

HPLC 测定罗布麻茶黄酮主要组成成分及其体外抗氧化特性研究

HPLC analysis of flavonoids in *Apocynum venetum* tea and its antioxidation *in vitro*

张 静¹ 任小利¹ 李希希¹ 易 沙¹ 李 冲² 赵 欣²

ZHANG Jing¹ REN Xiao-li¹ LI Xi-xi¹ YI Sha¹ LI Chong² ZHAO Xin²

(1. 重庆化工职业学院环境与质量检测学院, 重庆 401228;

2. 重庆第二师范学院重庆市功能性食品协同创新中心, 重庆 400067)

(1. *Environment and Quality Inspection College, Chongqing Chemical Industry Vocational College, Chongqing 401228, China*; 2. *Chongqing Collaborative Innovation Center for Functional Food, Chongqing University of Education, Chongqing 400067, China*)

摘要:通过高效液相色谱法(HPLC)测定罗布麻茶黄酮中芦丁、异槲皮苷含量,并对其体外抗氧化效果进行评价。减压加热回流结合大孔吸附法提纯的罗布麻茶黄酮中芦丁和异槲皮苷实现了良好分离,其中芦丁在 0.453 1~9.062 5 μg 时呈良好线性关系($r=0.999\ 55$),异槲皮苷在 0.258 3~5.166 5 μg 时呈良好线性关系($r=0.999\ 65$),二者加标回收率分别为 99.91%,100.05% ($n=9$),精密度试验 RSD 分别为 0.11%,0.10% ($n=5$),样品中芦丁和异槲皮苷含量分别为 0.059 4,0.673 4 mg/g。抗氧化试验结果表明,罗布麻茶样品清除 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH 自由基)的能力、2-联氨-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(ABTS 自由基)以及羟基自由基的能力均明显强于 V_C 。由此可见,芦丁、异槲皮苷为罗布麻茶黄酮中最主要成分,罗布麻茶黄酮具有良好的体外抗氧化活性,是一类具有抗氧化活性的生物活性物质。

关键词:罗布麻茶;高效液相色谱法;芦丁;异槲皮苷;抗氧化

Abstract: In this study, the contents of rutin and isoquercetin in flavonoids of *Apocynum venetum* tea was determined by high performance liquid chromatography (HPLC), and the antioxidant effect *in vitro* was evaluated. A good separation of rutin and isoquercetin from flavonoids of *Apocynum venetum* tea was achieved

by vacuum heating reflux combined with macroporous adsorption. Rutin and isoquercetin were separated effectively in the extract of *Apocynum venetum* tea flavonoids. The results showed good linear relationship, the range of rutin was 0.453 1~9.062 5 μg ($r=0.999\ 55$) and that of isoquercetin ranged from 0.258 3 to 5.166 5 μg ($r=0.999\ 65$). The recoveries of rutin and isoquercetin were 99.91% and 100.05% ($n=9$). The accuracy RSD of this method were respectively 0.11% and 0.10% ($n=5$). The contents of rutin and isoquercetin in *Apocynum venetum* tea flavonoids were 0.059 4, 0.673 4 mg/g respectively. Moreover, the antioxidant experimental results showed that *Apocynum venetum* tea flavonoids had higher scavenging abilities of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) and hydroxyl radicals than V_C positive control. It can be found that rutin and isoquercetin were the main components of flavonoids in *Apocynum venetum* tea. The flavonoids in *Apocynum venetum* tea had good antioxidant activities *in vitro*.

