

黑豆萌发后主要成分变化及其生物活性研究进展

来吉祥¹, 魏少敏¹, 方云¹, 何聪芬²

(1. 江南大学 化学与材料工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 北京工商大学 理学院, 北京 100048)

摘要:黑豆是一种食药两用的豆类,具有丰富的营养价值,萌发后具有更为优异的生物活性,在食用、保健和美容等方面具有显著功效。现主要综述了近年来对黑豆萌芽的研究,介绍了黑豆萌芽中的主要成分变化及其生物活性,并指出萌芽过程是一个天然的生物转化器,可以增加种子的生物活性,为种子资源的合理利用提出了新的研究方向。

关键词:黑豆萌芽;主要成分;生物活性

中图分类号:TS214.2

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2013)06-0840-05

Research Advances on Variation of Main Compositions and Its Biological Activities of Black Soybean after Germination

LAI Ji-xiang¹, WEI Shao-min¹, FANG Yun¹, HE Cong-fen²

(1. School of Chemical and Material Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Science, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: Black soybean is a kind of edible and pharmaceutical beans. It has more outstanding biological activities after germination and shows various nutritional, health-promoting and cosmetology functions. This paper reviews research advances on active ingredients and biological activities of black soybean sprouts according to recent researches. It is pointed out that germination process is a natural biological converter that can improve the biological activities of the seed and give a new research and utilization direction of the seed resources.

Key words: Black soybean sprout; Main compositions; Biological activities

黑豆,又名黑大豆、橐豆、乌豆,是豆科植物 [*Glycine max*(L.) Merr.] 的种子,因外皮为黑色而得名。黑豆味甘性平,具有高蛋白、低热量的特性。黑豆是药食同源的豆类,在我国各地都有栽培,以山东、河北、河南和陕西居多。黑豆含有丰富的蛋白质、脂肪、维生素、尼克酸、胡萝卜素、微量元素和粗纤维。《本草纲目拾遗》中记载黑豆具有延缓衰老,美容养颜的功效,长期食用可以强身健体,延年益寿,并可以滋养肌肤,美容乌发。现代研究表明黑豆具有降血脂、抗氧化、养颜美容的效果^[1]。在常见的食用豆中,黑豆具有最为显著的抗氧化生物活性^[2]。研究发现,将黑豆萌发成芽,可以有效提高其蛋白质利用率,由于酶的作用,豆类中的蛋白质、多糖和矿物质元素会被释放出来,增加人体吸收利用率^[3]。黑豆萌芽营养丰富,富含钙、磷、铁、钾等矿物质及多种维生素,萌芽过程使维生素含量增加,活性成分增多^[4]。通过萌芽转化种子中的活性成分,使其便于提取富集,易于被人体吸收利用,正成为一种新型的生物活性成分获取方式^[5]。本文对近年来黑豆及其萌芽生物活性的研究进行了综述,以期对相关研究提供参考。

1 黑豆萌芽后主要成分变化

1.1 蛋白质和氨基酸

翟玮玮等^[6]对黑豆发芽过程中蛋白质的变化进行了研究,结果发现,黑豆发芽过程中,蛋白质、氨基酸含量增加,其中天冬氨酸和蛋氨酸含量增加显著,蛋氨酸含量增加超过一倍,但赖氨酸含量显著下降,蛋白质平均相对分子质量显著下降,说明萌发过程能够促进蛋白质分解为氨基酸,有利于提高黑豆的营养价值。

黑豆在萌发之初,相比干种子,黑豆萌芽中的蛋白质含量会略有下降,原因可能是种子启动萌发过程消耗了部分蛋白质;在萌芽生长到0.5~1.0 cm时,其蛋白质含量有所增加,可能是其中的大豆球蛋白等物质降解,使蛋白含量增加;萌发后期,由于萌芽生长需要,蛋白质被消耗利用,含量逐渐下降。

