

# 野生资源植物金荞麦化学成分及活性物质研究综述

黄仁术<sup>1,2</sup>, 易凡<sup>2</sup> (1. 植物细胞工程安徽省工程技术研究中心, 安徽六安 237012; 2. 皖西学院生物与制药工程学院, 安徽六安 237012)

**摘要** 野生资源植物金荞麦某些活性物质具有明显的抗菌和抗肿瘤作用。该文对金荞麦的化学成分、抗菌活性物质、抗肿瘤活性物质和活性物质提取分离工艺的研究现状进行了详细综述, 并在此基础上对今后的研究方向提出了建议, 为金荞麦药效物质的有效开发提供一定思路, 也有利于将地方野生资源优势持续、有效地转变为经济优势。

**关键词** 金荞麦 [*Fagopyrum cymosum* (Trev.) Meism]; 化学成分; 活性物质; 综述

**中图分类号** S517 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)08-03379-03

金荞麦 [*Fagopyrum cymosum* (Trev.) Meism] 系蓼科 (Polygonaceae) 荞麦属 (*Fagopyrum*) 多年生草本植物, 属国家二级保护的野生植物, 分布于我国黄河以南各省区。金荞麦具有清热解毒、健脾利湿和下气消积之功效, 可用于治疗肺疮疡、绞肠、肠胃积滞、痢疾和腹泻等。现代药理研究表明, 金荞麦还具有抗肿瘤、降血糖、调节血脂、抗氧化和镇痛解热等多种功效<sup>[1]</sup>。近年来, 关于荞麦属药用植物的研究引起了国内外药学界的广泛重视, 并发现了一些新的用途。如其块根活性提取物 (主要为类黄酮次生代谢产物) 具有明显的抗癌、抑制肿瘤细胞肺侵袭和转移, 以及消炎抗菌等重要作用, 是多种有效药物的主要成分之一, 在市场上已供不应求<sup>[2-3]</sup>。因此, 笔者对金荞麦药用成分的研究进展进行综述, 并在此基础上指明进一步研究的趋势, 以期为金荞麦资源的有效开发和地方野生资源优势的持续发展提供依据。

## 1 金荞麦化学成分研究

20 世纪 50 年代, 国外学者 Imai 等从金荞麦叶中分离出芦丁, 含量达 4.0% ~ 8.5%<sup>[4]</sup>。Takahashi 等从根茎中分离出一种名为 Shakuchirin 的化合物, 碱水解时生成对香豆酸和阿魏酸以及葡萄糖<sup>[5]</sup>。目前, 国内学者将金荞麦根茎的乙醇提取物浓缩浸膏加水混悬, 再用石油醚、氯仿、乙酸乙酯和正丁醇等依次萃取, 所得各部位浸膏经柱色谱分离, 得到的单体化合物再通过理化鉴别和红外光谱法 (IR)、紫外光谱法 (US)、核磁共振法 (<sup>1</sup>H-NMR、<sup>13</sup>C-NMR) 和质谱法 (MS) 等光谱解析, 鉴定其结构。其中, 林静鉴定石油醚部位含有赤杨酮、3,11-二氧-β-香树脂烯和 β-谷甾醇, 氯仿部位含有阿魏酸和胡萝卜苷<sup>[1]</sup>。吴和珍等鉴定氯仿部位含有红车轴草黄酮、木犀草素 7,4'-二甲醚和 β-谷甾醇, 乙酸乙酯部位含有大黄素、鼠李素、3,6,3',4'-四羟基-7-甲氧基黄酮和 β-胡萝卜苷<sup>[6]</sup>。邵萌将乙醇浸膏用石油醚、乙酸乙酯和正丁醇依次萃取, 鉴定其石油醚部位含有赤杨酮、赤杨醇、β-谷甾醇和棕榈酸单甘油酯, 乙酸乙酯部位含有反式对羟基桂皮酸甲酯、3,4-二羟基苯甲酰胺、原儿茶酸、原儿茶酸甲酯、琥珀酸、木犀草素、槲皮素、槲皮苷和 (-)-表儿茶素, 正丁醇部位含有芸香苷、胡萝卜苷、正丁醇-β-D-吡喃型果糖苷<sup>[7]</sup>。赵利琴等还