Keywords: *Apocynum venetum* tea; high performance liquid chromatography; rutin; isoquercetin; antioxidant

罗布麻属野生草本多年半灌木,多分布于中国西北地区^[1]。罗布麻叶除被作为中药使用外,也被加工成茶类饮品使用。罗布麻叶含有黄酮类、有机酸类、苯丙素类及多种氨基酸和矿物质,能起到降血压、降胆固醇、抗衰老、提高免疫力^[2-5]及抗抑郁^[6-7]等功效。植物黄酮是一类具有较强抗氧化能力的物质,能有效清除自由基^[4-5]。黄酮类为罗布麻叶中最主要的功效成分^[8],罗布麻叶所含黄酮类成分主要有芦丁、槲皮素、异槲皮苷、金丝桃苷、

基金项目:重庆市教育委员会科学技术研究项目(编号: KJQN201804504)

作者简介:张静,女,重庆化工职业学院讲师,硕士。

通信作者:赵欣(1981—),男,重庆第二师范学院教授,博士。

E-mail: zhaoxin@cque.edu.cn

收稿日期:2019-05-22

木樨草素等^[8-10]。罗布麻部分生理活性作用已得到初步验证,主要是基于罗布麻的粗提物,而罗布麻活性成分与其作用间的关系尚未清楚,尤其是对罗布麻黄酮成分的分析及产生抗氧化活性作用的机制尚未见报道。

罗布麻茶黄酮成分的提取方法主要有超声提取法^[11]、加热回流法^[12]、聚酰胺层析法^[13]、大孔树脂法^[14]。芦丁和异槲皮苷均为多羟基黄酮类化合物,结构中存在大量的羟基,极性强,易溶于极性溶剂。试验拟采用减压加热回流结合大孔吸附法提取新疆罗布麻茶中的黄酮类物质,通过高效液相色谱分析法测定罗布麻茶黄酮中芦丁和异槲皮苷含量,对罗布麻茶黄酮的体外抗氧化效果进行检测,并结合黄酮成分的分析结果对罗布麻茶黄酮的作用机制进行阐述,为罗布麻茶进一步功能性开发研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

罗布麻茶:野生罗布麻茶,新疆沙雅县;

芦丁、异槲皮苷对照品:分析纯,北京索莱宝科技有限公司;

1,1-二苯基-2-苦肟基自由基(DPPH):分析纯,梯希爱(上海)化成工业发展有限公司;

2-联氨-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(ABTS):分析纯,南京都莱生物技术有限公司;

V_c(抗坏血酸):分析纯,北京索莱宝科技有限公司;

甲醇、乙腈:色谱纯,重庆川东化工有限公司;

乙酸、硫酸亚铁、过硫酸钾、30%过氧化氢、水杨酸、无水乙醇:分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

1.2 仪器与设备

高效液相色谱系统:Ultimate 3000 型,美国 Thermo Scientific 公司;

多功能酶标仪:Varioskan LUX 型,美国 Thermo Scientific 公司;

超声波清洗器:KQ-250ES 型,昆山市超声仪器有限公司;

电子分析天平:XB4200C 型,瑞士 Precisa 公司;

超纯水制造系统:UPH-II-20T 型,四川优普超纯科技有限公司;

旋转蒸发仪:RE-2000B,上海亚荣生化仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 罗布麻茶黄酮提取 FL-3 大孔树脂先用无水乙醇浸泡 24 h,再用 3%盐酸浸泡 2 h 后用蒸馏水冲洗至中性,用蒸馏水浸泡待用。将 50 g 干罗布麻茶粉碎过 40 目筛后在茶粉中加入 70%乙醇(料液质量比 20:1),然后于 60℃水浴中浸提 3 h。提取液通过大孔树脂后黄酮物质被吸附,再用乙醇(50%,60%,70%,80%,质量分数)

洗脱树脂上的黄酮物质,洗脱至树脂无色即黄酮物质完全被洗出,然后用旋转蒸发仪旋蒸黄酮洗出液,最后得到蒸干的黄酮提取物。

1.3.2 标品溶液配制 精密称取适量芦丁、异槲皮苷标品,加入甲醇溶解,分别配制成浓度为 1.812 5,1.033 3 mg/mL 的芦丁、异槲皮苷标品溶液。分别精密吸取 0.2 mL 芦丁、异槲皮苷标品液,再用甲醇配制成浓度分别为 0.181 25,0.103 33 mg/mL 的混标溶液。

