

博落回生物碱提取工艺优化

郑梅霞, 苏海兰*, 朱育菁*

(福建省农业科学院农业生物资源研究所, 福州 350003)

摘要: 目的 探讨优化博落回叶片中生物碱的提取方法。**方法** 采用甲醇提取法、超声-甲醇提取法、超声-甲醇补足提取法、超声-乙醇提取法和乙醇提取法 5 种方法提取博落回叶片中的生物碱, 采用高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC) 测定其中原阿片碱 (protopine, PRO)、别隐品碱 (alocryptopine, ALL)、血根碱 (sanguinarine, SAN) 和白屈菜红碱 (chelerythrine, CHE) 4 种生物碱的含量。**结果** 超声-甲醇补足提取法提取光泽县野生博落回叶中的总生物碱含量最高, 为 (104.939 ± 0.449) mg/g。三明明溪、南平光泽 2 地博落回叶片均有 4 种生物碱, 所有提取方法提取的生物碱含量都满足 $ALL > PRO > SAN \approx CHE$ 。超声与回流相比提取率更高, 乙醇为提取溶剂时, 超声辅助的影响较小。**结论** 超声-甲醇补足提取法为博落回生物碱的最优提取方法, 此方法适用于博落回中总生物碱的提取。

关键词: 博落回; 生物碱; 高效液相色谱法

Optimization of extraction of alkaloids from *Macleaya cordata*

ZHENG Mei-Xia, SU Hai-Lan*, ZHU Yu-Jing*

(Institute of Agricultural Bio-Resources Research, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China)

ABSTRACT: Objective To optimize a extraction method of alkaloids from *Macleaya cordata*. **Methods** The extraction methods of alkaloids are methanol extraction, ultrasonic assisted methanol extraction, ultrasonic assisted methanol complement extraction, ultrasonic assisted ethanol extraction, and ethanol extraction. The contents of protopine, alocryptopine, sanguinarine, and chelerythrine were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC). **Results** The highest total alkaloid content was (104.939 ± 0.449) mg/g in the leaves of wild *Macleaya cordata* from Guanze by ultrasonic assisted methanol complement extraction. Four alkaloids were detected in leaves of *Macleaya cordata* from Mingxi county of Sanming and Guangze county of Nanping, the alkaloid content have the same trendy: $ALL > PRO > SAN \approx CHE$. The extraction rate of ultrasonic extraction method was higher than reflux extraction method. When ethanol was used as the extraction solvent, the effect of ultrasound assisted was small. **Conclusion** The ultrasonic assisted methanol complement extraction method is the optimal extraction method of alkaloids from *Macleaya cordata*, and this method is applicable to the extraction of the total alkaloids from

基金项目: 福建省农业科学院科技创新项目 (ZYTS2019010)、福建省公益性项目 (2019R1034-9)、福建省公益性项目 “博落回资源鉴定评价与应用研究”

Fund: Supported by the Science and Technology Innovation Project of Fujian Academy of Agricultural Sciences (ZYTS2019010), the Commonweal Project of Fujian Province (2019R1034-9), and the Commonweal Project of Fujian Province “The resources assessment and application of *Macleaya cordata*”

***通讯作者:** 苏海兰, 硕士, 农艺师, 主要研究方向为药用植物资源利用与栽培研究。E-mail: suhailan2019@163.com

朱育菁, 博士, 研究员, 主要研究方向为农业生物资源保护与利用。E-mail: zyjingfz@163.com

***Corresponding author:** SU Hai-Lan, Master, Agronomists, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fujian 350003, China. E-mail: suhailan2019@163.com

ZHU Yu-Jing, Ph.D, Professor, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fujian 350003, China. E-mail: zyjingfz@163.com

Macleaya cordata.

