

彩色马铃薯营养保健功能及其食品开发研究进展

Research advances in health functions and food development of colored potatoes

仇 菊 刘 鹏 孙君茂

QIU Ju LIU Peng SUN Jun-mao

(农业部食物与营养发展研究所, 北京 100081)

(Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

摘要: 文章分析了彩色马铃薯的保健作用, 并综述了其功能食品开发的研究进展。在该基础上, 对未来彩色马铃薯功能食品的开发利用进行展望, 为其精深加工提供参考。

关键词: 彩色马铃薯; 功能组分; 保健功能; 食品开发; 利用前景

Abstract: This paper analyzed the health benefit of colored potatoes and reviewed the advances in functional food development of colored potatoes. On the basis, the development of functional food and the utilization of colored potatoes were ahead, in order to provide a reference for their intensive processing.

Keywords: color potato; functional component; health functions; food development; prospect

马铃薯是位于水稻、小麦和玉米之后的世界第四大粮食作物, 很多西方国家将马铃薯列为主食, 非常注重对马铃薯资源的开发和产品的加工利用。目前, 世界上以马铃薯为主的加工产品多达 2 000 种以上^[1]。2015 年中国马铃薯产量达 9 500 万 t, 占全球马铃薯总产量的 1/4, 居世界第一位^[2-3]。自 2015 年 1 月 6 日中国提出马铃薯主粮化战略以来, 其主粮地位被逐步确立^[4]。

彩色马铃薯是指块茎的皮和/或肉为浅紫、深紫色、粉红、红、橙、蓝或黑色的马铃薯^[5]。相比于普通马铃薯, 其可提供丰富的色彩, 且富含多种多酚、花色苷、V_C 及类胡萝卜素等功能成分, 具有抗氧化、抗癌、降血糖、减肥、延缓衰老和改善生活习惯等多种生理功能^[6-7]。尽管彩色马铃薯作为更具营养和经济价值的食品原料开发前景广阔, 且试验研究取得了一定的进步, 但在其深入研究及大规模产业化开发上仍然存在诸多不足。

基金项目: 中国农业科学院农业科技创新工程项目

作者简介: 仇菊, 女, 农业部食物与营养发展研究所助理研究员, 博士。

通讯作者: 孙君茂(1968—), 男, 农业部食物与营养发展研究所研究员, 博士。E-mail: sunjunmao@caas.cn

收稿日期: 2016-06-24

因此, 本文就彩色马铃薯的营养保健功能及其食品开发研究进展做一综述, 并就未来的应用前景进行展望, 旨在促进中国彩色马铃薯功能活性研究及其相关功能食品开发的产业化发展。

1 彩色马铃薯的保健功能

1.1 抗氧化功能

科学研究^[8]表明, 人体中过量自由基的产生与衰老、癌症或其它疾病密切相关, 食品科研工作者通过寻找天然抗氧化物质如花青素等来维持人体健康。花色苷是具有强抗氧化活性的类黄酮物质, 每 100 g 彩色马铃薯中含量可超过 100 mg。大量研究结果显示, 紫色马铃薯花色苷主要有锦葵苷、天竺葵苷、矢车菊苷、飞燕草苷、芍药苷和牵牛苷^[9-10]; 红色马铃薯以天竺葵苷为主^[11-12]; 紫红色马铃薯以飞燕草花色苷为主^[13]; 黑色和蓝色以牵牛苷为主^[14]。其他颜色马铃薯虽然品种稀少、种植量小, 但是可能含有更高生理活性的功能物质, 因此有必要开展相关研究。

有报道^[15]显示紫色马铃薯花色苷具有清除大鼠体内自由基以及抑制亚麻酸氧化的作用。Han 等^[6]报道了红色马铃薯花色苷能够利用其抗氧化活性抑制大鼠血清中脂质的过氧化。李彩霞等^[16]报道黑色马铃薯品种“黑美人”黄酮具有显著的抗氧化效果。但是, 对彩色马铃薯中的功能组分对水溶、醇溶及脂溶性自由基的清除能力尚缺乏总体的认知, 并且动物和体外抗氧化试验与人体真实情况存在较大的差异, 未来需重点关注在人体中的功效。此外, 马铃薯加工过程中会发生一系列的生理生化变化^[17], 因此加工过程对其生理活性的影响的研究亦需重点考虑。

