

大豆皂苷的生理功能及其提取纯化的研究现状

吴素萍¹, 田立强²

(¹宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021; ²银川大学, 宁夏 银川 750501)

摘 要: 对大豆皂苷的化学组成、理化性质、生理功能、药用价值、提取纯化的研究现状及应用前景等几个方面进行了综述。大豆皂苷是一种具有药疗营养双重效果的天然生物活性物质, 具有对人体有益的多种功能和良好药理作用, 除用作药物外, 大豆皂苷还可以作为高级化妆品、食品添加剂和表面活性剂应用于化学工业, 揭示了大豆皂苷广阔的市场开发潜力和社会应用价值。

关键词: 大豆皂苷; 生理功能; 提取纯化

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2008)05-0883-05

Research Status Quo of Extraction and Purification and Physiological Functions of Soybean Saponin

WU Su-ping¹, TIAN Li-qiang²

(¹ College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021; ² Yinchuan University, Yinchuan 750501, Ningxia, China)

Abstract: This paper gave a detailed review on the research status quo of soybean saponin. Detailed introductions of chemical composition, physical and chemical properties, physiological functions, medical value, extraction and purification of soybean saponin were given. It was concluded that soybean saponin was a natural bioactive substance and had many beneficial functions to human body and good medical effects. In addition to medicine, soybean saponin can also be used as cosmetic, food additive, surface active agent, so it has wide market development potential and social application value.

Key words: Saponin; Physiological functions; Extraction and purification

我国是最早把大豆(soybean)用作食物的国家, 随着对大豆和大豆制品的不断深入研究, 大豆的营养价值, 特别是大豆所具有的生理活性物质越来越多地被人们所认识和了解。日本是世界上对大豆的营养特性、功能特性和加工特性研究最为深入的国家, 大豆食品已经引起世界上许多国家的关注与重视。由于大豆食品所具有的极高的营养价值, 因此被人们誉为“21 世纪的健康食品”^[1]。

皂苷是一类广泛分布于植物界中的化合物, 绝大多数皂苷具有生理活性, 如人参皂苷、甘草皂苷、绞股蓝皂苷等, 这些皂苷的生理功能及药用价值已被医学界和营养学界所证实, 并加以开发利用^[2]。大豆皂苷是皂苷研究中起步较晚的一类, 大豆皂苷具有明显的溶血作用, 被视为抗营养因子, 同时它具有苦味, 导致大豆制品具有苦涩味, 因此在豆类食品加工中总被设法除去, 但近年研究表明, 大豆皂苷的毒副作用很小, 且具有许多对人体有益的生理功

效^[3]。现从大豆皂苷的化学组成、理化性质、生理功能、分离纯化及其在食品工业中的应用这 5 个方面综述近年来有关大豆皂苷的研究进展。

1 大豆皂苷的化学组成

大豆皂苷(Soyasaponins) 属于三萜类齐墩果酸型皂苷, 是三萜类同系物的羟基和糖分子环状半缩醛羟基失水缩合而成, 它可以水解生成多种糖类和配糖体, 目前已确认的大豆皂苷约 18 种, 是由 5 种皂苷元(Soyasapogenol I、II、III、IV、V) 和糖基中的 β -D-半乳糖、 β -D-木糖、 α -L-鼠李糖、 α -L-阿拉伯糖、 β -D-葡萄糖醛酸等 6 种单糖以及乙酰基大豆皂苷(Acetyl-soyasaponin) 所组成。大豆皂苷根据其苷元不同分为 A 类、B 类、E 类和 DDMP 类, A 类皂苷是以 soyasapogenolA 为配基的双糖皂苷, B 类和 E 类是以 soyasapogenolB 和 soyasapogenolE 为配基的单糖皂苷, DDMP 皂苷是以 soyasapogenolB 作配基

