡甘聚糖的概述	1
1.1.1 魔芋概述	1
1.1.2 魔芋葡甘聚糖概述	2
1.2 魔芋葡甘聚糖研究现状与展望	3
参考文献	4
第 2 章 揭开魔芋葡甘聚糖的神秘面纱	6
2.1 魔芋葡甘聚糖吸水性	6
2.2 魔芋葡甘聚糖流变性	7
2.2.1 魔芋葡甘聚糖流变性的影响因素	9
2.2.2 魔芋葡甘聚糖流变性的影响因素研究性试验	10
2.3 魔芋葡甘聚糖凝胶特性	29
2.4 魔芋葡甘聚糖成膜性	33
2.5 魔芋葡甘聚糖溶胶稳定性	40
2.6 魔芋葡甘聚糖疏水性	42
参考文献	43
第 3 章 探索魔芋葡甘聚糖分子结构的奥秘	48
3.1 多糖结构的研究方法	49
3.1.1 静态光散射法	50
3.1.2 动态光散射法	50
3.1.3 原子力显微镜法	51
3.1.4 圆二色谱	53
3.1.5 计算机分子模拟法	56
3.1.6 质谱	58
3.1.7 红外光谱	59
3.1.8 拉曼光谱	59
3.1.9 凝胶渗透色谱	61

3.1.10 X射线衍射	61
3.1.11 核磁共振	61
3.1.12 扫描电子显微镜	62
3.1.13 透射电子显微镜	63
3.1.14 差示扫描量热法	64
3.2 魔芋葡甘聚糖的一级结构	64
3.3 魔芋葡甘聚糖的高级结构	66
3.3.1 X射线衍射分析魔芋葡甘聚糖高级结构	67
3.3.2 原子力显微镜及透射电镜直接观测分子形貌	67
3.3.3 计算机动力学模拟研究魔芋葡甘聚糖的结构	68
3.3.4 魔芋葡甘聚糖凝胶前后聚集态结构变化研究	69
3.4 魔芋葡甘聚糖的晶体结构	69
3.4.1 魔芋葡甘聚糖晶体结构的研究	69
3.4.2 不同相对分子质量的魔芋葡甘聚糖的 X 射线衍射分析	69
3.4.3 国内外对魔芋葡甘聚糖晶体的相关研究	71
3.5 魔芋葡甘聚糖的螺旋微观结构	71
3.5.1 魔芋葡甘聚糖分子螺旋结构形成机理	72
3.5.2 不同外场对魔芋葡甘聚糖单链螺旋构象的影响	72
3.6 魔芋葡甘聚糖溶液构象	76
3.6.1 多糖的溶液构象	76
3.6.2 魔芋葡甘聚糖的水溶性	79
3.6.3 不同条件下魔芋葡甘聚糖的溶液构象	81
参考文献	83
第 4 章 开拓魔芋葡甘聚糖及其聚合物的新世界	89
4.1 天然植物胶与魔芋葡甘聚糖	89
4.1.1 卡拉胶与魔芋葡甘聚糖	90
4.1.2 黄原胶与魔芋葡甘聚糖	91
4.1.3 结冷胶与魔芋葡甘聚糖	92
4.1.4 可得然胶与魔芋葡甘聚糖	94
4.1.5 天然植物胶与魔芋葡甘聚糖的应用	99
4.2 蛋白质与魔芋葡甘聚糖	100
4.2.1 蛋白质	101
4.2.2 蛋白质与魔芋葡甘聚糖的研究方法	102

4.2.3 蛋白质与魔芋葡甘聚糖的应用	105
4.3 金属离子与魔芋葡甘聚糖	106
4.3.1 金属离子与魔芋葡甘聚糖的研究方法	107
4.3.2 碱金属离子与魔芋葡甘聚糖	111
4.3.3 碱土金属离子与魔芋葡甘聚糖	112
4.3.4 过渡金属离子与魔芋葡甘聚糖	112
4.3.5 稀土金属离子与魔芋葡甘聚糖	114
4.3.6 金属离子与魔芋葡甘聚糖的应用	114
参考文献	114
第5章 综合调控魔芋葡甘聚糖	120
5.1 化学法调控	120
5.1.1 乙酰化改性	120
5.1.2 醚化改性	121
5.1.3 酯化改性	122
5.1.4 交联改性	123
5.1.5 氧化改性	124
5.1.6 接枝共聚改性	124
5.2 物理法调控	125
5.2.1 辐照降解	125
5.2.2 等离子处理	141
5.2.3 超高压处理	154
5.2.4 超高静压	162
5.2.5 微波处理	173
5.2.6 静电纺丝处理	174
5.3 生物法调控	178
参考文献	179
第6章 魔芋葡甘聚糖及其聚合物潜力大	188
6.1 魔芋葡甘聚糖的生物活性	188
6.1.1 魔芋葡甘聚糖免疫活性研究	188
6.1.2 魔芋葡甘聚糖抗肿瘤活性研究	190
6.1.3 魔芋葡甘聚糖促增殖活性研究	193
6.1.4 魔芋葡甘聚糖抗辐射研究	194
6.1.5 魔芋葡甘聚糖减肥作用	197

