

紫色甘薯营养成分和药用价值研究进展

温桃勇, 刘小强 (西南大学生命科学学院重庆市甘薯研究中心, 重庆 400715)

摘要 紫色甘薯 [*Ipomea batatas* (L.) Lam.] 是一种富含天然食用色素的独特甘薯。从20世纪90年代初在日本农林水产省九州农业试验场选育出的“川山紫”开始, 紫色甘薯由于富含多种营养成分, 具有清除自由基抗氧化、预防和治疗心血管疾病等多种药用功能而在日本等发达国家得到广泛推广。就国内外对紫色甘薯各方面的研究, 对其营养成分和药用价值进行论述, 为在国内广泛推广种植紫色甘薯新品种提供重要依据。

关键词 紫色甘薯; 营养成分; 药用价值; 推广

中图分类号 S531 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)05-01954-03

Research Progress on Nutritive Components and Medicinal Value of Purple Sweet Potato [*Ipomea batatas* (L.) Lam.]

WEN Tao-yong et al (Chongqing Sweet potato Research Center, School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715)

Abstract Purple sweet potato [*Ipomea batatas* (L.) Lam.] abundant in natural eatable pigments is a distinctive variety of sweet potato. Since “Chuan Shan Purple” being cultivated in Japan MAFF Kyushu Agriculture Test Site in the early 1990s, purple sweet potato has being widely extended in Japan and other developed countries for it is characteristic of having nutritive components and a variety of medicinal function, such as anti-oxidation, preventing and curing angiocardopathy, and so on. According to researches on aspects of purple sweet potato at home and abroad, this paper elaborates on its nutritional components and medicinal value to provide an important basis for the purpose of widely planting purple sweet potato at home.

Key words Purple sweet potato [*Ipomea batatas* (L.) Lam.]; Nutritive components; Medicinal value; Popularization

紫色甘薯 [*Ipomea batatas* (L.) Lam.] , 国内俗称“黑红薯”, 是一种薯皮紫黑色、肉质紫红色的甘薯新品种。20世纪90年代我国甘薯研究人员从日本农林水产省九州农业试验场成功引进了国内, 引进国内后不久又被称为“紫心甘薯”^[1]、“紫肉甘薯”^[2]或紫番薯^[3]。紫色甘薯不同于一般的甘薯品种, 由于含有十分丰富的花青素类色素、多糖、植物蛋白、维生素、矿质元素等多种营养成分而一度成为研究和开发的热点。近年来, 国内外研究表明: 紫色甘薯具有清除自由基抗氧化、抗肿瘤、预防和治疗心血管疾病、抑菌等多种药用功能。为此, 笔者就紫色甘薯营养成分和药用价值进行论述, 旨在为在国内广泛推广紫色甘薯提供参考和依据。

1 紫色甘薯营养成分

1.1 花青素 (Anthocyanidin) 紫色甘薯块根呈鲜艳的紫红色是由于体内含有大量花青素类色素, 这也是其具有重要的研究价值的原因之一。紫色甘薯色素主要组成成分是矢车菊素 (Cyanidin, Cy) 和芍药素 (Peonidin, Pe) (图1)^[4]。这2类

花青素含有多个酚羟基, 在自然条件下很不稳定, 通常与1个或多个葡萄糖、半乳糖、鼠李糖或阿拉伯糖等通过糖苷键形成糖苷衍生物——花色苷 (Anthocyanin)。紫色甘薯中的花色苷分子也通常与1个或多个咖啡酸、阿魏酸、对羟基苯甲酸等通过酯键形成酰基化的花色苷。Y. Goda 等从紫色甘薯块根中分离得到2种酰基化的花色苷, 经光谱分析分别为咖啡酸酰基化的矢车菊素和芍药素-3-吡喃糖基-吡喃糖苷-5-吡喃糖苷^[4]。