KEY WORDS: *Macleaya cordata*; alkaloid; high performance liquid chromatography

1 引言

博落回[*Macleaya cordata* (Willd.) R. Br.]为罂粟科博落回属多年生直立草本植物,又名勃勒回、落回、号筒杆、三钱三等。最早记录博落回文献为《本草拾遗》,至今已有一千余年,《本草纲目》、《中药大辞典》和《新编药理学》等均有收编^[1]。博落回植株中含有丰富的生物碱、甙体、皂苷和黄酮等,其中生物碱包括血根碱、白屈菜红碱、原阿片碱、别隐品碱和黄连碱等,这些生物碱具有止咳平喘、改善肝功能、抗肿瘤、抗菌等多种药理作用和效果^[2-6]。杨舒等^[7]研究发现博落回的主要活性成分血根碱和白屈菜红碱具有诱导人体端粒 DNA 形成 G-四链体结构的能力,从而抑制端粒酶活性,达到抑制肿瘤细胞增殖的目的。庞建新等^[8]研究表明博落回总碱体外对人肝癌细胞和小鼠肝癌细胞具有抑制作用。博落回的提取物也是一种来源天然的植物饲料添加剂。根据农业部公告第 1597 号(新兽药注册目录),博落回提取物和博落回散已成为我国的二类新兽药,其所含生物碱具有较强的杀虫与防病作用^[9-11]。欧盟理事会指令 70/524、EEC 于 2004 年正式批准了博落回植物草药、博落回提取物作为天然诱食剂注册,并被欧盟饲料添加剂法令(EC)No1831/2003 收录^[12]。博落回散作为中兽药饲料添加剂在养殖业中广泛应用,黄亚军^[13]研究表明,生物碱在大鼠体内组织中存在一定残留,但是大部分组织的残留量很低。因此,加强博落回生物碱的开发应用,对于实现化学农药的替代物,减少环境污染问题具有重要意义。

目前植物生物碱的活性成分、药理作用方式很多都尚不明确,不同植物的不同生物碱存在着提取方式的不同而导致提取含量的不同,而高效地提取植物生物碱加以研究和利用是如今生物碱领域的一大研究所在。植物生物碱传统的提取方式有煎煮法、浸渍法、渗漉法和回流法等,随着科技发展,一些新型的技术已经应用在了生物碱提取工艺中,如膜提取法、微波提取法、超临界萃取法、双水相萃取和超声提取法等^[14-16],而博落回的提取一般以酸水提取法、超临界萃取法和超声提取法等^[17-19]。回流法使得物质连续不断地被溶剂萃取,这样节约溶剂,萃取效率又高;而超声提取法能促使植物细胞组织破壁或变形,使有效成分提取更充分,提取率比传统工艺显著提高。本研究拟利用回流法与超声提取法,比较在不同的溶剂与提取时间的条件下博落回生物碱的提取效果,为优化提取条件和后续工业化生产提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 主要仪器

1200 系列 G1311A 型高效液相色谱仪(美国安捷伦公司); JP-030 型超声波清洗机(深圳市结盟清洗设备有限公司); sartoriusBSA124S 分析天平(北京赛多利斯科学仪器有限公司); 恒温水浴锅 B-260(上海亚荣生化仪器厂); eppendorf5418R 型离心机(上海实维实验仪器技术有限公司)。

2.2 主要材料与试剂

野生博落回样品于 2019 年 5 月采自福建省三明市明溪县和南平市光泽县。

标准品血根碱(SAN)、白屈菜红碱(CHE)、原阿片碱(PRO)(纯度 $\geq 98\%$,上海源叶生物有限公司);标准品别隐品碱(ALL)(纯度 $\geq 98\%$,成都瑞芬思生物科技有限公司);无水甲醇、无水乙醇(分析纯,西陇科学股份有限公司);乙腈(分析纯,德国 simark 公司);矿泉水(娃哈哈集团);磷酸(分析纯,上海阿拉丁试剂有限公司)。

2.3 标准溶液的制备

分别精密称取原阿片碱、别隐品碱适量溶于 50%甲醇(含 1%盐酸)溶液,配成质量浓度为 0.17 mg/mL 的原阿片碱和别隐品碱的储备液,冰箱冷藏保存。分别精密称取血根碱、白屈菜红碱适量溶于 50%甲醇(含 1%盐酸),配成质量浓度为 0.25 mg/mL 的血根碱和白屈菜红碱的储备液,冰箱冷藏保存。

