

红豆生物活性成分及其 制备工艺研究进展

孙丽丽,董银卯*,李 丽,任晗堃

(北京市植物资源重点实验室,北京工商大学,北京 100048)

摘要:红豆是一种药食兼优的豆类,含有多种营养与活性成分,具有很好的食用、保健和美容方面的功效。根据近年来对红豆研究的进展,对红豆中的主要活性成分及其制备工艺进行综述,为其作为广谱健康食品、保健食品及化妆品原料的应用提供可靠依据。

关键词:红豆,生物活性成分,制备工艺

Research progress in active components and preparation technology of adzuki beans

SUN Li-li, DONG Yin-mao*, LI Li, REN Han-kun

(Beijing Key Laboratory of Plant Resources Research and Development, Beijing Technology and Business University,
Beijing 100048, China)

Abstract: Adzuki bean is a kind of delicious food, also a good medicine. It contains various nutrients and active components and shows various nutritional, health-promoting and cosmetology functions. According to the recent research of Adzuki bean, its active components and preparation technology was summarized in this article, which might be helpful for the utilization of the raw materials on food, health food, and cosmetic.

Key words: adzuki bean; biologically-active components; preparation technology

中图分类号: TS214.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)04-0390-04

红豆,又名红小豆、小豆、赤小豆、赤豆,是一种高蛋白、低脂肪、高碳水化合物的食物,可与大米一起煮饭熬粥,因此又被人们称为“饭豆”^[1]。红豆,属豆科豇豆属,一年生直立或缠绕草本植物,为豆科植物赤豆的成熟种子^[2-3]。红豆营养丰富,可加工成许多食品,深受大众喜爱,堪称粮食佳品^[4]。在饮料行业中,可以做成红豆饮料^[5-6],如红豆番茄乳饮料^[7]、红豆花生饮料^[8]、红豆果汁乳饮料^[9]、红豆纤维饮料^[10]。也可做成红豆酸奶^[11-13]、红豆果醋^[14]、红豆果酒^[15]、红豆米酒^[16]、红豆糯米酒^[17]、红豆风味调味乳^[18]及红豆沙^[19]。红豆的药用价值也很高。中医认为,红豆味甘酸、性平,无毒,有健脾止泻、利水消肿、解毒排脓、清热去湿、补脾补血、生津益气等功效,被李时珍称为“心之谷”^[20]。现代医学研究发现,红豆含有较多的皂角苷和膳食纤维,具有良好的利尿通便作用,能解酒、解毒,预防肝硬化、结石等,能很好的调节血压和血糖,对心脏病、冠心病、肾病、水肿等均有一定辅助治疗作用^[21]。临床医学上,红豆可用于治疗疔肿^[22]、足癣^[23]、腮腺炎^[24]、手足口病^[25]、白塞病^[26]等,还可用于治疗多种皮肤病^[27],如黄褐斑^[28]、湿疹^[29],可缓解皮肤瘙

痒^[30]。红豆色泽鲜艳味美可口,是一种药食兼优,人皆喜食的豆类品种。据测定,赤小豆的营养相当丰富,每100g红豆中含蛋白质20.0g、脂肪0.5g、糖类58.5g、粗纤维4.9g、总膳食纤维23.5g,微量维生素B₁ 0.3mg、B₂ 0.11mg等^[31]。还含有钙67.00mg、磷305.00mg、铁5.20mg、硫胺素0.31mg、核黄素0.11mg、尼克酸2.70mg^[32]。可以看出,红豆是一种高蛋白质、低脂肪、高碳水化合物的食物。王彤等^[33]研究了赤小豆等对II糖尿病病人餐后血糖的影响,发现红豆维持餐后血糖稳定的能力较强,可作为糖尿病病人食用的较理想的主食之一。此外,还含有黄酮、多酚等多种生物活性成分,具有抗癌、延缓衰老等保健作用。本文对红豆中主要活性成分及其制备工艺的研究现状进行了综述,为其作为食品、保健食品及化妆品原料应用提供参考。

1 蛋白质和多肽及其制备工艺

红豆中蛋白质占干重约为25.2%,且必需氨基酸水平达到甚至高于FAO/WHO的要求。Meng等^[34]对红豆球蛋白进行研究,发现蛋白浓度、盐类、温度等对其流动性有重要影响;利用拉曼光谱对红豆球蛋白进行分析,结果显示其蛋白质主要二级结构是 β -折叠^[35]。但作为我国传统食用豆类,红豆目前的加工程度较低,并未得到充分利用。利用酶水解蛋白制备生物活性多肽是目前利用蛋白资源的有效途径^[36]。