紫色甘薯花青素分子结构由于具有多个酚羟基, 因而是一种水溶性色素。与其他花色苷色素包括红球甘蓝色素、葡萄皮色素、紫玉米色素、葡萄果汁色素和接骨木浆果色素相比, 紫色甘薯花色苷耐热性和耐光性最好^[5]。此外可以看出, 紫色甘薯中含有酰基基团的花色苷对光、热等的敏感度要比一般无酰基基团的花色苷分子更小, 因而性质可能更加稳定。紫色甘薯色素的这几个性质对紫色甘薯色素的提取及发挥其生理活性具有重要意义。

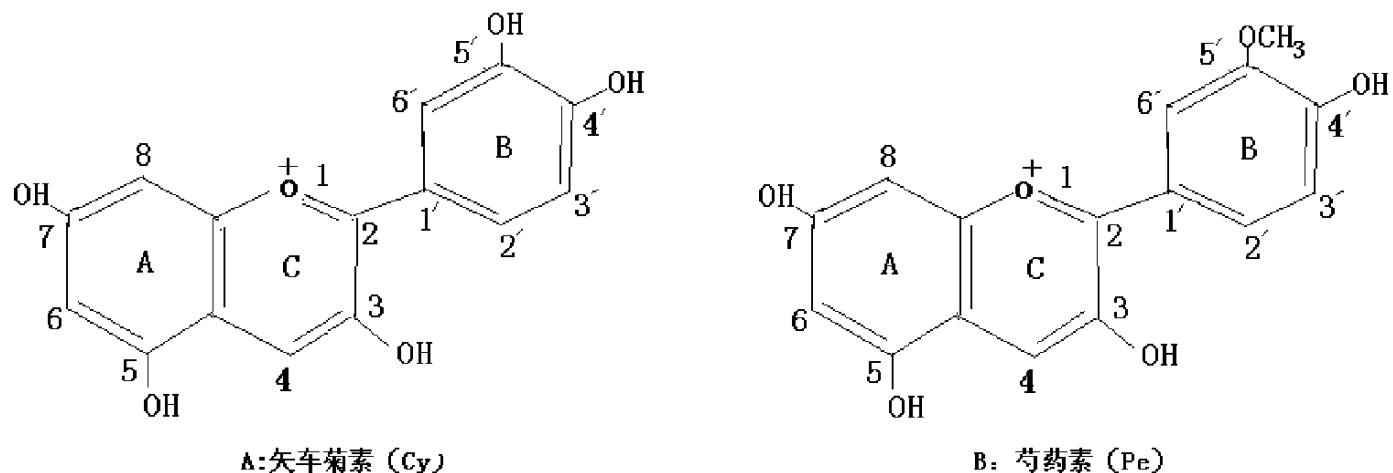


图1 紫色甘薯色素主要组成成分

Fig.1 The main components of purple sweet potato pigments

1.2 植物蛋白、糖类等其他重要营养成分 紫色甘薯除含有丰富花色苷类色素外, 还含有相当丰富的植物蛋白、游离氨基酸、多糖、维生素、矿质离子等其他人体所需的重要营养成分。据日本农产品检测中心分析: 黑红薯(日本紫色甘薯

品种川山紫) 中赖氨酸、铜、锰、钾、锌的含量是普通红薯的3~8倍, 尤其是碘和硒的含量是普通品种的20倍以上。据美国农产品检测中心分析: 美国超短蔓——“黑红薯”新品种的营养价值明显高于其他薯类, 其赖氨酸、钾、锰、锌的含量高于一般红薯5~8倍, 尤其是抗癌物质碘、硒的含量比其他红薯高出20倍以上, 占食品中的第1位^[6]。

目前,国内已有许多研究人员从事了紫色甘薯营养成分的分析工作。王建民等对日本紫色甘薯川山紫食用价值进行分析,测得茎、叶、叶柄(不包括块根)总营养成分(表1),认为川山紫除其块根外其他营养器官营养价值也很高,尤其是植物蛋白、膳食纤维、维生素等含量相当诱人^[7],而普通红薯远不及此(表2)^[8]。刘保健等在富硒紫色甘薯的研究中分析了渝紫263(一种紫色甘薯品种)的各种营养成分(表3),从中可知其块根各营养成分十分丰富,含量让人满意^[3]。明兴加等从生长60、150 d的9号紫色甘薯某品种中分离得到了14种游离氨基酸,其含量均较高,其中除色氨酸外含有人体其他7种必需氨基酸^[9]。可见,紫色甘薯在日常饮食中可很好地作为大米、面食(缺赖氨酸)等的辅助食品。

