

淮山的功能特性与加工技术研究进展

刘丽旋^{1,2}, 林毅雄^{1,2}, 段起^{1,2}, 林福兴^{1,2}, 林河通^{1,2*}

1.福建农林大学食品科学学院,福州 350002;

2.福建农林大学农产品产后技术研究所,福州 350002

摘要:淮山营养丰富,具有很高的药用价值和保健功效。为了更好的开发利用中国丰富的淮山资源,本文对近年来国内外淮山的药用价值和保健功效及淮山加工的研究概况进行综述,并指出了淮山加工研究中存在的主要问题及今后需进一步研究的领域。

关键词:淮山;功能特性;加工技术;研究进展

DOI:10.3969/j.issn.2095-2341.2013.06.13

Research Advances of Functional Characteristic and Processing Technology of Yam

LIU Li-xuan^{1,2}, LIN Yi-xiong^{1,2}, DUAN Qi^{1,2}, LIN Fu-xing^{1,2}, LIN He-tong^{1,2*}

1.College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2.Institute of Postharvest Technology of Agricultural Products, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: There are rich nutrition, high medical value and health function in yam (*Dioscorea opposita*. Thunb). In order to further develop and utilize plentiful resource of yam in China, a survey of research on medical value, health function, and processing situation of yam in the world were comprehensively introduced in this paper. The main problems in yam processing and the further research fields were pointed out.

Key words: yam (*Dioscorea opposita*. Thunb); functional characteristic; processing technology; research advance

淮山 (*Dioscorea opposita* Thunb) 也称山药,为薯蓣科 (*Dioscoreaceae*) 多年生缠绕草本植物^[1],原产于福建、广东、台湾等省以及东南亚一带^[2],是传统的中药、蔬菜兼用根菜。淮山为高营养食品,含有大量淀粉及蛋白质、B族维生素、维生素C、维生素E、粗蛋白氨基酸、胆汁碱和尿囊素等。近年研究表明,淮山不仅能够健脾益胃、帮助消化、益肺止咳、滋肾益精而且还具有降低血糖、抗突变、调节免疫、延年益寿的效用^[3]。中国淮山资源丰富、品种繁多、栽培广泛,是中国淮山栽培地区农民收入的主要来源之一。近年来,淮山在中国广东、广西、海南、福建、台湾、河南和河北等省(区)的生产发展快速,栽培面积和总产量迅速

增加。但由于鲜淮山含水量高,采后易腐烂而不利于长时间贮运,采后损耗严重,严重制约中国淮山产业的进一步发展和经济效益的提高。因此,有必要研究淮山采后加工技术以利于减少淮山采后损耗,提高淮山经济价值^[4]。为了更好的开发利用中国丰富的淮山资源,本文对近年来国内外淮山的药用价值和保健功效及淮山加工的研究概况进行综述,旨在为淮山新产品的开发和淮山加工业的发展提供参考。

1 淮山的保健与药用功效

淮山中含有丰富的多糖、蛋白质、尿囊素和胆

收稿日期:2013-10-08; 接受日期:2013-11-12

基金项目:福建省重点科技项目(2007S0004);福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划项目(闽教科[2007]20号)资助。

作者简介:刘丽旋,硕士研究生。研究方向为食品科学与食品生物技术。*通信作者:林河通,教授,博士,博士生导师,主要从事食品科学与食品生物技术研究。E-mail:hetonglin@163.com

碱等多种生物活性物质,具有调节免疫、抗氧化、抗衰老、降血糖等功效。

1.1 调节免疫

多糖是淮山的主要生物活性物质之一,能提高机体免疫力^[5]。许效群等^[6]报道,中、高剂量的淮山多糖可以显著提高小鼠免疫脏器指数和吞噬细胞的吞噬指数以及血清溶血素水平,因此认为淮山多糖具有较高的免疫增强活力。Choi等^[7]对淮山粘多糖的体外免疫调节研究发现,10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的淮山粘多糖(YMP)能促进淋巴细胞干扰素($\text{IFN-}\gamma$)的产生、促进小鼠抗白血病细胞的增殖,认为淮山粘多糖可以作为免疫活性多糖的来源。