6.1.6 魔芋葡甘聚糖降血脂血糖研究	199
6.1.7 魔芋葡甘聚糖排毒通便	200
6.2 魔芋葡甘聚糖及其聚合物在食品工业的应用	201
6.2.1 作为食品加工原料	201
6.2.2 作为食品添加剂	202
6.2.3 作为果蔬保鲜、抗菌剂	206
6.2.4 作为可食性膜	207
6.2.5 与食品相关其他领域的应用	208
6.3 魔芋葡甘聚糖及其聚合物在医药领域的应用	208
6.3.1 在医药材料等辅助制品上的应用	209
6.3.2 在保健药品上的应用	210
6.4 魔芋葡甘聚糖及其聚合物在美容护肤中的应用	212
6.5 魔芋葡甘聚糖及其聚合物在环境保护中的应用	213
6.5.1 在日常生活中的应用	213
6.5.2 在建筑业中的应用	215
6.5.3 在农业生产中的应用	216
6.5.4 在其他方面的应用	217
参考文献	217

第 1 章 绪 论

1.1 魔芋及其葡甘聚糖的概述

1.1.1 魔芋概述

魔芋(*Amorphophallus konjac*), 又称蒟蒻、雷公枪、蓖蒻等, 是一类多年生草本植物天南星科魔芋属的总称。魔芋喜阴, 喜散射光及弱光, 怕强光直射, 其地下块茎为扁球形, 个大, 叶柄粗壮, 圆柱形, 淡绿色, 有暗紫色斑, 掌状复叶^[1]。从产量和规模上来看, 魔芋主要分布在东半球热带、亚热带等地区。目前, 除了东南亚等几个国家有少量种植外, 中国和日本是世界上两大主要魔芋产量国。中国是魔芋原产地之一, 四川、湖北、云南、贵州、陕西、广东、广西、台湾等地的山区均有分布^[2]。

魔芋中最主要的功能因子为魔芋葡甘聚糖(konjac glucomannan, KGM), 其含量^①达 50% 以上, 除此之外, 还包括淀粉、纤维素、半纤维素、蛋白质、氨基酸、生物碱、可溶性糖、无机盐及其他一些特殊物质(表 1.1), 其中大部分成分在魔芋球茎中^[3]。因此, 魔芋具有丰富的药用价值和食用价值。

表 1.1 魔芋的化学成分

成分	含量/%
魔芋葡甘聚糖	44~64
淀粉	20~30
纤维素	2~5
粗脂肪	5~10
可溶性糖	3~5
灰分(矿物元素)	3~5

我国是利用资源植物魔芋最早的国家, 且先药用, 后食用。我国栽培魔芋并将魔芋作为中药治病和“救荒”食品已有两三千年的历史。我国古代称魔芋为“药蕒”。《本草纲目》中记载, “药蕒主治痈肿风毒, 抹敷肿上。捣碎, 以灰汁煮成饼, 五味调食, 主消渴^[4]”。这句话的意思是魔芋涂敷在肿胀的部位可治疗痈肿风毒。将草木灰浸泡过滤之后得到的汁液与捣碎的魔芋一起蒸煮, 做成饼状食品, 用五香调味品调食可以治疗糖尿病。关于加工魔芋食品用以治疗的方法在《本草纲目》中有

① 如无特殊说明, 本书中所述含量均指质量分数。

所记述,“秋后采根,须净擦,或捣成片段,以醉灰汁煮十余沸,以水淘洗,换水更煮五六遍,既成冻子,切片,以苦酒五味淹食,不以灰汁则不成也。切成细丝,沸汤沟过,五味调食,状如水母丝”。这段话不仅说出了魔芋食品民间的加工方法,而且指出魔芋冻子口感和形状如海蚕丝一样。