虽然土壤及区域环境等的差异可以导致各种种植地紫色甘薯产量及营养成分有差异,但上述研究都可反映紫色甘薯除色素成分外还含有丰富的植物蛋白、氨基酸、维生素等人体必需的重要营养成分。

表1 川山紫部分营养成分分析 DW

Table 1 The analysis of some nutritional components in purple sweet potato

| 指标Index | 含量 Content |
|-----------------------|----------------|
| 粗蛋白 Crude protein % | 22.60 ~36.00 |
| 粗纤维 Crude fiber % | 8.60 ~11.40 |
| 糖类 Saccharide % | 11.08 ~15.86 |
| V _{B1} ng/kg | 2.94 ~2.98 |
| V _{B2} ng/kg | 95.02 ~112.40 |
| V _{B6} ng/kg | 208.66 ~310.75 |
| V _C ng/kg | 48.52 ~64.16 |

表2 鲜红薯部分营养成分分析 FW

Table 2 The analysis of some nutritional components in fresh sweet potato

| 指标Index | 含量 Content |
|----------------------------|------------|
| 植物蛋白 Plant protein g/100 g | 1.2 |
| 膳食纤维 Dietary fiber g/100 g | 1.0 |
| V _{B1} ng/kg | 1.5 |
| V _{B2} ng/kg | 0.7 |
| V _{B6} ng/kg | 6.0 |
| V _C ng/kg | 242.0 |

表3 渝紫263营养成分分析 FW

Table 3 The analysis of nutritional components in Yuzi 263

| 指标Index | 含量 Content |
|-----------------------|------------|
| V _C ng/kg | 333.4 |
| Ca ng/kg | 238.0 |
| Fe ng/kg | 27.5 |
| Se μg/kg | 4.0 |
| 花青素 Anthocyanin ng/kg | 200.0 |
| 淀粉 Starch ng/kg | 16.0 ~18.0 |

2 紫色甘薯药用价值

2.1 清除自由基抗氧化作用

2.1.1 人体自由基的产生及其危害。自由基(Free radicals),也称游离基,是指含有奇数价电子并因此在1个轨道上具有1个未(不)成对电子(Unpaired electron)的原子或原子团。产生自由基的途径很多,但一般是通过分子或离子的均裂获得

的:A:B $\xrightarrow{\text{均裂}}$ A·+B·,式中,A:B是A和B2个原子或原子团通过1个共价键(·)形成的分子,A·和B·是各带1个未成对电子的自由基^[10]。自由基不稳定,性质十分活泼,容易与邻近组织细胞发生夺电子反应,从而产生1个新的自由基,形成一系列循环反应。自由基与体内组织细胞发生的反应也就是人体细胞的被氧化。人体在代谢过程中会不可避免地产生少量的自由基,但体内有自由基清除系统,因而正常情况下体内自由基的含量维持在一个低水平,不易使人体发生病变。但随着年龄的增加,人体代谢机能的衰退,体内自由基清除系统功能下降,自由基的含量逐渐上升,从而引发多种生理病变。外界环境的刺激,如紫外线的照射、有毒化学药品、放射性物质,同样包括吸烟^[11]、过度饮酒^[12]、病菌感染^[13]等均可导致体内自由基含量的上升。

现代医学研究表明:人体内自由基的聚积会氧化体内各种蛋白,使蛋白质降解变性;可以对DNA造成损伤,诱发突变,激发癌细胞的产生;可以氧化低密度脂蛋白(LDL),形成脂类过氧化自由基,造成动脉粥样硬化等多种心血管疾病的发生。人体整个衰老过程中,自由基引起大量的细胞衰老、死亡。近年来,已有大量资料表明:这些细胞的衰老、死亡许多属于自由基引发的细胞凋亡(Apoptosis)^[14]。

