

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2015.0003.015

块根块茎类植物淀粉的研究进展*

齐海伶¹, 殷钟意², 郑旭煦^{1,2**}

(1.重庆工商大学 环境与生物工程学院,重庆 400067;2.重庆工商大学 催化与功能有机分子重庆市重点实验室,重庆 400067)

摘 要:主要介绍了国内外有关块根块茎类植物淀粉的提取工艺、理化性质、淀粉糊的功能特性等方面的研究现状,为块根块茎类植物淀粉的进一步研究提供参考,同时为其在食品行业的充分利用提供理论指导。

关键词:块根块茎类植物;淀粉;提取工艺;理化特性;功能特性

中图分类号:Q947 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-058X(2015)03-0067-05

淀粉是植物经光合作用生成的天然高分子化合物,是高等植物中的常见组分,同时也是碳水化合物贮藏的主要形式。它主要以颗粒形式存在于植物种子、根茎中。虽然各类植物中的淀粉含量都较高,但不同来源的淀粉,在颗粒大小、形状和物理性质等方面存在较大差异^[1]。国内外学者根据来源将淀粉分成四类,一是储存于胚乳细胞中的谷类淀粉,二是储存于植物的块根和块茎中的薯类淀粉,三是储存于植物的种子和子叶中的豆类淀粉,四是菱角、莲藕、百合、生姜等其他淀粉^[2]。块根块茎类植物大部分生长在热带潮湿地区,含有 70%~80%的水分、16%~24%的淀粉和少量的蛋白质和脂肪^[3]。目前,该类植物淀粉的结构和物理特性尚未被大量研究。拟通过对块根块茎类植物淀粉的提取工艺、理化性质、淀粉糊的功能特性等方面的研究现状进行综述,以期这些淀粉在食品行业的充分利用提供理论指导和技术支持。

1 块根块茎类植物淀粉的提取工艺研究进展

不同的提取方法在一定程度上影响淀粉的提取率、纯度和性质等。目前块根块茎类植物淀粉的提取主要是通过破碎、匀浆、浸泡、过筛等一系列步骤而获得。国内外学者主要通过选择浸泡液以及优化各种提取工艺参数从而获得较高的提取率和较优质的淀粉产品。将从浸泡液的选择、细胞破碎的方法等方面介绍淀粉的提取工艺现状。

1.1 酸液浸泡法

杨莹,等^[4]采取柠檬酸液浸泡匀浆法提取红薯中的淀粉,并对酸处理和酸碱共处理工艺进行了比较,得到柠檬酸液浸泡的最佳工艺条件是:料液比 1:3,浆料 pH 为 5,浸泡时间为 2 h;酸碱共用处理工艺的提取率低于酸处理工艺的提取率,但是传统酸碱共用处理工艺得到的淀粉白度高、纯度高,可称为精白淀粉;而酸处理工艺得到的淀粉白度稍差,但其中所含的蛋白质提高了淀粉的营养价值。林晓岚,等^[5]根据紫甘薯含

收稿日期:2014-07-10;修回日期:2014-08-10.

* 基金项目:学术学科领军人才培养计划(渝教人[2011]60号).

作者简介:齐海伶(1988-),女,硕士研究生,从事环境生物工程研究.

** 通讯作者:郑旭煦(1964-),女,教授,博士,从事生物资源与天然药物研究.E-mail:xuxuzheng@ctbu.edu.cn.

有丰富的红色素,采用柠檬酸代替水作为浸泡剂,以提高淀粉和红色素的提取率及淀粉品质。结果表明,新鲜紫甘薯的淀粉最优提取工艺为:料液比为 1:3,浆料 pH 为 5,浸泡时间为 1.5 h,浸泡温度为 30 ℃,而紫甘薯薯干的淀粉最优提取工艺为:料液比为 1:8,浸泡时间为 3 h;相对薯干而言,以新鲜薯为原料可得到更高含量的淀粉及红色素。