从乙酸乙酯部位首次发现了圣草酚、3,5-二甲氧基苯甲酸 4-O-葡萄糖苷、N-反式香豆酰酰胺和丁香酸<sup>[8]</sup>。

综合上述, 金荞麦的化学成分主要分为苷类、黄酮类、甾体类、萜类、有机酸类及其他化合物。但就目前而言, 上述化学成分的研究尚处于定性阶段, 定量研究很少, 并且都集中在香荚兰素-盐酸分光光度法<sup>[9]</sup>、高效液相色谱法 (HPLC)<sup>[1,10]</sup>、毛细管电泳-电化学检测法 (CE-ED)<sup>[11]</sup> 测定 (-)-表儿茶素上。今后需要建立有关化学成分的快捷、高效检测方法, 如分光光度法、薄层色谱法 (TLC)、电化学检测法 (ED)、光电二极管阵列检测法 (PDA)、荧光检测法 (FLD)、化学发光检测法 (CL) 和毛细管电泳法 (CE) 等。在综合分析其药理活性与开发价值的基础上, 建立其活性物质效价开发体系, 从而为金荞麦这一药用植物资源的开发提供重要的科学依据, 也为系统全面的评价金荞麦药材质量和创新药物的开发奠定基础。

## 2 金荞麦活性物质研究

**2.1 金荞麦抗菌活性物质研究** 当前, 金荞麦抗菌研究多停留在初始提取物层面, 且报道不一。据《中华本草》记载, 金荞麦全草的乙醇提取物对鸡白痢沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和肺炎链球菌等均有抑制作用<sup>[12]</sup>。周玉岩等报道, 金荞麦根乙醇提取物对猪链球菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌等体外抑菌效果较好, 对大肠杆菌等体外抑菌效果相对较弱, 而金荞麦根水提取物对上述病菌的体外抑菌效果很弱或无抑菌效果<sup>[13]</sup>。冯黎莎等则报道金荞麦根茎或茎叶的乙醇、水、石油醚 6 种提取物对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和枯草芽孢杆菌等都有明显的抑菌作用<sup>[14-15]</sup>。闫继平等开展的正丁醇萃取部分的体内外抑菌试验<sup>[16]</sup>, 但上述研究均未揭示抑菌活性的物质基础。

现有理论认为, 金荞麦不同溶剂提取物的抑菌活性不同, 相同溶剂对不同菌种的抑菌活性也不同, 这是因为不同溶剂所提取的化学成分的类别和含量不同, 以及活性成分对不同菌种的菌丝或孢子的生长抵制能力不同所致<sup>[17]</sup>。因此, 笔者对金荞麦抗菌活性物质的研究还有待进一步深入, 需要弄清有关化合物的构效关系与作用机制, 以及某一级提取物中各化合物在药效上的互作关系。同时, 考虑内生真菌与植物的共生关系, 有可能与宿主交换遗传信息, 从而产生相似或相同生理活性的次级代谢产物, 是潜在的微生物药物开发资源, 故应进一步加强金荞麦内生真菌的筛选研究。如

**基金项目** 安徽省高校省级自然科学研究重点项目, 编号 KJ2012A280; 国家级大学生创新创业训练计划项目, 编号 201210376004。

**作者简介** 黄仁术 (1976-), 女, 新疆阿克苏人, 副教授, 硕士, 从事天然活性物质研究, E-mail: ahhrs@126.com。

**收稿日期** 2013-03-19

张传博等已报道金荞麦内生真菌的发酵醇提取物对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、小麦赤霉病菌、黄瓜枯萎病菌和绵腐病菌等均有较好的抑菌活性<sup>[18]</sup>。

