文章编号: 1673-1689(2011)03-0321-07

山药多糖研究进展

王洪新, 王远辉
(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 山药是药食兼用植物, 山药多糖被认为是山药中重要的活性物质。综述山药多糖的提取分离工艺、纯化方法, 化学结构分析和生理活性研究的现状, 为未来研究山药多糖的新提取工艺, 探讨构效关系, 作用机制提供参考。

关键词: 山药多糖; 研究进展
中图分类号: TS 218 文献标识码: A

Investigative Progress of Chinese Yam (*Rhizoma dioscorea* Polysaccharide

WANG Hong-xin, WANG Yuan-hui
(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Chinese yam (*Rhizoma Dioscorea*) was widely used as food and medicinal plants, among its composition, the polysaccharide (RDP) was considered an important active substances. This manuscript reviewed the research progress of RDP extraction and separation, purification, chemical structure analysis and physiological activity. The results presented in this manuscript may provided a novel clue for development of new extraction process, investigation of structure-activity relationship and elucidation of mechanism.

Key words: Chinese yam (*Rhizoma Dioscorea*) polysaccharide, investigative progress

山药(*Rhizoma dioscorea*)是薯蓣科薯蓣属植物薯蓣(*Dioscorea opposita* Thunb., *Dioscorea polystachya* Turcz.)的根茎[1], 主产于河南、河北、山东、山西等省, 以河南焦作市(古怀庆府)所产“怀山药”最佳。传统中医认为山药具有补益强壮, 补脾养胃, 生津益肺, 补肾涩精, 治疗消渴功效[2]。现代研究发现, 山药含有多糖、尿囊素、皂甙、糖蛋白等活性成分。山药多糖是被公认的重要活性成分之一, 国内学者在山药多糖提取分离纯化、结构鉴定和生理活性研究等方面做了大量工作, 而国外研究报道较少。本文在查阅收集大量文献基础上, 综述山药多糖的研究进展, 为未来研究提供参考。

1 提取与分离

1.1 水浸提法

水浸提过程是溶质从山药内部向水中进行扩散的两相间传质过程, 可以看作是由水扩散进入山药颗粒, 颗粒内部有效成分被水溶解后向表面扩散, 以及溶质由颗粒表面向水中扩散[3]。浸提工艺: 原料去皮→粉碎(打浆)→脱脂→乙醇回流→水浸提→离心分离→减压浓缩→乙醇沉淀→脱蛋白

收稿日期: 2010-05-12

作者简介: 王洪新(1964-), 男, 江苏徐州人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事食品功能因子研究。
Email: cnwhx1964@163.com

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

→脱色→减压干燥→粗多糖。部分研究的工艺中无脱脂和乙醇回流; 在脱蛋白时, 有盐酸法、三氯乙酸法、胰蛋白酶法和 Sevage 法供选择, 应用最多的是 Sevage 法; 脱色时, 有活性炭法和 H_2O_2 法两种常用方法。学者们对浸提过程进行优化, 主要考察的参数是温度、时间、料水比和浸提次数。各学者研究的工艺优化参数见表 1[4-7], 比较发现原料为怀山药, 提取温度在 60 ℃左右, 总的料水比在 1∶ 30~ 40(g∶ mL), 提取时间约为 3 h 时粗多糖得率较高。

1.2 超声辅助法

超声辅助提取是在水浸提的同时施加超声波辅助。超声波产生的空化效应、机械效应、热效应和其他次级效应能在不改变多糖结构的基础上, 缩短提取时间, 提高提取率[8]。李金忠等通过正交试验研究怀山药超声波辅助提取山药多糖的试验条件, 粗多糖得率 20. 27%, 最佳工艺: 功率 1 000 W, 时间 50 min, 温度 60 ℃, 料水比 1∶ 12 5(g∶ mL)。陈少青等就常规水提法和超声波辅助提取法提取紫山药多糖的最佳工艺条件与影响因素进行筛选与优化, 常规水提法的最佳工艺: 温度 80℃、时间 160 min、加水量 60 mL/g, 粗多糖得率 5. 65%; 超声辅助法的最佳工艺: 功率 1 000W、时间 10 min、加水量 35 mL/g, 粗多糖得率 8. 35%。比较后发现超声辅助法节省时间, 节约用水, 提高得率。

