

山药加工综合利用技术

朱运平 著

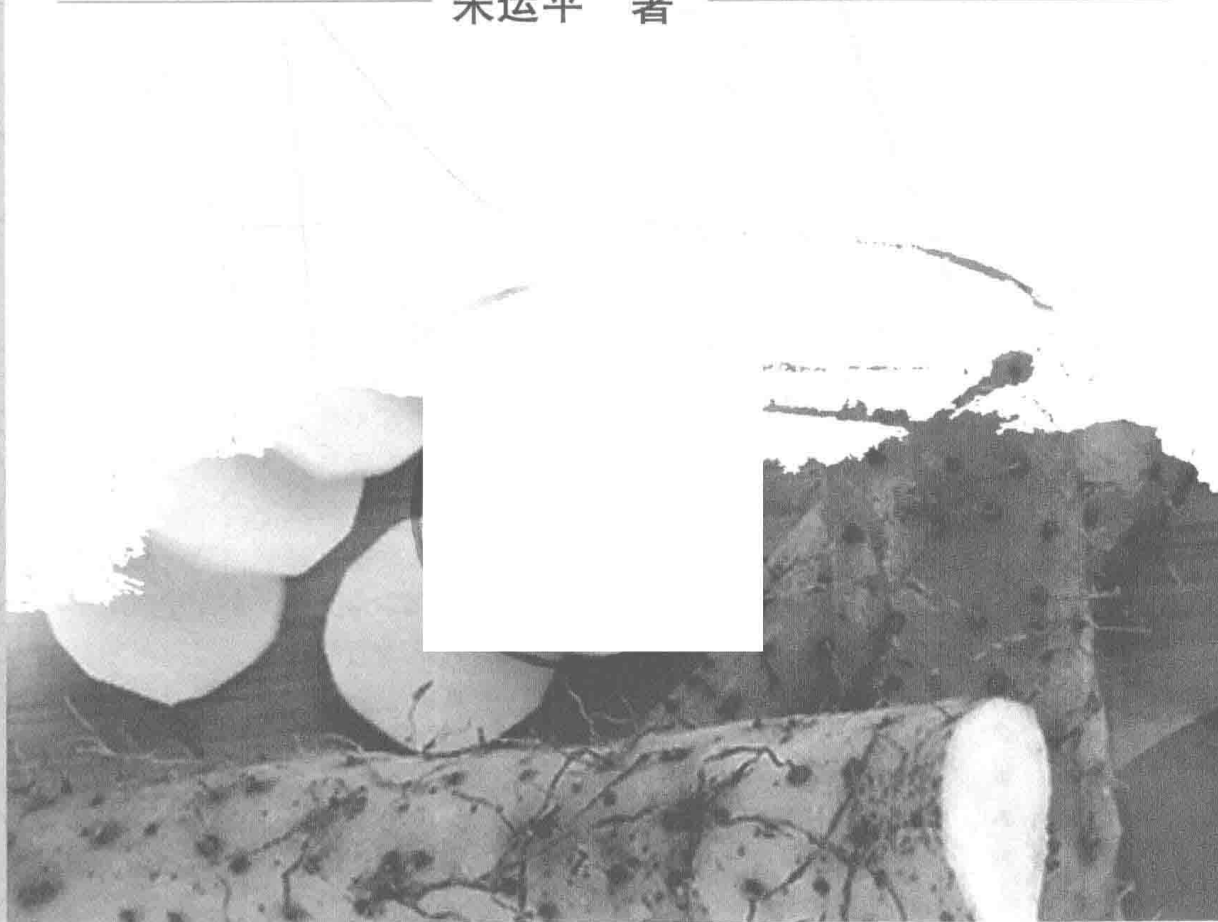


非
外
借

中国农业科学技术出版社

山药加工综合利用技术

朱运平 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

山药加工综合利用技术 / 朱运平著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2018. 8

ISBN 978-7-5116-3754-3

I. ①山… II. ①朱… III. ①山药-果蔬加工 IV. ①TS255.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 168763 号

责任编辑 崔改泵

责任校对 马广洋

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街12号 邮编: 100081

电 话 (010)82109194(编辑室) (010)82109702(发行部)

(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010)82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 北京建宏印刷有限公司

开 本 710mm×1 000mm 1/16

印 张 13

字 数 232 千字

版 次 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价 60.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