**2.2 金荞麦抗肿瘤活性物质研究** 对多种化疗药物产生耐药现象是恶性肿瘤治疗中最常见和最棘手的问题,出现这种现象最重要的原因之一是肿瘤细胞存在着多药耐药性基因。国外研究发现,金荞麦中多羟基单宁具有十分广泛的生物活性,如抗突变和抑制致癌促进因子等抗肿瘤作用<sup>[19-20]</sup>。国内姚荣成等也从金荞麦根茎中筛选到对体外肿瘤细胞和试验性动物肿瘤有明显抑制作用的活性部位,并证明该活性部位是1种抗癌活性很高的原花色苷缩合性单宁混合物,混合物的基本单元为(-)-表儿茶素,包括:(-)-表儿茶素、(-)-表儿茶素-3-O-没食子酸酯、原矢车菊素 B-2、原矢车菊素 B-4、原矢车菊素 C-1 和原矢车菊素 B-2-3,3'-没食子酸酯<sup>[21]</sup>。而目前有试验证明,(-)-表儿茶素没食子酸酯、(-)-表没食子儿茶素、(-)-表儿茶素和(-)-表没食子儿茶素没食子酸酯等均具有明显的逆转肿瘤多药耐药性的作用<sup>[22]</sup>。

Pui-Kwong Chan 研究发现,金荞麦提取物对结肠癌细胞(HCT116)的生长具有抑制作用,对宫颈癌细胞(Hela-S3)不敏感<sup>[23]</sup>。陈晓锋报道金荞麦根茎乙醇提取物的丙酮萃取部分(Fr4)对结肠癌细胞(SW1160)、黑色素细胞(B16)和胃癌细胞(BGC-823)无明显影响<sup>[24]</sup>。刘红岩等也报道金荞麦提取物对黑色素瘤细胞(B16-BL6)增殖无明显抑制作用<sup>[25]</sup>。徐国晖<sup>[26]</sup>和胡美英<sup>[27]</sup>报道,FCR(金荞麦根部乙醇提取的有效成份)作体内试验治疗动物肿瘤,对黑色素瘤和宫颈癌(U14)均有抗癌作用,且毒性较小。梁明达<sup>[28]</sup>和孟凡虹等<sup>[29]</sup>报道金 E 对宫颈鳞癌细胞(HeLa)和胃腺癌细胞(SGC<sub>7901</sub>)的杀伤率分别为 85.5% 和 78.2%,对人癌细胞的集落生长起到抑制作用。此外,研究表明,金荞麦对克雷伯杆菌肺炎大鼠肺组织损伤<sup>[30]</sup>和心肌组织损伤<sup>[31]</sup>均有保护作用。Pui-Kwong Chan 试验的金荞麦提取物经 HPLC 分析,大约有 4 种主要成分和 20 种次要成分<sup>[23]</sup>。

**2.3 金荞麦活性物质提取分离工艺研究** 目前,对金荞麦活性物质提取分离工艺的研究都集中在黄酮类成分上。如唐宇等确定金荞麦籽粒中总黄酮的最佳提取工艺为:乙醇浓度 80%、料液比 1:40(W/V,g/ml,下同)、提取温度 60℃、提取时间 2.5 h<sup>[32]</sup>。黄仁术等在单因素试验的基础上,通过正交试验确定了溶剂法提取(-)-表儿茶素的最佳提取工艺为:乙醇浓度 60%、提取温度 20℃、料液比 1:18、提取时间 30 min<sup>[33]</sup>;确定了超声波辅助法提取(-)-表儿茶素的最佳提取工艺为:超声功率 250 W、乙醇浓度 45%、料液比 1:18、处理温度 20℃、处理时间 10 min<sup>[34]</sup>。王文彤等采用 HPLC 法测定表儿茶素,确定优选工艺为:料液比 1:10,乙醇浓度 45%,回流提取 3 次,每次 1.5 h<sup>[35]</sup>。盛华刚等考察了不同型号大孔树脂对金荞麦表儿茶素的纯化效果<sup>[36]</sup>。此外,李华磊等确定金荞麦原花青素 B2 的提取工艺为:乙醇浓度 50%、pH7、温度 65℃、提取 3 次、每次 1 h<sup>[37]</sup>;并进一步确定 X-5 型树

脂对原花青素 B2 有较好的吸附分离性能,最佳吸附条件为 3.5 BV 浓度为 0.12 g/ml 的生药、pH3、流速 2 BV/h,解吸液为 3 BV,乙醇水溶液浓度 60%、流速为 2 BV/h<sup>[38]</sup>。