2.1.2 强抗氧化功能。紫色甘薯色素在动物体内的抗氧化途径可能有2种:一是通过提高动物抗氧化酶活性的间接作用来清除过多自由基^[15];二是紫色甘薯花色苷分子具有多个酚羟基,酚羟基易通过氧化还原释放电子,补给自由基,从而直接清除各类自由基。

谢风妮等发现,紫色甘薯色素液加入到H₂O₂和NaClO溶液中,H₂O₂色素液(pH=3)静置约30 min后即褪成无色透明状,530 nm处的吸收峰也完全消失;而NaClO色素液(pH=3)即刻变为浅黄绿色,530 nm处的吸收峰也完全消失^[16]。这说明紫色甘薯色素在体外能与氧化性物质迅速反应完全,具有清除氧化性物质的功能。在动物体内国内外也有相关研究报道。M.Kano等进行用紫色甘薯花色苷注射大鼠和人体服用色素汁试验,经尿液检测发现2组尿液中二苯基胍基自由基(DPPH自由基)含量显著下降,体内清除DPPH的能力显著增加^[17]。日本须田郁夫等用Ayamurasaki(日本紫色甘薯阿雅种)等4种不同颜色甘薯品种的80%乙醇提取液进行脂类过氧化作用的抑制性研究,发现紫色品种抑制脂类过氧化性能最强,表现出了最强的抗氧化能力(表4)^[18]。吕晓玲等采用苯甲酸荧光分析法和鲁米诺化学发光法进行试验,发现紫色甘薯花色苷对所有氧自由基中最活泼也最具危害性的·OH自由基有很强的清除能力,清除率接近100%,且作用强于Vc^[19]。王杉等每日给13月龄的老龄小鼠连续灌服不同剂量紫色甘薯(江西省产川山紫)色素(100、500、1 000 ng/kg bw),测定3、10、18 d时小鼠血清总抗氧化能力(TAOC),测定30 d时脂质过氧化物丙二醛含量(MDA)、超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活力。结果发现,紫色甘薯色素能显著改善老龄小鼠血清TAOC,显著抑制老龄小鼠血清中MDA的生成和提高血清中SOD和全血GSH-Px的活性^[15]。这表明紫色甘薯色素具有显著的抗生物氧化作用,可延缓动物衰老,因此认为其在延缓人衰老方面也可能

具有很好的效果。

表4 4种不同颜色甘薯品种抗氧化作用研究

Table 4 Antioxidation researches of four colors of sweet potato cultivars

| 品种 Cultivars | 对脂类过氧化作用的抑制率 Inhibition rate on the oxidation of lipids |
|--------------------|--|
| 黄色甘薯 Yellow potato | 16 ~ 17 |
| 橙色甘薯 Orange potato | 38 |
| 白色甘薯 White potato | 39 ~ 42 |
| 阿雅种 Ayazhong | 82 |

楚文靖等采用果酒工艺制备紫色甘薯酒,以还原能力、清除 DPPH 自由基能力、抑制脂质过氧化能力、金属螯合能力为指标研究了紫色甘薯酒的抗氧化活性,发现由熟紫色甘薯水=1.0 1.5 制作的紫甘薯酒比相同酒精度(约11%)的干红葡萄酒具有更强的抗氧化能力^[20]。同样,国外 N. Saigusa 等也发现,由紫色甘薯阿雅种制得的甘薯酒具有很强的清除自由基抗氧化活性^[21]。