收稿日期: 2008-02-25

作者简介: 吴素萍(1963-), 女, 副教授, 现主要从事粮油食品的教学和研究。E-mail: nxdxwsp@163.com。

在 C-22 位上结合有 2,3- dihydro-2,5- dinydroxy-6- methyl-4h- pyran-4- one 的单糖链皂^[4-5]。因为所有 DDMP 大豆皂苷对热不稳定,受热易分解生成 A 类和 E 类皂苷,所以,有些人认为 DDMP 皂苷是大豆中存在的真正皂苷。

2 大豆皂苷的含量分布及理化性质

2.1 大豆皂苷含量分布

大豆主要成分为蛋白质 40%、脂肪 16%~21%、碳水化合物 23%~27%、水分和粗纤维 15%左右,另有 2% 的皂苷和异黄酮等糖苷,其中,皂苷约占 0.5%^[5]。研究表明,大豆种子含有干重 0.6%~6.2% 的大豆皂苷,异黄酮含量为 1.4%~1.76%,两者含量没有固定的关系^[6]。大豆全株的各个部位中,大豆皂苷含量也有明显不同,其中大豆胚芽中皂苷的含量是最高的。据报道,在中国、日本、加拿大、美国 4 个国家中,中国大豆中大豆皂苷含量位居首位。

2.2 大豆皂苷的理化性质

大豆皂苷具有皂苷类的一般性质,纯的大豆皂苷是一种白色粉末,具有微苦味和辛辣味,对人体各部位的黏膜均有刺激性,大豆皂苷是两亲性化合物,具有亲水和亲油两种性质^[3]。大豆皂苷分子量约为 1 000 左右,分子极性较大,可溶于 H₂O,易溶于热水、含水稀醇、热甲醇和热乙醇中,它不溶或难溶于乙醚、苯等极性小的有机溶剂,大豆皂苷熔点很高,常在熔融前就分解了,因此无明确熔点^[4]。大豆皂苷属于酸性皂苷,在其水溶液中加入硫酸铵、醋酸铅或其它中性盐类即生成沉淀,利用这一性质可以对其进行分离和提取。大豆皂苷与苯反应生成红棕色沉淀,在冰醋酸-乙酰氯溶液中显红色,在氯仿-硫酸中呈现绿色荧光,与五氯化锑反应呈蓝紫色^[3-4],故可利用这些性质检测大豆皂苷的含量。

3 大豆皂苷的生理功能

近年来,国内外许多专家、学者对大豆皂苷的生物学、生理学和药理学进行了研究,发现大豆皂苷对人体不仅无毒害作用,而且具有许多有益的生理功能。近 20 年来研究结果表明,大豆皂苷具有多种生理活性和良好药理作用,具有抗癌、调节免疫功能、降低血清中胆固醇含量、防治心血管疾病、抗菌、抗病毒、护肝、减肥等多重生理功效^[5],除用作药物外,大豆皂苷还可以作为高级化妆品、食品添加剂和表面活性剂应用于化学工业。

3.1 降血脂的作用

国内外学者的研究表明,大豆皂苷可以抑制血清中脂类的氧化,抑制过氧化脂质(LPO)的形成及过氧化脂质对肝细胞的损伤,并能降低血中胆固醇和甘油三酯的含量。另外,病理学研究及临床报告证明,大豆皂苷对糖尿病、高脂血症等慢性疾病或癌症有很好的预防作用^[6],科研人员用自制的复方大豆皂苷胶囊^[7],喂养已形成高脂模型的雄性大鼠,发现此胶囊对高脂大鼠有明显的降血脂作用。

3.2 抗氧化、抗自由基的作用

研究发现,大豆皂苷能通过增加 SOD(超氧化物歧化酶)的含量,降低 LPO,清除自由基,减轻自由基的损害作用,促进修复^[8]。大豆皂苷在达到一定剂量时可以明显降低电离辐射诱导的小鼠骨髓细胞染色体畸变^[9],大豆皂苷降低 X 射线诱发遗传物质损伤的机制可能是通过减少自由基的生成或加速自由基的降解而间接起作用的^[10]。