1.1 总蛋白质及其制备工艺

收稿日期:2012-09-17 * 通讯联系人

作者简介:孙丽丽(1987-),女,硕士研究生,研究方向:植物源化妆品功效添加剂开发。

总蛋白的提取主要采用传统的碱提酸沉法。扶庆权等^[17]从红豆中提取蛋白质,通过正交优化实验,得到最佳条件为pH9.5、提取温度50℃、提取时间60min、料液比1:35,在该条件下测得红豆蛋白提取率为90.88%,其蛋白含量约为154.04mg/g。在pH2~7的范围内查找合适的酸沉条件,最后得到红豆蛋白的最佳酸沉pH为4.2。张波等^[18]从红豆豆渣中提取蛋白,通过响应面优化实验,得到最佳条件为pH10.0、提取温度60℃、提取时间100min、料液比1:18。按照此工艺提取红豆蛋白,蛋白提取率为62.99%,其蛋白含量为932.25mg/g。

扶庆权等^[19]采用微波辅助提取红豆蛋白。采用L₉(3⁴)正交实验得到最佳工艺条件为pH10.0、料液比为1:25、微波时间3min、微波功率100W,在此条件下红豆蛋白的提取率为93.56%,测得红豆蛋白含量为158.58mg/g。

1.2 多肽及其制备工艺

刘琪^[40]采用Protex 6L直接酶解红豆粉的方法提取红豆多肽,通过响应面优化实验得到最佳条件为pH为9.4,加酶量为3.14%,时间为3.5h,温度为60℃,料液比为1:6.9(g/mL)。此酶解工艺条件下多肽提取率可达84.29%左右。

李杨等^[41]采用酶法提取红豆蛋白,对Protex 6L碱性蛋白酶、风味蛋白酶、木瓜蛋白酶、复合蛋白酶、AS1398中性蛋白酶进行对比,从5种蛋白酶中筛选出碱性蛋白酶为最佳的水解酶;通过正交优化实验得到最佳条件为pH为8.8,加酶量为3.5%,温度为56℃,时间为3.5h,料液比为1:6.8,经过验证与对比实验得到最优酶解工艺条件下蛋白提取率为73.34%,其蛋白含量为151.81mg/g。

程谦伟等^[42]利用碱性蛋白酶水解红豆蛋白制备红豆多肽,通过正交优化实验得到最佳的酶解工艺条件为:酶用量(E/S)为8%,pH9.0,底物浓度为4%,酶解时间为4h,酶解温度为55℃,在此条件下测得水解度为45.82%。

梁英岳^[43]分别用碱性蛋白酶、中性蛋白酶和木瓜蛋白酶在一定的条件下对红豆蛋白进行酶解,并对其酶解物进行抗氧化实验,结果表明用碱性蛋白酶得到的红豆蛋白酶解物的抗氧化能力最强。通过响应面优化实验得到的最佳酶解条件为底物浓度为2%(w/w),pH为9.55,E/S为2.72%,温度为52℃,时间为85min。该条件下得到的红豆蛋白酶解物还原能力、超氧阴离子捕获率和羟自由基捕获率分别为0.189、28.23%和58.86%,并测得此时水解度为18.86%。利用分子尺寸排阻色谱进行分离,根据分子量由大到小得到三部分,并对这三部分进行抗氧化实验,结果表明部分II抗氧化活性最高,其分子量为966.91~587.95u。

娜仁图雅^[44]采用传统的碱提酸沉法提取红豆蛋白,其最佳工艺为料液比1:25、pH9.0、浸提温度40℃、浸提时间60min。将得到的红豆蛋白进一步用碱性蛋白酶进行酶解,得到制备红豆多肽的最佳酶解工艺条件为:加酶量27750U/g,底物浓度5%,pH9.0,酶解温度45℃,酶解时间4h。并利用SepHadex G-25凝胶柱

层析技术进行分离纯化,得到两个峰FI(保留时间为90~165min之间)和FII(保留时间为180~270min之间),其中分离组分FI含量较多,且抗氧化活性较明显。