1.2 糖类

黑豆萌发后,总糖含量降低,还原糖含量增加。王莘等^[7]研究发现,黑豆在萌发过程中,总糖含量

收稿日期:2013-05-09

基金项目:国家自然科学基金(21276113)。

第一作者简介:来吉祥(1983-),男,博士,主要从事植物源化妆品功效添加剂研究。E-mail: laijixiang1983@163.com。

通讯作者:魏少敏(1952-),男,教授,博士生导师,主要从事精细化学品科学研究。E-mail: weishaomin@jahwa.com.cn。

随萌发时间的增加而减少,可能是因为总糖不断被水解用于代谢作用;而还原糖含量则随萌发时间的增加而增加,在萌发 54 h 时达最大值,萌发初期,由于淀粉水解成葡萄糖、果糖等还原糖,在酶的作用下产生单糖,使还原糖含量增加。

1.3 矿物质元素和维生素

黑豆中矿物质元素品种丰富,含量较高,主要有钙、磷、铁、镁、硒、钾、钠、铜和锌等。这些元素在人体中发挥重要作用,对延缓衰老、预防疾病有积极意义。经过萌发后,黑豆萌芽中的矿物质元素含量整体增加,个别含量下降,其中铁、钠、铜、镁、磷等含量增加显著^[8]。

黑豆中富含多种维生素,主要有维生素 E、维生素 A、胡萝卜素和烟酸等,其中最为丰富的是维生素 E,含量比肉类高 5~7 倍。在萌发的过程中,由于酶的作用,豆类中的矿物质元素会被释放出来,增加吸收利用率;同时内部的维生素变化很大,含量增加数倍^[9]。

1.4 黄酮类物质

黑豆种皮和籽粒中富含黄酮类化合物,目前大部分关于黑豆功效的研究也都是围绕其中的黄酮类物质展开的。常见的方法是通过发酵来增加黑豆中黄酮类物质或是高活性的异黄酮苷元的含量^[10]。已有研究发现,黑豆在萌发的过程中,其皂苷和非糖基化的黄酮醇含量显著增加^[11],显示萌发过程能够增加黑豆中黄酮类物质的含量,对其功效增强有改善作用。

黑豆在发芽过程中,自身 β -葡萄糖苷酶活性发生变化。孙肖青等^[12]研究表明,黑豆经发芽后,游离异黄酮苷元的含量明显提高,黑豆干重降低,但大豆苷元和染料木素含量比黑豆籽粒的含量明显提高,培育至 72 h,游离异黄酮苷元含量最高。

翟玮玮^[13]研究发现,发芽后以葡糖苷(IFG)形式存在的异黄酮含量降低,而以甙元(IFA)形式存在的异黄酮含量增加。发芽前黑豆中异黄酮多以黄豆苷、染料木苷等葡糖苷形式存在,而发芽后,甙元形式的异黄酮含量大大增加,说明种子发芽后 β -葡萄糖苷酶被激活,将葡糖苷形式的异黄酮转化成甙元。异黄酮甙元比异黄酮葡糖苷更容易被人体吸收,抗氧化能力也较强,说明萌芽过程可以提高黑豆的抗氧化性能和生物利用率。

1.5 γ -氨基丁酸

γ -氨基丁酸是一种天然存在的非蛋白组成氨基酸,广泛分布于动植物体内,是目前研究较为深入的一种重要的抑制性神经递质,它能够健脑益智,延缓脑衰老,可以镇静神经,促进睡眠,补充人体抑制性神经递质,具有良好的降血压功效。每日补充

微量的 γ -氨基丁酸有利于心脑血管的缓解,又能促进人体内氨基酸代谢的平衡,调节免疫功能。

翟玮玮等^[6]研究发现:黑豆干种子中几乎不含 γ -氨基丁酸,而经过一段时间萌发后, γ -氨基丁酸含量从无到有,并逐渐增加,表明萌发过程显著增加了黑豆中的 γ -氨基丁酸,赋予了黑豆新的生物活性。

1.6 抗营养因子转化

黑豆中含有大量的抗营养因子(胰蛋白酶抑制剂、凝血毒素及甲状腺肿素)和胀气因子(鼠李糖、水苏糖等寡糖),影响人体对营养的吸收,引起胀气、腹泻等,但是经过萌芽,这些抗营养因子和胀气因子可转化为能够被人体吸收利用的氨基酸和总糖,大大提高了黑豆的利用率和营养价值^[14]。

2 黑豆萌芽生物活性研究

黑豆胚芽又称“大豆卷”,具有补肾、利尿、消肿、滋阴壮阳等功效。黑豆芽性微凉,味甘,有活血利水、清热消肿、补肝明目的作用。现代医学证实,它还能助消化、降血脂和软化血管。目前的研究表明,黑豆胚芽的生物活性主要集中在以下几个方面。