1.2 调节脂质代谢功能

脂质代谢紊乱可引起肥胖、脂肪肝、酮症酸中毒等多种疾病, 众多报道显示马铃薯具有显著的脂质代谢调节功能。吴奇辉^[18]从紫色马铃薯中提取纯化了花色苷, 鉴定结果显示其主要为牵牛花色苷和芍药花色苷。细胞试验结果表明提取物能够显著抑制 3T3-L1 前脂肪细胞的增殖与分化、减

少细胞中脂质沉积,从而发挥预防肥胖的功效。不同提取方法及纯化条件间提取物的组成存在较大差异,因此稳定高效的提取纯化方法对后期产业化开发非常重要。

Hank 等^[19]将暗紫色马铃薯片喂食给大鼠,考查其在高胆固醇血症大鼠脂质代谢中的影响。结果显示喂食马铃薯的大鼠的血清和肝脏中硫代巴比妥酸反应性物质的含量显著下降。硫代巴比妥酸反应性物质涵盖了大部分氧化伤害产生的醛酮类物质,因而其被用作作为衡量脂质过氧化一个重要指标^[20]。高脂血症和脂质过氧化均使得脂质代谢紊乱,最终成为动脉粥样硬化等心脑血管疾病的高风险因素,因此可以说彩色马铃薯具有潜在的预防心脑血管疾病功效,值得进一步深入研究。

1.3 抗癌活性

随着中国经济的快速发展和生态环境的恶化,癌症的发病率不断上升,预防癌症的发生亦是营养学家研究的重点。王全逸^[21]研究表明,红色和紫色马铃薯多酚可显著抑制人体结肠癌 Caco-2 和肝癌 HepG2 细胞的体外增值,且抗癌活性与多酚含量显著相关。此提取物中绿原酸和花色素在癌细胞增值的抑制中发挥重要作用。Hayasi 等^[22]将红色、紫色马铃薯花青素喂食胃癌模型小鼠,结果显示其能够显著抑制肿瘤细胞的增值。在人胃癌细胞试验中,进一步证实其能够通过诱导癌细胞凋亡来抑制细胞增值。此外,彩色马铃薯花色苷的抗癌作用亦在乳腺癌、前列腺癌、肝癌细胞中被证实^[23]。

Reddivari 等^[24]从 4 种彩色马铃薯中提取出富含花青素的多酚提取物,提取物通过活化促分裂原活化蛋白激酶和氨基末端激酶来诱导癌细胞凋亡,进而发挥抗癌活性。Wang 等^[25]从 5 种彩色马铃薯中提取了抗氧化组分并在结肠癌和肝癌细胞中研究了其抗肿瘤活性。结果显示 5 种马铃薯具有不同的肿瘤增值抑制效果,推测可能与其绿原酸、天竺葵焕色干和锦葵花色苷的相对含量和比例有关。为进一步明

确彩色马铃薯在人体中的抗癌活性,有关临床疗效的试验证据仍需完善。此外,相关抗癌辅助食品的量效关系亦需要明确。

1.4 其他生理活性

除了上述活性外,彩色马铃薯还具有降血压、抗病毒、减轻肝损伤、改善视觉等功效^[26]。Hayashi 等^[27]运用红肉马铃薯在两种流感病毒 A 和 B 中开展抗病毒试验研究,结果显示灭活两种病毒的 IC₅₀ 值分别是 48,54 μg/mL。紫色马铃薯花青苷通过抑制脂质过氧化,以及调节肝脏中的硫化巴比土酸反应物和谷胱甘肽水平,从而在抗半乳糖胺引起的肝毒性中发挥保肝作用^[15]。此外,由于彩色马铃薯中膳食纤维含量较高,促进肠道蠕动的同时具有改善肠道微生态的功效。随着肠道菌群与人体健康的密切关系被广泛关注,彩色马铃薯多种功能组分如何协同调节肠道微生态有望成为未来功能活性研究的热点。

