

# 芦丁的提取纯化及其衍生物的制备工艺研究

李玉山\*(西安惠丰生化有限公司,西安 710075)

中图分类号 R351.0 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2014)27-2587-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2014.27.31

**摘要** 目的:了解芦丁的提取纯化工艺及其衍生物的制备工艺。方法:主要有热水提取法、甲醇提取法、碱性乙醇提取法、碱水热提取法、微波提取法、超声辅助碱提取酸沉法、超临界CO<sub>2</sub>萃取法、双水相萃取法、大孔树脂吸附法、酶解提取法、表面活性剂协同提取法、连续萃取法、分子形态转变法、葡聚糖凝胶法等。结果与结论:芦丁的衍生物主要有芦丁金属配合物、槲皮素、鼠李糖、曲克芦丁、芦丁硫酸酯、二氢槲皮素等。芦丁在医药、日化、食品等领域有着广泛的应用,近年来已成为研究的热点。

**关键词** 芦丁;提取纯化;衍生物;黄酮类化合物

芦丁是黄酮醇槲皮素与芸香二糖 $\alpha$ -L-鼠李吡喃糖基-(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -D-葡萄糖吡喃糖之间形成的糖苷,异名:芸香苷、维生素P、紫槲皮苷、路丁、路丁粉、路通、络通、紫皮苷。浅黄色针状结晶,熔点 176~178 °C,1 g溶于7 ml 甲醇、8 000 ml水、200 ml沸水、23 ml沸乙醇、290 ml冷乙醇,难溶于冷水,易溶于碱水。芦丁来源于芸香叶、烟叶、枣、杏、橙皮、番茄、荞麦花等中;芸香科植物芸香 *Ruta graveolens* L.全草挥发油;豆科植物槐 *Scphora japonica* L.果实(槐角)的主要成分;金丝桃科植物红旱莲 *Hypericum aseylon* L.全草;鼠李科植光枝勾儿茶 *Berchemia polyphylla* Wall, var *leioclada* Hand. - Mazz.;大戟科植物野梧桐 *Mallotus japonicus* Muell. - Arg 叶;蓼科植物荞麦 *Fagopyrum esculentum* Moench 籽苗。芦丁亦存在于巴西芸香树的果实中、塔状树的果实和花中、水果和果皮中[特别是柑橘类水果(橘子、柚子、柠檬和酸橙)]以及桑葚、灰树果实以及越橘等浆果中。芦丁也是一种存在于黏核桃中的主要黄酮醇之一。芦丁的名字来自于芸香(*Ruta graveolens*),后者是一种亦

含有芦丁的植物。芦丁有时也被称为维生素P,尽管它不是严格意义上的维生素。在巴西芸香(*Dimorphandra mollis*)中,芦丁的合成是经过芦丁合酶的活性来完成的。芦丁(槲皮素芸香糖苷)与槲皮苷一样,是一种黄酮类化合物槲皮素的糖苷;就其本身来说,他们的化学结构式是非常相似的,然而所携带的羟基并不一样。槲皮素和芦丁两者都被很多国家作为提供血管保护的用药,且是多种多维生素制剂与草药疗法的成分<sup>[1]</sup>。

## 1 芦丁的提取

提取芦丁的方法很多,目前我国有酸碱提取法,其提取原理为因芦丁的结构中含有酚羟基与碱成盐后溶于水,向此盐溶液中加入酸,调节溶液pH,芦丁又重新游离析出。除此之外还有沸水提取法、酸提法、碱水煮法、碱水浸提法、微波提取法、连续萃取法等。