2.4 博落回样品预处理

野生博落回样品于 2019 年 5 月采自福建省三明市明溪县和南平市光泽县,博落回叶片洗净,于 60 °C 电热鼓风机中烘干至样品恒重,通过粉碎机和石臼将样品研磨成粉末并过 50 目筛,备用。

2.5 实验方法

2.5.1 博落回总生物碱的提取

甲醇提取法(methanol extraction, ME)

精确称取博落回样品 1 g 粉末至圆底烧瓶,加入 10 mL 75%甲醇(含 0.1%浓硫酸)溶液,60 °C 水浴回流 2 h,将溶液倒出,收集溶液;再加 10 mL 75%甲醇(含 0.1%浓硫酸)于圆底烧瓶中,60 °C 水浴回流 2 h 进行二次提取;合并提取液并用 0.22 μm 滤膜过滤,备用。

超声-甲醇提取法(ultrasonic assisted methanol extraction, UAME)

精确称取博落回样品 1 g 粉末至平底烧瓶, 加入 50 mL 50% 甲醇(含 1% 盐酸), 密封后, 超声 60 min, 超声功率为 180 W; 取出放冷至室温, 离心, 取上清液用 0.22 μ m 滤膜过滤, 备用。

超声-甲醇补足提取法(ultrasonic assisted methanol complement extraction, UAMCE)

精确称取博落回样品 1 g 粉末至平底烧瓶, 加入 100 mL 50% 甲醇(含 1% 盐酸), 称定重量; 密封后于 35 $^{\circ}$ C 超声 60 min, 超声功率为 180 W; 待冷却后补足失重, 其余步骤同超声-甲醇提取法。

超声-乙醇提取法(ultrasonic assisted ethanol extraction, UAEE)

精确称取博落回样品 1 g 粉末至平底烧瓶, 加入 50 mL 95% 无水乙醇溶液; 密封后, 于 50 $^{\circ}$ C 超声 60 min, 超声功率为 180 W; 用 0.22 μ m 滤膜过滤, 备用。

乙醇提取法(ethanol extraction, EE)

精确称取博落回样品 1 g 粉末至圆底烧瓶, 加入 50 mL 95% 无水乙醇后, 于 84 $^{\circ}$ C 水回流 30 min, 补足失重; 其余步骤同超声-甲醇提取法。

2.5.2 博落回总生物碱的 HPLC 分析

采用 Kromasil100-5-C₁₈ 色谱柱(Dim: 4.6 mm \times 250 mm, Part/Serial: M05CLA25/e124315); 流动相为 0.1% 磷酸乙腈(A)和 0.1% 磷酸水(B), 梯度洗脱见表 1; 体积流量为: 1.0 mL/min; 进样量: 5 μ L。检测波长为 284 nm。以原阿片碱、别隐品碱、血根碱和白屈菜红碱标准样品为对照, 根据峰面积和浓度的线性关系, 分析不同提取方法中 4 种生物碱含量和总生物碱含量(mg/g)。