表 1 各学者得出的水提法优化工艺参数

Tab. 1 Summary of the optimum parameters of the water extraction process

年份	学者	原料	温度/℃	时间/h	料水比/(g∶ mL)	次数	得率/%
2005	程林等	干怀山药	室温	3	1∶ 8	2	6.40
2005	李义等	干山药	100	3	1∶ 15	3	2.325
2005	孟庆华等	干怀山药	100	2	1∶ 30	2	2.17
2006	刘秀河等	干山药	60- 64	3.2- 3.5	1∶ 20	2	17.25
2006	孙锋等	鲜山药	50	2.5	1∶ 9	3	0.2449
2006	徐琴等	干淮山药	80	6	1∶ 60	1	1.36
2008	李凤等	铁棍山药	85	1.5	1∶ 20	2	1.40
2008	王美秋等	鲜山药	100	3	1∶ 15	2	2.32
2008	李兰等	干怀山药	60	3	1∶ 10	3	17.18
2009	周垠辉等	山药饮片	60	2	1∶ 20	1	5.16
2009	丁玲等	山药饮片	100	4	1∶ 20	1	2.7748

1.3 微波辅助法

微波辅助是在水浸提的同时加入微波, 利用不同结构的物质在微波场中吸收微波能力的差异, 使物质中的某些区域或提取体系中的某些组分被选择性加热, 从而使被提取物从物质或体系中分离, 该法溶剂用量少, 提取率高, 提取速度快[9]。许本波等采用正交试验优化微波辅助提取山药多糖工艺, 粗多糖得率 10. 52%, 最佳工艺: 功率为 464 W、料水比 1∶ 20(g∶ mL)、温度 60 ℃、醇沉比 4∶ 1(mL∶ g)。王安良等利用响应曲面图及其等高线图得到的优化微波提取山药多糖的工艺参数: 功率为 546 W、微波时间 77s、温度 64. 7 ℃、水提时间 2. 3 h, 粗多糖得率 2. 60%。与常规水提法相比, 微波辅助法效果较好。

1.4 酶法

酶法提取是在水浸提山药多糖时加入酶, 适当的酶可以使细胞壁及细胞间质中的纤维素、半纤维素、果胶质等物质降解, 破坏细胞壁的致密构造, 减小细胞壁、细胞间质等对多糖从胞内向提取介质扩散的传质阻力, 从而有利于多糖的溶出[10]。各学者研究得出酶法提取工艺的优化参数见表 2[11~16], 从表 2 可发现常用酶有 α- 淀粉酶、纤维素酶和碱性、中性蛋白酶。山药细胞壁和细胞间质主要由纤维素、半纤维素和果胶等物质组成, 纤维素酶能分解纤维素和半纤维素破坏细胞结构, 使细胞内的多糖更好的被释放; 山药中淀粉使提取液黏度增大, 影响山药多糖的扩散, 淀粉酶能水解淀粉, 降低提取液黏度, 提高多糖溶出率; 山药多糖主要与蛋白质结合在一起呈黏液质形式存在, 蛋白酶可对细胞结构产生破坏作用, 可将与多糖结合的蛋白质酶解, 使存在于细胞内部的多糖释放出来。比较后发现, 纤维素酶效果较好, 酶解温度应控制在 40~ 55 ℃,

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

pH 值应根据酶的特性确定。

从文献中发现酶法提取效果优于其他方法, 是未来提取山药多糖的首选方法, 而各类酶的作用机理不同, 可在山药多糖不同提取阶段采用不同的酶, 最大限度的提高多糖溶出量。同时还发现各文献报道的同类提取方法得率差异较大, 这与原料是鲜料还是干料, 粗多糖杂质的含量, 粗多糖测定方法不同有很大关系, 也严重影响了各组数据的可比性。在未来改进山药多糖提取方法的研究时, 在相同分析条件下, 考察不同山药品种, 不同提取方法的效果, 提高数据可比性和可信度, 为寻找最佳提取工艺提供可靠依据。