有关金荞麦抗菌、抗肿瘤活性物质的分离纯化工作仍将任重而道远,亟需合理采用并优化设计溶剂萃取法、离子沉淀法、树脂吸附法、超临界萃取法、膜分离法、微波法和超声波法等粗提工艺,以及凝胶柱层析法(Sephadex LH-20)、高速逆流色谱法(HSCCC)、HPLC 等纯化工艺,以建立金荞麦活性物质的高效分离工艺体系。同时,考虑金荞麦中所含的原花色苷缩合性单宁混合物性质很不稳定,能够自身聚合,易于氧化,如能在提取工艺及分离手段等方面加以改进以提高药物的稳定性,或进一步分离提纯并筛选出更有效的化学成分,提高其抗菌、抗癌效价,中药金荞麦将有望开发成为疗效显著的抗菌、抗癌新药,其广阔的药用资源也将得以充分的开发与利用。

### 3 小结与展望

当前,癌症已成为文明国家主要的治疗问题。资料表明,我国每年新生肿瘤患者约 212.7 万人,其中恶性肿瘤新生患者 106 万左右;同时,全国约有 268.5 万的肿瘤现有患者,其中恶性肿瘤现有患者约 148.5 万<sup>[39]</sup>。我国每年用于癌症患者的医疗费用近千亿元,癌症给患者个人、家庭及社会造成了沉重的经济负担,如任其继续发展和蔓延,将会直接威胁到社会的和谐与稳定。另一方面,近年来由于抗生素的超剂量及不合理使用,导致临床耐药菌株迅速增加,抗生素的抗菌活性下降,从保证食品安全、保护环境和克服有害生物抗性世界共同关心的问题出发,减少耐药菌株的出现和研究合成新的抗菌药物已成为一个世界性问题。而中药正以无残留、无毒副作用及细菌不易产生耐药性等优势日益被人们关注。

可见,开展金荞麦抗菌、抗肿瘤活性物质的研究与开发工作,尤其利用药效学追踪法探寻金荞麦抗菌、抗肿瘤活性物质,并在分离提纯的基础上,采用一系列理化方法、光谱分析方法、电泳和电化学方法和酶分析方法等技术检测活性物质在生理、生化和细胞形态等方面的作用机制及构效关系,具有重要意义。但金荞麦的抗肿瘤作用是否属多种成分的共同作用结果,以及其抗肿瘤机制等等都尚不清楚。所以今后亟需发展以下几方面研究:根据药效学追踪,明确金荞麦抗肿瘤作用的有效部位,并通过分离提纯提高其抗癌效价;从分子水平甚至基因水平进行更深入的研究,揭示其抗肿瘤作用的有效靶点,为临床应用提供更多的指导依据;鉴于金荞麦有一定抗侵袭及转移作用,需要进一步阐明其干预肿瘤细胞侵袭及转移的价值和意义。

### 参考文献

- [1] 林静. 金荞麦的生药学及化学成分研究[D]. 武汉:湖北中医学院, 2006.
- [2] 艾群,王斌,王国清. 金荞麦制剂的抑菌研究[J]. 黑龙江医学, 2002, 26(9): 666.
- [3] PUI-KWONG CHAN. 金荞麦体外抑制肿瘤细胞生长的研究[J]. 中西医结合学报, 2003, 1(2): 128-131.
- [4] IMAI K. Phytochemical component of Fagopyrum cymosum[J]. J Pharm