2 彩色马铃薯食品开发

世界各国现有多种彩色马铃薯品种栽培种植,代表性的有英国的紫黑色皮肉 Congo 和 Negresse,红皮突变体 King Edward;美国的 Red Norland 和 Dark Red Norland;日本的 Northern Ruby 等^[2]。自 20 世纪 90 年代中国深入开展彩色马铃薯育种栽培技术以来,已培育出超过 500 份不同品系的品种。笔者对中国 2015 年彩色马铃薯的种植情况进行了调研,结果见表 1。这些品质好、产量高、抗病强的种质资源为中国彩色马铃薯产业的发展建立了基础。

2.1 以主食形式消费产品

随着消费者对主食产品的要求不断提高,馒头、面条、米粉等主食除为消费者提供必需的能量以外,对于主食的安全性、便捷性、营养性提出了更高的要求。彩色马铃薯除了具有普通马铃薯营养全面的特点以外,其花色苷、多酚等活性物质的存在赋予了其更好的营养特性。随着中国对马铃薯

表 1 各省彩色马铃薯主栽品种及种植概况

Table 1 Main varieties and planting situation of colored potatoes in different provinces

种植地	品种名称	品种特征	面积/hm ²	产量/(kg·hm ⁻²)	收获期	审定信息
云南	紫云 1 号	紫皮紫肉	33	22 730~30 300	9~10 月	2015 年国家新品种保护授权
云南	云薯 603	红皮红肉	20	22 730~30 300	9~10 月	云南省级审定
四川	蓉紫芋 5 号	紫皮深紫肉	533	19 696~22 730	5~7 月;12 月~次年 1 月	四川省级审定
四川	黑美人	紫皮紫花肉	200	15 150~22 730	5~7 月;12 月~次年 1 月	引进地方品种
广西	桂彩薯 1 号	黑皮黑肉	2 000	22 730	1~2 月	广西省级审定
内蒙	黑金刚	黑皮紫肉	333	30 300	8~9 月	甘肃省级审定
内蒙	红美	红皮红肉	600	53 030	9 月初	内蒙省级审定
内蒙	黑美人	紫皮紫花肉	66	22 730	9 月	甘肃省级审定
贵州	黑美人	紫皮紫花肉	666	30 300~45 450	2~3 月;8~9 月	甘肃省级审定
贵州	红宝石	红皮红肉	133	15 150~30 300	2~3 月;8~9 月	内蒙古引进品种
江西	黑美人	紫皮紫肉	6	15 150	5 月	甘肃引进
新疆	黑金刚	紫皮紫肉	46	22 730~45 450	8~9 月	兰州陇神航天育种研究所培育
新疆	红玫瑰	红皮红肉	3	30 300~45 450	9 月底	乐陵希森马铃薯产业集团选育
青海	紫云 1 号	紫皮紫肉	3	15 150~18 180	9~10 月	云南省引进品种

主食化的不断推进,以科技创新驱动的马铃薯主食化工作取得了显著成效^[28]。目前,马铃薯全粉占比 40%的馒头、35%的面条、15%的米粉等主食产品已在市场上出现^[29],但是彩色马铃薯相关产品发展相对滞后。马铃薯主食制品除蛋白质和纤维素含量高外,还富含多酚、V_C、钾、钙、铁等营养成分^[30]。除粉丝作为传统的马铃薯主食制品经过大量研究目前工艺技术已然成熟以外,中国马铃薯馒头、面条的食用品质可以做到与普通面条无显著差别^[31-32]。

李梅等^[33]以鲜薯为原料制作面条,相比马铃薯全粉,具有低能耗和低成本的特点,结合鲜切马铃薯新型保鲜技术如复合涂膜等能够保证稳定连续生产^[34]。但是,以彩色马铃薯为主要原料加工主食化产品,需要在开发产品的过程中考虑到护色及活性保持的问题。黄洪媛等^[35]采用二次蒸煮和回填制粉的新型工艺开发出了品质优异的紫色马铃薯颗粒全粉。崔璐璐等^[36]通过正交试验对紫色马铃薯全粉的生产工艺进行了优化,研发出有效保护紫色马铃薯花青素的加工方式。这些新型工艺生产的马铃薯全粉具有颜色鲜艳、品质好的优点,丰富了马铃薯主食化产品开发的原料选择。