1.3.3 样品溶液 精密称取 0.5 g 罗布麻多酚提取物粉末于 10 mL 容量瓶中,用甲醇进行定容,超声处理后用 0.45 μm 滤膜过滤,待测。

1.3.4 色谱条件 色谱柱 Agilent Zorbax SB-C₁₈ (5 μm, 4.6 mm×250 mm),按表 1 进行梯度洗脱,流动相 A 为乙腈,流动相 B 为 0.5%乙酸溶液,流速 0.6 mL/min,柱温 35℃,检测波长 359 nm,进样量 10 μL^[15]。

表 1 HPLC 流动相梯度洗脱程序

Table 1 HPLC mobile phase gradient elution procedure

洗脱时间/min	流动相 A/%	流动相 B/%
0	90.0	10.0
5	81.5	18.5
15	81.0	19.0
25	79.0	21.0
30	0.0	100.0

1.3.5 线性关系 将芦丁、异槲皮苷标品溶液稀释后分别进样 1,2,4,8,12,16,20 μL,按 1.3.4 色谱条件进行分析。以标品进样质量为横坐标 X,以相应峰面积为纵坐标 Y,得两种标品的线性方程。

1.3.6 精密度、重现性和稳定性试验

(1) 精密度试验:取上述混标溶液重复进样 5 次,每次 10 μL,按上述 1.3.4 色谱条件对峰面积进行测定。

(2) 重现性试验:精密称取 1.3.1 方法制备好的样品 5 份,按 1.3.3 方法制备待测样品溶液,在 1.3.4 色谱条件下进行测定。

(3) 稳定性试验:取同一样品溶液,分别在 0,2,4,6,8,10,12,24 h 按 1.3.4 色谱条件对芦丁、异槲皮苷的峰面积进行测定。

1.3.7 回收率试验 精密称取已知含量的样品 3 份,按 1.3.3 方法制备样品溶液,分别配制成 1.3.2 中芦丁、异槲皮苷标准品浓度的 80%,100%,120%,在已知的色谱条件下进行测定,每份样品测定 3 次,计算回收率、平均回收率及 RSD 值。

1.3.8 样品含量测定 称取同一样品粉末 3 份(每份接近 0.1 g,平均 0.097 3 g),按 1.3.3 方法制备 3 份样品溶液,用 1.3.4 色谱条件对样品中芦丁、异槲皮苷的峰面积

进行测定,并计算样品中二者的含量及平均含量。

1.3.9 抗氧化能力测定 准确称取 1.3.1 得到的样品粉末和 V_C , 配置成 1.0 mg/mL 的样品和 V_C 溶液, 依次加水稀释成不同浓度的样品和 V_C (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8 mg/mL) 溶液, 备用。

(1) DPPH 自由基清除试验: 参照 Aneta 等^[16-17]的方法, 略有改进。取 3 个离心管(标记为 A1, A2, A3)分别加入不同浓度的样品和试剂。其中 A1 离心管中加入 DPPH 溶液 2.9 mL、样液 100 μ L; A2 离心管中加入无水乙醇 2.9 mL、样液 100 μ L; A3 离心管中加入 DPPH 溶液 2.9 mL、80% 甲醇溶液 100 μ L。均匀混合后, 于暗处反应 30 min, 517 nm 下测定吸光度, 计算 DPPH 清除率。以 V_C 为阳性对照。

(2) ABTS 自由基清除试验: 参照 Ye 等^[18-19]的方法, 略有改进。取 3 个离心管(标记为 A1, A0, A 空)分别加入不同浓度的样品和试剂。其中 A1 离心管加入 ABTS 溶液 2.0 mL、样液 80 μ L; A0 离心管加入超纯水 2.0 mL、样液 80 μ L; A 空离心管加入 ABTS 溶液 2.0 mL、无水乙醇 80 μ L。均匀混合后, 于暗处反应 6 min, 734 nm 下测定吸光度, 计算 ABTS 自由基清除率。以 V_C 为阳性对照。