前 言

山药，别名怀山药、山薯、山药薯等，在我国已经有 3 000 多年的历史。山药是常见的药食同源植物，含有多种营养成分，包括蛋白质、维生素、脂肪、微量元素等，含有的多糖、尿囊素、皂苷、胆碱等多种活性成分具有降血糖及抗衰老、调节肠胃功能、提高免疫功能、抗肿瘤等多种保健功能。目前，随着人们对生活质量要求的提高，山药以更加多样的方式更加普遍地进入了人们的生活中，所以山药的加工技术及方式变得更加多元。

为满足广大从事相关技术人员及实际生产人员的需求，我们编写了这本《山药加工综合利用技术》。系统介绍了有关山药淀粉、山药非淀粉多糖、山药蛋白、山药其他功能性成分相关加工技术及山药制品加工技术。本书在编写过程中参考了国内外大量的研究资料，并对我们研究团队在山药加工方面多年开展的研究工作及已发表的研究论文进行总结，得到系列具有原创性的技术成果和结论。为了增加本书的实用性，在介绍具体内容时运用了大量的图、表进行说明，同时穿插了最基本的理论和知识。

本书适宜作为有关食品专业大专院校师生的参考书，也可以作为山药加工的技术资料供相关的研究人员和技术人员参考。

鉴于作者水平有限，书中难免存在不足和错误之处，恳请广大同行及读者提出宝贵意见和建议。

朱运平

2018 年 7 月于北京工商大学

目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 山药资源概况	(1)
第二节 山药起源与分布	(2)
第三节 山药的生物学特性	(4)
第四节 山药的采收与初加工	(11)
第五节 山药的化学成分与主要活性成分	(11)
第六节 山药的药理学作用机理	(14)
第七节 山药加工技术研究进展	(18)
第八节 山药制品的开发前景	(20)
第二章 山药淀粉加工技术	(22)
第一节 山药淀粉的提取分离技术	(22)
第二节 山药淀粉理化特性	(25)
第三节 山药淀粉加工品质特性	(29)
第四节 山药淀粉的改性	(36)
第三章 山药非淀粉多糖加工技术	(47)
第一节 山药多糖的提取、分离及纯化	(47)
第二节 山药多糖的单糖组成及分析方法	(55)
第三节 多糖的结构表征	(57)
第四节 山药多糖的生物学活性	(64)
第四章 山药蛋白加工技术	(71)
第一节 山药蛋白的提取及生物学活性	(71)
第二节 山药糖蛋白的分离及生物学活性	(73)
第三节 山药蛋白的酶解加工技术	(83)



第五章 山药其他功能成分加工技术	(87)
第一节 山药其他功能成分研究	(87)
第二节 紫山药功能性成分研究	(92)
第三节 山药致痒活性成分	(97)
第四节 加工方式对山药有效成分影响	(104)
第六章 山药制品加工技术	(110)
第一节 山药粉加工技术	(111)
第二节 山药馒头	(129)
第三节 山药饮料	(137)
第四节 山药醋	(141)
第五节 山药酒	(160)
第六节 山药乳酸菌发酵饮料	(176)
第七节 山药双歧酸奶	(177)
第八节 山药花生露	(179)
第九节 山药核桃露	(181)
第十节 山药果脯	(182)
第十一节 其他山药类产品	(185)
参考文献	(186)

第一章 概 论

第一节 山药资源概况

山药（英文名：Common Yam Rhizome, Rhizome of Common Yam, Chinese Yam）又名薯蓣、土薯、山薯、诸薯、薯蓣、玉延、修脆、几草等。属于薯蓣科草本植物的地下根茎，具有调节脾胃、降低血糖、养气健体的功效，是卫生部公布的药食两用的植物之一，是我国使用多年的重要的传统中药材，并且是我国当前保健食品中的重要原材料之一，山药的营养及药用价值已逐渐得到人们的认同。我国食用山药的历史源远流长，山药具有极高的可食用性及营养价值，在我国，很早就开始种植山药、食用山药，山药一直是最普遍的食物以及中药材之一，夏商时期即逐渐开始种植，自明清以来形成道地药材，在“山海经”“本草衍义”“图经本草”“新修本草”“本草纲目”“齐民要术”等本草典籍中均有记载，我国著名的诗人陈达叟在其《玉廷赞》一诗中有这样一段话：“山有灵药，绿如仙方，削数片玉，清白花香。”指的就是冬令佳品——山药。