得益于紫色马铃薯优质品种、原料、新技术的不断进步,越来越多的食品研发机构及食品生产企业正着力研发以主食形式消费的彩色马铃薯馒头、面条、糕点等。目前,市场上已有企业推出彩色马铃薯馒头粉产品。除了传统马铃薯主食外,未来马铃薯面包、通心粉等高附加值的西方主食产品亦值得加大产品研究的投入。

2.2 功能性产品

彩色马铃薯功能性产品开发主要围绕花色苷展开,其提取及成分鉴定的报道亦是近年来研究的热点。目前,国内外市场上有花色苷冻干粉、花色苷浓缩液等产品,也有企业通过复配开发出供特殊人群食用的功能性产品。刘家艳等^[37]以紫色马铃薯全粉、豆奶粉和白砂糖等为原料,开发了紫色马铃薯营养粉配方及加工技术,获得了食用品质及营养品质均优异的产品。陈杰华^[38]开发了淋饭法和喂饭法相结合的紫色马铃薯保健酒的酿造工艺,相比于传统的摊饭法酿造,花色苷的含量提高 3 倍,且酒的风味、色泽均有显著提高。随后,他们^[39]还采用淀粉酶、果胶酶酶处理获得紫色马铃薯酶解液,再与蜂蜜等复配后获得具有一定功效的功能性饮品。尽管试验研究取得了诸多进展,但是从试验研究到开发出具有功效明确的功能性商业化产品,还需要高效提取技术、人群试验、成本控制等多个方面的努力。

2.3 其他食品

Han 等^[15]开发出紫色、红色马铃薯片休闲食品,并在动物试验中验证其功能活性。黄洪媛等^[40]将紫色马铃薯烫漂处理后,利用微波真空冷冻研发出了丙烯酰胺含量低、色素保留好的薯条产品。烫漂处理过程中,运用 *L*-半胱氨酸、柠檬酸和氯化钙进行了护色处理。李丹丹^[41]将紫薯花色苷与防腐剂复配应用在食品中发挥出良好的抑菌效果,减少防腐剂用量的同时增强了功效。陈杰华等^[39]将紫薯原汁与柠檬酸、蔗糖和蜂蜜混合,开发了色泽和风味保持较好的饮料产品。刘家艳等^[42]运用冷冻干燥技术开发出紫色薯马铃薯冲

调粉,产品很好地保持了紫色马铃薯的风味和色泽。受益于花色苷护色技术、膳食纤维超微粉碎技术、微孔淀粉发酵技术等的不提高,彩色马铃薯的应用范围也正在逐步扩大^[43-44]。

3 前景与展望

随着主食化工作的深入,马铃薯种植面积、产量将迎来快速增长期。彩色马铃薯在中国许多省市已有大量种植,其相对普通马铃薯具有更高的经济价值,势必成为马铃薯产业大发展的重要一环。而科技推动是产业发展过程中最为重要的一环,相关部门和企业需加强相关研究的投入。

虽然中国彩色马铃薯资源丰富,但是绝大部分仍以鲜食为主,工业化加工品较少。通过主粮化着力发展运用彩色鲜薯制作馒头、面条、粉丝等主食产品,充分发挥主食制品需求量巨大的带动作用。目前大多数研究多集中于对彩色马铃薯花色苷的提取、结构鉴定及抗氧化等生理活性上,基于这些研究开发的成熟产品不能满足市场需求。因此,必须依靠精深加工形成一系列市场化的商品推动中国彩色马铃薯产业发展。

彩色马铃薯花色苷相比于葡萄、蓝莓等的制品具有成本低、色彩稳定的特点,选育花色苷含量高、生理活性强的专用品种,可利用高效提取及制备技术开发食品基料或产品。还可针对不同颜色马铃薯各自的生理活性,与其他药食同源食物进行复配,开发出适合糖尿病人等特定人群的保健食品,提高产品的附加值。但在功能性产品研发过程中,需在与其它原料进行性价比、可行性的充分探讨的前提下进行,防止实验室研发技术与产业化脱节的现象出现。可将彩色马铃薯鲜薯直接制作成薯条、薯片等休闲食品,或直接用于酿造保健酒、制作功能饮料等。亦可将其制成高花色苷粉或者全粉,作为食品基料用于焙烤食品、烘焙食品等食品中,提高产品的附加值。