3 结果与分析

3.1 博落回叶片总生物碱 HPLC 分析

混合对照品和博落回样品生物碱检测的 HPLC 色谱图如图 1 所示, 在博落回叶片中检测出原阿片碱、别隐品

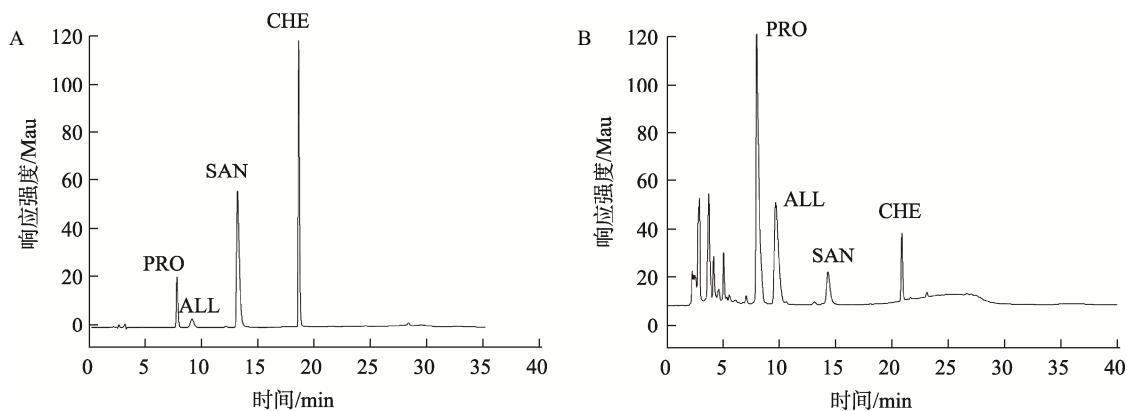
碱、血根碱和白屈菜红碱 4 种生物碱。

表 1 HPLC 梯度洗脱程序
Table 1 HPLC Gradient elution program of mobile phase

时间/min	流动相 A/%	流动相 B/%
0	25	75
11	25	75
27	60	40
29	25	75
35	25	75

3.2 博落回生物碱含量分析

不同提取方法的博落回生物碱含量如图 2 所示。5 种提取方法对 PRO 的提取效果结果表明, 光泽县博落回叶片提取物中 PRO 含量最高为(42.908 \pm 0.108) mg/g, 明溪县博落回叶片提取物中 PRO 含量最高为(15.548 \pm 0.228) mg/g; 光泽县博落回叶片采用超声-甲醇补足提取法提取的 PRO 含量最高, 而明溪县博落回叶片则采用超声-甲醇提取法提取的 PRO 含量最高。对 ALL 的提取物分析结果表明, 光泽县产品 ALL 含量最高为(60.341 \pm 0.111) mg/g、明溪县则为(25.619 \pm 0.140) mg/g; 其中, 光泽县样品采用超声-甲醇补足提取法提取的 ALL 含量最高, 明溪县则采用超声-乙醇提取法提取的 ALL 含量最高。对 SAN 的提取效果结果表明, 光泽县博落回叶片可以提取到的 SAN 含量最高为(1.691 \pm 0.181) mg/g, 明溪县样品则含量最高为(4.729 \pm 0.129) mg/g, 光泽和明溪两地均为超声-甲醇补足提取法提取的 SAN 含量最高。对 CHE 的提取效果结果表明, 光泽县的博落回叶片提取物中 CHE 含量最高为(2.881 \pm 0.099) mg/g, 明溪县样品则为(1.316 \pm 0.062) mg/g, 且光泽县样品甲醇提取法提取的 CHE 含量最高, 明溪县样品超声-甲醇提取法提取的 CHE 含量最高。



注: PRO: 原阿片碱; ALL: 别隐品碱; SAN: 血根碱; CHE: 白屈菜红碱。

图 1 混合对照品(A)及博落回样品(B)HPLC 色谱图

Fig.1 HPLC chromatogram of reference substance and sample

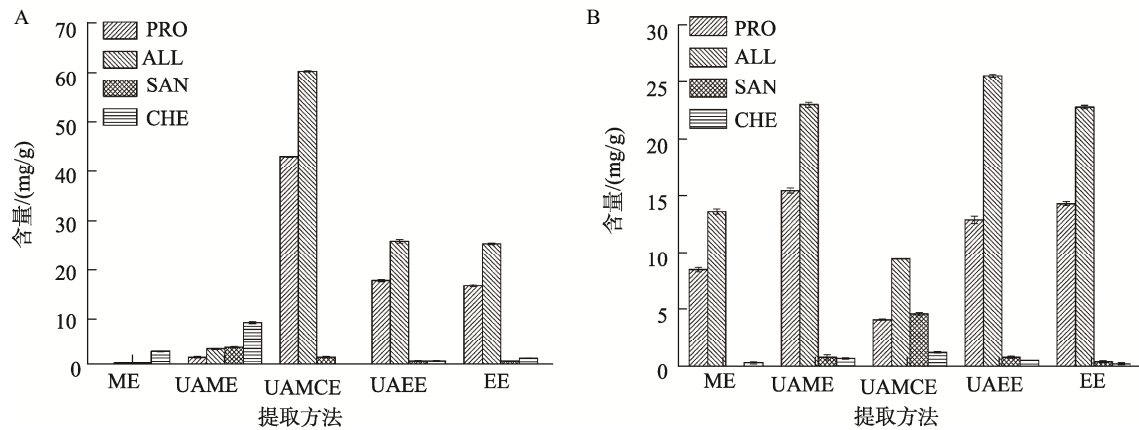


图 2 不同提取方法提取的光泽(A)和明溪(B)博落回生物碱的含量(n=3)