综上所述,红豆蛋白质类的提取主要集中在提取粗蛋白,或者是将粗蛋白进一步酶解成多肽。红豆蛋白的提取方式主要是用传统的碱提酸沉,得到的粗蛋白提取液的蛋白含量在70%以上。对粗蛋白进行进一步的酶解就得到多肽,多肽的分子量主要分布在10000u以下。蛋白质及多肽的研究主要集中于红豆中,而红豆萌芽过程中,即酶活性增加的过程中,部分蛋白质随着时间的变化发生分解,活性可能相应提高,对不同萌芽天数蛋白质分子量变化、提取工艺及活性的研究尚处于起步阶段。因此,对于红豆及其萌芽蛋白质的研究,可以为自然降解状态下,得到不同分子量段的活性多肽研究提供科学依据,同时为红豆及其萌芽作为健康食品日常应用,提供合理依据。

2 淀粉及其制备工艺

红豆是一种广泛为人熟知的食用豆类,具有较高的营养价值与药用价值。目前我国红豆多以煮制食用为主,极少作其他的加工^[45]。淀粉是红豆的主要成分,其结构和性质对红豆的加工和红豆食品的品质有重要的影响,并对整个红豆资源的综合开发也有重要作用,但目前有关红豆淀粉的并不多。

杜双奎^[46]、张元超^[47]、徐向东^[48]等采用水磨法提取红豆中的淀粉,并研究测定了红豆淀粉的各种结构特性。发现红豆淀粉颗粒呈椭圆卵形,颗粒完整,表面光滑,平均粒径为40.8μm;偏光十字明显,具有类似树木年轮的轮纹结构,脐点位于颗粒中心;其结晶度为40.5%,链淀粉含量33.2%;在水中,红豆淀粉的溶胀能力介于玉米淀粉和木薯淀粉之间;红豆淀粉糊属于假塑性流体,糊抗剪切能力和凝沉能力均比玉米淀粉、木薯淀粉强,冷、热糊粘度稳定性较好;其淀粉凝胶的硬度、内聚性、胶黏性和耐咀嚼性在静置24h后均增强,弹性减弱。

3 黄酮及其制备工艺

红豆中含有黄酮类化合物,它是指一类具有2-苯基色原酮或3-苯基色原酮结构的化合物。具有抗氧化、抗炎、抗病毒、抗菌、抗辐射等生物活性,广泛应用于功能食品和医药领域^[49]。

康永锋等^[49]采用超声波辅助提取红豆中的总黄酮,得到最佳工艺条件为:超声时间30min,超声功率600W,提取温度60℃,乙醇浓度为60%,液料比25:1,pH为4。根据最佳工艺提取后,其总黄酮含量为10.81mg/g。

彭游等^[50]利用微波光波组合辐射法提取红豆中的总黄酮,研究发现功率在800W(微波55%与光波45%)加热6min后,70%乙醇萃取得总黄酮,其总黄酮含量为12.4mg/g,与相应的常规加热回流提取法接近,该法有操作简单快速、成本低等优点。

康永锋等^[51]采用微波辅助提取红豆中的总黄酮,得到最优提取工艺为:微波时间20min,功率400W,35%乙醇,料液比1:25,pH4。用此工艺提取得到的提取物,其总黄酮含量7.5mg/g。

综上所述,红豆总黄酮的提取方式主要包括超声法、微波法、微波光波组合辐射法和乙醇溶剂萃取法。按照不同方式进行提取,得到红豆中总黄酮的含量为0.7%~1.3%;目前,对红豆及其萌芽总黄酮的提取工艺研究很多,但是缺乏对总黄酮活性的深入研究。随着萌芽天数的变化,萌芽中的总黄酮类成分也会发生着变化,其变化规律也需要进一步的探索。

4 其他

4.1 多酚的制备

近年来,多酚类物质的生物活性及对人体的保健防病作用日益受到人们的关注。多酚类物质广泛存在于植物中,具有清除机体内自由基、抗脂质氧化、延缓机体衰老、预防心血管疾病、防癌、抗辐射等生物活性功能^[52]。

张铁英^[53]采用传统的水提取法来提取红豆中的多酚类化合物,并利用AB-8型的大孔吸附树脂进行分离纯化,最终得的红豆多酚含量为973mg/g。

目前,对于多酚类物质的研究比较多,但是对红豆多酚的研究很少。在今后,可通过多种提取方式来提取多酚,比如超声法^[54]、微波法^[55]、酶法^[56]等,以期获得更多更纯的红豆多酚物质,并对其组成成分、结构、药理作用等进行更深入的研究。