在 20 世纪 50 年代,我国的《全国中草药汇编》中记载,魔芋具有治疗肺癆、积滞、闭经、无名肿毒、流火、颈淋巴结核、癌肿、红斑性狼疮及外敷治疗虫蛇咬伤等功效。数十年来,华西医科大学、浙江省人民医院、南京军事医学研究所和河南省许昌市公疗医院,应用魔芋制品,在治疗高血压、糖尿病、肥胖症和便秘等方面,也都取得了很好的疗效。

自古,人们就把魔芋做成各种菜类,其烹调方法多样:可炒、可炖、可蒸、可凉拌。为了方便食用,现代人将魔芋加工成多种素食,如素腰花、素鱿鱼卷、素虾仁、素鱼片、素肚片、素蹄筋、素海参等,其营养价值高,美味可口。

现代科学研究证明,魔芋食品的美味可口及其重要的药用价值,主要是由于魔芋化学成分中含有大量 KGM。

虽然魔芋有优良的食用价值,但魔芋全株有毒,以块茎为最,中毒后舌、喉灼热,痒痛,肿大,所以我们应食用经过加工脱毒的魔芋粉,另外要注意:生魔芋有毒,必须煎煮 3 小时以上才可食用;消化不良的人,每次食量不宜过多;有皮肤病的人少食;魔芋性寒,有伤寒感冒症状的应少食用。

1.1.2 魔芋葡甘聚糖概述

KGM 分子式为 $(C_6H_{10}O_5)_n$, 是一种由 D-葡萄糖与 D-甘露糖通过 β -(1,4) 和 β -(1,3) 等糖苷键连接而成的天然多糖,其含量通常为 44%~64%(白魔芋、花魔芋品种其含量可达 50%~65%)。在 KGM 的主链上,每隔 9~19 个糖单位连接有一个乙酰基(图 1.1),提高了 KGM 的溶

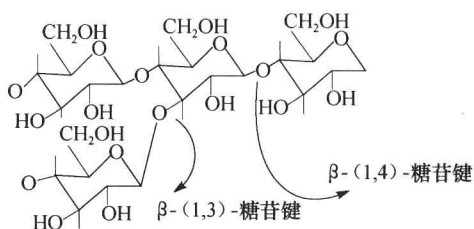


图 1.1 KGM 结构图

解度,其平均相对分子质量在 20 万~200 万范围内^[5]。

KGM 是继淀粉和纤维素之后,又一种较为丰富的可再生天然高分子资源,具有可生物降解性,其水溶胶具有高黏度和多种特性,如增稠、凝胶和成膜等性能^[6];KGM 也是一种优良的膳食纤维,

可用于预防和治疗高血压、高血脂、心血管病等疾病,已成为重要的食品添加剂和保健食品原料;此外,在化工、环保及石油钻探等领域也有重要用途。改性后的 KGM 能扩大其应用范围,故天然的 KGM 及其改性产物,成为研究的热点^[7]。

塑料制品给人们的生活提供了很多的便利,但是其有毒、不可降解,损害身体

健康、污染生存环境,所以近几年人们开始努力探究一种无毒可食、易降解的包装材料。而可食、易成膜、易降解的 KGM 制成的食用膜、保鲜膜、降解膜和包装材料,可大大减少白色污染。KGM 在建筑防尘、废水处理净化等方面存在的环保问题也具有重要的意义,是一种不可多得的新型环保材料。魔芋粉还可制作成高吸水材料,如日常生活中的“尿不湿”、餐厅纸等以及与园艺、农业有关的吸水材料,不仅制作方便,而且对人体无害,也无环境污染。