(3) 羟基自由基清除试验: 参照贾荣等^[20]方法, 略有改进。取 3 个离心管(标记为 A0, A_i, A_j)分别加入不同浓度的样品和试剂。其中 A0 离心管加入 80% 甲醇 300 μ L、FeSO₄ 溶液 1.0 mL、水杨酸乙醇溶液 1.0 mL 和 H₂O₂ 1.0 mL; A_i 离心管加入样液 300 μ L、FeSO₄ 溶液 1.0 mL、水杨酸乙醇溶液 1.0 mL 和 H₂O₂ 1.0 mL; A_j 离心管加入样液 300 μ L、FeSO₄ 溶液 1.0 mL、水杨酸乙醇溶液 1.0 mL 和 80% 甲醇溶液 1.0 mL。均匀混合后, 于 37 $^{\circ}$ C 水浴锅中反应 30 min, 510 nm 下测定吸光度, 计算羟基自由基清除率。以 V_C 为阳性对照。

1.4 数据处理

对试验进行 3 次平行测定, 计算观察指标的平均值。采用 Excel 软件对试验数据进行处理及分析。

2 结果与分析

2.1 色谱条件的优化

2.1.1 流动相的选择 试验比较了甲醇—水、乙腈—水流动相对出峰时间和分离效果等的影响。通过比较基线分离和峰形对称的要求发现, 选择乙腈—水作为流动相进行梯度洗脱效果最佳, 且芦丁、异槲皮苷分离效果较好。由于加入酸可减少拖峰现象^[18], 因此在水相中加入了 0.5% 磷酸, 最终确定的流动相为乙腈—0.5% 磷酸水溶液。

2.1.2 检测波长的选择 在 254, 280, 328, 359 nm 进样

检测后发现, 芦丁、异槲皮苷在 359 nm 时响应最好, 色谱峰面积较大且分离效果好。故选择 359 nm 为最佳检测波长, 此波长处芦丁、异槲皮苷均有较强吸收峰(图 1)。

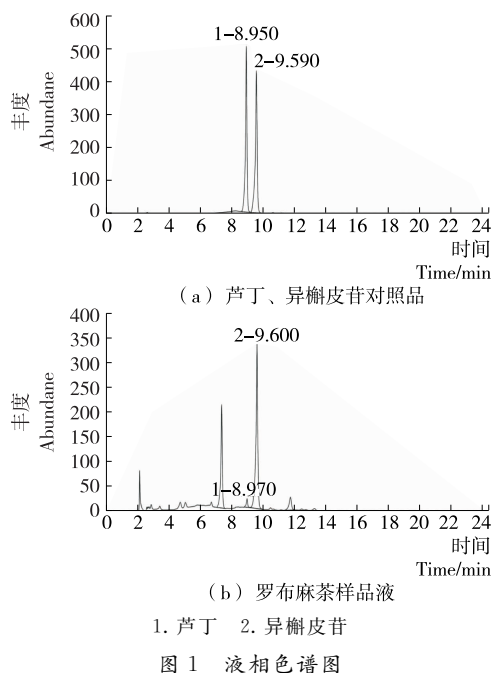


图 1 液相色谱图

Figure 1 The chromatography of HPLC

2.1.3 线性关系分析 进一步的试验显示芦丁、异槲皮苷的线性方程分别为 $Y = 26.026X + 10.496$ ($R^2 = 0.999\ 55$), $Y = 45.57X + 4.580\ 7$ ($R^2 = 0.999\ 65$), 且分别在 0.453 1~9.062 5, 0.258 3~5.166 5 μ g 的范围内呈现良好的线性关系。