山药为薯蓣科植物薯蓣（*Dioscorea opposita* Thunb.）的干燥根茎（图1-1）。其外形略呈圆柱形，弯曲而稍扁，长15~30cm，直径1.5~6cm。表面黄白色或淡黄色，有纵沟、纵皱纹及须根痕，偶有浅棕色外皮残留。体重，质坚实，不易折断，断面白色，粉性。气微，味淡、微酸，嚼之发黏。光山药呈圆柱形，两端平齐，长9~18cm，直径1.5~3cm。表面光滑，白色或黄白色。土炒山药，表面土红色，粘有土粉，略具焦香气。麸炒山药，表面黄色，偶有焦斑，略具焦香气。

山药味甘，性平，归脾、胃、肾经，具有补脾养胃、生津益肺、补肾涩精的功效，用于脾虚食少，久泻不止，肺虚喘咳，肾虚遗精，带下，尿频，虚热消渴等。土炒山药以补脾止泻为主，用于脾虚久泻，或大便泄泻。麸炒山药以补脾健胃为主。用于脾虚食少，泄泻便溏，白带过多。



图 1-1 山药成品

山药因其营养丰富，自古以来就被视为物美价廉的补虚佳品，既可作主粮，又可作蔬菜，还可以制成糖葫芦之类的小吃。栽种者称家山药，野生者称野山药；中药材称淮山、淮山药、怀山药等。山药主产河南，此外，湖南、湖北、山西、云南、河北、陕西、江苏、浙江、江西、贵州、四川等地亦产，一般以河南博爱，沁阳、武陟、温县等地（古怀庆所属）所产质量最佳，习称“怀山药”。中国栽培的山药主要有普通的山药和田薯两大类。普通的山药块茎较小，其中以四川等地的“脚板薯”，河南温县的怀山药，江汉南城淮山药最为有名。

第二节 山药起源与分布

薯蓣科植物的种类非常多，共有 5 属 570 种，广泛分布在热带、亚热带地区。在我国只有 1 属就是薯蓣属，所含种类约 80 种，而其中大约有 37 种是属于药用的。山药是薯蓣科植物薯蓣的块茎，属多年生缠绕草本植物，原产地是在中国，广泛分布于华北、华中、东南、西南等地区，其中以广西壮族自治区（以下称广西）、河北、河南等地为主的几大产地构成了国内主要山药栽培区，在日本和朝鲜等地也均有所分布。因此山药的种类繁多，如长山药、铁棍山药、水山药、怀山药、麻山药、日本大和长芋山药等都是山药的主要品种。其中河南焦作地区是我国正宗山药的主产区，从明清以来“怀庆山药”就被视为是质量最佳的山药品种，为我国闻名海内外的“四大怀药”（地黄、山药、牛膝、菊花）之一。我国栽培山药的历史长达几百年，山药一般在较为平坦的地方就能栽种，成活要求非常简单，甚至在灌木中都能成活，在我国很多地方也会有人选择自主栽培山药。山药的产量很高，一般情况下为 22.5~37.5t/



hm²，高产量地区甚至可达到 45.0~52.5t/hm²（图 1-2）。



图 1-2 山药自古以来就是民间养生保健的珍品

山药按起源地分亚洲群、非洲群和美洲群。亚洲群有 6 个种，各个种的驯化都是独立进行的。中国山药属亚洲种群，包括有“普通山药”和“田薯”二个种。其原产地和驯化中心在中国南方，广布于温带、热带和亚热带地区。在我国的东北、华北、华中、东南、河北、山东、安徽淮河以南、江苏、浙江、江西、福建、台湾、湖北、广西北部、贵州、云南北部、甘肃东部和陕西南部等地区均有广泛分布，尤其在台湾、广东、广西、福建、江西等省区均有广泛栽培，并形成许多地方品种和野生种。山药是世界上公认的十大食用块茎类作物之一。普通山药又名家山药，是中国和日本的主要栽培种。田薯又名大薯、柱薯。上述两个种按块茎性状又可分为扁块种、圆筒种和长柱种等三个类型。