Liu等^[8]研究发现,淮山蛋白可作为免疫调节物质,它能够增强细胞的吞噬功能,同时它能刺激细胞因子的产生,而细胞因子的产生和释放可以与植物血凝素(PHA)协同作用,进一步刺激淋巴细胞的产生。赵国正等^[9]报道,日基础饲料基础上分别添加0.1%、0.2%的淮山能够显著提高猪仔免疫球蛋白IgG、IgA含量。

1.2 抗氧化、抗衰老

淮山含有多糖、皂苷、蛋白质、肽等化学成分,具有抗氧化、抗衰老的作用。许效群等^[6]报道,淮山多糖具有较强的体外抗氧化能力。吴祥庭等^[10]的研究认为,淮山皂苷是一种天然、安全、有效的抗氧化剂,它有较强的铁还原能力和DPPH清除能力。Han等^[11]用胃蛋白酶水解淮山蛋白质、分离出含羟基的肽,发现分离出的含羟基肽具有较强的抗氧化作用。刘帅等^[12]以果蝇为动物模型,研究淮山粗多糖的抗衰老作用,发现喂食5%淮山粗多糖能显著提高果蝇的寿命。

1.3 降血糖

淮山含有抗性淀粉、多糖、甾体皂苷元等化学成分,具有降血糖作用。李宝霞等^[13]报道,淮山中的抗性淀粉含量高,其在体内消化缓慢,可以延缓餐后血糖浓度升高。McAnuff等^[14]研究了从淮山中分离出三种甾体皂苷元(Δ^3 薯蓣皂苷元、皂苷元、偏诺皂苷元)和植物甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇对链脲霉素诱导的糖尿病大鼠空腹血糖的影响,发现甾体皂苷元可以降低糖尿病大鼠的血糖浓度。朱明磊等^[15]研究发现,淮山多糖能够增加胰岛素分泌、改善受损胰岛 β 细胞,从而对四氧

嘧啶模型糖尿病小鼠具有明显的降血糖作用。何云^[16]报道,淮山多糖能显著降低四氧嘧啶诱导的糖尿病大鼠的血糖水平,而且降糖作用随着给药剂量的增加而增加。

1.4 其他作用

淮山除了具有增强免疫、抗氧化、抗衰老、降血糖等功效外,还具有促进消化、降血脂、防癌、抗炎等功效。周笑犁等^[17]研究发现,淮山能提高珠江香猪对粗蛋白、粗脂肪和干物质的消化率,改善珠江香猪的消化代谢功能;Lin等^[18]报道,用新型枸杞淮山面条连续喂养小鼠5周后,发现新型枸杞淮山面条能显著降低小鼠的甘油三酯(TG)和总胆固醇(TC)含量;Park等^[19]研究发现,淮山粉末能预防由半胱胺诱导的十二指肠癌。Chiu等^[20]研究了淮山乙醇提取物的抗炎作用,发现淮山乙醇提取物可以抑制炎症介质(NO和 $\text{TNF-}\alpha$)的过量产生,提高过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)的活性,减少丙二醛的产生,从而抑制炎症。

2 淮山加工概况

目前淮山的加工产品主要有鲜切淮山、速冻淮山、淮山干制、淮山果蔬复合饮料、淮山保健酸奶、淮山焙烤食品、速溶淮山粉等。

2.1 鲜切淮山

鲜切果蔬(fresh-cut fruits and vegetables)又名半处理果蔬或轻度加工果蔬(minimally processed fruits and vegetables),是对新鲜果蔬进行分级、整理、清洗、切分、去心(核)、修整、保鲜、包装等处理,并使产品保持生鲜状态的制品^[21]。随着生活水平的提高,鲜切果蔬以其新鲜、方便、营养、无公害等特点,倍受消费者喜爱^[22]。