2.2 抗肿瘤、降血糖等其他重要药用价值 目前,国内外对治疗肿瘤和糖尿病等疾病的药物研究已进入了一种白热化状态,人类迫切希望在预防和治疗肿瘤、各种癌症、糖尿病等人类高死亡疾病上取得成功,但是面临了极大的困难和挑战。同时,在预防和治疗这些疾病上具有疗效的天然食品的选择和开发工作也成为热点,含有大量花色苷色素的天然食品正好符合人们的追求。现已证明,花色苷色素在预防和治疗心血管疾病、抗肿瘤等方面具有很好的疗效,如研究发现花色苷色素可以显著抑制诱导 LDL 氧化和参与动脉粥样硬化(Atherosclerosis, AS)的各种氧化酶的活性^[22],可通过 c-Jun 氨基末端激酶(JNK)等多种途径诱导多种肿瘤细胞的凋亡^[23]等。紫色甘薯作为一种富含花色苷的天然食品在多种高死亡疾病的预防和治疗上表现出了很好的作用潜力。T. Mitsu 等通过小鼠试验发现,紫色甘薯花色苷色素能通过抑制-糖苷酶来降低小鼠体内血糖水平,具有降血糖功效^[24]。而叶小利等发现,紫色甘薯多糖具有抗肿瘤活性,多糖与5-氟尿嘧啶(5-FU)联合使用,能明显提高5-FU对S180肉瘤的抑制率^[25]。可以推测,紫色甘薯在人体内也可能有很好的预防和治疗肿瘤等高死亡疾病的能力,但在体内试验和治疗的分子生物学机制上缺乏相应研究和验证。

2.3 抑菌作用 目前,国内少数研究发现紫色甘薯在抑菌方面也表现出很好的作用。岳静等对紫色甘薯色素体外抑菌性进行初探发现,紫色甘薯花青素能够很好地抑制金黄色葡萄球菌(G^+),较好地抑制大肠杆菌(G^-),并且随着色素溶液浓度的增大,抑菌效果趋于更明显^[26]。韩永斌等研究了紫甘薯花色苷色素抑制大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、啤酒酵母和黑曲霉的作用及机理,发现紫色甘薯花色苷对大肠杆菌及金黄色葡萄球菌均有抑制作用,其抑菌机理可能是通过增强细菌细胞膜的通透性,使细胞异常生长,抑制对数生长期的细胞分裂,使细胞质稀薄、细胞解体;但紫色甘薯对黑曲霉菌和酵母无抑制作用,相反霉菌可能有分解花色苷的功能^[27]。这些研究都反映了紫色甘薯花色苷具有抑制细菌生长的作用,同时也给人们今后对花色苷色素的提取、保存指

明了注意事项。推测紫色甘薯色素汁可作为一种新型的无毒杀菌剂和防腐剂而广泛应用于食品、医药卫生等行业。

3 紫色甘薯开发前景及其推广

3.1 市场分析 随着人们生活水平的不断提高,对“保健食品”、“天然有机食品”、“绿色食品”的关注和需求不断上升。紫色甘薯作为一种富含天然花青素色素,集营养、保健于一体的天然食品,正好符合了人们追求的“食品目标”。当今在食品、医药卫生等行业色素的用途十分广泛,但人工合成的色素其副作用越来越受到关注,因此紫色甘薯作为一种甘薯新品种,具有色素含量高、色素稳定性能好、提取工艺成熟等特点,将具有很强的市场竞争力和市场潜力。

目前,在紫色甘薯及其色素的研究和利用方面走在前列的是日本等发达国家,这些国家紫色甘薯已成为国民日常生活中不可缺少的一种保健食品,在种植及市场开发方面做得也比我国好。我国虽然是世界上最大的甘薯种植国,但在紫色甘薯种植及市场需求上却较普通甘薯及其他作物弱得多。作为一种具有丰富营养成分和药用价值的佳品,紫色甘薯除了可以作为保健营养品外,将具有非常广阔的开发前景,如可以开发出具有高抗氧化性的紫色甘薯酒,具有风味特色的各种饮料,色泽鲜艳的无毒食物调料等。不难预测紫色甘薯在国内的市场一定可以很快地强势起来。