### 1.1 热水提取法

文献<sup>[2]</sup>报道了槐米粗粉以沸水煮10 min,2次,水液放冷析

- [J].现代食品科技,2006,22(3):134.
- [23] 冯涛,郁晶晶,杨晓波.凉粉草多糖提取及纯化工艺的研究[J].食品工业,2010(1):82.
- [24] 蒋文明,李爱军,汪辉,等.微波辅助碱液提取凉粉草多糖[J].食品科学,2011(4):12.
- [25] 马星,林莹,刘小玲,等.凉粉草胶的超声辅助提取及胶体性质研究[J].食品与发酵工业,2010,36(3):166.
- [26] 于辉,蓝宝华,邱桂平.仙草胶提取方法比较研究[J].中国食品添加剂,2011,22(1):141.
- [27] 尹怀霞,黎锡流,潘兆广,等.纤维素酶提取凉粉草多糖的研究[J].食品科技,2007,38(5):126.
- [28] 冯翠兰,刘富来,董华强.酶法提取凉粉草胶最佳工艺及不同产区凉粉草胶含量比较[J].广东农业科学,2009(3):65.
- [29] 何明祥.仙草中黄酮的热水法提取[J].农产品加工:学刊,2008,4(8):43.
- [30] 朱良,尹怀霞.超声强化提取仙草黄酮及其抗氧化活性研究[J].饲料工业,2010,31(19):20.
- [31] 刘志伟,吴和明,张晨.酶法提取仙人草黄酮类化合物的研究[J].时珍国医国药,2010,21(11):2 903.
- [32] 张瑞霞,谢敏.凉粉草中总黄酮的提取工艺研究[J].北方药学,2012,9(8):37.
- [33] 黄松一,丁婕,郭云凤,等.凉粉草总黄酮提取工艺优化[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(5):5.
- [34] 邓冲,李瑞明.凉粉草挥发油化学成分的气相色谱-质谱联用分析[J].中国当代医药,2012,19(13):68.
- [35] 陈飞龙,邢学锋,汤庆发.超临界CO<sub>2</sub>萃取法与水蒸气蒸馏法提取凉粉草挥发油及其GC-MS分析[J].中药材,2012,35(8):1 270.
- [36] 冯涛,吴云奇.凉粉草总多酚的提取及其咖啡酸的检测[J].食品工业,2009(3):70.
- [37] 曹崇江,刘晓庚,王项俊.仙草色素的提取研究[J].食品研究与开发,2007,28(11):64.
- [38] 彭梦侠,陈梓云.仙人草棕色素的提取及稳定性研究[J].食品研究与开发,2009,30(2):175.

\* 工程师。研究方向:天然产物化学。E-mail:liyushan0508@sina.com

(收稿日期:2014-03-13 修回日期:2014-05-13)

出沉淀,热水重结晶得芦丁。该法利用了芦丁在沸水中溶解,放冷后沉淀的特点。由于芦丁在热水中溶解度很小,该法用水量实在太大,无实际利用价值。

### 1.2 甲醇提取法

文献<sup>[3]</sup>报道了槐米粗粉以甲醇回流提取2次,滤液合并浓缩,滤过,得到结晶;母液再次浓缩滤过得到沉淀,合并沉淀以乙醚洗涤,得到结晶。甲醇在溶剂法提取应用较广,可将弱极性和较强极性的成分同时提取出,但色素含量较大。芦丁弱溶于甲醇,可采用甲醇回流法提取,但叶红素、叶绿素的含量在《美国药典》(NF11版)中都有规定,该法提取的芦丁色价高,但成本也高,处理量小,工艺繁杂,目前国内只有极少厂家应用。

### 1.3 碱性乙醇提取法

文献<sup>[4]</sup>报道了槐米粗粉以95%乙醇回流30 min,1次,加石灰水和硼砂调pH至8.5,回流50 min,药渣依上法再次提取,2次提取液浓缩,得到浓缩液加盐酸调pH至3.0,得沉淀,水洗,干燥得到粗品芦丁。粗品芦丁加石灰水调pH至8.0,加热溶解,保温15 min,加磷酸调pH至6.5,保温45 min,滤过,得到滤液与沉淀,沉淀以水洗,水液与前面滤液合并,加盐酸调pH至3.0,40℃静置8 h,得到沉淀,水、乙醇洗涤,得到精品芦丁。该法提取部分利用芦丁在碱性下易溶酸性下沉淀的性质将芦丁提取,芦丁在乙醇中基本不溶,可将杂质溶解在乙醇中,虽成本太高,但精制部分值得借鉴。