2.1 抗氧化功效

黑豆中的色素和多肽等成分都具有强抗氧化功效。黑豆提取物具有较强的 DPPH 自由基、超氧阴离子自由基清除能力和抗脂质体过氧化能力^[15];小分子量的黑豆低聚肽对自由基具有较强的清除能力^[16],能有效抑制羟基自由基引起的脂质过氧化和小鼠肝匀浆丙二醛生成^[17];黑豆种皮提取物可以增加老龄小鼠血清中超氧化物歧化酶活性,减少丙二醛的生成^[18];药黑豆色素对 DPPH 自由基具有明显的清除作用,其抗氧化能力与其花色苷含量呈正相关^[19];对比黑豆种皮、去壳种子、全种子中总酚、酚酸、花青素和异黄酮的含量及抗氧化活性,发现种皮的抗氧化活性最强^[20];质量分数为 2% 的黑豆水解蛋白对邻苯三酚自动氧化的抑制率与 0.01% 的维生素 C 水溶液相近^[21]。

黑豆经过萌发后,其抗氧化活性显著增强。有研究发现萌芽黑豆中的异黄酮具有较高的清除羟自由基能力、清除超氧阴离子自由基能力和很好的抗油脂氧化能力^[13]。黑豆萌芽对自由基具有显著的清除作用,其抗氧化活性优于干种子^[22]。黑豆萌芽水提物的抗氧化活性实验结果表明:黑豆在适度萌发后(芽长 0.5~1.0 cm),其抗氧化活性明显增强,与干种子相比差异显著($P < 0.05$)^[23]。

2.2 抗癌作用

黑豆中的花青素等物质具有抗癌功效,一直是

科研人员研究的热点。黑豆种皮中的花青素具有抗炎功效^[24],能够诱导各种癌细胞凋亡^[25],从而发挥抗癌作用。黑豆经过发酵后,其产物具有抑制结肠癌细胞增生的功效^[26],对人乳腺癌 AU565 细胞和前列腺恶性腺瘤 PC-3 细胞也有抑制作用^[27]。黑豆提取物能够抑制人胃癌细胞增殖,诱导其细胞凋亡^[28]。黑豆种皮中的多酚类物质具有防护 DNA 损伤的功效^[29]。目前,黑豆的抗癌作用还主要集中在黑豆干种子和黑豆发酵产物的研究方面,从黑豆萌发后物质成分的变化可以发现,萌芽后的黑豆具有更多的活性成分,其抗癌功效可能得到加强。

2.3 预防动脉粥样硬化

目前的研究表明,黑豆萌芽具有预防动脉粥样硬化的作用。研究发现,胆固醇与脂蛋白关系密切,低密度脂蛋白能把胆固醇堆积于血管壁上,形成动脉粥样硬化斑,而高密度脂蛋白,则能把动脉粥样硬化斑上的胆固醇移走。黑豆含有高密度脂蛋白,因此,可以降低血液中的胆固醇含量^[14]。黑豆胚芽中富含不饱和脂肪酸,具有降低血液中胆固醇含量的作用。黑豆胚芽中的植物固醇,不能被人体吸收,但可以抑制人体吸收胆固醇,从而降低血液中胆固醇的含量。最近初步的研究证实,食用烘烤黑豆能降低人体血浆中甘油三酯的浓度^[30],而甘油三酯浓度过高是产生动脉粥样硬化的主要原因。黑豆中的腺苷对血小板活化调节有抑制作用^[31],黑豆提取物可以通过抑制胶原性血小板活化,从而减少血栓的形成^[32]。萌芽黑豆中的异黄酮含量显著增加,具有抗溶血、预防心血管疾病等作用。