4.2 总三萜类物质的制备

闫婕等^[57]提取红豆中的总三萜类成分,并采用比色法测定其含量,用来评价红豆药材品种、质量优劣。提取工艺为料液比1:50,75℃回流提取2h,过滤,浓缩至干,加水复溶。依次用石油醚、氯仿、正丁醇各萃取3次。含量测定结果发现,全国11省37份赤小豆总三萜的含量在0.26%~0.69%之间;不同产地、不同品种红豆总三萜的含量差异较大,最佳产地为广西百色,而河南省辉县的红豆中总三萜含量最少。

5 展望

红豆作为我国排行第四位的大豆类粮食作物来讲,种植面积广,产量高,具有稳定的来源。红豆是药食兼有的良品,但对它的开发来讲,只是用于普药和广谱食品。红豆具有补脾、补血、生津、益气、益肾、补肝等营养保健功能,可以开发具有特定功效的保健食品;红豆还具有美容、抗衰老、缓解皮肤瘙痒等作用,能很好的辅助治疗各种皮肤病,包括黄褐斑,所以还可以开发具有特定功效的化妆品原料。目前,对红豆及其萌芽中的活性成分、制备方式及活性的研究日渐深入,本文为红豆及其萌芽作为食品、保健品及化妆品原料的高效应用提供了一定的理论依据。

参考文献

[1] 张波,薛文通. 红小豆功能特性研究进展[J]. 食品科学, 2012,33(9):264-266.
 [2] 颜兵,刘龙,岳小强,等. 浅析仲景对赤小豆的配伍运用[J]. 安徽中医学院学报,2008,27(5):7-9.
 [3] 徐向东. 豆类(小红豆、大红豆和荷包豆)淀粉和蛋白质性质的研究[D]. 广州:华南理工大学,2010.
 [4] 田平芳,葛喜珍,张志铭. 赤小豆种子内部寄藏真菌的分离与鉴定[J]. 作物杂志,2006(2):65-67.

[5] 李颖,李庆典. 红小豆饮料的配方研究[J]. 粮油加工,2009(9):140-142.
 [6] 孟令洁,任璐,张锋华,等. 红豆乳饮料的研制[J]. 食品工业,2011(6):73-75.
 [7] 吴晓菊,李春香,张志强,等. 番茄红豆乳饮料的研制[J]. 食品研究与开发,2010,31(2):94-96.
 [8] 杨桂玲,吴红艳,郭成宇,等. 红豆花生饮料的研制[J]. 食品研究与开发,2010,31(1):75-77.
 [9] 张秀玲,陈蓓莉. 红豆果汁乳饮料的研制[J]. 北方园艺,2006(1):103-104.
 [10] 韩涛,王磷. 红小豆纤维饮料的研究[J]. 食品工业科技,1996(3):20-22.
 [11] 赵翔,李红良,伍杏月. 响应面法优化红豆酸奶发酵工艺的研究[J]. 中国食品添加剂,2012,107-112.
 [12] 李南薇,李燕杰,朱艺通. 凝固型红豆颗粒酸奶的研制[J]. 中国乳品工业,2011,39(3):62-64.
 [13] 梁丽雅,李玉娥,闫师杰. 红小豆酸奶的研制[J]. 食品科技,2004(5):53-54.
 [14] 彭凯,王华,李峰. 红豆果醋的加工工艺[J]. 中国调味品,2007(5):54-56.
 [15] 刘晓艳,蒋继丰,程玉倩. 红豆果酒的研制[J]. 酿酒,2003,30(4):79-80.
 [16] 王巍杰,田亚红. 红豆米酒加工工艺的研究[J]. 中国酿造,2009(10):164-165.
 [17] 赵翔,李红良,陈玩. 红豆糯米酒的酿造工艺研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(30):17179-17183.
 [18] 李向东,周向荣. 红豆风味调味乳的研制[J]. 食品研究与开发,2010,31(12):116-118.
 [19] 姜梅,张艳芬,王善荣. 红豆沙的加工新工艺及其最佳配方的实验研究[J]. 食品工业科技,2003(2):56-57.
 [20] 明. 李时珍. 本草纲目[M]. 北京:宗教文化出版社,2001:197.
 [21] 本刊资料库. 药食两用赤小豆[J]. 家庭医药,2009(3):68.
 [22] 宋春丽. 外用白藜、赤小豆粉治疗疖肿[J]. 中国民间疗法,2008(8):62.
 [23] 黄有彬. 自拟赤小豆膏治疗脚气136例[J]. 中医外治杂志,2006,15(2):9.
 [24] 于青,王增信,孙华津. 生姜、仙人掌、赤小豆外治急性腮腺炎[J]. 中国社区医师:医学专业,2005,7(17):50.
 [25] 褚秀凤,田美兰. 土茯苓赤小豆煲排骨巧治手足口病[J]. 中国民间疗法,2010,18(12):29.
 [26] 李楠. 甘草泻心汤合赤小豆当归散治疗白塞病的机理探讨[J]. 中国中医基础医学杂志,2010,16(9):801-802.
 [27] 李萍,黄正蓉,张思嘉,等. 麻黄连翘赤小豆汤在皮肤科中的应用现状[J]. 辽宁中医药大学学报,2010,12(6):6-9.
 [28] 卫永琪. 麻黄连翘赤小豆汤加虫类药物治黄褐斑23例[J]. 中国社区医师:医学专业,2006,22(3,4):178.
 [29] 朱国平. 麻黄连翘赤小豆汤加味治疗急性湿疹样皮炎100例[J]. 国医论坛,1990(3):14.
 [30] 张就众,韩兆丰,朱丹. 麻黄连翘赤小豆汤及其加减方止痒作用的实验研究[J]. 辽宁中医杂志,1996,23(1):44-46.
 [31] 于章龙,段欣,武晓娟. 红小豆功能特性及产品开发现状[J]. 食品工业科技,2011,32(1):360-363.
 [32] 李冠华,宁玄. 小红豆淀粉颗粒性质研究[J]. 安徽农业科