1.2 魔芋葡甘聚糖研究现状与展望

对 KGM 的研究所涉及的领域主要集中在 KGM 的提取、结构分析与表征、理化性质、药用和保健功能、化学改性等方面。由于 KGM 结构复杂,对 KGM 结构的研究主要集中在其一级结构上,国内外对于 KGM 的高级结构研究报道较少,对其微观构象的直接观察更少,有关其晶体形成的研究更是未见涉及。其确切的一级结构和高级结构至今尚无统一的定论,如对甘露糖和葡萄糖的物质的量的比、支链化度、支链的长短、支链的位置、乙酰化程度、非剪切末端基团的构成等仍然存在争议。在今后相当长一段时间内,KGM 的高级结构以及构效之间的关系,依旧会是研究的热点和难点。在已了解的 KGM 结构基础上,应进一步了解其单个大分子的形态,包括肽键的构型、主链类型、糖链的连接方式、相互间的作用力和反应过程中的构象变化,及其对 KGM 链的折叠螺旋构象的影响;探讨 KGM 的本质及其作用机制、KGM 结构与性能相关性;同时,探寻环境因素对 KGM 螺旋结构的调节作用。KGM 作为一种凝胶制品配料存在不耐低温、易失水、赋味难等问题,这限制了它的销售市场,且 KGM 保鲜膜的研究仍处于试验阶段,有待进一步开发^[8]。

近年来,KGM 与天然高分子的物理复配逐渐成为国内外的 KGM 研究重点,如 KGM 与天然多糖黄原胶、结冷胶、卡拉胶、琼脂胶、淀粉等以及明胶、大豆蛋白等都可发生相互作用起到增稠和胶凝的作用。虽然 KGM 与卡拉胶、黄原胶、瓜尔豆胶复配可以改善凝胶的韧性和强度,但是对凝胶稳定性的提高作用很低;KGM 与刺槐豆胶复配可以显著提高凝胶稳定性,但是刺槐豆胶的价格过高,因此没有得到广泛的应用。寻找一种有利于提高 KGM 凝胶稳定性且价格低廉的复配体将是未来一段时期内 KGM 的研究热点。而且,KGM 的药用研究仍停留在表面上,即利用其有效总体成分分析医疗保健及对各种疾病的治疗和预防作用,对其作用机理的研究还不完善,同时对其有效成分的分离和纯化及各种有效成分对人体作用的研究也有待进一步深入^[8]。

由于特殊的理化性质,KGM 在生物材料、食品及药用等方面具有很大的应用价值。但是,目前对这些方面的研究还只是停留在初级阶段,所以应加强 KGM 在生物材料、食品及药用等方面的应用研究^[9]。同时,还应利用 KGM 良好的黏弹性

和保温性能,积极开发研制和生产高品质的化妆品,如面膜、香乳、膏霜等。总之,在以后的研究中应充分利用我国的魔芋资源,结合现代先进科技,将目光放在魔芋产品的深度加工上,充分利用 KGM 的特性,研发出各种新型产品,以不断满足人们追求高品质生活的需求。

KGM 在食品、医药、化工等领域有广泛的应用前景。在食品领域,添加在食品中可以增加风味和改善口感,并具有多种保健功能,还可延长保质期,可制成可食性包装膜、保鲜膜等可降解膜;在医药领域,可以制成具有特殊功能的药品,如改善肠道环境、降低血糖脂、减肥防癌等,还可作为药物控释载体材料^[10];在化工领域,可以制成生物膜材料、环保涂料,以及黏合剂、缓释剂、污水处理剂等。

未来可在已有 KGM 膜改性的基础上进行复合膜的研究,如可通过以下几种途径制得复合膜:①将 KGM 与其他天然高分子材料(如天然多糖-壳聚糖、黄原胶、卡拉胶、纤维素、淀粉等或是天然蛋白质——大豆蛋白)发生共混、复配协同增效作用,将 KGM 共混胶经一定条件下脱水制成性能良好的复合膜;②将其与人工合成的高分子材料(如聚丙烯酰胺、蓖麻油基聚氨酯、羧甲基纤维素钠等)通过共混得到复合膜^[11];③在 KGM 中加入能水解为多羟基的元素形成凝胶,并将魔芋混合胶脱水制成复合膜;④在 KGM 中添加一种或几种高分子材料得到一种或几种复配协同增效作用的凝胶,经脱水成复合膜;⑤利用当代的高科技技术(如纳米技术)已开发出的薄膜用复合抗菌母粒、复合防紫外母粒、复合抗静电母粒等纳米功能母粒,与 KGM 结合制取功能性包装膜材料,以此促进 KGM 膜的进一步研究,拓宽膜的应用范围^[12]。