中国是山药重要的产地和驯化中心。山药古称“藟蕡”“储余”“玉延”“修脆”等。《山海经》卷三《北山经》中有：“景山北望少泽，其草多‘藟蕡’”。春秋时范蠡著《范子计然》一书中有“储余，白色者善”的描述。从史料可以推知：早在春秋战国时期，人们已熟知山药了，并且山药是富余之后储存下来可代替粮食充饥的食物，但当时多称其为“薯蕷”。

山药一名始于宋，在寇宗奭编著的《本草衍义》中有：“避唐代宗李豫年讳，改为‘薯药’，又‘薯’犯宋英宗赵曙年庙讳，故改为‘山药’”。金元之际成书的《务本新书》中已用“山药”一名。其后如明代王象晋年编著的《群芳谱》《广群芳谱》，明李时珍编撰的《本草纲目》，清代四川人张宗法撰



著的《三农记》及清代官修的综合性农书《授时通考》年等均采用“山药”一名（图 1-3）。



图 1-3 慈禧健脾胃的“八珍糕”含有山药成分

第三节 山药的生物学特性

一、根

山药种薯萌芽后，在茎的下端长出粗根。开始多是横向辐射生长，离土壤表面仅有 2~3cm，尔后大多数根集中在地下 5~10cm 处生长。当每条根长到 20cm 左右后，进而向下层土壤延伸，最深可延伸到地下 60~80cm 处，与山药块茎深入土层的深度相适应，但一般很少超过山药地下块茎的深度。这 10 余条根发生在山药嘴处，通常称为嘴根，是山药的主要根系，起吸收和支撑作用（图 1-4）。

随着地下块茎的生长，在新块茎上会长出很多不定根，这是山药的须根。在块茎上端的须根，特别是在近嘴根处，也具备一定的长度，有协助嘴根营养植株的作用。但着生在块茎下端的须根则很短，也很细，基本上没有吸收水分和养分的能力。在土壤特别干旱时，块

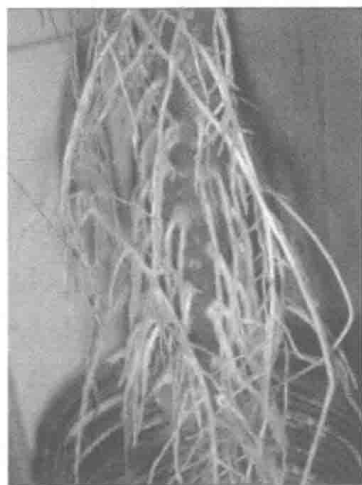


图 1-4 山药的根



茎可以长出大量的纤维根，具有吸水能力。

山药须根系不发达，且多分布在土壤浅层。而山药长达 3m 的地上茎和几千克重的地下块茎的生长都是靠根系供给营养。因此，栽培山药要注意深耕养根，才能获得高产。

二、茎

山药的茎分地上茎和地下茎。

(一) 地上茎

山药的地上茎有两种，起攀缘作用的茎蔓，是山药真正的茎；地上茎上叶腋间生长的零余子（俗称山药豆），是一种茎的变态，叫地上块茎。

1. 地上茎蔓

山药的地上茎蔓属于草质藤本，蔓生，光滑无翼，断面圆形，有绿色或紫色中带绿色的条纹。蔓长 3~4m，茎粗 0.2~0.8cm。苗高 20cm 时，茎蔓节间拉长，并具有缠绕能力，最初只有一个主枝，随着叶片的生长，叶腋间生出腋芽，进而腋芽形成侧枝（图 1-5）。



图 1-5 山药地上茎蔓

山药茎蔓的卷曲方向通常为右旋，即新梢的先端向右旋转。食用薯蓣类的大薯、卡宴薯、圆薯蓣均为右旋。但黄独、小薯蓣、非洲苦薯蓣和加勒比薯蓣则是左旋。大薯的茎蔓为四棱形，有棱翼，可以辅助茎的直立。小薯蓣和非洲