1.2 碱液浸泡法

孙昌波,等^[6]考虑到蕨根植物含有大量的果胶物质,将增大体系的粘度,不利于淀粉的提取,则采用石灰水作浸泡剂,同时探讨了碱液 pH、料液比、浸泡时间、沉降时间对淀粉提取率的影响,通过正交试验确定的最佳提取工艺为:pH 为 8.0、料液比为 1:4、浸泡时间为 3 h、沉降时间为 7h,在此条件下得到淀粉提取率为 82.61%。李大峰,等^[7]采用 NaOH 溶液作为浸泡剂,对白芷淀粉的提取工艺进行了研究,通过正交试验确定的最佳提取工艺条件为:pH 为 9、料液比为 1:6、浸泡时间为 6 h、浸泡温度为 30 ℃,在此条件下得到淀粉提取率为 84.56%。丘苑新,等^[8]对比了不同碱液对香芋淀粉的提取率及性质的影响,结果表明,用浓度为 0.3 mol/L 的氨水溶液提取香芋淀粉效果较好。

碱液浸泡提取法是淀粉提取工艺中常用的提取方法,低浓度的碱液可以去除一部分蛋白质,但是不能去除和淀粉结合紧密的蛋白,此种方法简单、易操作、成本低,但是会产生碱性废液,不利于环保。

1.3 生物酶法

姜绍通,等^[9]采用碱性蛋白酶法提取芋头淀粉,通过响应面法优化提取工艺参数,得到最佳工艺参数条件为:碱性蛋白酶用量 0.9%、溶液 pH 为 10、酶解时间为 137 min、酶解温度为 41 ℃,在此条件下淀粉的提取率为 88.92%,且获得了高纯度淀粉。张晶,等^[10]采用木聚糖酶和中性蛋白酶对芋头淀粉的提取工艺进行了研究,结果表明:先添加木聚糖酶而后添加中性蛋白酶的二次分步加酶法所得淀粉提取率达 78.77%,两种酶解的最佳工艺条件为:木聚糖酶的酶添加量为 750 u.g⁻¹、溶液 pH 值为 5.0、酶处理时间为 2 h、酶处理温度为 50 ℃;中性蛋白酶的酶添加量 500 u.g⁻¹、溶液 pH 值为 7.0、酶处理时间为 3 h、酶处理温度为 50 ℃。

生物酶法提取工艺主要是去除块根块茎类植物中与淀粉结合紧密的蛋白质等。与传统的碱液提取法相比,生物酶法提取淀粉的工艺具有条件温和、沉降时间短、淀粉质量高等优点,但也有可能会造成微生物的污染。

1.4 超声波辅助法

王大为,等^[11]采用超声波辅助提取马铃薯淀粉,并探讨与传统水提法相比的淀粉特性,结果表明,马铃薯在超声功率为 500 W、超声时间为 4 min、破碎粒度 60 目、料水比为 1:1(g/mL)条件下淀粉的提取率高达 94.22%,比传统水提法增加 6.88%;而且超声波辅助提取方法增加了直链淀粉的含量,提高了淀粉糊的溶解度、膨润度以及凝沉性,但是降低了淀粉糊的粘度、透明度。

超声波是频率为 $2 \times 10^4 \sim 1 \times 10^9$ Hz 的声波,具有方向性好、穿透力强等特点,可产生机械效应、热效应和空化效应。淀粉提取过程中主要是通过机械作用和空化作用破坏细胞壁,从而提高淀粉流离率。因此采用超声波辅助提取淀粉,结合酸、碱、酶法,不仅具有作用时间短、安全无副作用等优点,而且还可以提高淀粉的提取率。