我国每年通过各种渠道出口日本、欧美、韩国等国家和地区的魔芋产品超过 10000t。特别是近年来,市场对健康食品的需求与日俱增,欧美对魔芋产品的兴趣较大,特别是对高档次的魔芋精粉、微粉的需求日益增加,以魔芋为原料的食品及食品添加剂逐步取代了传统的卡拉胶、琼脂和昂贵的海藻提取物等^[13]。国际市场需求大部分靠中国来满足,这为中国魔芋产业提供了极好的发展前景。但目前我国魔芋市场的现状是,重视魔芋精粉出口带来的经济效益而轻视魔芋产品的深度开发,对魔芋高附加值产品的开发很少。我国对 KGM 的研究工作已有几十年,基础和应用研究工作的诸多方面还需加强,特别是对魔芋产品深加工研究不够。我国魔芋资源丰富,已发现 95 种,其中 13 种为我国特有,在魔芋资源的综合利用上开展广泛的研究,将魔芋中的生物碱、蛋白质、淀粉等副产品都加以利用,不断提高魔芋的附加值,将使我国魔芋产业有更广阔的开发前景^[14]。

参 考 文 献

- [1] 尉芹,马希汗.魔芋开发利用研究综述.西北林学院报,1998,(3):62-63.
- [2] 何家庆.论东南亚魔芋资源的利用历史、现状及开发潜力.武汉植物学研究,1995,(3):

269-279.

- [3] 何家庆. 魔芋栽培及加工技术. 合肥:安徽科学技术出版社,1995.
- [4] 崔熙,周平,李松林等. 中药魔芋的研究概况. 中药材,1995,(7):368-371.
- [5] 唐慎微. 重修政和经史证类备用本草(第六卷). 北京:人民卫生出版社,1982.
- [6] 杨君,孙远明,雷红涛等. 可食性魔芋葡甘露聚糖耐水耐高温复合膜的制备及性能研究. 农业工程学报,2002,18(3):368-371.
- [7] 朱文均. 魔芋葡甘露聚糖的化学改性及其应用性能研究. 苏州大学学报(自然科学版),1999,15(1):81-86.
- [8] 李波,谢笔钧. 魔芋葡甘聚糖可食性膜材料研究(Ⅱ). 食品科学,2000,21(1):19-21.
- [9] 张茂玉. 魔芋食品对人体脂质代谢影响的研究. 营养学报,1989,11(2):25-28.
- [10] 孙格选,王晓. 魔芋精粉减肥的实验研究. 营养学报,1991,13(2):161-164.
- [11] 李娜,罗学刚. 魔芋葡甘聚糖理化性质及化学改性现状. 食品工业科技,2005,26(10):188-191.
- [12] 许东颖,盛家荣,李光吉. 魔芋葡甘聚糖的改性及其在生物材料领域的应用概况. 材料导报,2008,22(11):47-49.
- [13] 赵元藩. 魔芋的加工与应用. 云南化工,2000,27(2):18-19.
- [14] 陈欣,林丹黎. 魔芋葡甘聚糖的性质、功能及应用. 重庆工学院学报:自然科学版,2009,7(7):36-39.

第2章 揭开魔芋葡甘聚糖的神秘面纱

我国栽培和食用魔芋的历史悠久,魔芋资源十分丰富,但魔芋真正形成产业化距今只有二十多年。目前我国的魔芋市场现状是比较重视魔芋精粉出口所带来的经济效益,但是较为轻视魔芋产品深度开发研究。如今国内外着重对 KGM 进行研究,现已深入地掌握了 KGM 的基础功能。

纯 KGM 为白色粉末状物质,无特殊味道,其相对分子质量因品种、产地的不同而异,且因提取纯化方法不同、魔芋的种类不同及同一种类的产地不同,KGM 的理化性质均具有差异。KGM 的主链上,每隔 9~19 个糖单位上有一个乙酰基,有助于 KGM 的溶解度^[1]。KGM 的特殊结构及化学组成使其具有多种独特的理化性质,如亲水性、凝胶性、成膜性、增稠性、抗菌性、黏结性、吸附性及悬浮性等^[2,3]。

作为添加剂,KGM 通常利用其凝胶性、增稠性、保水性、稳定性于食品生产中,以此来提高产品的稳定性、保持水分能力、促进乳化效果、改善产品质地、提高产品的保质期,如茶汤饮料、固体酸奶、啤酒、豆乳制品、果汁饮品、冷饮制品的生产加工。在米面制品加工中,如面皮、面条、米粉、面包、饼干等通常利用 KGM 的胶黏性、持水性等功能增强弹韧性,改善内部质地结构,增强口感及耐煮度。而 KGM 的黏结性与溶胀性则应用于肉制品的加工,如火腿、鱼丸等。在特定的条件下,KGM 与高分子化合物之间可能产生协同增效作用,通过复配可以增强 KGM 的某些理化性质。KGM 是继淀粉、纤维素之后,又一种来源丰富的天然可再生高分子胶体,因其特殊的结构具备诸多优良的理化性质而被广泛应用于食品、医药等各个领域^[4]。