尽管彩色马铃薯可开发应用的范围较广,但是需要在开发过程中突出高花色苷含量的特色,研发主食、功能性产品等重点、拳头产品,打造彩色马铃薯品牌。围绕核心重点产品,从全产业链的角度合理设计工艺流程,提高彩色马铃薯资源的综合利用水平,如马铃薯渣中的蛋白质、膳食纤维等功能组分,提高企业市场竞争力。

参考文献

[1] 王希卓,朱旭,孙洁,等.我国马铃薯主粮化发展形势分析[J].农产品加工,2015(2):52-55.
[2] 刘洋,高明杰,何威明,等.世界马铃薯生产发展基本态势及特点[J].中国农学通报,2014,30(20):78-86.
[3] 王兰,邓放明,赵玲艳,等.紫色马铃薯保健功效及其利用研究进展[J].中国酿造,2015,34(7):117-120.
[4] 王希卓,朱旭,孙洁,等.我国马铃薯主粮化发展形势分析[J].农产品加工,2015(2):52-55.
[5] 郭赵娟,吴焕章.彩色马铃薯营养价值与主要品种[J].现代农业科技,2008,17(7):107-109.
[6] HAN K H, SHIMADA K I, SEKIKAWA M, et al.

Anthocyanin rich red potato flakes affect serum lipid peroxidation and hepatic SOD mRNA level in rats[J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2007, 71(5): 1 356-1 359.

[7] WANG Yong-jian, ZHENG Yuan-lin, LU Ju, et al. Purple sweet potato color suppresses lipopolysaccharide-induced acute inflammatory response in mouse brain[J]. Neurochemistry International, 2010, 56(3): 424-430.

[8] 孙传范. 原花青素的研究进展[J]. 食品与机械, 2010, 26(7): 146-152.

[9] BROWN C R. Antioxidants in potato[J]. American Journal of Potato Research, 2005, 82(2): 163-172.

[10] 齐美娜. 紫色马铃薯中花色苷的提取、产品研制及其抗氧化活性的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013: 1-2.

[11] NAITO K, UMEMURA Y, MORI M, et al. Acylated peltandrin glycosides from a red potato [J]. Phytochemistry, 1998, 47(1): 109-112.

[12] RODRIGUEZ-SAONA L E, GIUSTI M M, WROLSTED R E. Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes[J]. Journal of Food Science, 1998, 63(3): 458-465.

[13] EICHHORN S, WINTERHALTER P. Anthocyanins from pigmented potato (Solanum tuberosum L.) varieties[J]. Food Research International, 2005, 38(8/9): 943-948.

[14] 卢其能, 杨清. 马铃薯花色苷种类含量和稳定性初步研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(16): 4 811-4 813.

[15] HAN K H, HASHIMOTO N, SHIMADA K, et al. Hepatoprotective effects of purple potato extract against Dgalactosamine-induced liver injury in rats [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2006, 70(6): 1 432-1 437.

[16] 李彩霞, 高海宁, 焦扬, 等. “黑美人”土豆黄酮提取及抗氧化活性[J]. 食品科学, 2013, 34(4): 88-93.

[17] 刘程惠, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 不同贮藏温度下鲜切马铃薯的生理生化变化[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 38-42.

[18] 吴奇辉. 紫色马铃薯花色苷分离纯化及降脂减肥活性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014: 65-68.

[19] HANK K H, MATSUMOTO A, SHINMA K, et al. Effects of anthocyanin-rich purple potato flakes on antioxidant status in F344 rats fed a cholesterol-rich diet[J]. British Journal of Nutrition, 2007, 98(5): 914-921.

[20] REVERRI E J, MORRISSEY B M, CROSS C E, et al. Inflammation, oxidative stress, and cardiovascular disease risk factors in adults with cystic fibrosis[J]. Free Radical Biology and Medicine, 2014, 76: 261-277.

[21] 王全逸. 马铃薯多酚类化合物对结肠癌的肝癌细胞增值的影响及花色苷生物合成关键酶基因的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010: 102-104.