Fig.2 Effects of different conditions on extracting of alkaloids from Guanze (A) and Mingxi (B) (n=3)

3.3 博落回总生物碱含量分析

光泽和明溪产博落回叶片采用 5 种方法提取的总生物碱含量如图 3 所示, 甲醇提取法得到的光泽县样品提取物总生物碱含量为(4.092±0.0004) mg/g, 明溪县样品为(22.855±0.578) mg/g; 超声-甲醇提取法提取物中光泽县样品总生物碱含量为(17.681±0.721) mg/g, 明溪县样品为(40.244±0.327) mg/g; 超声-甲醇补足提取法的总生物碱含量光泽县和明溪样品分别为(104.939±0.449) mg/g 和(19.871±0.0.150) mg/g; 超声-乙醇提取法提取物中光泽县和明溪样品的总生物碱含量分别为(44.894±0.744) mg/g 和(40.103±0.0.075) mg/g; 而乙醇提取法得到的总生物碱含量则依次为(43.965±0.556) mg/g 和(38.047±0.032) mg/g。

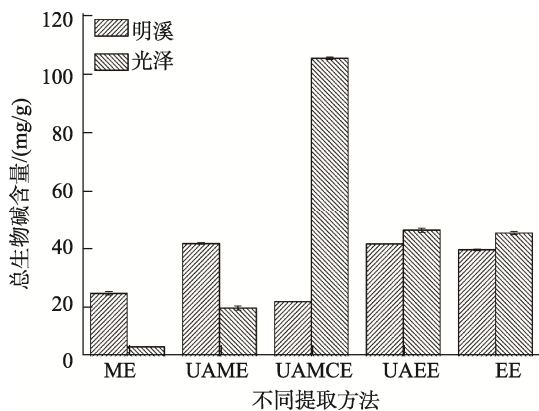


图 3 不同的提取方法下总生物碱含量(n=3)

Fig.3 Effects of different conditions on extracting of total alkaloids(n=3)

4 结论与讨论

博落回属植物的叶片具有呼吸、光合和蒸腾作用, 还能合成生物碱等次生代谢物^[20]。本研究采用 5 种不同方法

提取明溪、光泽 2 地野生博落回叶片中原阿片碱、别隐品碱、血根碱和白屈菜红碱等 4 种生物碱。明溪、光泽 2 地博落回叶片均检测出 4 种生物碱, 不同提取方法下 4 种生物碱提取含量存在差距, 但都满足 ALL > PRO > SAN≈CHE 的趋势, 该结论与刘秀斌等人的结果一致^[21,22]。

明溪、光泽 2 地博落回总生物碱提取方法中, 甲醇提取法和超声-甲醇提取法对总生物碱的提取率相比, 超声-甲醇提取法 > 甲醇提取法, 说明甲醇作为提取液时, 超声辅助处理的提取率比回流的高; 超声-乙醇提取法和乙醇提取法对总生物碱的提取率相比, 超声-乙醇提取法的提取率比乙醇提取法的提取率高, 说明乙醇作为提取液时, 超声辅助处理的提取率比回流处理高。综上所述, 超声辅助提取可以获得更高的提取率。

明溪、光泽 2 地的博落回总生物碱含量存在差异, 可能是由于地理环境不一样, 也有可能是博落回的品种不一样。其中超声-甲醇补足提取法提取的总生物碱含量综合最高, 所以 5 种提取方法中选择超声-甲醇补足提取法为最优提取方法。为后续博落回生物碱的应用提供参考。