淮山携带不便、不易清洗,而且淮山人工去皮时容易产生皮肤发痒等过敏反应;此外,淮山去皮时容易产生粘液蛋白,导致切分困难;淮山鲜切后容易发生褐变、变色、变味等问题,从而引起鲜切淮山产品的腐烂变质。因此,研发高效、经济的鲜切淮山保鲜技术是十分必要的^[23]。苑宁等^[24]研究发现,1.0 $\mu\text{L}/\text{L}$ 和1.5 $\mu\text{L}/\text{L}$ 浓度的1-MCP处理对鲜切淮山片有一定的保鲜效果。罗自生

等^[25]报道,壳聚糖添加纳米碳酸钙助剂处理能有效抑制鲜切淮山贮藏期间酸度和维生素 C 含量的下降、降低失重率、抑制多酚氧化酶和过氧化物酶活性、延缓鲜切淮山褐变和 L* 值下降、抑制鲜切淮山的霉变并延长其货架期。

2.2 速冻淮山

速冻蔬菜是将新鲜蔬菜经过加工处理,快速冻结、包装、冷藏等环节制成的小包装食品^[26]。速冻蔬菜能够较长时间保持蔬菜原有的色泽、营养、风味,食用方便,因而国内外市场需求量不断增加^[27]。对淮山进行速冻,可以有效解决淮山采收季节性和地域性分布不均衡的问题,更好地保持它的营养价值。狄建兵等^[28]研究并确定了淮山速冻加工工艺参数为:切片厚度(1.0±0.1) cm,护色液为质量分数 0.3%氯化钠、1.0%抗坏血酸、0.6%柠檬酸的混合液,护色时间 30 min,热烫 60 s,此条件下可以最大程度地保存淮山片的颜色和营养成分。

淮山含有酚类物质,加工过程中暴露在空气,在氧化酶的作用下容易发生褐变,因而在速冻淮山片的预处理工序,需要杀灭或钝化氧化酶活性。短时间微波(407.6 W 和 60 s)烫漂处理可有效钝化淮山段(长 2 cm、直径 2 cm)的氧化酶活性,能较好保留淮山的营养成分,延长速冻淮山的货架期;速冻淮山解冻后,其品质好^[29]。郑磊^[30]研究不同冻结温度(-20℃、-30℃、-40℃)对淮山品质和细胞微结构的影响,发现-40℃冻结能使冻结淮山的冰晶均匀、较好保持淮山的细胞微结构。

2.3 淮山干制品

淮山含水量高,堆放占用空间大,在贮藏过程中容易折断,不利于长时间保存和远距离运输。淮山干制品具有加工量大、加工速度快、便于贮藏等特点。因此,把鲜淮山加工成干制品是增加其附加值的有效方法之一。任广跃等^[31]研究报道,与热风干燥、真空干燥相比,鲜淮山的微波干燥速度最快、其多糖含量保留最高、复水性最好;而真空干燥条件下,由于避免氧气的直接接触而产生鲜淮山的氧化褐变,因此真空干燥的淮山感官品质评价最高。肉孜·阿木提等^[32]研究了淮山太阳能干燥技术,利用白天太阳能热能干燥淮山下脚料。Lin 等^[33]研究了淮山片冷冻-远红外干燥,结果表明,辅以远红外的冷冻干燥可以缩短淮