### 1.4 热碱水提取法

文献<sup>[5]</sup>报道了槐米粗粉以pH8~9碱水煮沸,碱水液调pH至2~3,抽滤,沉淀加热溶解,抽滤,滤液冷却过滤,沉淀以水洗,烘干得芦丁。该法以热碱液提取,得率高,但杂质亦多,芦丁的黄酮母核易破坏,精制以热水也不合适。

### 1.5 微波提取法

文献<sup>[6]</sup>报道了以芦丁提取率为评价指标,采用管道式微波连续提取设备,以10倍量90%甲醇在65℃下提取5 min,减少了环境污染,但成本高,处理量小。文献<sup>[7]</sup>报道了以320 W微波,18倍量65%乙醇浓度提取4 min,提取率不足19%,不适合工业生产。在传统提取过程中,由于能量累积和渗透过程进行的方式无规律,提取选择性很差,微波提取可以对不同组分选择性加热,具有良好的选择性。微波提取可供选择的萃取溶剂多,可将提取液在较短时间加热到常压沸点以上,提高了溶剂的沸点,而且不会分解有效成分,缩短了提取时间,提高了提取效率。

### 1.6 超声辅助碱提取酸沉法

文献<sup>[8]</sup>报道了槐米以pH9石灰乳超声微沸0.5 h,滤液在70~75℃下以盐酸调pH至4,搅匀静置,洗酸,干燥,提取率17.83%,该法实验室可做。超声提取法利用溶剂和提取液之间产生声波空化作用,超声波在正相位和负相位的交替作用,可使溶液内气泡形成,增大,爆破,增加溶剂和固体的接触面积,从而提高传质速率,提高提取效率,实际中可利用超声波来清洗、杀菌、雾化、无损检测、干燥等,是一种应用广泛且成熟的技术。

### 1.7 碱提取酸沉法

文献<sup>[9]</sup>报道了将20~40目槐花粉以12倍量含3%的硼砂

饱和氢氧化钙液调pH至9,温度95~100℃,提取30 min,2次,提取液以盐酸调pH至3,静置4 h,此法处理量大,操作方便,成本低,适合工业生产。

### 1.8 超临界CO<sub>2</sub>萃取法

文献<sup>[10]</sup>报道了采用超临界CO<sub>2</sub>萃取法,以正交试验优选了工艺参数:苦荞麦水分3%,萃取压力30 Mpa,温度35℃,时间80 min,芦丁得率1.3%。CO<sub>2</sub>在超临界下具有气体和液体的双重性质,物质在该流体中具有高度的溶解性,CO<sub>2</sub>中夹带剂可改变流体的极性,将不同极性、不同沸点、不同分子量的成分依次提取出,达到分离纯化之目的。CO<sub>2</sub>萃取法是近年来发展的一种新技术,具有无溶剂残留、提取率高、目标成分不易破坏的特性,但设备昂贵,处理量小,清洗麻烦。

### 1.9 双水相萃取法

文献<sup>[11]</sup>报道了以亲水性离子液体四氟硼酸1-丁基-3-甲基咪唑和硫酸铵形成的双水相体系萃取芦丁。结果显示,离子液体1.5~2.0 ml,硫酸铵1.5 g形成的双水相体系较好,加入芦丁1.0~1.5 ml,pH控制在4~6,萃取率达90%。配制双水相溶液体系,利用待提取物中各成分在双水相溶液体系中溶解度大小不同得到,是一种新型的液-液分离技术,目前已成功用于蛋白质、抗生素及中药成分的分离。

### 1.10 大孔树脂吸附法

文献<sup>[12]</sup>报道了以D16大孔树脂分离苦荞麦中芦丁。将苦荞麦粉碎,乙醇提取,提取液浓缩,滤过,滤液以D16树脂吸附,先以水洗,再以70%乙醇洗脱,收集洗脱液、浓缩、干燥,芦丁纯度为38.76%。该法主要用于分离含量较低的苦荞麦中的芦丁,其纯度也不高,还需进一步分离纯化。大孔树脂吸附分离技术是利用吸附剂将中药水提取液中目标成分吸附,将无效成分分离的一种新工艺。该法具有设备简单、操作方便、节省能源、成本低、产品纯度高、不吸潮等优点,因此大孔树脂吸附法在中药研究和生产中的应用日益广泛。将这种方法应用于中药有效成分的分离取得了相当显著的成果。近年来,大孔树脂吸附法已广泛应用于中药有效成分的分离与精制。