3.3 抗肿瘤的作用

国外有学者报道,大豆皂苷的抑癌机制可能为①直接的细胞毒作用,②免疫调节作用,③胆汁酸结合作用,④促使致癌物引起的细胞扩散转为正常^[4]。国内也有不少学者对此进行了研究,结果发现大豆皂苷对 S180 细胞和 YAC-1 细胞的 DNA 合成有明显的抑制作用,并对 K562 细胞和 YAC-1 细胞等有明显的细胞毒作用^[11]。大豆皂苷还能促进 T 细胞产生淋巴因子,增加诱导杀伤性 T 细胞、NK 细胞分化及提高 LAK 细胞活性,从而杀伤肿瘤细胞。

3.4 抗凝血、抗血栓及抗糖尿病的作用

大豆皂苷的抗凝血作用很早就被人们发现,通过对白鼠的试验发现,大豆皂苷可以抑制血小板凝聚,并使血纤维蛋白减少,还可以抑制由体内毒素引起的纤维蛋白的凝聚作用,并可以抑制凝血酶引起的血栓纤维蛋白的形成,这表明大豆皂苷具有抗血栓作用^[4]。经过大量动物实验还发现,大豆皂苷可以抑制纤维蛋白原向纤维蛋白转化,可降低血糖,血小板的凝聚率。

3.5 增强免疫调节功能的作用

关于大豆皂苷增强免疫调节功能的作用机理,大豆皂苷对 T 细胞具有增强作用,特别是 T 细胞功能的增强,可以使 IL-2(白介素)的分泌提高,而 IL-2 的功能可以保护 T 细胞的存活与繁殖,促进 T 细胞产生淋巴因子,增强诱杀性细胞 NK(自然杀伤性细胞)的分化,提高 LAK(淋巴因子激活的杀伤性细

胞)的活性,从而生物体表现出较强的免疫功能^[3-4]。郁利平等^[11]在研究大豆皂苷对小鼠免疫功能的影响已证明,孙学斌等^[12]研究了大豆皂苷对荷瘤小鼠肿瘤生长及免疫器官的免疫效应,结果发现经大豆皂苷喂饲的荷瘤小鼠脾脏,胸腺明显增生,证明大豆皂苷对小鼠的免疫功能有广泛的调节作用。

3.6 抗 HIV 的作用

以猴免疫缺陷病毒(SIV)为靶病毒和相应的 CEMx-174 细胞系统为模型,以 AZT 为阳性对照药物,发现大豆皂苷复合物具有明显的抗 SIV 的作用^[13]。通过对大豆皂苷抑制 HIV 作用的研究^[14],认为大豆皂苷在 $>0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的浓度下,能完全抑制 HIV 诱导的细胞病变及病毒特异的抗原表达,它是通过阻止 HIV 同 T4 细胞的接触而起作用的。

4 大豆皂苷的提取

由于大豆皂苷易溶于热水、热甲醇和热乙醇中,因此常以甲醇或乙醇作为提取剂从原料中提取大豆皂苷^[15],提取得到的粗皂苷,尚需进一步除去非皂苷成分达到纯化,同时,根据总皂苷的组成,可选择一种或几种方法配合使用以实现皂苷的提纯与分离,从而达到最佳的分离纯化效果^[16]。目前关于大豆皂苷提取比较可行的方法有正丁醇萃取法,大孔树脂吸附法,铅盐沉淀法等。

4.1 正丁醇萃取法

利用大豆皂苷在正丁醇中溶解度较大的性质,浓缩液加入一定体积的水溶解,再加入等体积的正丁醇萃取,减压蒸干回收正丁醇,即得大豆皂苷粗品^[15]。这种工艺得到的产品含量不高,只有 30% 左右,要制备高含量的大豆皂苷,必须进行进一步的纯化。