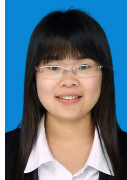
参考文献

- [1] 郭小清, 唐莉苹, 聂建超, 等. 博落回的药理作用及其在动物保健中的应用[J]. 中国动物保健, 2005, (5): 34-35.
Guo XQ, Tang LP, Nie JC, et al. Pharmacological function of macleaya and its application in animal health [J]. Chin Anim Health, 2005, (5): 34-35.
- [2] 刘浩, 谈满良, 单体江, 等. 博落回生物碱与生物活性及其应用[J]. 中国野生植物资源, 2009, 28(3): 21-23.
Liu H, Tan ML, Dan TJ, et al. Bioactivity and application of *Macleaya cordata* alkaloids [J]. Chin Wild Plant Resour, 2009, 28(3): 21-23.
- [3] 高红梅, 付小草, 何婷, 等. 博落回生物碱对 12 种植物病原菌的抑制活性研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(18): 5810-5812.
Gao HM, Fu XC, He T, et al. Antimicrobial activity of total alkaloids from *Macleaya cordata* against twelve kinds of phytopathogen [J]. J Anhui Agric Sci, 2014, 42(18): 5810-5812.

- [4] 田晶, 郁建平, 葛永辉, 等. 博落回中生物碱对 5 种皮癣真菌抑制作用的初步研究[J]. 中成药, 2010, 32(7): 1108–1111.
Tian J, Yu JP, Ge YH, *et al.* Effect of *Macleaya cordata* alkaloids on five skin fungus [J]. Chin Tradit Patent Med, 2010, 32(7): 1108–1111.
- [5] 王朝元, 童胜兰, 胡鑫. 博落回生物碱成分及其抗菌活性的研究[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2015, 34(1): 39–42.
Wang CY, Tong SL, Hu X. Studies on the alkaloid ingredients of *Macleaya cordata* and their antibacterial activity [J]. J South-Central Univ Nat (Nat Sci Ed), 2015, 34(1): 39–42.
- [6] 肖会君. 博落回化学成分及其生物活性研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2013.
Xiao HJ. Study on the chemical constituents and their bioactivities from *Macleaya cordata* [D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2013.
- [7] 杨舒, 刘岩, 杨千帆, 等. 博落回抗肿瘤作用及诱导人体端粒 DNA 形成 G-四链体分子机制研究[J]. 中草药, 2011, (4): 123–127.
Yang S, Liu Y, Yang QF, *et al.* Antitumor effect of *Macleaya cordata* and its molecular mechanism on inducement of human telomeric DNA to form G-quadruplex [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2011, (4): 123–127.
- [8] 庞建新, 马仁强, 刘兰梅, 等. 博落回总碱对肝癌细胞的毒性作用和体内抗肿瘤作用[J]. 南方医科大学学报, 2005, 25(3): 325–328.
Pang JX, Ma RQ, Liu LM, *et al.* Total alkaloid of *Macleaya cordata*: *in vitro* cytotoxic effect on Hep3B cells and *in vivo* antitumor effect in mice [J]. J South Med Univ, 2005, (3): 325–328.
- [9] 靳爱仙, 周国英, 闫瑞坤, 等. 博落回提取物对松梢螟幼虫生物活性的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(5): 15–18.
Jin AX, Zhou GY, Yan RK, *et al.* Bioactivities of *Macleaya cordata* extracts against larvae of *Diorvctria splendidella* [J]. J Centr South Univ Fore Technol, 2012, 32(5): 15–18.
- [10] 周浓林, 于泉林, 武宝悦, 等. 博落回根提取物对黄粉虫的触杀活性[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(7): 4041–4043.
Zhou NL, Yu QL, Wu BY, *et al.* Bioactivities of *Macleaya cordata* extracts against larvae of *Diorvctria splendidella* [J]. J Anhui Agric Sci, 2012, 40(7): 4041–4043.
- [11] 张晓宁, 陈巨莲, 程登发, 等. 博落回提取物对 3 种麦蚜的生物活性[J]. 植物保护, 2014, 40(3): 187–190.
Zhang XN, Chen JL, Cheng DF, *et al.* Biological activity of *Macleaya cordata* extract against three species of wheat aphids [J]. Plant Prot, 2014, 40(3): 187–190.