2.1.4 精密度、重现性、稳定性试验 在精密度验证中芦丁和异槲皮苷的峰面积 RSD 值分别为 0.11% 和 0.10% ($n=5$), 表明本方法的精密度良好。在重现性验证中芦丁和异槲皮苷含量的 RSD 值分别为 1.57% 和 1.09% ($n=5$), 表明本方法重现性良好。在稳定性验证中芦丁和异槲皮苷的 RSD 值分别为 1.16% 和 0.42%, 表明芦丁和异槲皮苷在样品溶液中至少 24 h 内保持稳定。

2.1.5 回收率 由表 2 可知, 芦丁、异槲皮苷的平均回收率分别为 99.91%, 100.05% ($n=9$), 表明高效液相法用于罗布麻茶黄酮的质量控制具有良好的准确性。

2.1.6 样品含量测定 由表 3 可知, 罗布麻茶黄酮中含有一定量的芦丁和异槲皮苷, 占黄酮总量的 50% 以上, 且异槲皮苷含量高且稳定, 与文献^[15]报道结果基本一致。

2.2 样品提取方法的优化

由表 4 可知, 当乙醇浓度 < 70% 时, 随着乙醇浓度的增加, 芦丁、异槲皮苷提取量均明显增加; 但当乙醇浓度 > 70% 时, 芦丁、异槲皮苷提取量均减小。故确定以 70% 乙醇为提取溶剂。

表 2 回收率试验结果

Table 2 Experimental results of recovery

测定对象	加入量/mg	实测值/mg	回收率/%	RSD/%
芦丁	0.036 3	0.046 0±0.000 2	98.99±0.42	0.43
	0.045 3	0.055 3±0.000 2	99.84±0.45	0.45
	0.054 4	0.065 0±0.000 3	100.86±0.47	0.46
异槲皮苷	0.041 3	0.163 3±0.000 3	99.44±0.85	0.85
	0.051 7	0.174 1±0.000 5	100.38±0.89	0.88
	0.062 0	0.184 4±0.000 6	100.32±0.90	0.89

表 3 罗布麻茶黄酮中芦丁、异槲皮苷含量

Table 3 Contents of rutin and isoquercetin in *Apocynumvenetum* tea

样品质量/g	芦丁含量/mg	异槲皮苷含量/mg
0.097 3±0.000 5	0.059 4±0.000 8	0.673 4±0.043 0

表 4 乙醇浓度对罗布麻茶黄酮中芦丁、异槲皮苷提取量的影响

Table 4 Effect of ethanol concentration on the extraction of rutin and isoquercetin in *Apocynumvenetum* tea

乙醇浓度/%	芦丁含量/mg	异槲皮苷含量/mg
50	0.050 3±0.000 5	0.638 8±0.040 8
60	0.054 9±0.000 5	0.658 1±0.041 2
70	0.059 6±0.000 6	0.673 9±0.039 7
80	0.056 8±0.000 4	0.663 7±0.039 1

2.3 罗布麻茶体外抗氧化评价

2.3.1 清除 DPPH 自由基的能力 由图 2 可知,在一定浓度范围内罗布麻茶黄酮样品和 V_c 样品对 DPPH 均有一定的清除作用。随着罗布麻茶黄酮样品浓度的增加,对 DPPH 自由基清除作用不断增强,当其浓度为 0.3 mg/mL 时清除能力最大,清除率达 73.1%,此后随着浓度增加清除率趋于平稳。罗布麻茶黄酮清除能力明显高于同浓度的 V_c 对 DPPH 的清除能力,说明罗布麻茶纯化后的黄酮样品有较强的清除 DPPH 自由基的能力。