- Soc Jap, 1951, 71: 266.
- [5] KREWSON C F. Buckwheatle-leaf-meat fat. II. ComPosition of the fatty acids[J]. J Am Oil Chem Soc, 1952, 19: 4.
- [6] 吴和珍, 周洁云, 潘宏林. 金荞麦化学成分的研究[J]. 中国医院药学杂志, 2008, 28(21): 1829-1831.
- [7] 邵萌. 金荞麦的化学成分研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2004.
- [8] 赵利琴, 张小平, 张朝凤. 金荞麦乙酸乙酯萃取物化学成分的分离鉴定[J]. 食品科学, 2011, 32(19): 16-22.
- [9] 黄仁术, 王得胜, 何晓梅, 等. 分光光度法测定金荞麦(-)-表儿茶素含量的方法研究[J]. 中国野生植物资源, 2012, 31(3): 36-39.
- [10] 何美珊, 钱炳辉, 王兆龙, 等. HPLC 法测定金荞麦中(-)-表儿茶素含量[J]. 中草药, 2005, 36(3): 441-442.
- [11] 侯建霞, 汪云, 程宏英, 等. 毛细管电泳-电化学检测测定荞麦中表儿茶素、芦丁、槲皮素的含量[J]. 食品科技, 2007(2): 241-244.
- [12] 中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 629-632.
- [13] 周玉岩, 乔红杰, 李春玲, 等. 金荞麦提取物体外抗菌活性研究[J]. 中兽医医药杂志, 2009(5): 44-46.
- [14] 冯黎莎, 陈放, 白洁. 金荞麦的抑菌活性研究[J]. 武汉植物学研究, 2006, 24(3): 240-244.
- [15] 王立波, 邵萌, 高慧媛, 等. 金荞麦抗菌活性研究[J]. 中国微生物学杂志, 2005, 17(5): 330-331.
- [16] 闫继平, 王立波, 李维, 等. 金荞麦抗菌活性研究[J]. 中国现代中药, 2006, 8(6): 21-23.
- [17] 黎莎, 付先龙, 陈放, 等. 金荞麦提取物对植物病原菌的抑菌活性初探[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2006, 43(3): 688-691.
- [18] 张传博, 陈荣林, 殷幼平, 等. 金荞麦和苦荞麦抗菌活性内生真菌的筛选及鉴定[J]. 微生物学通报, 2011, 38(1): 70-77.
- [19] OKUDA T, MORI K, HATANO T. Relationship of the structures of tannins to the binding activities with hemoglobin and methylene blue[J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 1985, 33(4): 1424-1433.
- [20] KAKIUCHI N, HATTORI M, NAMBA T, et al. Inhibitory effect of tannins on reverse transcriptase from RNA tumor virus[J]. J Nat Prod, 1985, 48(4): 614-621.
- [21] 姚荣成, 黄梅芬. 云南产金荞麦根茎抗肿瘤有效部位的化学研究[J]. 云南植物研究, 1989, 11(2): 215-218.
- [22] 冉铁成, 王毅, 刘新起, 等. 茶多酚主要成分对肿瘤多药耐药性的逆转作用[J]. 核化学与放射化学, 2003, 25(2): 74-80.
- [23] CHAN P K. Inhibition of tumor growth in vitro by the extract of Fagopyrum cymosum(fago-c)[J]. Life Sci, 2003, 72(16): 1851-1858.
- [24] 陈晓锋. 金荞麦有效部位抗肿瘤作用及其机制的研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2001.
- [25] 刘红岩, 韩锐. 金荞麦提取物抑制肿瘤细胞侵袭、转移和 HT-1080 细胞产生 IV 型胶原酶的研究[J]. 中国药理学通报, 1998, 14(1): 36-39.
- [26] 徐国晖. 金荞麦根的抗癌实验研究[J]. 中草药, 1982, 13(2): 48.
- [27] 胡美英. 金荞麦抗癌研究肿瘤防治[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1989: 981-986.
- [28] 梁明达, 贾伟, 陈昆昌, 等. 金荞麦根素体外抗癌作用的研究[J]. 云南医药, 1991, 12(6): 364-369.
- [29] 孟凡虹, 包群, 高倬. 金荞麦根体外培养人肿瘤细胞的抗癌研究[J]. 昆明医学院学报, 1994, 15(2): 18, 23.
- [30] 董六一, 汪春彦, 吴常青, 等. 金荞麦对克雷伯杆菌肺炎大鼠肺组织中 TLR2/4, MyD88 mRNA 和 I $\kappa$ B- $\alpha$  表达的影响[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(2): 200-204.
- [31] 汪春彦, 吴常青, 江勤, 等. 金荞麦对克雷伯杆菌肺炎大鼠心肌损伤中炎症细胞因子表达的影响[J]. 安徽医科大学学报, 2011, 46(1): 44-48.
- [32] 唐宇, 彭德川, 孙俊秀, 等. 金荞麦籽粒中总黄酮提取工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(6): 54-57.
- [33] 黄仁术, 尹汪斌, 何晓梅, 等. 乙醇提取金荞麦(-)表儿茶素类活性物质的工艺[J]. 生物加工过程, 2011, 9(4): 35-40.
- [34] 黄仁术, 张伟, 陈灿灿, 等. 超声波辅助法提取金荞麦(-)表儿茶素类活性物质工艺条件研究[J]. 药物生物技术, 2011, 18(2): 95-99.
- [35] 王文彤, 张娜, 郑夺, 等. 正交试验优选金荞麦的提取工艺研究[J]. 中草药, 2012, 43(2): 303-304.
- [36] 盛华刚, 朱立俏. 不同型号大孔树脂对金荞麦中有效成分的纯化工艺考察[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(24): 41-44.
- [37] 李华磊, 曾小青, 赵骏. 正交试验优化金荞麦抗癌成分提取工艺的研究[J]. 现代中药研究与实践, 2011, 25(2): 61-63.
- [38] 李华磊, 赵骏. 金荞麦抗癌成分大孔树脂纯化工艺的研究[J]. 中华中医药学刊, 2011, 29(8): 1876-1878.
- [39] 中国抗肿瘤药物市场研究报告[R]. 广州: 广州标点医药信息有限公司, 2010.