山片干燥时间、保持淮山片颜色;淮山片冷冻-远红外干燥的最佳参数为淮山片厚度 7~8 mm、样品与远红外加热器的距离 50 mm、干燥温度 34℃~37℃。

2.4 淮山果蔬复合饮料

淮山果蔬复合饮料是近几年倍受消费者喜爱的功能性饮料之一。以淮山为主要原料,辅以其新鲜果蔬,以平衡营养、调节风味、改善品质为目的,经过原料筛选、清洗、去皮、护色、打浆、调配、均质、脱气杀菌、装罐等工序^[34],生产出一系列具有营养保健价值兼顾的淮山果蔬复合饮料。孙芝杨等^[35]成功开发出淮山、枸杞、红枣复合饮料,其最佳配方为:淮山浆 25%、枸杞汁 20%、红枣汁 10%、蜂蜜 10%、柠檬酸 0.12%、复合稳定剂(0.03%黄原胶、0.07%羧甲基纤维素钠和 0.05%海藻酸钠)。

淮山果蔬复合饮料的褐变、稳定性、澄清等问题是现在研究的热点。金苏英等^[36]研究淮山饮料加工过程中褐变和稳定性的控制,发现在温度为 20℃时,0.5%抗坏血酸、0.5%柠檬酸、0.01%氯化钠混合护色液处理 15 min 对淮山饮料的护色效果最佳,0.2%羧甲基纤维素钠(CMC)、0.15%瓜尔豆胶、0.15%卡拉胶的混合处理为稳定剂最佳配方,能较好控制淮山饮料的稳定性。

2.5 淮山保健酸奶

酸奶营养丰富,具有维持肠道菌群生态平衡、降低血中胆固醇的含量、预防便秘、促进消化、缓解乳糖不耐症、提高人体对钙磷铁的吸收的功效^[37]。淮山有健脾胃、补肺益肾、止泻利湿之功效,将淮山加入奶粉或牛奶,生产功能性酸奶,可以丰富酸奶品种,提高产品的营养保健功效。

孙芝杨^[38]开发出南瓜、淮山复合型酸奶,即在新鲜牛奶中加入 8%南瓜汁、8%淮山汁、6%木糖醇、之后接种 5%菌种(保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌比为 1:1)进行发酵而成。Kim 等^[39]报道,添加不同量的淮山粉末(质量体积比为 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%)到鲜奶中,经巴氏杀菌、43℃发酵 6 h 后贮藏 16 d,对其理化、乳酸菌和感官特性进行评价,发现随着贮藏时间的延长,其 pH 逐渐下降、粘度值和乳酸菌数量逐渐增加,而 L* 和 a* 色差值无明显变化,认为添加质量体积比为 0.2%~0.6%的淮山粉末到鲜奶可以用来生产淮

山功能性酸奶。

2.6 淮山焙烤食品

将淮山浆或淮山粉与面粉原料相混合,辅以发面剂、起酥油、蛋、面团改良剂等,可制作各种淮山营养保健焙烤食品。淮山淀粉热稳定性强,抗剪切能力好,有利于面团膨胀。Nindjin 等^[40]报道,用淮山淀粉替代部分小麦面粉制作面包,可在一定程度上改变面团的流变学性质,有利于面包的制作。孙小凡等^[41]开发了具有淮山香味的淮山蛋糕,其最佳配方为蛋糕专用粉 0.25 kg、鸡蛋 0.50 kg、淮山泥 0.035 kg、白砂糖 0.20 kg。朱宏光等^[42]研制出外形平整、口感酥松,香气浓郁的淮山饼干,其最佳配方为:淮山粉 10%、蛋液 30%、白砂糖 30%、黄油 35%、盐 0.7%、奶粉 5%、小苏打 0.5% (以低筋面粉的量为 100%)。

2.7 速溶淮山粉

随着人们生活节奏的加快,传统的饮食的方式和饮食方法难以满足现代人的生活要求,通过淮山选料、清洗、热烫、去皮、切片、护色、粉碎、干燥、包装^[43]等工序,把鲜淮山加成速溶淮山粉。由于速溶淮山粉饮用方便、符合现代人快节奏生活需求,因此,速溶淮山粉具有广阔的市场前景。李强等^[44]研究报道,在生产速溶淮山粉时,与热风干燥法相比,喷雾干燥法能节省生产时间、而且喷雾干燥法生产的速溶淮山粉粉末均匀、颜色洁白,复水性好,用温水或热水冲泡可迅速溶解。王金^[45]等采用预煮熟化工艺,使淮山块茎中的淀粉达到完全糊化状态,然后将其加工成速溶淮山粉,可改善其冲泡品质。