4.2 大孔树脂吸附法

大孔树脂是 20 世纪 60 年代末在凝胶型树脂的基础上发展起来的一类新型树脂,它不溶于酸、碱及有机溶剂,物理化学性质稳定,比表面积大,吸附和交换容量大,选择性高,可重复利用,使用寿命长^[4]。大孔树脂吸附大豆皂苷的研究表明:选用 5 种(ZTC-1, AB-8, X-5, XAB-8, D312)大孔树脂对大豆皂苷进行吸附提取,发现 ZTC-1 吸附量和吸附率均最高。AB-8 树脂吸附量次之,其它 3 种树脂吸附效果较差,以脱脂大豆为原料,确定了最佳乙醇浸泡浓度为 40%,最佳流速为 $2.4 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,最佳乙醇洗脱浓度为 50%,AB-8 树脂吸附法对大豆皂苷提

取率达到 90%^[17]。此方法和正丁醇萃取法相比,操作简单,成本低廉,不用过多加热,既节省能源又避免了大豆皂苷在加热过程中分解。

4.3 重金属盐沉淀法

利用皂苷与铅盐、钡盐或铜盐形成沉淀的性质,可以提纯皂苷或将酸性皂苷和中性皂苷分离,其中尤以铅盐沉淀法最为常用。将粗皂苷溶于少量乙醇中,加入过量的中性醋酸铅溶液,搅拌均匀后使酸性皂苷沉淀完全,滤出沉淀,于滤液中再加入 20% ~ 30% 的碱性醋酸铅溶液以沉淀中性皂苷。将所得的两种沉淀分别溶于水或稀醇液中进行常法脱铅处理,脱铅后的滤液经减压浓缩后用乙醇溶解,再加入乙醚析出沉淀,即可得到酸性和中性两部分皂苷,但产品颜色很深^[16]。铅盐沉淀法分离提纯皂苷的纯度高达 95%,但产率极低,而且铅离子有毒,因此限制了其应用。

4.4 超声波与微波辅助法

超声波具有强烈振动和空化效应可以加速有效成分的溶出,从而缩短提取时间提高产物得率^[18-19]。研究确定了超声波与微波处理对于大豆皂苷提取的影响,其提取大豆皂苷的最佳工艺条件^[20-21],用 450 W 功率微波处理 30 min 和 400 W 超声波在 40℃ 下处理 45 min 后,固液比为 1:20,再经 40% 乙醇在温度为 60℃,时间为 1 h,浸提 2 次,大豆皂苷提取率为 5.8%。

4.5 吸附法

粗皂苷中通常含有糖类、鞣质、色素等杂质,这些杂质可被氧化镁或硅藻土吸附,因此在粗皂苷的醇溶液中加入新鲜的氧化镁粉末,搅拌均匀后在低于 60℃ 的条件下将粗皂苷醇溶液蒸干,再将粗皂苷研碎,放入连续回流提取器中用甲醇或乙醇溶液抽提,使吸附在氧化镁上的皂苷被热醇提取出来,而杂质仍留在氧化镁上^[16,22],浓缩提取液即可得到较纯的皂苷。

4.6 乙酰化精制法

皂苷具有很强的亲水性,但粗皂苷也含有较多的水溶性杂质,若将水溶性大的皂苷用醋酐、吡啶乙酰化处理,即可增加其亲脂性。然后利用乙醚等低极性溶剂溶解皂苷乙酰化衍生物,水洗除去极性大的杂质^[16]。再将乙醚混合液浓缩,浓缩液经乙醇溶解后用活性炭脱色或经硅胶、氧化铝等柱层析,得到乙酰化的皂苷单体,皂苷单体经 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 碱溶液水解除去乙酰基(过量的钡通过 CO_2 除去),即可得到纯皂苷。

4.7 层析分离法

利用以上几种方法,除了使一些比较简单的皂苷可以得到充分分离外,一般仍只能得到以总皂苷形式存在的一定纯度的产品,因此,通常还要用层析法来进一步分离纯化皂苷单体^[16]。与其它皂苷试一样,由于皂苷极性大,常用低活性的氧化铝或硅胶作吸附剂,再根据不同的皂苷用不同极性的溶剂进行洗脱。若先将皂苷乙酰化,则可用活性氧化铝作吸附剂进行层析。