- [12] 蒋晓旭, 曹振辉, 林秋叶, 等. 博落回及其提取物替代饲用抗生素研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, (30): 127–129, 141.
Jiang XX, Cao ZH, Lin QY, *et al.* The research progress of *Macleaya cordata* and its extracts substituting antibiotics in feed [J]. J Anhui Agric Sci, 2016, (30): 127–129, 141.
- [13] 黄亚军. 博落回中主要生物碱在大鼠和猪的代谢及组织残留研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
Huang YJ. The metabolism and tissue residue studies of main alkaloids from *Macleaya cordata* in rat and pig [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2017.
- [14] 张德华, 黄仁木, 左露, 等. 生物碱的提取方法研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2010, 29(5): 15–20.
Zhang DH, Huang RM, Zuo L, *et al.* Progress on the method of extraction of alkaloids [J]. Chin Wild Plant Res, 2010, 29(5): 15–20.
- [15] 李赞忠, 李发旺, 乔子荣. 生物碱提取分离方法研究新进展[J]. 化工进展, 2010, 29(2): 293–299.
Li ZZ, Li FW, Qiao ZR. New development of the methods of extracting and separating for alkaloids [J]. Chem Ind Eng Progress, 2010, 29(2): 293–299.
- [16] 周文华, 杨辉荣, 岳庆磊. 生物碱提取和分离方法的研究新进展[J]. 当代化工, 2003, 32(2): 111–114.
Zhou WH, Yang HR, Yue QL. Progress on the method of extraction and separation of alkaloids [J]. Cont Chem Ind, 2003, 32(2): 111–114.
- [17] 白靖文, 丁良军, 叶非. 植物源农药博落回超声辅助提取方法[J]. 农药, 2010, 49(12): 876–878.
Bai JW, Ding LJ, YF. Ultrasonic-assisted extraction of botanical pesticide *Macleaya cordata* [J]. Agrochemicals, 2010, 49(12): 876–878.
- [18] 蔡建国, 张涛, 陈岚. 超临界 CO₂ 流体萃取博落回总生物碱的研究[J]. 中草药, 2006, (6): 852–854.
Cai JG, Zhang T, Chen L. Total alkaloid extract from *Macleaya cordata* using supercritical CO₂ fluid extraction [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2006, (6): 852–854.
- [19] 范家佑, 郁建平, 李静, 等. 博落回生物碱水提取工艺及优化[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(19): 10216–10218.
Fan JY, Yu JP, Li Jing, *et al.* Research on the extraction technology of alkaloids from *Macleaya cordata* with acid water and its optimization [J]. J Anhui Agric Sci, 2010, 38(19): 10216–10218.
- [20] Zeng JG, Liu YS, Liu W, *et al.* Integration of transcriptome, proteome and metabolism data reveals the alkaloids biosynthesis in *Macleaya cordata* and *Macleaya microcarpa* [J]. PLoS One, 2013, 8(1): e53409.
- [21] 刘秀斌, 黄嘉璐, 郑亚杰, 等. 博落回和小果博落回不同部位中生物碱类成分的比较[J]. 中国现代中药, 2017, 19(10): 1382–1386.
Liu XB, Huang JL, Zheng YJ, *et al.* Differentiation of alkaloids in different parts between *Macleaya cordata* and *M. microcarpa* [J]. Mod Chin Med, 2017, 19(10): 1382–1386.
- [22] 郭宇鸽, 曾建国, 谈满良, 等. 博落回叶与小果博落回叶中 4 种生物碱的含量比较[J]. 中南药学, 2011, 9(11): 829–832.
Guo YG, Zeng JG, Tan ML, *et al.* Content of 4 alkaloids in leaves of *Macleaya microcarpa* (Maxim) Fedde and *Macleaya Cordate* (Willd.) R.Br [J]. Cent South Pharm, 2011, 9(11): 829–832.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



郑梅霞, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为微生物生物技术。

E-mail: zhengmeixia2005@163.com



苏海兰, 硕士, 农艺师, 主要研究方向为药用植物资源利用与栽培研究。

E-mail: suhailan2019@163.com



朱育菁, 博士, 研究员, 主要研究方向为农业生物资源保护与利用。

E-mail: zyjingfz@163.com