2.4 延缓衰老功效

在中国传统医学中,很早就认识到黑豆具有延缓衰老的功效。古代医学书籍《食疗本草》和《延年密录》,以及李时珍的《本草纲目》和《养老书》中均有关于黑豆延年益寿作用的记载。现代研究也证明黑豆具有显著的延缓衰老功效。王常青等^[33]研究发现,黑豆多肽能使小鼠胸腺和脾脏指数升高,血清和肝脏丙二醛含量明显下降,谷胱甘肽过氧化物酶活力显著提高,并且使肝组织中脂褐质含量明显下降,提示黑豆多肽能显著提高亚急性衰老小鼠的抗氧化能力,具有一定延缓衰老的作用。从黑豆种皮中提取的黑豆皮色素属花色苷类化合物,具有改善肝脏机能,防御身体过氧化,防止动脉硬化以及提高视力等生理功能,是一种非常重要的天然防衰老食品添加剂^[34-36]。黑豆萌发后,维生素 E 等抗氧化物质含量显著增加,能够清除体内自由基,减少皮肤皱纹,延缓衰老。

2.5 养颜美容功效

皮肤中羟脯氨酸含量反映皮肤中胶原蛋白的生成情况,是衰老过程中敏感和特殊的生化指标。

张瑞芬等^[18]的研究发现,老龄小鼠在摄入黑豆种皮提取物后,皮肤中羟脯氨酸的含量显著增加,说明黑豆种皮提取物可能有助于增加皮肤胶原蛋白的合成,从而改善皮肤弹性。黑豆含有丰富的维生素 B 群及维生素 E,维生素能保持肌肤的光泽和弹性,促进生长发育,清除自由基,皆为美容养颜所需之营养成分。黑豆胚芽中维生素 E 含量显著增加,维生素 E 是一种重要的抗氧化剂,能够清除皮肤中过量的自由基,抵御氧化损伤,同时防护紫外线,减少肌肤光老化。另外黑豆萌芽中还富含叶绿素和维生素 C,其中叶绿素有助于克制内部感染与皮肤问题,维生素 C 能促进人体胶原蛋白的形成,还可以还原黑色素,使其淡化,令肌肤白皙。黑豆中含有大量的泛酸,对乌发也有帮助^[30]。黑豆中的花青素可以保护人胶质细胞,抵御氧化损伤^[37]。黑豆种皮提取物还可以预防紫外线引起的皮肤损伤^[38]。

黑豆萌芽提取物能够显著清除 DPPH 自由基,并对酪氨酸酶活性有显著抑制作用,且作用效果均优于黑豆干种子^[23],说明黑豆萌芽比干种子具有更为优异的抗氧化延缓衰老功效和减少黑色素生成的美白肌肤功效。其安全性研究的结果也显示黑豆萌芽提取物对人体肌肤安全无刺激,可以作为延缓衰老或美白化妆品功效添加剂使用。

2.6 其他功效

除上述主要作用外,黑豆还有许多其他功效。如黑豆种皮中的花青素能够增强精子数量和活力^[39],还具有神经保护功能^[40-41],可以保护视网膜神经细胞免受甲基亚硝基脲引起的结构性和功能性损伤,从而抑制视网膜变性^[42]。发酵黑豆可以促进类脂物代谢作用,预防骨质疏松^[43]。黑豆萌芽富含粗纤维,能够防止便秘。黑豆皂苷一方面可以抑制人体对脂肪酸的吸收,另一方面能够促进其分解,从而预防肥胖和动脉硬化^[44]。黑豆肽也具有减肥功效^[45]。研究还发现,黑豆中的花青素通过抑制脂肪细胞分化,能够达到减肥和治疗糖尿病的效果^[46-47]。

3 展望

黑豆的保健、药用和美容等功效已经得到了公认,但国内在这些方面的研究还比较少,对黑豆的保健和美容价值还有待进一步开发。国外方面,韩国和日本等国家对黑豆研究较多,主要是通过发酵来转化其中的营养成分,提高其生物活性。但发酵方法存在一定的局限性,限制了其发展。通过萌芽的方式,可以使黑豆中的各种酶被激活,新的酶被合成,种子内的蛋白质、脂肪和其他的大分子物质被分解为小分子物质,多种矿物质和维生素被释放

出来,皂苷、黄酮类物质发生了有益的转化,富集并重新分解整合了黑豆的营养成分,提高了黑豆的生物活性。

萌发是将有生命力的种子从休眠的静态跃升为生理活动频繁的动态的过程(天然的激发过程),此时种子的呼吸作用增强,酶的种类和数量显著增加,酶活性的加强使种子的新陈代谢能在较高水平上进行,同时启动大量酶促反应进行生物转化,种子中储存的各种物质被转化和提升为可供新生命利用的高活性成分,使生物活性物质含量显著增加,并可能产生新的高活性物质。总的来说,发芽使种子的营养价值得以提高。目前,世界各国已经开始注意到种子萌发过程中生物活性物质的变化,意识到植物萌芽比植物种子本身营养价值更高,开始重视对种子萌芽的开发和利用。