表 2　各学者得出的酶辅助法优化工艺参数

Tab. 2　Summary of the optimum parameters of enzyme assistant process

年份	学者	酶	温度/℃	时间/h	pH	酶质量分数/%	料水比/(g∶mL)	得率/%
2008	张元等	α-淀粉酶	55	1.0	5.5	0.8	1∶20	6.792
2008	费玉婷等	纤维素酶	55	3	7.0	0.2	1∶20	8.10
2009	赵希等	碱性蛋白酶	45	1.5	9.5	0.7	1∶10	1.04
2009	张卫明等	α-淀粉酶	55	4	7.0	1	1∶20	3.53
2009	毛磊等	中性蛋白酶	90	1	8.0	2	1∶40	0.476
2009	刘小丽等	中性蛋白酶	50	0.66	8.0	2	1∶40	5.46
2010	汪财生等	纤维素酶	40	2.6	5.0	0.5	1∶60	8.51

2　纯化与鉴定

研究中常用 DEAE-52 纤维素柱层析、Sephadex G-100 柱层析、Sephadex G-75 柱层析、葡聚糖凝胶柱层析、高效液相层析、微晶纤维素柱层析、DEAE-SepharoseCL-6B 柱层析和透析法等方法纯化山药多糖, 然后利用层析法鉴定纯度, HPLC 测定分子质量, GC-MS 测定单糖摩尔比, IR 和 NMR 分析其结构。何书英等[17] 纯化得山药多糖 RP, 相对分子质量 81 000, 摩尔比 1∶1.24∶6.42(岩藻糖: 丙三醇: 赤藓醇), 主要由带有分枝的 1→4 连接的吡喃糖苷骨架构成, 同时含有少量 1→3 键型的岩藻糖。Zhao 等[18] 纯化得白色粉末状山药多糖 RDPS-I, 相对分子质量 42 000, 比旋光度+188.4°(c0.80, H_2O), 特性粘度[η] = 16.48 × 10^3 (mL/g), 摩尔比 1∶0.37∶0.11(葡萄糖: 甘露糖: 半乳糖), 以 α-D-(1→3)-Glcp 为主链, 在 6-O 位有 α-D-(1→2)-Manp-β-D-1)-Galp 支链。乔善义等纯化得到两个均一多糖 S1 和 S2, 相对分子质量分别为 63 000 和 7 400, 它们均为[α-D-Glc(1→4)-]n 型葡聚糖。聂凌鸿等[19] 纯化得淮山药多糖 DFPN-Ⅰ, 比旋光度+165.5°。徐琴等[20] 纯化得淮山药多糖 RDP, 具有 β-糖苷键, 组成为葡萄糖、D-甘露糖、D-半乳糖。蔡婀娜等纯化得单一多糖 DTA, 摩尔比为 1∶26.36(果糖: 葡萄糖)。顾林等[21-22] 纯化得到一种中性和两种酸性多糖, 中性多糖比旋光度+162.5°, 摩尔比 0.56∶0.44(葡萄糖: 甘露糖), 有 α-异构体吡喃己糖环, 归属为 α-D-葡萄糖和 α-D-甘露糖; 酸性多糖 1 是由葡萄糖、半乳糖、甘露糖组成; 酸性多糖 2 是由阿拉伯糖、木糖、阿卓糖、葡萄糖、甘露糖组成。王刚[23] 等纯化得两个均一多糖 S1 和 S2, 组成均为葡萄糖, 相对分子质量分别为 62 000 和 7 300。从各学者的研究发现山药多糖的种类较多, 分子质量差异大, 单糖组成多样, 糖苷键连接方式多。这是由于山药的品种繁多, 山药生长环境不同, 产生的山药多糖也多种多样, 不同结构组成的功能活性及其作用机理将成为未来探讨的方向。

3　生理活性

3.1　促进肠胃功能

中医认为"脾虚"时消化系统功能处于紊乱状态, 机体的细胞免疫和体液免疫状态均有不同程度的降低, 以细胞免疫功能最为明显, 而且脾虚证机体免疫功能的下降与胸腺和脾脏明显相关。傅紫琴等研究发现山药粗多糖能抑制脾虚小鼠胃排空及小肠推进, 同时脾脏指数与胸腺指数均有增加, 促进小鼠肠胃功能恢复, 初步推测调节免疫可能是其作用机制之一。