3.2 优良品种的选育及其推广 日本是世界上最早选育和开发紫色甘薯的国家,在育种方面已有 Ayamurasaki、Murasaki-nasari 等10多个优良品种。国内目前选育出的较优良的品种也有重庆市甘薯研究中心的渝紫263、广东农业科学院作物研究所的广紫薯1号、中国农科院甘薯研究所的徐紫薯1号等,最近还有报道的中泰8号^[28]。但是日本比国内更加注重紫色甘薯的色素含量品质的选择,而国内更注重紫色甘薯产量的选择,日本紫色甘薯平均色素含量比国内品种平均色素含量高1.31 ng/g DW(40%),高出16.35%,平均干物质含量、出粉率也高于国内同类品种9.07%和18.37%^[29]。因而为在国内广泛推广紫色甘薯,选育出有自主特色的高产量、高色素营养的品种十分重要。而目前国内紫色甘薯选育工作才刚刚开始。2003年3月,全国甘薯区试重庆市会议首次在国内制定紫色甘薯的选育目标及色素含量测定方法,而选育的一个重要目标就是克服色素等营养成分含量与鲜薯产量的矛盾。因为一般紫色甘薯花色苷含量与鲜薯、薯干产量存在负相关,但通过研究发现虽然花色苷含量高的品种往往鲜薯产量低,但是也可能育出产量和色素含量都高的优质品种^[30]。因而选育出自主的高产量、高色素营养含量的优质品种是紫色甘薯广泛推广的一个限制因素和关键因素。不难发现,在大力开展社会主义新农村建设的今天,紫色甘薯作为一种具有巨大市场潜力和竞争力的农副产品,在进行大力推广的进程中,也一定能够帮助贫困农村找出一条脱贫致富的好道路。

参考文献

- [1] 陆国权,蓝小明,楼晓波,等.紫心甘薯红色素的理化性质的研究[J].浙江农业大学学报,1996,22(3):308-311.
- [2] YOSHINAGA M,邱敦莲.紫肉甘薯正在发育贮藏根中花色苷含量和组成的变化[J].国外作物育种,2000,19(4):64-66.
- [3] 刘保健,潘巨忠.富硒紫番薯的研究[J].现代农业科技,2006(5):7-8.

前景。我国卫生部已于2008年5月27日公开发布《中华人民共和国卫生部公告2008年第12号》文件,批准库拉索芦荟凝胶为新资源食品^[29]。这将为充分开发和利用芦荟凝胶中有效成分,进一步推动我国芦荟产业的快速发展提供极有利的条件。