目前,对种子中活性成分的提取过程比较复杂,常常需要剧烈加热,使用大量有机溶剂,对环境造成污染。而萌发过程是一个天然的生物转化器,不需要额外的能量和苛刻的外界条件。采取萌发的方式,使活性成分自然释放,天然,环保,绿色,不仅可以采用温和的手段将种子中的活性成分提取出来,而且对环境无污染。符合现代社会“低碳,环保,绿色,安全”的理念。

参考文献

- [1] 徐艳阳,许鹏丽,王雪松. 黑豆多糖的提取工艺及稳定性研究[J]. 食品研究与开发,2009,30(3):49-52. (Xu Y Y, Xu P L, Wang X S. Studies on extraction technology and stability of black soybean polysaccharides[J]. Food Research and Development, 2009,30(3):49-52.)
- [2] Xu B J, Chang K C. Comparative study on antiproliferation properties and cellular antioxidant activities of commonly consumed food legumes against nine human cancer cell lines[J]. Food Chemistry, 2012, 134:1287-1296.
- [3] 黄国平. 粮食种子萌发过程中营养特性的变化[J]. 中国食物与营养, 2005(12):25-27. (Huang G P. Study on nutritional properties changes of grain seeds during germination[J]. Food and Nutrition In China, 2005(12):25-27.)
- [4] Xu M, Dong J, Zhu M. Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybeans sprouts[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85:943-947.
- [5] Vidal V C, Frias J, Sierra I, et al. New functional legume foods by germination: Effect on the nutritive value of beans, lentils and peas[J]. European Food Research and Technology, 2002, 215:472-477.
- [6] 翟玮玮, 焦宇知. 黑豆发芽过程中蛋白质及 γ -氨基丁酸的变化及发芽条件的优化[J]. 食品科学, 2009, 30(19):51-54. (Zhai W W, Jiao Y Z. Sprouting condition optimization based on protease activity and GABA of black soybean[J]. Food Science, 2009, 30(19):51-54.)
- [7] 王莘, 王艳梅, 苏玉春, 等. 黑大豆萌发期功能性营养成分测定与分析[J]. 食品工业科技, 2004(4):132-133, 88. (Wang X, Wang Y M, Su Y C, et al. Determination and analysis of functional ingredients in black soybean during germination[J]. Science and Technology of Food Industry, 2004(4):132-133, 88.)
- [8] Lima M A, Piccolo B M, Ribeiro T A, et al. Evaluation of chemical compounds in *Fabaceae* sprouts for the human consumption[J]. Ciencia Agrotecnologia, 2009, 33:1071-1078.
- [9] 刘兆庆, 王曙文, 姜媛媛. 豆谷类发芽前后营养变化及评价[J]. 农产品加工, 2004(11):35-36. (Liu Z Q, Wang S W, Jiang Y Y. Study on nutrient ingredient changes and evaluations of beans and grains after germination[J]. Farm Products Processing, 2004(11):35-36.)
- [10] Hong G, Mandal P K, Lim K, et al. Fermentation increases isoflavone aglycone contents in black soybean pulp[J]. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 2012, 7:502-511.
- [11] Guajardo-Flores D, Garcia-Patino M, Serna-Guerrero D, et al. Characterization and quantification of saponins and flavonoids in sprouts, seed coats and cotyledons of germinated black beans[J]. Food Chemistry, 2012, 134:1312-1319.
- [12] 孙肖青, 孙筱林. 黑豆萌发期游离异黄酮苷元成分的测定[J]. 山东农业科学, 2008(8):110-111. (Sun X Q, Sun X L. Determination of free isoflavone aglycone composition in black bean sprouts[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2008(8):110-111.)
- [13] 翟玮玮. 黑豆发芽条件及其异黄酮提取物特性研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9):186-189. (Zhai W W. Study on germination conditions of black bean and antioxidant activity of its isoflavones extract[J]. Food Science, 2008, 29(9):186-189.)
- [14] 钟耀广. 黑豆的营养特性与生物活性物质[J]. 北方园艺, 2000(3):59. (Zhong Y G. Study on nutritional characteristics and biological active ingredients in black soybean[J]. Northern Horticulture, 2000(3):59.)
- [15] 王萌, 阮美娟. 黑豆提取物抗氧化性的研究[J]. 食品科技, 2007(3):123-125. (Wang M, Ruan M J. Antioxidant activity of black bean extracts[J]. Food Science and Technology, 2007(3):123-125.)
- [16] 任海伟, 王常青, 宋育璇. 黑豆多肽分离及其抗氧化活性的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(1):136-139. (Ren H W, Wang C Q, Song Y X. Study on the isolation and antioxidant activity of black-soybean peptides[J]. Natural Product Research and Development, 2009, 21(1):136-139.)
- [17] 任海伟, 王常青. 黑豆低聚肽的抗氧化活性评价及其氨基酸组成分析[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(9):46-50. (Ren H W, Wang C Q. Amino acid composition analysis and antioxidant activity evaluation of oligopeptides from black soybean[J]. Food and Fermentation Industries, 2009, 35(9):46-50.)
- [18] 张瑞芬, 黄昉, 徐志宏, 等. 黑豆皮提取物抗氧化和延缓衰老作用研究[J]. 营养学报, 2007, 29(2):160-162. (Zhang R F, Huang F, Xu Z H, et al. Study on the anti-oxidative activity and potential anti-aging effect of black soybean coat extracts[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2007, 29(2):160-162.)
- [19] 王玉丽, 任海伟, 李志忠, 等. 用清除 DPPH 自由基法评价药黑豆色素的抗氧化能力[J]. 食品工业科技, 2009, 30(8):102-105. (Wang Y L, Ren H W, Li Z Z, et al. Study on antioxidative activity evaluation on medicinal black soybean pigments by scavenging DPPH[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(8):102-105.)
- [20] Xu B J, Chang K C. Antioxidant capacity of seed coat, dehulled bean, and whole black soybeans in relation to their distributions of