3.2　保护肝脏

肝脏是人体重要的解毒器官, 保肝护肝意义重大。山药粗多糖能降低小鼠血清中 ALT、AST 活性和 MDA 的含量, 提高肝细胞中 GSH 的含量及

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

SOD 活性,具备保护肝脏作用。孙设宗等[24],陈培波等,刘伟萍等均发现山药粗多糖可减轻化学性肝损伤所致炎性反应,降低肝体指数,孙设宗还发现与镁离子联合作用效果更佳。孙延鹏等发现山药粗多糖对 BCG 和 LPS 诱导的小鼠免疫性肝损伤有保护作用。

3.3 降血糖

糖尿病由人的胰岛素 β-细胞合成和分泌胰岛素的功能均下降或障碍引起。山药多糖能促进胰岛素分泌,提高与胰岛素相关酶的活性,从而降低血糖。郜红利等[25]、何云等推测山药粗多糖的降血糖机制可能与增加胰岛素分泌、改善受损坏的胰岛 β-细胞功能及清除过多自由基等有关。杨宏莉等发现山药粗多糖使大鼠血糖显著性降低,提高己糖激酶(HK)、琥珀酸脱氢酶(SDH)及苹果酸脱氢酶(MDH)活性,从而推测其机制可能是直接或间接地提高了糖代谢或关键酶的酶活性。

3.4 抗衰老

抗衰老是当今人类重点关注的课题,研究发现山药多糖能提高谷胱甘肽过氧化物酶、过氧化氢酶、超氧化物歧化酶和脑 Na^+/K^+-ATP 酶的活性,降低单胺氧化酶 B 活性及过氧化脂质和脂褐质含量;还可拮抗免疫器官组织的萎缩,使皮质厚度增加,皮质细胞数增加,淋巴细胞数增加,达到抗衰老的效果。詹彤等[26]从代谢角度证实了怀山药粗多糖的抗衰老作用与清除代谢过程中产生的自由基有关。蒋艳玲等[27]推测其抗衰老机制可能与兴奋免疫器官,增强免疫细胞功能有关。

3.5 抗突变

抗突变就是指通过某些化学或食品成分有效降低细胞或生物体基因的突变[28]。研究中常用化学(如黄曲霉素 B1、苯并芘 B[a]P、2-氨基芴等),生物(如乙型肝炎病毒、爱泼斯坦巴尔症疹病毒(EB 病毒)、乳头状瘤病毒(HPV)等),物理(如紫外线、X-射线、核辐射等)致突变物与山药多糖同时作用于细胞,观察效果验证其抗突变作用。阚建全等[29]进行山药多糖的体外抗突变试验,发现抗突变作用主要是通过抑制突变物对菌株的致突变作用而实现的,但也不排除去突变作用。

3.6 抗肿瘤

活性多糖抗肿瘤的机理有两种:一是细胞毒性直接杀死癌细胞,二是生物免疫反应调节间接抑制或杀死癌细胞[30]。赵国华等[31-32]发现山药多糖 RDPS-1 在体内能显著抑制荷瘤小鼠 B16 黑色素瘤和 Lewis 肺癌,提高 T 淋巴细胞增殖能力、NK 细胞活性、脾脏细胞产生 IL-2 的能力和腹腔巨噬细胞产生 TNF-α 的能力,推测山药多糖通过增强机体免疫功能实现抗肿瘤。并发现化学改性(低度羧甲基化、低度甲基化和中度乙酰化)后抗肿瘤活性显著提高。

3.7 抗氧化

自由基(活性氧)对细胞膜上多价不饱和脂肪酸的过氧化作用,生成脂质过氧化物影响细胞膜结构与功能。山药多糖能清除超氧自由基($O^{-2}\cdot$)、羟自由基(·OH)和自由基(R·)。何书英等[17]发现山药多糖 RP 能降低维生素 C-NADPH 及 Fe^{2+}-半脱氨酸诱发的微粒体过氧化脂质的含量,并清除自由基。聂凌鸿等[19]发现淮山药多糖具有清除氧自由基活性,粗多糖活性优于纯多糖。舒媛等[33]也发现山药粗多糖清除自由基能力较强。王丽霞等发现山药蛋白多糖对活性氧自由基(H_2O_2、$O_2^-\cdot$、·OH)具有良好的清除作用。苗明三[34]发现怀山药粗多糖能明显提高血红细胞中 SOD 活力及血 CAT 活力,从而提高机体抗氧化活性。柳爱莲等还发现怀山药粗多糖与牛血清蛋白相互作用,推测其在蛋白质表面形成络合物,使蛋白质免遭或减少自由基的攻击。