苦薯蕷茎蔓上生长有刺。

2. 零余子

山药在地上部叶腋间着生很多零余子（地上块茎）（图 1-6）。零余子呈椭圆形，长 1.0~2.5cm，直径 0.8~2.0cm，褐色或深褐色，亩（1 亩 $\approx$ 667m²。下同）产可达 200~600kg。在一般情况下，山药零余子生长在茎蔓的第 20 节以后，而且开始多发生在山药主茎或侧枝顶端向下第三节位的叶腋处。成熟的零余子，表皮粗糙，最外面一层是较干裂的木栓质表皮，里面是由木栓形成层形成的周皮。从外部形态上可以看到，零余子有像马铃薯块茎一样的芽眼和退化的鳞片叶，而且顶芽也是埋藏在周皮内，外观不易觉察。



图 1-6 山药的气生茎（零余子、山药豆）

山药零余子的芽眼和马铃薯一样，有规律地排列着。从解剖结构上看，零余子仅有根原基和根的分化，没有侧根的分化，当年的顶芽也处于休眠状态。

零余子的皮中含有山药其他部分所没有的一种特殊的物质——山药素，山药素起抑制生长和促进休眠的作用。当零余子皮层成熟但未通过休眠时，山药素含量最多，但随着休眠的推进，山药素的含量会逐渐减少。零余子只有在通过休眠后，才能萌发，故刚采收的零余子不宜当种用。

不同类型的山药零余子类型也不同。长山药的零余子较多，其次是扁山药，而圆山药则基本上不能形成零余子。

（二）地下茎

地下块茎是山药的贮藏器官，也是人们药用、食用的部分。



1. 山药地下块茎的形成

种薯萌发后，首先生长不定芽，伸出地面长成茎叶。在这新生不久的地上茎基部，可以看到维管组织周围薄壁细胞在分裂，这就是块茎原基（图 1-7）。块茎原基继续分裂，便分化出散生维管分子。在块茎的下端，始终保留着一定体积有强劲分生能力的细胞群，这就是山药块茎的顶端分生组织。顶端分生组织逐渐分化而成熟，先形成幼小块茎的表皮，表皮内有基本组织，基本组织中有散生维管束。小块茎长到 3~4cm 时，便可用肉眼清楚地看到褐色的新生山药。块茎的肥大完全依靠基端分生组织细胞数量的增加和体积的不断增大来完成。



图 1-7 山药的地下块茎（一种）

2. 山药块茎的类型

山药块茎形状的变异较多，大致可以分为长形山药、扁形山药和圆形山药，但在各个类型中都有中间类型的变异。这种变异，主要是受到遗传和环境的影响，其中土壤环境的影响最大。

长形山药，上端很细，中下部较粗，一般长度为 60~90cm，最长的可达 2m。其直径一般为 3~10cm，单株块茎重 0.5~3.0kg，最重的可达 5kg 以上。肉极白，黏液很多，其尖端组织色泽洁白或淡黄，且有深黄色根冠状附属物，此为栓皮质保护组织。块茎停止生长后，尖端逐渐变成钝圆，并呈浅棕色。扁形山药块茎扁平，上窄下宽，且具纵向褶皱，形如脚掌。圆形山药块茎常呈短

圆筒形，或呈团块状，长 15cm，直径 10cm 左右。

三、叶片

山药虽然是单子叶植物，但其种子却有两片子叶。全叶呈浅绿色、深绿色或紫绿色，叶长 8~15cm，叶宽 3~5cm，叶柄较长，叶质稍厚，叶脉 5~9 条，基部叶脉 2~4 条，有分枝。山药茎的基部叶片多互生，以后的叶片多对生，也有轮生的叶片。山药叶片，一般都是基部戟状的心脏形，或呈三角形卵形尖头，或呈基部深凹的心形（图 1-8）。



图 1-8 山药叶片（一种）

四、花

山药是雌雄异株。不同类型的雌雄株的比例不同。长山药雌株很少，多是雄株。扁山药和圆山药多是雌株，雄株很少（图 1-9）。

（一）雄株雄花

雄株的叶腋，向上着生 2~5 个穗状花序，有白柔毛，每个花序有 15~20 朵雄花。雄花无梗，直径 2mm 左右。从上面看，基本都是圆形，花冠两层，萼片 3 枚，花瓣 3 片，互生，乳白色，向内卷曲。有 6 个雄蕊和花丝、花药，中间有残留的子房痕迹。山药的孕蕾开花期，正好是地下部块茎膨大初期。雄



图 1-9 山药花 (一种)

株花期较短,在我国北方 6—7 月开花(这一时期为 30~60 天)。从第一朵小花开放,到最后一朵小花开放,大致 50 天左右。一般都在傍晚后开放,多在晴天开花,雨天不开花。