- total phenolics, phenolic acids, anthocyanins, and isoflavones[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56: 8365-8373.
- [21] 刘恩岐, 贺菊萍, 陈振家, 等. 黑豆蛋白质酶水解物体外抗氧化活性的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(11): 38-41. (Liu E Q, He J P, Chen Z J, et al. Antioxidation activity *in vitro* of enzymic hydrolysates from black soybean[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(11): 38-41.)
- [22] Lai J X, Xin C, Zhao Y, et al. Optimization of ultrasonic assisted extraction of antioxidants from black soybean (*Glycine max* var) sprouts using response surface methodology[J]. Molecules, 2013, 18: 1101-1110.
- [23] Lai J X, Xin C, Zhao Y, et al. Study of active ingredients in black soybean sprouts and their safety in cosmetic use[J]. Molecules, 2012, 17: 11669-11679.
- [24] Kim H, Xu L, Chang K, et al. Anti-inflammatory effects of anthocyanins from black soybean seed coat on the keratinocytes and ischemia-reperfusion injury in rat skin flaps[J]. Microsurgery, 2012, 32: 563-570.
- [25] Choe Y, Ha T, Ko K, et al. Anthocyanins in the black soybean (*Glycine max* L.) protect U2OS cells from apoptosis by inducing autophagy *via* the activation of adenosyl monophosphate-dependent protein kinase[J]. Oncology Reports, 2012, 28: 2049-2056.
- [26] Chen Y, Chiang M, Chou C, et al. Enhancing the antitumor cell proliferation and Cu^{2+} -chelating effects of black soybeans through fermentation with *Aspergillus awamori* [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2013, 115: 400-404.
- [27] Chia J, Du J, Wu M, et al. Fermentation product of soybean, black bean, and green bean mixture induces apoptosis in a wide variety of cancer cells [J]. Integrative Cancer Therapies, 2013, 12: 248-256.
- [28] Zou Y, Chang S. Effect of black soybean extract on the suppression of the proliferation of human AGS gastric cancer cells *via* the induction of apoptosis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59: 4597-4605.
- [29] Zhang T, Jiang S, He C, et al. Black soybean seed coat polyphenols prevent B(a)P-induced DNA damage through modulating drug-metabolizing enzymes in HepG2 cells and ICR mice[J]. Mutation Research-Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 2013, 752: 34-41.
- [30] 王洛. 黑豆的营养价值[J]. 农产品加工, 2011(1): 50. (Wang L. The nutritional value of black soybean[J]. Farm Products Processing, 2011(1): 50.)
- [31] Kim K, Lim K, Shin H, et al. Inhibitory effects of black soybean on platelet activation mediated through its active component of adenosine[J]. Thrombosis Research, 2013, 131: 254-261.
- [32] Kim K, Lim K, Kim C, et al. Black soybean extract can attenuate thrombosis through inhibition of collagen-induced platelet activation[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2011, 22: 964-970.
- [33] 王常青, 任海伟, 王海凤, 等. 黑豆多肽对D-半乳糖衰老小鼠抗氧化能力的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(3): 262-266. (Wang C Q, Ren H W, Wang H F, et al. Antioxidant function of black soybean peptide in D-galactose-induced senescent mice[J]. Food Science, 2010, 31(3): 262-266.)