3.8 提高免疫力

免疫是重要的人体自身防御机制。很多文献报道山药多糖在小鼠、大鼠和鸡体内进行的免疫试验,发现山药多糖可明显提高巨噬细胞,T 淋巴细胞的增殖能力、NK 细胞活性、血清溶血素活性、血清 IgG 含量,具有非特异性免疫和特异性免疫功能。苗明三[35]发现怀山药粗多糖明显提高正常小鼠外周血 T 细胞百分比,促进淋巴细胞转化。赵国华等[36]发现山药多糖 RDPS-Ⅰ既具有非特异性免疫功能又具有提高特异性细胞免疫和体液免疫功能。Choi[37]等在体外试验中发现山药黏多糖可增强小鼠脾细胞对白血病细胞的细胞毒性,可诱导细胞介导免疫反应,并增加腹腔巨噬细胞活性。众多研究只是证实了山药多糖具有提高免疫力的活性,作用机理探讨较少,是值得深入研究的课题。

4 结 语

山药是卫生部认定的药食兼用植物,具有极高的营养价值与医疗保健作用。目前,山药粗多糖研究较多,山药纯多糖的提取分离、纯化工艺、构效关系、生理活性、药理作用和毒理试验等仍需大量研究。部分研究发现粗多糖比纯多糖更具活性[19,24,33],日本学者倾向研究山药多糖蛋白[38-40],

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

多糖蛋白聚合物的制取工艺, 结构特性和生理活性将会成为新的研究热点。山药种类繁多、种植广泛、原料丰富, 现在的研究仅限于实验室理论探讨, 而规模化的提取、精制、纯化工艺及其应用开发等都需要深入的研究和探讨。

参考文献(References):

[1] 刘玉萍, 何报作, 曹晖. 基因测序技术在中药质量研究中的应用(Ⅱ)- 山药基原的 DNA 测序鉴别[J]. 中草药, 2001, 32(11): 1026.
LIU Yu-ping, HE Bao-zuo, CAO Hui. Application of gene technology in quality control of Chinese materia medica Ⅱ Identification of Chinese Rhizoma Dioscoreae by DNA sequencing[J]. **Chinese Traditional and Herbal Drugs,** 2001, 32(11): 1026. (in Chinese)

[2] 冯雪锋, 黄璐琦, 格小光, 等. 山药道地药材形成源流考[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(7): 859- 862.
FENG Xue-feng, HUANG Lu-qi, GE Xiao-guang, et al. Textual research on origin and development of genuinemedicinal herbs of Shanyao[J]. **China Journal of Chinese Materia Medica,** 2008, 33(7): 859- 862. (in Chinese)

[3] 王唯涌, 韩鲁佳, 王振, 等. 植物功能成分浸提过程动力学研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2006, 11(1): 100- 104.
WANG Wei-yong, HAN Lu-jia, WANG Zhen, et al. Survey of kinetic studies on infusion of functional components from plants[J]. **Journal of China Agricultural University,** 2006, 11(1): 100- 104. (in Chinese)

[4] 李义, 李红霞, 陈星, 等. 山药水溶性粗多糖提取工艺的研究[J]. 饲料工业, 2005, 26(15): 45- 47.
LI Yi, LI Hong-xia, CHEN Xing, et al. Study on the Extraction of water soluble polysaccharide of yam[J]. **Feed Industry,** 2005, 26(15): 45- 47. (in Chinese)

[5] 孟庆华, 刘钟栋, 陈肇锬, 等. 怀山药多糖的提取[J]. 食品工业科技, 2005, 26(2): 126- 128.
MENG Qing-hua, LIU Zhong-dong, CHEN Zhao-tan, et al. Extraction of yam polysaccharide[J]. **Science and Technology of Food Industry,** 2005, 26(2): 126- 128. (in Chinese)