4.8 柱层析与有机溶剂沉淀结合法

柱层析法所得产品用甲醇或乙醇溶解后,加入非极性有机溶剂,如丙酮、乙醚等,将大豆皂苷从溶液中沉淀出来,可得到更高含量的大豆皂苷^[15]。姜浩奎等将料液调 pH 值,絮凝沉淀脱蛋白并电渗析脱盐后,通过大孔吸附树脂吸附,用 50%~60% 乙醇或甲醇将被大孔吸附树脂吸附的皂苷洗脱得到洗脱液,洗脱液经回收乙醇或甲醇至乙醇或甲醇的浓度为 15%~20%,再加入丙酮-乙醚溶剂,料液与丙酮-乙醚溶剂的体积比为 1:4~7,搅拌,静置料液,再通过 $6\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 的分离机分离,收集凝絮沉淀,将上述凝絮沉淀加水溶解后,浓缩干燥,得到高含量的大豆皂苷。

5 大豆皂苷分析检测方法

5.1 光谱法

光谱法是利用已知浓度物质在特定波长处吸光度值绘制出标准曲线以测定其物质浓度的方法^[23],光谱法主要分为紫外分光光度法和可见光分光光度法。

5.2 色谱法

色谱法是较常用于大豆皂甙分析检测的方法之一,该方法在天然产物分离分析中仍具有无可替代位置,故介绍几种大豆皂苷的色谱检测方法。

5.2.1 薄层色谱法 由于各族大豆皂甙之间所连接糖链数目和官能团,特别是羟基个数的不同造成它们之间有细微的极性差异,薄层色谱法就是利用这种差异,通过展开剂在带动样品移动过程中硅胶对不同物质吸附作用力不同而达到分离目的。

5.2.2 气相色谱法 由于皂甙是一个极性大分子,不容易被气化,且它在高温情况下易裂解为小分子物质,这就导致气相色谱法应用于大豆皂甙分析受到限制,所以这种方法几乎都用来分析大豆皂甙糖配体。

5.2.3 高效液相色谱法 因为大豆皂甙具有不易

挥发和强极性等特点。所以是检测大豆皂甙最有效的方法,广泛应用于检测大豆皂甙及其甙元。

6 应用前景

我国是大豆生产大国,资源非常丰富,每年用于加工豆制品和榨油所消耗的大豆数量非常巨大,但存在于叶子和副产品中的大豆皂苷常常被大量丢弃,十分可惜^[6]。随着对大豆皂苷的结构、性质、功能的广泛研究,人们发现大豆皂苷具有许多对人体有益的生理活性物质,并相继开发出各种含大豆皂苷的制品和健康食品。

6.1 食品方面的应用

大豆皂甙具有表面活性,能降低水溶液的表面张力,其水溶液振荡后能产生持久性泡沫^[24],在食品工业中,由于大豆皂苷具有发泡性和乳化性,它可以作为食品添加剂改善食品的色、香、味,啤酒中添加大豆皂苷,可以增加泡沫体积,保持泡沫的稳定性,改善了啤酒的风味^[4,10]。日本的一些学者在此领域研究较为前卫,他们研制了大豆皂苷保健食品、减肥食品及皂苷饮料^[25]。欧美各国利用大豆皂苷有很大的气泡性,把其作为泡泡糖及饮料的起泡剂。

6.2 医药方面的应用

国外已经有大豆皂苷作为药品的报道,大豆皂苷最可能被开发成治疗心血管疾病的药物,通过降低血浆中胆固醇的含量,抑制血栓形成,降低心血管疾病的发生^[4]。由于大豆皂苷具有许多对人体有益的生理活性功能,所以应用于医药领域前景广阔,目前,大豆皂苷制成的胶囊,霜剂用来治疗口腔溃疡、疱疹性口唇炎,抑制血栓的形成,减肥,抗癌,抗病毒等方面^[3],均取得满意的临床效果,并带来良好的社会效益和经济利益。