下面章节将介绍 KGM 的主要性质。

2.1 魔芋葡甘聚糖吸水性

KGM 易溶于水,不溶于甲醇、乙醇、丙酮等有机溶剂^[5],溶于水后可吸收 30~200 倍的水形成非牛顿流体的溶胶或称假塑性液体,有剪切变稀的性质^[6]。KGM 是一种中性多糖,对水具有很强的亲和力,能自动吸收水分而膨胀形成溶胶,吸水膨胀至 80~100 倍仍能呈溶胶状态。因此,KGM 具有良好的增稠性、凝胶性、成膜性等优良性能。

另外,KGM 对阳离子具有结合与交换能力,对有机物具有吸附和螯合作用^[7]。KGM 分子大小分布均匀程度与其流变性质、生物化学特性有很大关系。

例如,只有当 KGM 的相对分子质量达到 80 万~90 万,其旋转半径达 0.1nm 以上时,才有抑制动物血中胆固醇上升的作用。KGM 水溶液具有较高的黏度,且随着浓度的增加而显著升高,但 KGM 在溶解的过程中易结块,因为水分子的扩散迁移速率远远超过 KGM 大分子的扩散迁移速率,导致颗粒表面产生一层高聚糖的黏稠溶液,从而妨碍了 KGM 的进一步溶解。KGM 溶于水后与水分子之间可以通过氢键、分子偶极、诱导偶极、瞬间偶极等作用力聚集成庞大而难以自由运动的巨型分子,使水分子的扩散迁移速率远远超过 KGM 大分子的扩散迁移速率,这时溶液变为黏稠的非牛顿流体,溶胀形成高黏度非牛顿流体的溶胶,这种溶胶是一种假塑性流体,剪切作用可以使其溶胶变稀,黏度降低^[8]。当 KGM 水溶液的黏度高于 7%(质量分数)时会形成液晶,但其黏度不会因此而降低。原因是 KGM 溶液的凝胶化作用优于液晶相的形成,并因此限制了有序结构的发展^[9]。

在肉制品、面制品及软糖等食品中,持水性及保水性的指标对食品质量影响较大。在面类食品中,食品胶可以改变面团的吸水性,调制面团时,还可以加速水分向蛋白质分子和淀粉颗粒渗透的速率,有利于调粉过程。它们能吸收几十倍乃至上百倍于其量的水分,并有持水性,这个特性可以改善面团的吸水量,增加产品重量。同时由于多糖类食品胶体有凝胶的特性,使面制品黏弹性增强,淀粉 α 化程度提高,不易老化变干。现有的保水剂类产品虽已考虑了磷酸盐类产品在保水方面的作用,但到目前为止,KGM 在保水方面的功能仍未得到充分的开发和运用。事实上,大相对分子质量的 KGM 有着十分卓越的持水能力。

KGM 也是一种良好的化妆品基质,基于它的吸水性及膨润性,可改善皮肤对化妆品的感触,又有柔软化的效果,同时可使皮肤有光泽。应用 KGM 水溶液,加入甘油、Moisture(一种具有润湿作用的助剂)、枸橼酸、防腐剂等制成洗液,该洗液对皮肤具有很好的润滑和保湿作用。魔芋精粉还可制作成高吸水材料,如日常生活中的“尿不湿”、餐厅纸等以及与园艺、农业有关的吸水材料,不仅制作方便,而且对人体无害,也无环境污染。以 KGM 制作胶体炸药,该炸药在空气中稳定且对碰撞不敏感,存放时间长,不仅可用于一般爆破,而且能用于水下,其应用范围较为广泛。

2.2 魔芋葡甘聚糖流变性

KGM 相对分子质量大,结合水的能力强,具有良好的增稠性能。KGM 分散于水中,可以吸收高达自身体积 100 倍的水,其水溶液具有较高的黏度^[10],在较低浓度时,水溶胶呈现出牛顿流体的特性,黏度不随剪切速率的变化而变化,当浓度较高时,呈现出非牛顿流体特性,且表观黏度随着浓度的增加而显著升高。KGM 还具有明显的剪切变稀现象,随着 KGM 浓度的增加,剪切变稀现象越发明显。但