### 1.11 酶解法提取法

文献<sup>[13]</sup>报道将槐米粉碎,加水混匀,加入酶液,抽滤,浓缩,最佳工艺为酶解温度45℃,pH4.5,纤维素酶加入量为0.03%,酶解时间2 h,料液比为1:55(m/V)。纤维素酶可使植物细胞壁的主要成分纤维素降解,破坏细胞壁,有利于成分浸出,提高收率。

### 1.12 表面活性剂协同提取法

文献<sup>[14]</sup>报道了以表面活性剂协同提取,收率达17.5%,纯度达92.5%。表面活性剂协同提取可缩短提取和沉淀时间,是由两种截然不同的粒子形成的分子,一种粒子具有极强的亲油性;另一种则具有极强的亲水性,溶解于水中以后,表面活性剂能降低水的表面张力,并提高有机化合物的可溶性。

### 1.13 碱性甲醇回流提取法

文献<sup>[15]</sup>报道了槐米粗粉中加入1.2倍量0.4%的硼砂水液浸泡24 h后加2.5倍量的甲醇,并以石灰乳调pH至8~9,回流20 min,提取2次,滤液以盐酸调pH至3,结晶,收率超过20%,含量达97%。该法收率高,成本低,适合工业生产,特别是芦丁的精制。

## 1.14 连续萃取法

文献<sup>[16]</sup>报道了将槐米用碳酸氢钠和烷基酚环氧乙烷处理后,蒸煮杀酶,用石灰水提取,收率可达22%,含量达98%,尤其是残渣比原有工艺降低了77.2%。连续萃取法操作最简单且收率高,成本低,适合于工业生产。槐米中的白桦脂醇、槐二醇、槐花米甲素、槐花米乙素、槐花米丙素无酚羟基,不溶于碱液。芦丁与芸香酶共存于槐米中,芸香酶是具有特异性催化作用的蛋白质,高温可使其失活,从而避免了提取过程中芦丁的水解。芦丁有4个酚羟基而显弱酸性,用碱性较强的饱和石灰水作溶媒,有利于芦丁成盐溶解,还可除去槐米中含有的大量多糖黏液质,但在碱性较强情况下,邻位的2个酚羟基易被氧化,特别是在强碱下加热钙能与芦丁形成螯合物而析出沉淀,同时pH过低使芦丁形成样盐,从而使成品收率降低。

## 2 芦丁的纯化

芦丁的精制产品主要有德国DAB9版和德国DAB10版芦丁。DAB9版质量标准为黄绿或黄色结晶性粉末;A、B、C呈正反应;乙醇溶液清澈或轻微浑浊;氢氧化钠溶液外观清澈或轻浊;乙醇不溶物 $\leq 0.5\%$ ;干燥失重 $5.0\% \sim 8.5\%$ ;在DMF中吸光度为500 nm处 $\leq 0.250$ ;550 nm处 $\leq 0.100$ ;605 nm处 $\leq 0.080$ ;665 nm处 $\leq 0.110$ ;重金属 $\leq 20$  ppm;鞣质酸 $\leq 0.1\%$ ;苷元 $\leq 1\%$ ;其他杂质总和 $\leq 5\%$ ;含量(HPLC) $\geq 92.0\%$ ;(UV)98.5%~102.0%。而DAB10版其他指标与DAB9版相同,仅杂质总和 $\leq 3\%$ 、含量(HPLC) $\geq 95\%$ 与DAB9版不同。纯化方法有以下5种。

### 2.1 葡聚糖凝胶法

葡聚糖凝胶法是利用分子大小来分离的,分子大的由于不能进入葡聚糖凝胶内部先被洗脱,分子小的后被洗脱,从而将分子大小不同的成分加以分离,将芦丁以甲醇溶解后,加入葡聚糖凝胶柱顶,以甲醇洗脱,收集甲醇液,浓缩,结晶。