6.3 化妆品方面的应用

大豆皂苷在化妆品方面的开发与应用,国外早有报道,大豆皂苷可以用作化妆品的理论依据在于其抗氧化作用,可延缓、阻止由脂质过氧化引起的皮肤病,减少皮肤病的发生。它能够促进皮肤角质层降解,角化层变薄,促进表皮细胞的分裂增殖,延缓表皮细胞老化,因此,大力开发大豆皂苷在医药品,化妆品方面的应用,将有着很大的市场前景^[3]。日本学者已经研究出含有大豆皂苷的化妆品,并申请了专利,其实用效果已经得到证实。在未来研究和应用大豆皂苷的同时,能多增加对大豆皂苷分离纯化技术及结构测定方法的研究,以分离出更多更纯的大豆皂苷^[4],应用于人们生活的各个领域,更好

地服务于人类,从而产生巨大的社会和经济效益。

参考文献

- [1] 丁小林.大豆食品的营养价值与功能特性[J].食品研究与开发,2004,6:100-102. (Ding X L. The nutritional value and function of soybean food[J]. Food Research and Development,2004,6:100-102.)
- [2] 李里特,王海.功能性大豆食品[M].北京:中国轻工业出版社,2002. (Li L T, Wang H, Functional soybean food[M]. Beijing, China Light Industry Press,2002.)
- [3] 王储炎,艾启俊,阙建全,等.大豆皂苷的研究进展[J].粮食与食品工业,2005,6:31-33. (Wang Ch Y, Ai Q J, Kan J Q et al. Research development of soybean saponin[J]. Grain and Food industry,2005,6:31-33.)
- [4] 沈玥.大豆皂苷的研究进展[J].食品研究与开发,2006,10:164-166. (Sheng Y. Research development of soybean saponin [J]. Food Research and Development,2006,10:164-166.)
- [5] 徐龙权,韩颖,田晶,等.大豆皂苷的提取[J].大连轻工业学院学报,2000,1:50-53. (Xu L Q, Hang Y, Tian J et al. Extraction of soybean saponin [J]. Journal of Dalian Light Industry College, 2000,1:50-53.)
- [6] 于志萍,王昌禄,顾晓波.大豆皂苷的研究与进展[J].粮油食品科技,2002,3:17-20. (Yu Z P, Wang C L, Gu X B. Research and development of soybean saponin[J]. Science and Technology of Grain and Oil,2002,3:17-20.)
- [7] 江燕,高旭年.复方大豆皂苷胶囊对高脂模型大鼠的降血脂作用[J].中药材,2004,10:758-760. (Jiang Y, Gao X N. The decrease effect of blood lipid of mixed soybean saponin capsule on mice with high blood lipids [J]. Chinese Medicine, 2004, 10: 758-760.)
- [8] 王银萍.大豆皂苷和人参茎叶皂苷的抗糖尿病动脉粥样硬化作用[J].白求恩医科大学学报,1994,6:881-884. (Wang Y P. The effect of soybean saponin and ginseng saponin on diabetes and atherosclerosis[J]. Journal of Bai Qiuen Medical University, 1994,6: 881-884.)
- [9] 陈曾三.大豆皂苷功能性[J].粮食与油脂,2000,2:48-49. (Chen Z S. Functions of soybean saponin [J]. Grain and Oil, 2000,2:48-49.)
- [10] 唐传核,杨晓宗,彭志英.大豆皂苷最新研究概况[J].大豆科学,2001,1:60-65. (Tang C H, Yang X Z, Peng Z Y. The latest research report of soybean saponin[J]. Soybean Science,2001,1: 60-65.)
- [11] 孙学斌.大豆皂苷及其抗肿瘤作用[J].木本植物研究,2000,3:328-331 (Sun X B. Soybean saponin and its effect of anti-tumour[J]. Wood Plant Research,2000,3:328-331.)
- [12] 郁利平,赵清池,刘及.大豆皂苷对小鼠细胞免疫功能的增强作用[J].中国免疫学杂志,1992,3:191-193. (Yu L P, Zhao Q C, Liu J. The enhancing effect of soybean saponin on the immunity function of mice cell [J]. Journal of China Immunology, 1992,3: 191-193.)