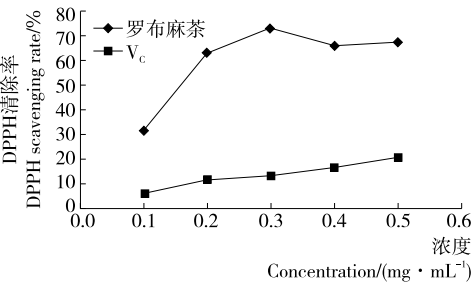


图 2 罗布麻茶黄酮的 DPPH 清除率
Figure 2 DPPH clearance rate of flavonoids in *Apocynumvenetum* tea

2.3.2 清除 ABTS 自由基的能力 由图 3 可知,罗布麻茶黄酮对 ABTS 自由基有一定的清除能力,随着样品浓度的增加,清除能力逐渐增强。在样品浓度为 1 mg/mL 时清除率高达 60.2%,此时 V_c 对 ABTS 的清除率仅为 20.8%,故罗布麻茶清除 ABTS 自由基的能力较强。

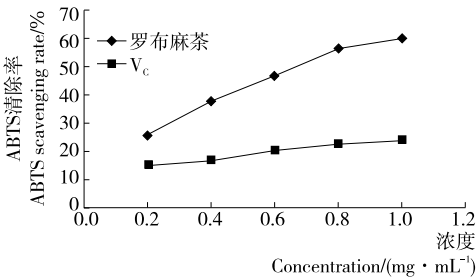


图 3 罗布麻茶黄酮的 ABTS 清除率
Figure 3 ABTS clearance rate of flavonoids in *Apocynumvenetum* tea

2.3.3 清除羟基自由基的能力 由图 4 可知,当罗布麻茶黄酮样品和 V_c 浓度在 0.2~0.4 mg/mL 时,清除能力相当,清除率在 6%~10%;随着样品浓度的增加,罗布麻茶黄酮对羟基自由基清除率明显增强,当浓度为 1.0 mg/mL 时,清除率达 25.7%,清除能力远大于同浓度 V_c,可能与黄酮类化合物分子结构中所含羟基数有关。

3 结论

试验利用高效液相色谱法测定了罗布麻茶黄酮中芦

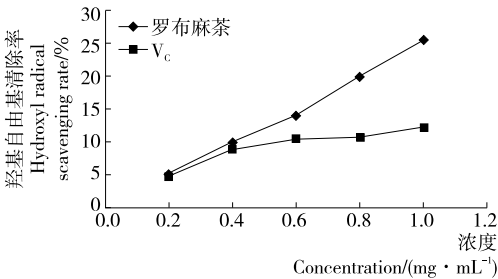


图 4 罗布麻茶黄酮的羟基自由基清除率
Figure 4 Hydroxyl radical clearance rate of flavonoids in *Apocynumvenetum* tea