2 块根块茎类植物淀粉的理化性质

2.1 组成和分子结构

块根块茎类植物淀粉主要由直链淀粉和支链淀粉组成。直链淀粉是由葡萄糖单元通过 α -1,4 糖苷键连接而成的直链大分子;直链淀粉的分子大小差别很大,在 100~6 000 之间,聚合的葡萄糖单元一般为 300~800 个。支链淀粉的主链主要是以 α -1,4 糖苷键连接的直链结构,而侧链则是以 α -1,6 糖苷键连接的支链

结构;聚合的葡萄糖单元在1 000~3 000 000个之间,一般在6 000个以上,是最大的天然高分子化合物。

王书军,等^[12]对12种山药进行了分析,结果表明,山药淀粉的直链淀粉含量为19.38%~25.94%,比马铃薯淀粉中直链淀粉的含量略微偏低,通常马铃薯淀粉中直链淀粉含量为20.1%~31%。淀粉中直链淀粉含量会随着淀粉植物来源的不同而不同,且气候条件和土壤类型也会影响淀粉中直链淀粉的含量。因此块根块茎类植物中直链淀粉的含量也有着明显的差异。

2.2 块根块茎类淀粉的颗粒特性

2.2.1 颗粒形态

由表1可知,块根块茎类植物淀粉的形貌大部分是圆形、椭圆形,也存在多边形和不规则形。根据不同植物淀粉的来源,淀粉颗粒的平均粒径从1~100 μm 不等,其中马铃薯和藕的粒径相对较大,而魔芋、人参、荸荠的粒径相对偏小。淀粉颗粒的形态和尺寸主要取决于植物来源,其中淀粉颗粒的形态主要取决于植物叶绿体和造粉质体的生物化学以及植物的生理学。淀粉颗粒的颗粒形貌和尺寸的鉴别通常采用电子扫描显微镜(SEM)。

表1 块根块茎类植物淀粉的颗粒形态和晶体结构^[13-20]

淀粉来源	形状	平均粒径/ μm	晶体结构
马铃薯	卵形或贝壳形、圆形	40	B型
甘薯	圆形、多边形	18	C型
山药	圆形、椭圆形	14.6	C型
木薯	圆形或卵形截切形	13	A型
竹芋	卵形或椭圆形	22	A型
葛根	椭圆形	12.2	C型
黄姜	圆形、椭圆形、不规则形	13.52	A型
生姜	圆形、椭圆形、三角形	10.49	/
魔芋	多边形、菱形等	5	B型
百合	圆形、多角形	/	B型
藕	椭圆形	50.27	B型
荸荠	椭圆形、多角形	8	C型
人参	多角形、圆形	5.69	B型
白首乌	圆形、三角形、半圆形	5-15	B型
浙贝母	卵圆形、光卵形	31.7	B型

2.2.2 晶体结构

X-射线衍射仪被广泛应用于淀粉中晶体结构的存在和特性研究。原淀粉颗粒X-射线衍射图可分为A、B、C型,其中A型对应的X-射线衍射图是在 15° 、 17° 、 18° 和 23° 有较强的衍射峰,B型对应的较强衍射峰主要出现在 5.6° 、 17° 、 22° 和 24° 左右,而C型包含有A、B两种类型。A型和B型的差异在于A型结构中双螺旋间的水分子排列紧密,而B型中包含更多的水分子,且位于6个双螺旋包围的中心。由表1可知,大多数块根块茎类植物淀粉为B型,但甘薯、山药、葛根、荸荠等为C型,木薯、竹芋等为A型,而生姜的晶体结构类型尚未见报道。