- [34] Liao H F, Chou C J, Wu S H, et al. Isolation and characterization of an active compound from black soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] and its effect on proliferation and differentiation of human leukemic U937 cells[J]. Anti-Cancer Drugs, 2001, 12: 841-846.
- [35] Choung M, Baek I, Kang S, et al. Isolation and determination of anthocyanins in seed coats of black soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49: 5848-5851.
- [36] Yamai M, Tsumura K, Kimura M, et al. Antiviral activity of a hot water extract of black soybean against a human respiratory illness virus[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2003, 67: 1071-1079.
- [37] Kim Y, Yoon H, Lee Y, et al. Anthocyanin extracts from black soybean (*Glycine max* L.) protect human glial cells against oxygen-glucose deprivation by promoting autophagy[J]. Biomolecules & Therapeutics, 2012, 20: 68-74.
- [38] Jeon A, Lim T, Jung S, et al. Black soybean (*Glycine max* cv. Heugmi) seed coat extract suppresses TPA or UVB-induced COX-2 expression by blocking mitogen activated protein kinases pathway in mouse skin epithelial cells[J]. Food Science and Biotechnology, 2011, 20: 1735-1741.
- [39] Jang H, Kim S, Yuk S, et al. Effects of anthocyanin extracted from black soybean seed coat on spermatogenesis in a rat varicocele-induced model[J]. Reproduction Fertility and Development, 2012, 24: 649-655.
- [40] Bhuiyan M, Kim J, Ha T, et al. Anthocyanins extracted from black soybean seed coat protect primary cortical neurons against *in vitro* ischemia[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2012, 35: 999-1008.
- [41] Kim S, Chung M, Ha T, et al. Neuroprotective effects of black soybean anthocyanins *via* inactivation of ASK1-JNK/p38 pathways and mobilization of cellular sialic acids[J]. Life Sciences, 2012, 90: 874-882.
- [42] Paik S, Jeong E, Jung S, et al. Anthocyanins from the seed coat of black soybean reduce retinal degeneration induced by N-methyl-N-nitrosourea[J]. Experimental Eye Research, 2012, 97: 55-62.
- [43] Hong G, Pyun C, Kim S, et al. Effects of fermented black soybean pulp on lipid and bone metabolism in ovariectomized rats [J]. Food Science and Biotechnology, 2012, 21: 1397-1403.
- [44] 王寅, 张坤, 赵晋. 黑豆的营养价值及在食品中的开发应用[J]. 中国食品添加剂, 2007(6): 132-135. (Wang Y, Zhang K, Zhao J. The nutrition value of black beans and the development in food industry[J]. China Food Additives, 2007(6): 132-135.)
- [45] Kwak J, Ahn C, Park S, et al. Weight reduction effects of a black soy peptide supplement in overweight and obese subjects: Double blind, randomized, controlled study[J]. Food & Function, 2012, 3: 1019-1024.
- [46] Kim H, Kim J, Han S, et al. Black soybean anthocyanins inhibit adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells[J]. Nutrition Research, 2012, 32: 770-777.
- [47] Kanamoto Y, Yamashita Y, Nanba F, et al. A black soybean seed coat extract prevents obesity and glucose intolerance by up-regulating uncoupling proteins and down-regulating inflammatory cytokines in high-fat diet-fed mice [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59: 8985-8993.