(下转第396页)

- 因的克隆及表达[J]. 武汉工业学院学报, 2007, 26(2): 19-21.
- [11] Cristina A T, Michael J H, Mary F R. Cloning, Overexpression, Refolding, and Purification of the Nonspecific Phospholipase C from *Bacillus cereus*[J]. Protein Expression and Purification, 1997, 10: 365-372.
- [12] Fujun Z, Li D, Maojun C. Heterologous expression of lipoprotein-associated phospholipase A₂ in different expression systems[J]. Protein Expression and Purification, 2006, 48: 300-306.
- [13] Jianhong F, Huoqing H, Kun M, et al. A novel cold-adapted phospholipase A₁ from *Serratia* sp. xjF1: Gene cloning, expression and characterization[J]. Enzyme and Microbial Technology, 2008, 42: 187-194.
- [14] Sigrid H W B, Bert v d B, Niek D, et al. Incorporation of an unnatural amino acid in the active site of porcine pancreatic phospholipase A₂ Substitution of histidine by 1,2,4-triazole-3-alanine yields an enzyme with high activity at acidic pH [J]. Protein Engineering, Design and Selection, 1996, 9(4): 345-352.
- [15] Jasmina D, Rie T, Atsuo S, et al. Improving thermostability of phosphatidylinositol-synthesizing *Streptomyces* phospholipase D[J]. Protein Engineering, Design & Selection, 2012, 25(8): 415-424.
- [16] 苏龙, 庄宇, 何冰芳. 酶的定向进化研究及其在工业生物催化中的应用[J]. 生物加工过程, 2011, 9(4): 69-74.
- [17] Jae K S, Joon S R. Enhancement of stability and activity of phospholipase A1 in organic solvents by directed evolution[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2001, 1547: 370-378.
- [18] Ji-Heui K, Gi-Sub Ch, Seung-Bum K, et al. Enhanced thermostability and tolerance of high substrate concentration of an esterase by directed evolution[J]. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 2004, 27: 169-175.
- [19] 卞清德, 马英昌, 罗淑年, 等. 固定化磷脂酶用于大豆油脱胶的研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(7): 1-4.
- [20] 张智, 王瑾, 王腾宇, 等. 磷脂酶固定化方法的研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(9): 35-38.
- [21] 陶明, 张丽霞, 单良. 有机改性凹凸棒土交联吸附法固定化磷脂酶A₁研究[J]. 粮食与油脂, 2009(11): 12-15.
- [22] 付敏, 赵谋明, 刘宁, 等. 吸附涂层法固定化磷脂酶 Lecitase® Ultra的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 277-280.
- [23] Haresh T M, Aniruddha B P. Enzymatic acyl modification of phosphatidylcholine using immobilized lipase and phospholipase A₂[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2010, 112: 428-433.
- [24] Ning L, Min F, Yong W, et al. Immobilization of Lecitase® Ultra onto a Novel Polystyrene DA-201 Resin: Characterization and Biochemical Properties[J]. Appl Biochem Biotechnol, 2012, DOI 10.1007/s12010-012-9845-y.
- [25] Andreimar M S, Jose' R G. Chemical modifications of phospholipases A₂ from snake venoms: effects on catalytic and pharmacological properties[J]. Toxicon, 2003, 42: 855-868.