参考文献

- [1] 杜海燕,孙家跃.化妆品用芦荟制品中芦荟多糖的质量指标及试验方法[J].轻工标准与质量,2004(3):42-43.
- [2] 蒋林,杨岗,王琴,等.不同产地和采收期对库拉索芦荟中芦荟多糖和芦荟苷的影响[J].中国中药杂志,2007,32(21):2311-2313.
- [3] 邓阳勇,伍参荣,扈凤平,等.芦荟多糖对衰老小鼠免疫器官的影响[J].湖南中医药大学学报,2008,28(2):25-27.
- [4] 周淑兰,曹国文,付利芝,等.芦荟多糖对单核吞噬细胞功能的影响[J].甘肃畜牧兽医,2008,38(3):13-14.
- [5] 王莉,包旭,陈淑杰,等.巴巴多斯芦荟多糖提取物对小鼠免疫功能的影响[J].华西药学杂志,1999,14(4):234-235.
- [6] 陈伟,林新华,黄丽英,等.库拉索芦荟多糖对小鼠腹腔巨噬细胞一氧化氮生成的影响[J].中国现代应用药学杂志,2006,23(1):17-19.
- [7] 苗艳艳,禄保平.芦荟多糖对肝癌细胞及外周血单个核细胞作用的研究[J].河南中医学院学报,2007,22(3):17-18.
- [8] 苗艳艳,黄兆胜,禄保平,等.芦荟多糖干预的PBMC对肝癌细胞生长的影响[J].中医研究,2008,21(6):10-13.
- [9] 曹伟峰.芦荟多糖的研究进展[J].饮料工业,2005,8(6):10-13.
- [10] 何敬钊,何丽嫦,杨安平,等.中华芦荟多糖护肝作用实验研究[J].社区医学杂志,2007,5(11):49-50.
- [11] 张晓林,杨安平.中华芦荟多糖对小鼠急性肝损伤保护作用[J].中国公共卫生,2007,23(3):339-340.
- [12] 戎茜,安利国.芦荟多糖对小鼠急性肝损伤保护作用的研究[J].食品研究与开发,2006,27(10):60-62.
- [13] 傅继华,温涛,徐琛,等.芦荟多糖对动物实验性胃溃疡的影响[J].中草药,2006,37(6):894-897.
- [14] 钟正贤,周桂芬.芦荟多糖对实验性胃溃疡作用的初步观察[J].中草药,1995,26(2):83.
- [15] 戴光胜,聂凌鸿.芦荟功能性食品资源的开发利用[J].现代食品科技,2006,22(2):271-274.
- [16] 王良信.木芦荟多糖可作为糖尿病补充治疗药物[J].国外医药·植物药分册,2005,20(3):125.
- [17] 郭冷秋,苏慧,黄莉莉.芦荟多糖防治糖尿病作用的实验研究[J].中医药学报,2006,34(3):21-22.
- [18] 王莉,包旭,岑小波,等.巴巴多斯芦荟多糖对内毒素大鼠和正常高龄大鼠血清及肝组织过氧化脂质的影响[J].华西药学杂志,2002,17(1):21.
- [19] 王勇,王宗伟,黄兆胜,等.芦荟多糖对肿瘤化疗的增效和减毒作用研究[J].中药新药与临床药理,2002,13(2):89-91.
- [20] 王宗伟,王勇,黄兆胜,等.芦荟多糖对小鼠放射损伤的防护作用研究[J].中草药,2002,33(3):251-253.
- [21] 卢金利,刘小平,杨芳.芦荟凝胶对大鼠度放射性皮炎发生中ICM1和EGF的影响[J].中国现代医学杂志,2006,16(22):3377-3380.
- [22] 陈晓东,吴伯瑜,江琼,等.芦荟粗多糖对人表皮细胞体外分泌细胞因子的影响[J].中国中药杂志,2005,30(24):1944-1946.
- [23] 陈晓东,江琼,吴伯瑜,等.芦荟多糖对体外培养表皮细胞增殖活性及细胞内钙水平的影响[J].中国医院药学杂志,2006,26(6):653-655.
- [24] HEGGERS J P, KUCUKCELEBI A, IISTENGARTEN D, et al. Beneficial effect of aloe on wound healing in an excisional wound model [J]. J Altern Complement Med, 1996, 2:271.
- [25] 石宇,李德如,闫国富,等.芦荟凝胶对人皮肤成纤维细胞增殖及胶原合成的影响[J].重庆医学,2008,37(12):1271-1273.
- [26] 王霞,马燕斌.芦荟营养成分含量及保湿性的研究[J].河南农业科技,2008,15:49-50,59.
- [27] 付小兰.芦荟凝胶稳定化技术的研究现状[J].安徽农业科学,2006,34(17):4411,4450.
- [28] 叶舟,陈伟,林文雄.芦荟活性多糖保护性分离技术研究[J].中国生态农业学报,2006,14(3):129-131.
- [29] 卫生部批准库拉索芦荟凝胶为新资源食品暨原料[J].中国农村科技,2008(6):78-79.
- [19] 吕晓玲,孙晓侠,姚秀玲.采用荧光化学发光法分析紫甘薯花色苷产品的抗氧化作用[J].食品与发酵工程,2005,34(9):53-55.
- [20] 楚文靖,滕建文,夏宁,等.紫甘薯酒抗氧化活性的研究[J].酿酒科技,2007(12):43-45.
- [21] SAIGUSA N, TERAHARA N, OBBA R. Evaluation of DPPH- radical scavenging activity and antimutagenicity and analysis of anthocyanins in an alcoholic fermented beverage produced from cooked or raw purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* cv. Ayamurasaki) roots [J]. Food Science and Technology Research, 2005, 11(4):390-394.
- [22] KOWALCZYK E, KRZESINSKI P, KURA M, et al. Anthocyanins in medicine [J]. Pol J Pharmacol, 2003, 55:699-702.
- [23] 张卓.天然花色苷类诱导肿瘤细胞凋亡机制研究进展[J].国际肿瘤学杂志,2006,33(11):831-835.
- [24] MAISU T, EBUCH S, KOBAYASHI M, et al. Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki can be achieved through the alpha-glycosidase inhibitory action [J]. J Agric Food Chemistry, 2002, 50(25):7244-7248.
- [25] 叶小利,李学刚,李坤培.紫色甘薯多糖对荷瘤小鼠抗肿瘤活性的影响[J].西南师范大学学报:自然科学版,2005,30(2):332-336.
- [26] 岳静,方宏筠.紫甘薯红色素体外抑菌性初探[J].辽宁农业科学,2005(2):47-47.
- [27] 韩永斌,朱洪梅,顾振新,等.紫甘薯花色苷色素的抑菌作用研究[J].微生物学报,2008,35(6):913-917.
- [28] 刘桂林.优质高产紫薯新品种——中泰8号[J].北京农业(实用技术),2008(2):41.
- [29] 傅玉凡,叶小利,陈敏,等.紫肉甘薯与普通甘薯的产量与农艺性状特征差异研究[J].西南大学学报:自然科学版,2007,29(2):61-65.
- [30] FU Y F, CHEN M, YE X L, et al. Variation laws of anthocyanin content in roots and their relationships with major economic traits in purple-fleshed sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] [J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(1):32-40.