[22] HAYASHI K, HIBASAMI H, MURAKAMI T, et al. Induction of apoptosis in cultured human stomach cancer cells by potato anthocyanins and its inhibitory effects on growth of stomach cancer in mice[J]. Food Science and Technology Research, 2006, 12(1): 22-26.

[23] THOMPSON M D, THOMPSON H J, MCGINLEY J N, et al. Functional food characteristics of potato cultivars (Solanum tuberosum L.); Phytochemical composition and inhibition of 1-methyl-1-nitrosourea induced breast cancer in rats[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2009, 22 (6): 571-576.

[24] RDDIVARI L, VANAMALA J, CHINTHARLAPALLI S, et al. Anthocyanin fraction from potato extracts is cytotoxic to prostate cancer cells through activation of caspase-dependent and caspase-independent pathways[J]. Carcinogenesis, 2007, 28(10): 2 227-2 235.

[25] WANG Quan-yi, CHEN Qin, HE Mao-long. Inhibitory effect of antioxidant extracts from various potatoes on the proliferation of human colon and liver cancer cells[J]. Nutrition Cancer, 2011, 63(7): 1 044-1 052.

[26] 杨智勇, 李新生, 马娇燕, 等. 彩色马铃薯花青苷研究现状及展望[J]. 中国酿造, 2013, 32(7): 5-8.

[27] HAYASHI K, MORI M, KNOX Y M, et al. Anti influenza virus activity of a red-fleshed potato anthocyanin [J]. Food Science and Technology Research, 2003, 9(3): 242-244.

[28] 孙宝国. 以科技创新实现马铃薯主食化[J]. 农业工程技术, 2015(1): 23.

[29] 余欣荣. 以科技创新引领马铃薯主粮化发展[J]. 农村工作通讯, 2015(2): 8-10.

[30] 孙君茂, 郭燕枝, 苗水清. 马铃薯馒头对中国居民主食营养结构改善分析[J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(6): 64-69.

[31] 徐芬, 胡宏海, 张春江, 等. 不同蛋白对马铃薯面条食用品质的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(12): 269-276.

[32] 岳晓霞, 王梁, 刘广, 等. 马铃薯粉丝生产工艺条件的优化[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 179-182.

[33] 李梅, 田世龙, 程建新, 等. 应用鲜薯为原料的马铃薯面条加工研究[J]. 农业工程技术, 2015, 23(8): 23-27.

[34] 林顺顺, 李瑜, 祝美云, 等. 大豆分离蛋白复合涂膜对鲜切马铃薯保鲜研究[J]. 2010, 26(6): 37-39.

[35] 黄洪媛, 罗二波, 秦礼康. 紫色马铃薯颗粒全粉生产工艺优化[J].食品科学, 2012, 32(22): 135-142.

[36] 崔璐璐, 林长彬, 徐怀德, 等. 紫马铃薯全粉加工技术研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(5): 221-224.

[37] 刘家艳, 曹敏, 黄茜, 等. 紫色马铃薯冲调营养粉配方研制与主要功能成分分析[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 38(10): 51-56.

[38] 陈杰华. 新型紫马铃薯功能性食品工艺研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012: 51-52.

[39] 陈杰华, 蒋益虹, 王颖滢, 等. 酶法生产紫马铃薯饮料的工艺研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(4): 57-64.

[40] 黄洪媛, 秦礼康. 紫色马铃薯薯条生产工艺的研究[J].食品工业科技, 2012, 33(4): 269-273.

[41] 李丹丹. 响应面法优化紫薯花色苷与防腐剂复配抑菌作用研究[D]. 南昌, 南昌大学, 2013: 79-80.

[42] 刘家艳, 曹敏, 黄茜, 等. 紫色马铃薯冲调营养粉配方研制与主要功能成分分析①[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 38(10):51-56.

[43] 张根生, 葛英俩, 聂志强, 等. 马铃薯渣不溶性膳食纤维超微粉碎改性工艺优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 186-189.

[44] 黄时海, 曹喜秀, 黄飞, 等. 发酵法制备马铃薯微孔淀粉的工艺优化[J]. 食品与机械, 2011, 27(2): 138-140.