2.8 其他淮山加工产品

除上述淮山加工产品外,目前已经开发的其它淮山加工食品还有淮山罐头^[46]、淮山果脯^[47]、淮山果冻^[48]、淮山面条^[49]、淮山醋^[50]、淮山酒^[51]、淮山咀嚼片^[52]、淮山泡菜^[53]和淮山鱼丸^[54]等。

3 展望

淮山是药食两用的高营养食品,目前研究的热点多集中在其功效成分的提取、分离、纯化、结构鉴定和药理作用,且仍处于初步研究阶段。淮山功效成分提取之后的下脚料如何最大限度地综

合开发利用,值得进一步研究。传统的淮山干制工艺为自然晒干或烘干,其生产成本低,但营养损失大,可以尝试通过微波真空干燥、真空冷冻干燥、远红外干燥等新型干燥技术生产高品质淮山干制品,从而提高干燥速率,降低生产成本。淮山淀粉具有热稳定性好、抗剪切能力强等特性^[55],可用淮山淀粉替代其它高成本的食用胶用于果冻生产^[56]。中国淮山品种繁多,同时受气候和生产区域的影响,淮山不同品种间的营养成分和加工适应性也存在很大差异。因此,很有必要对淮山不同品种间的加工适应性作进一步研究。

总之,淮山既有滋补作用,又有药用价值,近年来人们对淮山的关注度越来越高。但目前淮山的加工业相对滞后,应进一步加强淮山产品的开发研究,突破淮山精深产品加工技术的瓶颈,开发具淮山滋补保健功效的淮山系列食品,以丰富淮山加工产品种类,提高淮山产品附加值,促进淮山产业发展。

参 考 文 献

- [1] 宋君柳. 山药品种资源及化学成分研究进展[J]. 长江蔬菜, 2009, (6): 1-5.
- [2] 华树妹,涂前程,雷伏贵. 福建山药种质资源遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 植物遗传资源报, 2009, 10(2): 195-200.
- [3] 陈佳希,李多伟. 山药的功能及有效成分研究进展[J]. 西北药学杂志, 2010, 25(5): 398-400.
- [4] 陈桂星,于东,施海敏,等. 山药加工方法的研究进展[J]. 包装与食品机械, 2010, (5): 35-38.
- [5] 秦婷,郭金甲,刘井利,等. 山药多糖的研究进展[J]. 中国当代医药, 2013, 20(13): 21-25.
- [6] 许效群,刘志芳,霍乃蕊,等. 山药多糖的体外抗氧化活性及对正常小鼠的免疫增强作用[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(7): 42-46.
- [7] Choi E M, Koo S J, Hwang J K. Immune cell stimulating activity of mucopolysaccharide isolated from yam (*Dioscorea batatas*) [J]. J. Ethnopharm., 2004, 91(1): 1-6.
- [8] Liu Y W, Shang H F, Wang C K, et al.. Immunomodulatory activity of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea alata* cv. Tainong No. 1) tuber [J]. Food Chem. Toxicol., 2007, 45(11): 2312-2318.
- [9] 赵振国,王娜. 山药对断奶仔猪免疫功能的影响[J]. 畜牧与饲料科学, 2010, 31(4): 78-79.
- [10] 吴祥庭,董新姣,杨海龙,等. 山药皂甙均匀设计法优化提取及其体外抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(2): 91-96.
- [11] Han C H, Liu J C, Fang S U, et al.. Antioxidant activities of the synthesized thiol-contained peptides derived from computer-aided pepsin hydrolysis of yam tuber storage protein, dioscorin [J]. Food Chem., 2013, 138(2-3): 923-930.
- [12] 刘帅,杨小兰,张晓云. 长山药粗多糖对果蝇抗衰老作用的