[6] 孙锋, 谷文英, 丁霄霖. 山药粗多糖的提取工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(3): 79- 83.
SUN Feng, GU Wen-ying, DING Xiao-lin. Study on the extraction technology of polysaccharide from Dioscorea opposite Thunb[J]. **Journal of Food Science and Biotechnolog,** 2006, 25(3): 79- 83. (in Chinese)

[7] 徐琴, 徐增莱, 沈振国, 等. 淮山药多糖提取工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(12): 117- 121.
XU Qin, XU Zeng-lai, SHEN Zhen-guo, et al. Study on the extraction of polysaccharide from dioscorea opposita thunb[J]. **Science and Technology of Food Industry,** 2006, 27(12): 117- 121. (in Chinese)

[8] Jalbani N, Kazi T, Arain B, et al. Application of factorial design in optimization of ultrasonic- assisted extraction of aluminum in juices and soft drinks[J]. **Talanta,** 2006, 70: 307- 314.

[9] GUJAR J, WAGH S, GAIKAR V. Experimental and modeling studies on microwave- assisted extraction of thymol from seeds of Trachyspermum ammi (TA)[J]. **Separation and Purification Technology,** 2010, 70: 257- 264.

[10] Sowbhagya H, Purnima K, Florence S. Evaluation of enzyme- assisted extraction on quality of garlic volatile oil[J]. **Food Chemistry,** 2009, 113: 1234- 1238.

[11] 张元, 林强, 魏静娜, 等. 酶法提取山药中多糖的工艺研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(4): 374- 377.
ZHANG Yuan, LIN Qiang, WEI Jing-na, et al. Study on enzyme-assisted extraction of polysaccharides from Dioscorea opposite[J]. **China Journal of Chinese Materia Medica,** 2008, 33(4): 374- 377. (in Chinese)

[12] 赵希, 张黎明, 王玲玲. 酶法提取山药中多种水溶性成分的工艺研究[J]. 精细化工, 2009, 26(1): 28- 32.
ZHAO Xi, ZHANG Li-ming, WANG Ling-ling. A Study on extraction technology of water-soluble components in yam using alkali proteinase[J]. **Fine Chemicals,** 2009, 26(1): 28- 32. (in Chinese)

[13] 张卫明, 单承莺, 姜洪芳, 等. 酶解法测定山药多糖含量的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 403- 405.
ZHANG Wei-ming, SHAN Cheng-ying, JIANG Hong-fang, et al. Enzymatic hydrolysis treatment for determination of polysacchrides in Chinese yam[J]. **Food Science,** 2009, 30(20): 403- 405. (in Chinese)

[14] 刘小丽, 徐鹏. 酶水解辅助法浸提山药多糖的工艺研究[J]. 食品科技, 2009, 34(10): 193- 196.
LIU Xiao-li, XU Peng. Study on protease-assisted extraction of polysaccharides from yam[J]. **Food Science and Technolo**

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

gy, 2009, 34(10): 193- 196. (in Chinese)

[15] 汪财生,孙安吉,王忠华,等. 紫山药多糖酶法提取工艺优化研究[J]. 食品工业科技,2010,31(2):266- 271.
WANG Cai-sheng, SUN An-ji, WANG Zhong-hua, et al. Study on optimization of enzymatic extration polysaccharide from purple yam[J]. **Science and Technology of Food Industry,** 2010, 31(2): 266- 271. (in Chinese)

[16] 毛磊,李睿,金慧芳. 酶解辅助法优选山药多糖的提取工艺[J]. 应用化工,2009,38(6):847- 849.
MAO Lei, LI Rui, JIN Hui-fang. Enzyme-assisted method to optim ize extracting of polysaccharides from Chinese yam [J]. **Applied Chemical Industry,** 2009, 38(6): 847- 849. (in Chinese)

[17] 何书英,詹彤,王淑如. 山药水溶性多糖的化学及体外抗氧化活性[J]. 中国药科大学学报,1994,25(6):369- 372.
HE Shu-ying, ZHAN Tong, WANG Shu-ru. Study on chemistry and antioxidation activity of water soluble polysaeeharides of Rhizoma Dioscoreae Oppositae[J]. **Journal of China Pharmaeeutical University,** 1994, 25(6): 369- 372. (in Chinese)

[18] ZHAO Guohua, KAN Jianquan, LI Zhixiao, et al. Structural features and immunological activity of a polysaccharide from Dioscorea opposita Thunb roots [J]. **Carbohydrate Polymers,** 2005, 61: 125- 131.