### 2.2 碱溶酸沉法

粗品芦丁用石灰水溶解,滤过,滤液以盐酸调酸性,静置,滤过,得精制芦丁,纯度达99%<sup>[17]</sup>。该法实际利用芦丁的弱酸性溶于碱液中,酸化后又沉淀析出的性质,但一些与芦丁性质相似的成分仍然无法除去。

### 2.3 碱溶酸沉除杂法

粗品芦丁以石灰水加热溶解,滤过,滤液滴加酸液保温,静置,析出沉淀,滤过,得到精制芦丁<sup>[18]</sup>。该法与“2.2”项基本相同,多了一步酸沉淀,得到的芦丁杂质少,含量高。

### 2.4 分子形态转变法

王厚全等<sup>[19]</sup>报道利用在室温下以甲醇溶解芦丁,滤过,滤液放置结晶,母液浓缩后再次结晶,得高含量芦丁。该法利用芦丁的二维平面结构转变为三维立体结构,有利于溶剂分子进入,增加溶解性,可除去加热后可溶于醇的一些杂质。

### 2.5 枸橼酸铁铵纯化法

文献<sup>[20]</sup>报道将粗品芦丁溶于枸橼酸铁铵中,滤过,放冷,酸化,滤过,水洗,干燥,得到精品芦丁。该法利用枸橼酸铁铵与芦丁分子中邻二酚羟基聚合,使芦丁的分子结构由平面状变为杂环状,分子间隙增大,水中溶解度提高。

## 3 芦丁的衍生物

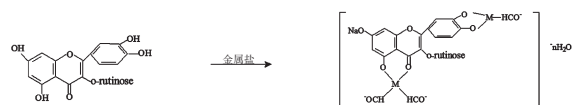
### 3.1 芦丁金属配合物

3.1.1 芦丁铬 芦丁铬具有降糖作用,能预防和治疗糖尿病及高脂血症,预防视力下降,可以提高芦丁的生物活性。芦丁与乙醇以1:20(W/V)的比例溶解,加入三氯化铬乙醇液,40℃反应,滴加乙醇氨,溶液呈弱酸性,深棕色,继续回流,滴加乙醇氨呈弱碱性,大量黄色沉淀生成,滤过,水洗,醇洗,得棕黄色粉末固体<sup>[21]</sup>。

3.1.2 芦丁钙 芦丁钙能降低总胆固醇、甘油三酯含量,升高高密度脂蛋白含量,从而调节血脂。取610 mg芦丁加25 ml氢氧化钙溶解,溶液呈弱碱性,加入氯化钙甲醇液,回流4 h,薄层色谱(TLC)检查反应完全后浓缩,浓缩液过聚酰胺柱,水洗,梯度甲醇洗,浓缩,结晶,得深棕黄色固体<sup>[22]</sup>。

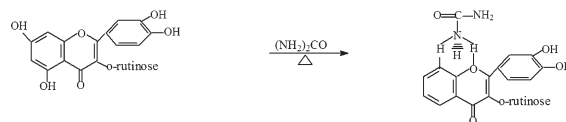
3.1.3 芦丁铂 铂类化合物多具抗癌活性,芦丁铂具有广泛的抗肿瘤活性,抑制率最高达50%。芦丁铂为浅灰色粉末,易溶于水 and 醇,难溶于丙酮和苯。将芦丁溶于醇液中,加入铂类化合物,以氨水调弱碱性,回流,浓缩,滤过,滤液冷却,析出沉淀,滤过,沉淀溶解后柱层析,得芦丁铂<sup>[23]</sup>。

3.1.4 芦丁钠 芦丁与钠形成芦丁钠络盐,可较好地降低胆固醇,对心血管系统有很好的生物活性。芦丁以乙醇溶解,加入乙醇钠,快速加入醋酸盐,回流反应,冷却,析出黄色沉淀,此处醋酸盐可为醋酸镁、镉、镍、铜、锌等<sup>[24]</sup>。合成路线如下:



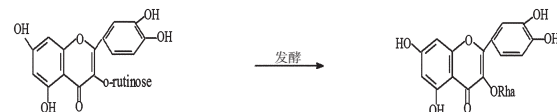
### 3.2 水溶性芦丁

芦丁与尿素或聚乙二醇加热回流,得到芦丁-尿素或芦丁-聚乙二醇氢键缔合物,芦丁的结构由平面转变为立体,增加了水溶性。合成路线如下:



### 3.3 异槲皮素

动物实验表明,异槲皮素具有降血压作用。毛细血管渗透性等试验表明,异槲皮素具有抗炎作用,对棉铃芽虫的幼虫有毒杀作用;具有降酶作用,为治疗肝炎的有效成分之一。合成路线如下:



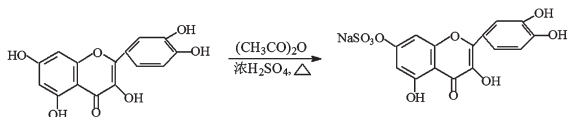
### 3.4 槲皮素

槲皮素具有较好的祛痰、止咳作用,并有一定的平喘作用。合成路线如下:



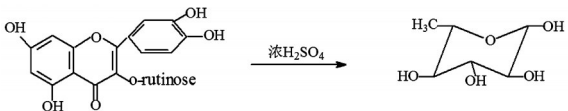
### 3.5 水溶性槲皮素

由于槲皮素在水中有良好的溶解性,与标准形式的槲皮素相比,容易被人体吸收利用,因此具有更大的生物有效性,适用于制作成饮料、食品、片剂和胶囊等。合成路线如下:



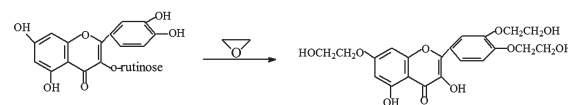
### 3.6 鼠李糖

芦丁水解后的滤液可制备鼠李糖,滤液中含有葡萄糖和鼠李糖,将酸液调至中性,过滤除去杂质,滤液浓缩,结晶。鼠李糖可用来测定肠道的渗透性,可作甜味剂。合成路线如下:



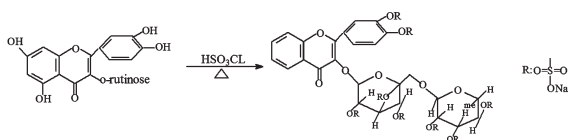
### 3.7 曲克芦丁

芦丁与环氧乙烷反应可制备曲克芦丁,其能抑制血小板的凝集,有防止血栓形成,增加毛细血管抵抗力,降低毛细血管通透性,防止血管通透性升高引起的水肿,抗放射性损伤、抗炎症、抗过敏、抗溃疡等作用。合成路线如下:



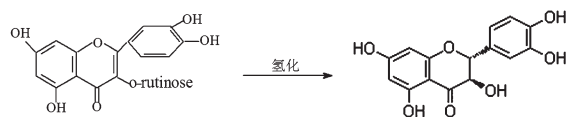
### 3.8 芦丁硫酸酯

芦丁硫酸酯具有抗艾滋病病毒(HIV)作用,经过硫酸酯化后成为芦丁硫酸酯(SRS),研究显示其有抗HIV活性。合成路线如下:



### 3.9 二氢槲皮素

二氢槲皮素作为一种强效抗氧化剂,不仅能保持血管良好的柔韧性,还能提高红细胞的活性,使其增加载氧量和代谢量,在维持人的循环系统功能方面还发挥着重要的作用。合成路线如下:



## 4 结语

芦丁是具有多种生物活性的黄酮类化合物,早已用于工业化生产,广泛存在于植物界,在我国储量丰富。随着现代药物化学及现代制剂技术的发展,芦丁的研究呈现生机勃勃的前景,一些新的药理作用的发现、新的提取纯化工艺的应用,使得芦丁的提取纯化更加绿色、环保。近年来,对芦丁的衍生物的研究方兴未艾,以芦丁为原料可生产芦丁金属配合物、槲皮素、鼠李糖、曲克芦丁、芦丁硫酸酯、二氢槲皮素等,其中二氢槲皮素和芦丁硫酸酯处于研究阶段,其余均已工业化生产。近年来,在寻找芦丁新资源的发现中也取得重大突破,从澳大利亚引进的尤曼桉已在四川地区成功种植。我国是芦丁生产和消费大国,大多出口欧洲市场,由于芦丁附加值低,技术门槛不高,出口价格已被一些传统出口企业控制,所以应加大对其衍生物的研究。

### 参考文献

- [1] 朱华,谢锋,李振志,等.广西金槐规范化生产标准操作规程[J].广东农业科学,2013(7):22.
- [2] 陈友梅.中药化学[M].济南:山东科技出版社,1991:177.
- [3] 孙文基.天然药物成分提取分离与制备[M].北京:中国医药科技出版社,2006:356.
- [4] 李家泉,李勇.芦丁提取工艺的研究[J].基层中药杂志,1999,13(4):40.
- [5] 杨红.中药化学实用技术[M].北京:化学工业出版社,2006:81.
- [6] 李敏,马晓.槐米中芦丁的微波提取研究[J].今日科苑,2009,11(6):44.
- [7] 潘媛媛,王淑波,敖宏伟,等.微波辅助提取槐米中芦丁的工艺研究[J].化工科技,2009,17(1):25.
- [8] 郭乃妮,杨建洲.超声条件下碱提取酸沉淀法从槐米中提取芦丁的研究[J].应用化工,2009,38(2):207.
- [9] 杨新河,吕帮玉,毛清黎.槐花中芦丁的碱提酸沉法研究[J].食品工业科技,2007,28(4):183.
- [10] 姜忠丽.正交试验法优选苦荞麦芦丁提取工艺[J].粮食与饲料工业,2007,30(5):11.
- [11] 杨青海,那吉,段利平,等.离子液体双水相萃取分离芦丁的研究[J].云南中医中药杂志,2008,29(5):44.
- [12] 刘金玉,吴秀华,商雪娇,等.不同大孔吸附树脂对苦荞芦丁分离纯化效果的研究[J].食品研究与开发,2008,29(7):22.
- [13] 徐建国,王向东,胡青平,等.纤维素酶提取槐花芦丁的新工艺研究[J].食品科学,2006,27(11):315.
- [14] 龚盛超,程江,杨卓如.表面活性剂协同提取芦丁研究[J].林产化学与工业,2004,24(B8):93.
- [15] 温普红,李宗孝,高拴平.芦丁生产新工艺[J].中医药学报,2004,32(4):20.
- [16] 张朝燕,吴纯洁,谢昭鹏,等.芦丁提取工艺的研究[J].基层中药杂志,2002,16(4):29.
- [17] 龚盛超,何远伦.从槐米中提取芦丁的研究[J].中国资源综合利用,2003,22(1):22.
- [18] 李家勇,李勇.芦丁提取工艺研究[J].基层中药杂志,1999,13(4):39.
- [19] 王厚全,任慧霞,程秀民.精制芦丁新方法[P].中国,CN1153174A.1997-07-02.
- [20] 马授权,李建平.一种从槐米中提取高纯度芦丁的生产工艺[P].中国,CN101423538.2008-12-06.
- [21] 李芳,吴向阳,仰柳青,等.芦丁铬和槲皮素铬配合物的合成及结构表征[J].化学研究与应用,2009,21(6):899.
- [22] 翟广玉,薛华珍,王鹏,等.芦丁钙的合成及降低胆固醇的作用[J].化学研究,2008,19(4):25.
- [23] 翟广玉.芦丁钼的合成[P].中国,CN191151.2007-02-14.
- [24] 康敬万,苏碧泉,卢小泉,等.芦丁配合物的合成,表征及其与DNA作用的电化学研究[J].西北师范大学学报:自然科学版,2006,42(1):54.

(收稿日期:2013-08-28 修回日期:2014-03-25)