- [13] 贺竹梅,张奉学,邓文娣,等.大豆皂甙复合物抑制猴免疫缺陷病毒活性的观察[J].应用与环境生物学报,1998,4:383-385. (He Z M, Zhang F X, Deng W D, et al. Study of soybean saponin's inhibition activity on monkey HIV [J]. Journal of Application and Environmental Biology, 1998,4:383-385.)
- [14] 向辽源,齐晓丽,赵莉,等.大豆皂苷药理活性研究进展[J].中国现代中药,2006,1:25-26. (Xiang L Y, Qi X L, Zhao L, et al. Research development of soybean saponin's pharmacological activity [J]. Modern Chinese Medicine,2006,1:25-26.)
- [15] 马杰,吴彩娟,苏宝根,等.大豆皂苷分离纯化方法研究进展[J].化工时刊,2007,6:47-50 (Ma J, Wu C J, Su B G, et al. Research development of soybean saponin's separation and purification [J]. Journal of Chemical Industry,2007,6:47-50)
- [16] 郑竟成.大豆皂甙的提取与应用[J],中国商办工业,2001,9:44-45. (Zheng J C. Extraction and application of soybean saponin [J]. Chinese Commercial Industry,2001,9:44-45)
- [17] 田晶,卢明春,苏志国. AB-8 树脂法提取大豆皂苷的研究[J].食品与发酵工业,2000,1:16-18. (Tian J, Lu M C, Su Z G. Research of soybean saponin extraction by resin [J]. Food and Fermentation Industry,2000,1:16-18)
- [18] 潘廖明,姚开,贾冬英,等.超声辅助提取大豆异黄酮的研究[J].中国油脂,2003,11:85-87. (Pan L M, Yao K, Jia D Y. et al. Study of supersonic extraction of soybean isoflavone [J]. Chinese Oil and Fat,2003,11:85-87.)
- [19] 贾建波.大豆胚芽经微波和超声波前处理提取皂苷和异黄酮研究[J].江苏农业科学,2004,5:105. (Jia J B. Study of saponin and isoflavone extraction from soybean embryo by microwave and supersonic [J]. Jiangsu Agricultural Science,2004,5:105.)
- [20] 李华,李丹.超声辅助法提取分离大豆皂苷的实验研究[J],食品工业科技,2007,5:168-171. (Li H, Li D. Study of soybean saponin extraction by supersonic [J]. Science and Technology of Food Industry,2007,5:168-171.)
- [21] 李华,孙江伟.微波辅助法从大豆废料中提取分离大豆皂苷的实验研究[J].食品科技,2007,4:230-233. (Li H, Sun J W. Study of extraction of soybean saponin from waste soybean material by microwave [J]. Food Science and Technology, 2007, 4: 230-233.)
- [22] 李小霞,雷继鹏,谷志仁.大豆异黄酮大豆皂甙的纯化工艺研究[J]粮食与油脂,2003,3:42-45. (Li X X, Lei J P, Gu Z R. Study on purification technology of soybean isoflavone and saponin [J]. Grain and Oil and Fat,2003,3:42-45.)
- [23] 孟凡钢,富健,王新风,等.大豆皂甙研究进展与应用[J].中国农业科技导报,2007,4:66-72. (Meng F G, Fu J, Wang X F, et al. Research development and application of soybean saponin [J]. Journal of Chinese Agricultural Science and Technology,2007,4: 66-72.)
- [24] 胡学烟,王兴国.大豆皂甙的研究进展(I) [J].中国油脂,2001,4:29-33. (Hu X Y, Wang X G. Research development of soybean saponin(I) [J]. Chinese Oil and Fats,4:29-33.)
- [25] 周秀琴.天然表面活性剂皂树皂苷的性质及应用[J].杭州食品科技,2003,4:11-13. (Zhou X Q. Properties and application of natural surface acting agent of soapbark saponin [J]. Hangzhou Food Science and Technology,2003,4:11-13.)