(上接第 3340 页)

由表 3 可见, 影响白藜芦醇提取率的因素主次顺序为 A > D > C > B > E, 即漆酶 > 纤维素酶 >  $\beta$ -葡聚糖酶 > 木聚糖酶 > pH, 最优的白藜芦醇提取条件组合为 A<sub>1</sub>D<sub>3</sub>C<sub>4</sub>B<sub>3</sub>E<sub>1</sub>。试验表明, 用 A<sub>1</sub>D<sub>3</sub>C<sub>4</sub>B<sub>3</sub>E<sub>1</sub> 组合的工艺条件进行提取, 白藜芦醇的提取率为 0.578%, 高于其他组合, 故确定漆酶水平 0.30%, 纤维素酶水平 0.50%, 木聚糖酶水平 0.70%,  $\beta$ -葡聚糖酶水平 0.40%, pH 4.4 为酶水解提取白藜芦醇的最佳工艺参数。

### 3 结论

该试验以虎杖为原料, 采用酶水解法提取白藜芦醇, 为白藜芦醇的高值化利用提供研究基础。单因素试验及正交试验分析表明, 漆酶对白藜芦醇提取率的影响最为显著, 其次为纤维素酶、 $\beta$ -葡聚糖酶、木聚糖酶、pH。白藜芦醇提取的最佳工艺参数为漆酶水平 0.30%, 纤维素酶水平 0.50%, 木聚糖酶水平 0.70%,  $\beta$ -葡聚糖酶水平 0.40%, pH 4.4, 料水比 1: 15。在此最优工艺条件下, 白藜芦醇的提取率可达 0.578%。该工艺利用酶水解虎杖中的白藜芦醇组分, 无需

经白藜芦醇提取预处理, 可节省生产周期及原料成本, 为白藜芦醇开发及综合利用提供研究基础。

### 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[S]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 145.
- [2] 卢艳花. 中药有效成分提取分离技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 7.
- [3] 赵鸿宾, 陈华国, 龚小见. 酶解法提取虎杖中的白藜芦醇[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2010, 28(2): 104-106.
- [4] 赵鸿宾, 陈华国, 周欣, 等. 虎杖中白藜芦醇的提取工艺[J]. 华西药学杂志, 2010, 25(1): 85-86.
- [5] 葛宏华, 武赞, 肖亚中. 漆酶空间结构、反应机理及应用[J]. 生物工程学报, 2011, 27(2): 156-163.
- [6] 何玮璇, 张永亮.  $\beta$ -葡聚糖酶的特性、功能及应用研究[J]. 广东饲料, 2010, 19(8): 19-21.
- [7] 宋宏新, 传娟娟, 刘静. 虎杖中白藜芦醇的酶法制备[J]. 西北植物学报, 2010, 30(12): 2550-2554.
- [8] 宋宏新, 刘静, 柏红梅, 等. 酶法转化制备虎杖中的白藜芦醇[J]. 食品科技, 2009, 34(4): 202-205.
- [9] 李易非, 李多伟. 酶解法提取虎杖中白藜芦醇的工艺研究[J]. 中成药, 2009, 31(9): 1449-1450.
- [10] 叶秋雄, 黄苇. 虎杖中白藜芦醇含量的测定方法[J]. 食品工业科技, 2010, 5(2): 359-362.