2.3 块根块茎类植物淀粉糊的功能特性

2.3.1 糊化特性

当淀粉乳被加热到一定温度,淀粉颗粒开始出现不规则变化,同时伴随着颗粒结构的破坏,直链淀粉从

颗粒中溶出、晶体结构消失,淀粉乳变成粘稠的糊状。这种现象称为糊化。发生糊化时的温度称为糊化温度。

S. A. Kolawole,等^[21]对生姜的糊化特性进行了研究,结果表明,生姜的淀粉糊化温度为78℃。而玉米淀粉的糊化温度为72.5℃,表明生姜被煮熟所消耗的能量要高于玉米所消耗的能量。李媛,等^[32]也对生姜淀粉的糊化特性进行了研究,结果表明,生姜淀粉的糊化温度为84.98℃,并且认为生姜淀粉的糊化温度比其他淀粉的糊化温度高,是因为姜淀粉颗粒的结构比较紧密,破坏这种结构将需要较高的能量。Kerelilk G R,等^[22]指出同一种淀粉由于颗粒大小不同,糊化温度也会有所不同。

2.3.2 老化特性

淀粉的老化也叫淀粉回生,是一个淀粉从有序到无序的过程。国内外学者认为淀粉回生可分为短期回生和长期回生两个阶段。短期回生主要涉及直链淀粉,长期回生主要涉及支链淀粉,过程是一个慢长的过程。其中,透明度下降,淀粉糊产生浑浊现象,两相分离产生沉淀,凝胶硬度上升,水分析出,淀粉分子内部产生自组织现象,形成结晶、抗化学试剂能力增强,酶解力下降,黏性下降等,都是淀粉老化的特征。

田翠华,等^[23]采用X-射线衍射仪、差示扫描量热仪等方法,对莲藕淀粉的老化特性进行了系统研究,探讨了莲藕淀粉的老化机理;通过测定存放过程中莲藕淀粉糊透明度和凝沉性变化、淀粉糊的碘兰值和酶解力以及再结晶特性,提出淀粉老化的本质是淀粉分子凝聚,微弱的重结晶促进了淀粉的老化。

杜秀杰,等^[24]以槟榔芋为原料,测定了淀粉的老化度及抗老化的方法。结果表明,槟榔芋淀粉的冷、热糊稳定性较差,属于弱凝胶,短期不易回生;同时报道了通过添加乳化剂、食品胶和变性淀粉等来抑制槟榔芋淀粉老化,其中分子蒸馏单甘酯、瓜尔豆胶和麦芽糊精对槟榔芋淀粉老化的抑制效果较好。

块根块茎类植物淀粉的老化特性因来自不同的植物、不同的直链淀粉和支链淀粉含量而导致无法统一。国内外学者认为直链淀粉含量是引起支链淀粉老化的原因,同时发现直链淀粉含量与淀粉回生速率成正比,这种回生被证明是由支链淀粉的结晶导致的,直链对支链淀粉的结晶速率有协同作用,但并未影响其结晶度。孙忠伟^[25]对芋头淀粉的研究发现,支链淀粉含量较高,不同品种芋头淀粉中支链淀粉的质量分数为86.0%~59.6%;芋头支链淀粉中,长支链所占比例大于短支链,且短支链重均聚合度DP为13.4,这也是芋头淀粉支链淀粉含量多却容易老化的原因。

3 展 望

主要综述了国内外有关块根块茎类植物淀粉的提取工艺、理化特性、淀粉糊的功能特性。国内外主要是对块根块茎类中马铃薯等薯类淀粉的研究比较深入,但是这些淀粉的提取工艺和理化性质并不能代表所有块根块茎类植物淀粉的提取工艺和性质,并且很难将块根块茎类植物淀粉的某一性质与豆类、谷物类等淀粉的对应性质进行明确的对比。因此,采用不同方法在不同条件下对不同来源的块根块茎类植物淀粉的提取和性质研究还需进一步加强,而且对块根块茎类植物淀粉的应用领域也需进一步拓宽。

参考文献:

- [1] 石文娟. 姜黄淀粉性质研究[D]. 重庆:西南大学, 2008
- [2] 张燕萍. 变性淀粉制造与应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2007
- [3] HOOVER R. Composition Molecular Structure and Physicochemical Properties of Tuber and Root Starches[J]. Carbohydrate Polymers, 2001, 45(3), 253-267
- [4] 杨莹, 夏延斌. 酸碱处理方式提取红薯淀粉的比较研究[J]. 粮食食品科技, 2008, 16(2): 47-49
- [5] 林晓岚, 陈惠芳, 陈麒麟. 紫甘薯淀粉提取工艺优化[J]. 福建农林大学学报, 2003, 32(4): 527-530
- [6] 孙昌波, 李忠海, 杨海荣, 等. 蕨根淀粉提取工艺的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(5): 55-57