- 研究[J]. 食品工业科技,2013,34(14):339-341.
- [13] 李宝霞,刘来正,王海花,等. 山药系列健康食品开发与研究现状[J]. 山西中医学院学报,2011,12(3):76-78.
- [14] McAnuff M A, Harding W W, Omoruyi F O, et al.. Hypoglycemic effects of steroidal saponins isolated from Jamaican bitter yam, *Dioscorea polygonoides* [J]. Food Chem. Toxicol., 2005,43(11):1667-1672
- [15] 朱明磊,唐微,官守涛. 山药多糖对糖尿病小鼠降血糖作用的实验研究[J]. 现代预防学,2010,37(8):1524-1527.
- [16] 何云. 山药多糖降血糖作用的实验研究[J]. 华北煤炭医学院学报,2008,10(4):448-449.
- [17] 周笑犁,刘星达,孔祥峰,等. 山药对环江香猪营养物质消化代谢的影响[J]. 天然产物研究与开发,2012,24(5):672-676.
- [18] Lin J Y, Lu S, Liou Y L, et al.. Antioxidant and hypolipidaemic effects of a novel yam-boxthorn noodle in an *in vivo* murine model [J]. Food Chem., 2006,94(3):377-384.
- [19] Park J M, Kim Y J, Kim J S, et al.. Anti-inflammatory and carbonic anhydrase restoring actions of yam powder (*Dioscorea* spp.) contribute to the prevention of cysteamine-induced duodenal ulcer in a rat model [J]. Nutrit. Res., 2013,33(8):677-685.
- [20] Chiu C S, Deng J S, Chang H Y, et al.. Antioxidant and anti-inflammatory properties of taiwanese yam (*Dioscorea japonica* Thunb. var. *pseudojaponica* (Hayata) Yamam.) and its reference compounds[J]. Food Chem., 2013, 141(2):1087-1096.
- [21] 胡晓露,缪丽华. 鲜切果蔬酶促褐变控制研究进展[J]. 江西食品工业,2012,(2):36-39.
- [22] Oms-Oliu G, Rojas-Grau M A, Gonzalez L A, et al.. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: a review [J]. Postharv. Biol. Technol., 2010, 57(3):139-148.
- [23] 姜翠翠,周如金,关志强,等. 鲜切淮山的褐变及品质调控技术初探[J]. 食品工业,2012,33(10):126-129.
- [24] 苑宁,寇莉萍. 1-MCP处理对鲜切山药贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发,2011,32(9):205-209.
- [25] 罗自生,徐晓玲,徐庭巧,等. 壳聚糖添加纳米碳酸钙助剂对鲜切山药品质的影响[J]. 农业机械学报,2009,40(4):125-128.
- [26] 张傲. 果蔬速冻保鲜的新技术[J]. 生意通,2010,(7):108.
- [27] Mazzeo T, N' Dria D, Chiavaro E, et al.. Effect of two cooking procedures on phytochemical compounds, total antioxidant capacity and colour of selected frozen vegetables [J]. Food Chem., 2011,128(3):627-633.
- [28] 狄建兵,李泽钟,钟太来. 山药速冻加工工艺研究[J]. 农产品加工-学刊,2013,11(6):22-24.
- [29] 李瑜,郑磊,詹丽娟,等. 微波烫漂对速冻怀山药品质的影响[J]. 食品科学,2011,32(17):100-104.