山药块茎生长和开花的时间重叠,需要较多的营养。但由于雄株花期较短,养分需求比较集中,对地下块茎的影响较小,其产量和质量都比雌株的高。雄株的薯蓣皂苷元的含量明显高于雌株。从现蕾、开花到凋落的时间为 1~2 个月。有的山药雄株不出现花蕾,有的雄株虽可看到花蕾,但常常在开花前就脱落了。山药雄花多是总状花序,似穗状,小花互生。

(二) 雌株雌花

雌株着生雌花,穗状花序,花序下垂,花枝较长,花朵较大,但花朵较少,一个花序约有 10 个小花。雌花无梗,直径约 3mm,长约 5mm,呈三角形,花冠有花瓣和花萼各 3 片,互生,乳白色,向内卷。柱头先端有 3 裂而后成为 2 裂,下面为绿色的长椭圆形子房。子房有 3 室,每室有 2 个胚珠。有雄蕊 6 个,药室 4 个,内生花粉。两性花,基本不结种子。

雌花序由植株叶腋间分化而出,着生花序的叶腋一般只有一个花序,偶有一个叶腋两个花序的(图 1-10)。一个花序从现蕾、开花到凋落,需 30~70 天。花期集中在 6—7 月。花朵在傍晚以后开放,晴天开放,雨天不开。雄花序见图 1-11。



图 1-10 山药雌花序



图 1-11 山药雄花序

五、果实和种子

山药的果实为蒴果，多反曲。果实中种子多，每果含种子 4~8 粒，呈褐色或深褐色，圆形，具薄翅，扁平，千粒重一般为 6~7g。山药几乎不结籽，偶尔结籽，籽粒也很少，饱满度很差，空秕率一般为 70%，最高可达 90% 以上，因此不能作种用。



第四节 山药的采收与初加工

冬季茎叶枯萎后采挖，切去根头，洗净，除去外皮及须根，用硫黄熏蒸后，干燥；也有选择肥大顺直的干燥山药，置清水中，浸至无干心，闷透，用硫黄熏后，切齐两端，用木板搓成圆柱状，晒干，打光，习称“光山药”。

《中华本草》：芦头栽种当年收，珠芽繁殖第2年收，于霜降后叶呈黄色时采挖。洗净泥土，用竹刀或碗片刮去外皮，晒干或烘干，即为毛山药。选择粗大顺直的毛山药，用清水浸匀，再加微热，并用棉被盖好，保持湿润，闷透，然后放在木板上搓揉成圆柱状，将两头切齐，晒干打光，即为光山药。

《中药大辞典》：11—12月采挖，切去根头，洗净泥土，用竹刀刮去外皮，晒干或烘干，即为毛山药。选择粗大的毛山药，用清水浸匀，再加微热，并用棉被盖好，保持湿润闷透，然后放在木板上搓揉成圆柱状，将两头切齐，晒干打光，即为光山药。

《全国中草药汇编》：秋季采挖，除去地上部分和须根，洗净，再刮去外皮，晒或烘干至干，或趁鲜切片令干。

第五节 山药的化学成分与主要活性成分

山药含有淀粉、蛋白质、多糖、脂肪等主要成分，还含有铁、钾、钠、锌、磷等多种人体不可缺少的微量元素。另外还含有甘露聚糖、植酸、尿囊素、胆碱、多巴胺、山药碱，以及多种氨基酸、糖蛋白、多酚氧化酶。山药有丰富的维生素和矿物质，以及占干重的黏液物质，营养价值很高。山药的营养成分如表1-1所示。

一、山药多糖

山药多糖是目前所研究的山药主要化学成分中的主要活性成分之一。也是目前山药众多功能性成分中的研究热点。山药多糖的结构和组成都十分复杂。不同的学者研究发现许多种不同的山药多糖，它们的结构和组成具有一定相似性，同时，也有很大的差异性，目前所研究发现的山药多糖其中有均多糖、杂多糖、糖蛋白等。分子量从数千到数百万不等，它们的单糖组成也不尽相同。众多的研究者对山药多糖进行了研究，发现山药多糖具有各种生理功能。主要包括促进肠胃功能、促进胰岛素分泌，提高与胰岛素相关酶的活性，降低血