- [7] 李大峰, 贾冬英, 姚开, 等. 白芷淀粉的提取工艺研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(2): 203-205
- [8] 丘苑新, 吴雪君, 于新. 香芋淀粉提取工艺及部分特性研究[J]. 农产品加工学刊, 2010(4): 32-34
- [9] 姜绍通, 殷嘉忆, 王华林, 等. 酶法提取芋头淀粉工艺参数优化[J]. 食品科学, 2014(13): 1-10
- [10] 张晶, 张滢滢, 陈海华, 等. 双酶法提取芋头淀粉的工艺及性质研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(7): 87-90
- [11] 王大为, 刘鸿铖, 宋春春, 等. 超声波辅助提取马铃薯淀粉及其特性的分析[J]. 食品科学, 2013, 34(16): 17-22
- [12] 王书军. 富含淀粉中药贝母、山药中淀粉的研究[D]. 天津: 天津大学, 2006
- [13] 罗志刚, 高群玉, 杨连生. 甘薯淀粉性质的研究[J]. 食品科技, 2003(2): 15-17
- [14] 杨晓惠. 木薯淀粉的理化性质及其抗性淀粉制备工艺研究[D]. 广州: 暨南大学, 2011
- [15] 陈晓, 刘欣, 赵力超. 竹芋淀粉的性质研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 132-136
- [16] 钟耕. 葛根淀粉和藕淀粉的理化性质及血糖指数体外测定的研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2003
- [17] 周琼, 石文娟, 张丽琼, 等. 黄姜淀粉的基本性质研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 40-42
- [18] 万智巍, 杨晓燕, 葛全胜, 等. 中国南方现代块根块茎类植物淀粉粒形态分析[J]. 第四纪研究, 2011, 31(4): 736-744
- [19] KOO H, PARK S, JO J. Physicochemical Characteristics of 6-year-old Korean Ginseng Starches [J]. LWT-Food Science and Technology, 2005, 38(8): 801-807
- [20] 宋志刚. 白首乌淀粉提取工艺及其与粉葛淀粉理化特性的研究[D]. 山东: 山东农业大学, 2006
- [21] KOLAWOLE S A, IGWEMMAR N C, BELLO H A. Comparison of the Physicochemical Properties of Starch from Ginger (*Zingiber officinale*) and Maize (*Zea mays*) [J]. International Journal of Science and Research, 2013(2): 71-75
- [22] 李媛, 乔旭光. 生姜淀粉的基本性质[J]. 食品科学, 2011, 32(13): 131-135
- [23] 田翠华, 严守雷, 李洁, 等. 莲藕淀粉的老化特性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(3): 67-70
- [24] 杜秀杰. 槟榔芋淀粉特性及其抗老化研究[D]. 厦门: 集美大学, 2009
- [25] 张忠伟. 芋头淀粉的提取及其性质的研究[D]. 江苏: 江南大学, 2004

Study Progress on Starches of Root and Tuber Plants

QI Hai-ling¹, YIN Zhong-yi², ZHENG Xu-xu^{1,2}

(1. School of Environmental and Biological Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China; 2. Chongqing Key Lab of Catalysis & Functional Organic Molecules, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: This paper mainly summarizes researches of state quo on extraction process, physicochemical properties and functional properties of starch pastes of root and tuber plants. This review can provide a reference for further researches on root and tuber plants starches, and theoretically guides the application of root and tuber plants starches in food industry.

Key words: root and tuber plants; starch; extraction process; physicochemical properties; functional properties