- [30] 郑磊. 怀山药速冻工艺及货架期预测的研究[D]. 郑州:河南农业大学,硕士学位论文,2012,29-35.
- [31] 任广跃,陈艳珍,张仲欣,等. 怀山药热风、微波及真空干燥的实验研究[J]. 食品科技,2010,35(7):111-115.
- [32] 肉孜·阿木提,刘嫣红,佐藤禎稔,等. 太阳能集热器型干燥系统干燥山药下脚料的研究[J]. 新疆农业科学,2011,48(1):123-127.
- [33] Lin Y P, Lee T Y, Tsen J H, et al.. Dehydration of yam slices using FIR-assisted freeze drying [J]. J. Food Engin., 2007,79(4):1295-1301.
- [34] 王小鹤,徐立伟. 山药系列饮料的加工工艺研究[J]. 农业科技与装备,2011,(5):31-32.
- [35] 孙芝杨,杨振东,焦宇知. 淮山药枸杞红枣复合饮料的研制[J]. 中国酿造,2013,32(4):157-160.
- [36] 金苏英,林笑容. 山药饮料的护色和稳定性工艺研究[J]. 食品工程,2012,(3):23-25.
- [37] 杨秀茹,胡妹敏. 胡萝卜果肉酸奶的研制[J]. 中国乳品工业,2009,37(4):61-64.
- [38] 孙芝杨. 南瓜、山药复合型无糖酸奶的研究[J]. 食品工业,2013,34(1):92-95.
- [39] Kim S H, Lee S Y, Palanivel G, et al.. Effect of *Dioscorea opposita* Thunb. (yam) supplementation on physicochemical and sensory characteristics of yogurt [J]. J. Dairy Sci., 2011, 94(4):1705-1712.
- [40] Nindjin C, Amani G N, Sindic M. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality [J]. Carbohydr. Polym., 2011,86(4):1637-1645.
- [41] 孙小凡,曾庆华,王会. 山药蛋糕研制[J]. 粮油加工,2010,(5):72-74.
- [42] 宋宏光,宋娜,王岩. 山药饼干的研制[J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2011,13(6):13-14.
- [43] 许光映,胡晓军,邓晓燕. 全薯山药粉生产工艺研究[J]. 农产品加工(学刊),2011,(9):76-78,91.
- [44] 李强,任雷厉,叶青,等. 山药粉加工工艺的研究[J]. 农产品加工(学刊),2011,(12):66-69.
- [45] 金金,许学勤,潜媛媛. 预煮法制备山药粉及其品质的研究[J]. 食品与发酵工业,2010,36(12):124-128.
- [46] 吕长鑫,李雨露,赵大军,等. 山药板栗营养保健软罐头的工艺技术研究[J]. 粮油加工,2009,(12):157-160.
- [47] 施瑞城,侯晓东,李婷,等. 低糖山药果脯的加工工艺研究[J]. 食品工业科技,2007,28(2):182-184.
- [48] 程道梅,韩珍珠. 山药蜂蜜保健果冻制作工艺优化[J]. 安徽农业科学,2011,39(19):11961-11963.
- [49] Li P H, Huang C C, Yang M Y, et al.. Textural and sensory properties of salted noodles containing purple yam flour [J]. Food Res. Int., 2012,47(2):223-228.
- [50] 陈甜田. 山药醋发酵工艺的研究[D]. 长春:吉林农业大学,硕士学位论文,2012,8-10.
- [51] 李魁,毛利厂,路洪义. 山药板栗保健稠酒的研究[J]. 中国酿造,2009,(11):172-174.
- [52] 王若兰,侣丽莎,李成文,等. 山药咀嚼片的研制[J]. 食品研究与开发,2012,33(5):101-104.
- [53] 文雯,李梁,张文学. 山药营养泡菜的研制[J]. 食品与发酵科技,2011,47(5):65-67.
- [54] 陈长毅. 山药鱼丸工艺配方的研究[J]. 食品科技,2011,36(3):126-128,135.
- [55] 杜双奎,周丽卿,于修焯,等. 山药淀粉加工特性研究[J]. 中国粮油学报,2011,26(3):34-40.
- [56] 孟祥艳,赵国华. 山药淀粉的特性及应用研究[J]. 食品工业科技,2008,29(1):292-294.