[19] 聂凌鸿,宁正祥. 广东淮山药水溶性多糖的分离纯化及体外抗氧化活性的研究[J]. 食品科学,2003,24(11):129- 133.
NIE Ling-hong, NING Zheng-xiang. Study on the isolation, purification and antioxidative actvityof water soluble polysaccharide of D fordii prainet burkill[J]. **Food Science,** 2003, 24(11): 129- 133. (in Chinese)

[20] 徐琴,徐增莱,沈振国,等. 淮山药多糖的研究[J]. 中药材,2006,29(9):909- 912.
XU Qin, XU Zeng-lai, SHEN Zhen-guo, et al. Research of polysaccharide from dioscorea opposita thunb[J]. **Journal of Chinese Medicinal Materials,** 2006, 29(9): 909- 912. (in Chinese)

[21] 顾林,姜军. 山药多糖的分离纯化及组成研究[J]. 食品科学,2007,28(9):158- 161.
GU Lin, JIANG Jun. Study on constitutes, separation and purification technology of yam polysoccharides[J]. **Food Science,** 2007, 28(9): 158- 161. (in Chinese)

[22] 顾林,姜军,孙婧. 山药多糖的分离纯化及其结构鉴定[J]. 食品科技,2007,5:109- 112.
GU Lin, JIANG Jun, SUN Jing. Isolation, purification and structure determination of the yam[J]. **Food Science and Technology,** 2007, 5: 109- 112. (in Chinese)

[23] 王刚,杜士明,肖淼生,等. 山药多糖的提取分离及山药总多糖的含量测定[J]. 中国医院药学杂志,2007,27(10):1414- 1416.
WANG Gang, DU Shi-ming, XIAO Miao-sheng, et al. Extraction, isolation and determination of the polysacchrides from dioscorea opposita[J]. **Chin Hosp Pharm J,** 2007, 27(10): 1414- 1416. (in Chinese)

[24] 孙设宗,唐微,张红梅,等. 镁离子、山药多糖对四氯化碳肝损伤的保护作用[J]. 中国现代医学杂志,2009,19(18):2780- 2786.
SUN She-zong, TANG Wei, ZHANG Hong-mei, et al. Protective effects of Mg^{2+} and yam polysaccharide on CCL4-induced liver injury[J]. **China Journal of Modern Medicine,** 2009, 19(18): 2780- 2786. (in Chinese)

[25] 郜红利,肖本见,梁文梅. 山药多糖对糖尿病小鼠降血糖作用[J]. 中国公共卫生,2006,22(7):804- 805.
GAO Hong-li, XIAO Ben-jian, LIANG Wen-mei. Hypoglycemic effect of yam polysaccharide on diabetic mice[J]. **Chin J Public Health,** 2006, 22(7): 804- 805. (in Chinese)

[26] 詹彤,陶靖,王淑如. 水溶性山药多糖对小鼠的抗衰老作用[J]. 药学进展,1999,23(6):356- 360.
ZHAN Tong, TAO Jing, WANG shu-ru. The antiaging effects of water-soluable polysaccharide from rhizoma dioscoreae opposite on mice[J]. **Progress in Pharmaceutical Sciences,** 1999, 23(6): 356- 360. (in Chinese)

[27] 蒋艳玲. 怀山药多糖对衰老小鼠免疫器官组织的影响[J]. 河南中医药学刊,2002,17(6):18- 19.
JIANG Yan-ling. Effect of yam polysaccharide on immune organs of aging mice[J]. **Journal of Chinese Medicine,** 2002, 17(6): 18- 19. (in Chinese)

[28] Kokotkiewicz A, Luczkiewicz M. Honeybush (Cyclopia sp)- A rich source of compounds with high antimutagenic properties[J]. **Fitoterapia,** 2009, 80: 3- 11.