(上接第1956页)

- [4] GODA Y, SHIMIZU T, KATO Y, et al. Two acylated anthocyanins from purple sweet potato [J]. Photochemistry, 1997, 44(1):183-186.
- [5] 三荣源 F FI(梯).紫甘薯“阿雅种”种苗登录结束[J].Foods & Food Ingredients J of Japan, 2000, 185:61-62.
- [6] 刘宜贵,吴松青.美国超短蔓黑红薯新品种[J].北京农业,2002(12):38.
- [7] 王建民,王永久.日本川山紫的使用价值及栽培技术[J].陕西农业科学,2005(1):126-127.
- [8] 刘士军.人体所需的蛋白质、维生素、矿物质全典[M].哈尔滨:哈尔滨出版社,2007:177.
- [9] 明兴加,李坤培,张明,等.紫色甘薯的开发前景[J].重庆中草药研究,2006(1):55-60.
- [10] 王镜岩,朱圣庚,徐长法.生物化学(上)[M].北京:高等教育出版社,2002:96.
- [11] 刘晓瑞,俞仲毅.从自由基理论解释吸烟危害[J].中国老年学杂志,2007,27(1):97-98.
- [12] 时静华,潘桂兰,陈晓东.酒精氧化应激和自由基损伤[J].包头医学院学报,2007,23(3):336-338.
- [13] 全俊,范学工.幽门螺杆菌感染与胃癌发生的实验研究进展[J].世界华人消化杂志,1999,7(12):1068.
- [14] 徐敏.人体自由基与衰老的关系[J].临床和实验医学杂志,2006,5(3):289-290.
- [15] 王杉,邓泽元,曹树,等.紫薯色素对老龄小鼠抗氧化功能的改善作用[J].营养学报,2005,27(3):245-248.
- [16] 谢风妮,王辉,马岩,等.紫色甘薯红色素的提取及性质研究[J].华南师范大学学报:自然科学版,2008(1):99-102.
- [17] KANO M, TAKAYANAGI T, HARADA K, et al. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki [J]. Bioscience Biotechnology Biochem, 2005, 69(5):979-988.
- [18] 须田郁夫.甘薯的生活习惯病预防效果[J].Foods & Food Ingredients J. of Japan, 1999, 181:59-69.