(上接第392页)

- 学, 2010, 38(6): 2827-2830.
- [33] 王彤, 何志谦. 眉豆、绿豆及赤小豆对餐后血糖影响的研究[J]. 食品科学, 2001, 22(5): 74-76.
- [34] Meng G T, C Y Ma. Flow Property of globulin from red bean (*Phaseolus angularis*) [J]. Food Research International, 2001 (34): 401-407.
- [35] Meng G T, C Y Ma, D L Phillips. Raman spectroscopic study of globulin from *Phaseolus angularis* (red bean)[J]. Food Chemistry, 2003(81): 411-420.
- [36] 梁英岳, 傅亮, 孙颖莺, 等. 模拟胃液条件下红豆多肽清除亚硝酸盐及阻断亚硝胺合成的研究[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(4): 40-44.
- [37] 扶庆权, 华春, 陈全战. 正交实验法优化红小豆蛋白提取工艺[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(6): 248-250.
- [38] 张波, 黄英, 薛文通. 响应面法优化红小豆豆渣中蛋白的提取工艺[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 247-250.
- [39] 扶庆权, 张李阳, 徐鉴. 微波辅助提取红豆蛋白的工艺研究[J]. 食品工业, 2012(2): 71-73.
- [40] 刘琪, 江连洲, 李扬. Prot ex 6L直接酶解红小豆粉提取红小豆肽的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 191-194, 210.
- [41] 李扬, 江连洲, 刘琪. 酶法水解红小豆粉特性的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(11): 177-180.
- [42] 程谦伟, 刘昭明, 孟陆丽, 等. 碱性蛋白酶水解制备赤豆蛋白肽的工艺研究[J]. 粮食工程, 2009: 43-45.
- [43] 梁英岳. 红豆蛋白的酶法水解工艺及其抗氧化肽的研究[D]. 广东: 暨南大学, 2010.
- [44] 娜仁图雅. 红小豆分离蛋白的特性研究以及抗氧化肽的制备[D]. 内蒙古: 内蒙古农业大学, 2011.
- [45] 宁玄鹤, 冠华. 小红豆淀粉糊及其凝胶性质的研究[J]. 粮油加工, 2010: 43-45.
- [46] 杜双奎, 于修焯, 问小强, 等. 红小豆淀粉理化性质研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 94-95.
- [47] 张元起, 李伟雄, 黄立新, 等. 赤小豆淀粉性质的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(3): 44-47.
- [48] 徐向东, 黄立新, 宁玄鹤, 等. 小红豆淀粉的性质研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(5): 34-38.
- [49] 康永锋, 李艳, 段吴平. 超声波辅助提取赤豆中总黄酮的工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(7): 1695-1697.
- [50] 彭游, 李同建. 微波光波组合辐射辅助提取赤小豆黄酮的机制分析[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 361-363.
- [51] 康永锋, 李艳, 段吴平. 赤豆总黄酮的微波辅助提取与抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(2): 224-227.
- [52] 张峻, 吉伟之, 齐欣. 葡萄籽中多酚类物质的提取及其对油脂的抗氧化作用[J]. 食品科学, 2001, 22(10): 43-45.
- [53] 张铁英. 红豆中多酚类物质的提取及其含量测定的研究[J]. 中国食品添加剂, 2004(5): 99-100.
- [54] 张丹妮, 张斐飞, 朱妙琴. 超声波法提取芹菜叶中多酚类物质[J]. 光谱实验室, 2012, 29(2): 797-800.
- [55] 袁林颖, 高飞虎, 钟应富. 微波辅助提取绿茶茶多酚及纯化工艺研究[J]. 西南农业学报, 2012, 25(3): 1074-1079.
- [56] 王华斌, 王珊, 傅力. 酶法提取石榴皮多酚工艺研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(6): 56-65.
- [57] 闫婕, 卫莹芳, 龙飞. 不同产地赤小豆总三萜的含量测定及品质评价[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(2): 305-306.