[29] 阚建全,王雅茜,陈宗道. 山药活性多糖抗突变作用的体外实验研究[J]. 营养学报,2001,21(1):76- 78.
KAN Jian-quan, WANG Ya-xi, CHEN Zong-dao, et al. Studies on antimutagenic activities of active polysaccharide extracts from Chinese yam by ames test[J]. **Acta Nurimenta Sinica,** 2001, 21(1): 76- 78. (in Chinese)

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[30] Dorber T, Kinnman N, Tak P. Targeting B cells in immune- mediated inflammatory disease: A comprehensive review of mechanisms of action and identification of biomarkers[J]. **Pharmacology & Therapeutics,** 2010, 125: 464- 475.

[31] 赵国华, 李志孝, 陈宗道. 山药多糖 RDPS- Ⅰ的结构分析及抗肿瘤活性[J]. 药学学报, 2003, 38(1): 37- 41.
ZHAO Guo-hua, LI Zhi-xiao, CHEN Zong-dao. Structural analysis and antitumor activity of RDPS-I polysaccharide from Chinese yam[J]. **Acta Pharmaceutica Sinica,** 2003, 38(1): 37- 41. (in Chinese)

[32] 赵国华, 陈宗道, 李志孝, 等. 山药多糖对荷瘤小鼠免疫功能的影响[J]. 营养学报, 2003, 25(1): 110- 112.
ZHAO Guo-hua, CHEN Zong-dao, LI Zhi-xiao, et al. Effects of Chinese yam polysaccharide(RDPS-I) on immune function of cancer bearing mice[J]. **Acta Nurimenta Sinica,** 2003, 25(1): 110- 112. (in Chinese)

[33] 舒媛, 刘安军, 王丽霞. 山药多糖结合蛋白质对抗氧化作用的影响[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(11): 39- 42.
SHU Yuan, LIU An-jun, WANG Li-xia. The effects of protein-bound polysaccharides from Chinese yam on the antioxidant activities[J]. **Food Research and Development,** 2006, 27(11): 39- 42. (in Chinese)

[34] 苗明三. 怀山药多糖抗氧化作用研究[J]. 中国医药学报, 1997, 12(2): 22- 23.
MIAO Ming-san. Study on the antioxidant of yam polysaccharide[J]. **China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy,** 1997, 12(2): 22- 23. (in Chinese)

[35] 苗明三. 怀山药多糖对小鼠免疫功能的增强作用[J]. 中药药理与临床, 1997, 13(3): 25- 26.
MIAO Ming-san. Enhancement of yam polysaccharide on immune function of mice[J]. **Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica,** 1997, 13(3): 25- 26. (in Chinese)

[36] 赵国华, 王赟, 李志孝, 等. 山药多糖的免疫调节作用[J]. 营养学报, 2002, 24(2): 187- 188.
ZHAO Guo-hua, WANG Yun, LI Zhi-xiao, et al. Regulation of immune function by polysaccharide(RDPS-1) from Chinese yam[J]. **Acta Nurimenta Sinica,** 2002, 24(2): 187- 188. (in Chinese)

[37] CHOI E, KOO S, HWANG J. Immune cell stimulating activity of mucopolysaccharide isolated from yam (Dioscorea batatas)[J]. **Journal of Ethnopharmacology,** 2004, 91: 1- 6.

[38] Myoda T, Matsuda Y, Suzuki T, et al. Identification of soluble proteins and interaction with mannan in mucilage of dioscorea opposita thunb(Chinese Yam Tuber)[J]. **Food Sci Technol Res,** 2006, 12(4): 299- 302.

[39] Manabu T, Hiroaki S, Toshio N, et al. Structure characterization of polypeptides of viscous glycoprotein from yam (Dioscorea opposita THUNB) mucilage[J]. **Nippon Shokuhin Kogaku Kaishi,** 2001, 40(8): 578- 585.

[40] Nagai T, Suzuki N, Nagashima T. Antioxidative activity of water extracts from the yam (Dioscorea opposita Thunb) tuber mucilage tororo[J]. **Eur J Lipid Sci Technol,** 2006, 108: 526- 531.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net