丁、异槲皮苷含量,并通过体外试验发现罗布麻茶黄酮对 DPPH 自由基、ABTS 自由基和羟基自由基均具有良好的清除作用。本研究中提取的罗布麻茶黄酮中芦丁、异槲皮苷含量占黄酮总量的 50% 以上,通过包括芦丁、异槲皮苷在内的黄酮起到了较好的体外清除自由基能力。但本研究中只针对含量最高的芦丁和异槲皮苷含量进行了具体分析,研究^[21-22]显示,不同的罗布麻黄酮还含有金丝桃苷、槲皮苷、白麻苷、山萘酚-3-O- β -D-芸香糖苷、扁蓄苷和乙酰化金丝桃苷等物质,因此罗布麻茶黄酮成分分析及各物质间的协同作用有待进一步研究。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 2010 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 55-57.
- [2] KAORU I, TAKAHIRO S, IPPEI T, et al. Cardiotoxic effect of *Apocynumvenetum* L. extracts on isolated guinea pig atrium[J]. Journal of Natural Medicines, 2009, 63(2): 111-116.
- [3] LAU Y, KWAN C, KU T, et al. *Apocynum venetum* leaf extract, an antihypertensive herb, inhibits rat aortic contraction induced by angiotensin II; A nitric oxide and superoxide connection[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2012, 143(2): 565-571.
- [4] KAMATA K, SEO S, NAKAJIMA J. Constituents from leaves of *Apocynumvenetum* L[J]. Journal of Natural Medicines, 2008, 62(2): 160-163.
- [5] KUO C S, KWAN C Y, GONG C L, et al. *Apocynumvenetum* leaf aqueous extract inhibits voltage-gated sodium channels of mouse neuroblastoma N2A cells[J]. Journal of Ethnopharmacol, 2011, 136(1): 149-155.
- [6] 郑梅竹, 时东方, 范亚军, 等. 罗布麻叶总黄酮抗抑郁作用参与 NE 能系统可能机制的研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(16): 169-171.
- [7] GRUNDMANN O, NAKAJIMA J I, SEO S, et al. Anti-anxiety effects of *Apocynumvenetum* L. in the elevated plus maze test[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2007, 110(3): 406-411.
- [8] 王省超, 王瑞英, 孙颖, 等. HPLC 法测定新疆罗布麻茶中的芦丁和槲皮素[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(11): 168-172.
- [9] ZHANG Yu-chi, LIU Chun-ming, ZHANG Zheng-kun, et al. Comprehensive separation and identification of chemical constituents from *Apocynumvenetum* leaves by high-performance counter-current chromatography and high performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry[J]. Journal of Chromatogr B, 2010, 878(30): 3 149-3 155.
- [10] 石秋梅, 邓翻云, 吴敏言. HPLC 法同时测定新疆产 2 种罗布麻叶中芦丁、金丝桃苷及异槲皮苷的量[J]. 中草药, 2014, 45(9): 1 326-1 329.
- [11] 王省超, 孙颖, 王瑞英, 等. 超声提取—高效液相色谱法同时测定新疆罗布麻茶中绿原酸和芦丁的含量[J]. 分析科学学报, 2016, 32(3): 431-434.
- [12] 王甜, 王萌, 蒋志惠, 等. 罗布麻茶黄酮提取物对小鼠 CYP2E1 的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 5(6): 1 605-1 614.
- [13] 程秀丽. 中药罗布麻叶中黄酮类化合物提取分离研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2005: 65-67.
- [14] 张素琼, 侯晋军, 李青山. 大孔树脂同步分离纯化罗布麻叶总黄酮和总鞣质的研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(10): 1 141-1 144, 1 230.
- [15] AN Hai-juan, WANG Hong, LAN Yue-xiang, et al. Simultaneous qualitative and quantitative analysis of phenolic acids and flavonoids for the quality control of *Apocynumvenetum* L. leaves by HPLC-DAD-ESI-IT-TOF-MS and HPLC-DAD[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2013, 85: 295-304.
- [16] WOJDYLO A, OSZMIANSKI J, CZEMERYYS R. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs[J]. Food Chemistry, 2007, 105(3): 940-949.
- [17] 韦献雅, 殷丽琴, 钟成, 等. DPPH 法评价抗氧化活性研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(9): 317-322.
- [18] YE Chun-lin, HU Wei-lian, DAI De-hui. Extraction of polysaccharides and the antioxidant activity from the seeds of *Plantagoasiatica* L[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2011, 49(4): 466-470.
- [19] OH J, JO H, CHO A R, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of various leafy herbal teas[J]. Food Control, 2013, 31(2): 403-409.
- [20] 贾荣. 山葡萄籽多酚提取物及抗氧化活性的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2010: 12-15.
- [21] 李奇, 张月婵, 宋建平, 等. 不同产地罗布麻叶黄酮类成分分析[J]. 中药材, 2009, 32(9): 1 359-1 362.
- [22] 张语迟, 刘春明, 刘志强, 等. 罗布麻叶黄酮类成分酶解前后的液相色谱—质谱分析及活性比较[J]. 分析测试学报, 2010, 29(10): 1 073-1 077.