doi:10.3969 / j.issn.1006 - 4931.2022.04.019

# 高效液相色谱法同时测定功劳木药材中 9 种化学成分含量*

黄 洋

（广州医科大学药学院·广东省分子靶标与临床药理学重点实验室，广东 广州 511436）

**摘要：目的** 建立同时测定功劳木药材中 9 种化学成分含量的高效液相色谱法。**方法** 色谱柱为 Waters XBridge $C_{18}$ 柱（250 mm × 4. 6 mm，5 μm）；流动相为 0. 1% 磷酸水溶液 - 乙腈（梯度洗脱），流速为 1. 0 mL / min，检测波长为 210 nm，柱温为 25 ℃，进样量为 10 μL。**结果** 氯化木兰花碱、绿原酸、小檗胺、四氢药根碱、非洲防己碱、盐酸药根碱、粉防己碱、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱质量浓度分别在 0. 04 ~ 81. 06 μg / mL（$r$ = 0. 999 9）、0. 06 ~ 60. 05 μg / mL（$r$ = 0. 997 6）、0. 02 ~ 10. 44 μg / mL（$r$ = 0. 998 5）、0. 008 ~ 10. 44 μg / mL（$r$ = 0. 999 8）、0. 05 ~ 49. 67 μg / mL（$r$ = 0. 999 9）、0. 12 ~ 248. 03 μg / mL（$r$ = 0. 999 9）、0. 42 ~ 39. 18 μg / mL（$r$ = 0. 999 9）、0. 34 ~ 353. 08 μg / mL（$r$ = 0. 999 7）、0. 29 ~ 295. 53 μg / mL（$r$ = 0. 999 9）范围内与峰面积线性关系良好；精密度、稳定性、重复性试验的 *RSD* 均小于 3. 0%（$n$ = 6）；平均回收率分别为 99. 38%，99. 17%，106. 60%，99. 58%，99. 59%，99. 72%，100. 00%，99. 58%，99. 55%，*RSD* 分别为 0. 28%，0. 44%，1. 86%，1. 47%，0. 68%，0. 39%，0. 87%，0. 37%，0. 32%（$n$ = 6）。**结论** 该方法操作简便，专属性和重复性均良好，结果准确可靠，可用于同时测定功劳木药材中 9 种化学成分的含量。

**关键词：**高效液相色谱法；功劳木；化学成分；含量测定

**中图分类号：R932;R284.1;R286.0　　文献标志码：A　　文章编号：1006 - 4931(2022)04 - 0079 - 04**

## Simultaneous Determination of Nine Compounds in Mahoniae Caulis by HPLC

*HUANG Yang*

*(School of Pharmaceutical Sciences, Guangzhou Medical University · Key Laboratory of Molecular Target & Clinical Pharmacology and the State Key Laboratory of Respiratory Disease, Guangzhou, Guangdong, China 511436)*

**Abstract: Objective** To establish a high-performance liquid chromatography (HPLC) method for the simultaneous determination of nine compounds in Mahoniae Caulis. **Methods** The chromatographic column was Waters XBridge $C_{18}$ column (250 mm × 4. 6 mm, 5 μm), the mobile phase was 0. 1% phosphoric acid solution - acetonitrile (gradient elution), the flow rate was 1. 0 mL/min, and the detection wavelength was 210 nm, the column temperature was 25 ℃, the injection volume was 10 μL. **Results** The mass concentrations of magnoflorine chloride, chlorogenic acid, berbamine, corypalmine, columbamine, jatrorrhizine hydrochloride, tetrandrine, palmatine hydrochloride and berberine hydrochloride showed a good relationship with the peak area in the ranges of 0. 04 - 81. 06 μg/mL ($r$ = 0. 999 9), 0. 06 - 60. 05 μg / mL ($r$ = 0. 997 6), 0. 02 - 10. 44 μg / mL ($r$ = 0. 998 5), 0. 008 - 10. 44 μg / mL ($r$ = 0. 999 8), 0. 05 - 49. 67 μg / mL ($r$ = 0. 999 9), 0. 12 - 248. 03 μg/mL ($r$ = 0. 999 9), 0. 42 - 39. 18 μg/mL ($r$ = 0. 999 9), 0. 34 - 353. 08 μg/mL ($r$ = 0. 999 7), 0. 29-295. 53 μg/mL ($r$ = 0. 999 9). The *RSD*s of precision, stability and repeatability tests were less than 3. 0%($n$ = 6). The average recoveries of the above nine compounds were 99. 38%, 99. 17%, 106. 60%, 99. 58%, 99. 59%, 99. 72%, 100. 00%, 99. 58%, 99. 55% with *RSD*s of 0. 28%, 0. 44%, 1. 86%, 1. 47%, 0. 68%, 0. 39%, 0. 87%, 0. 37%, 0. 32% ($n$ = 6), respectively. **Conclusion** The method is simple, specific, reproducible, accurate and reliable, which can be used for the simultaneous determination of nine compounds in Mahoniae Caulis.

**Key words:** HPLC; Mahoniae Caulis; compounds; content determination

功劳木 *Mahoniae Caulis* 为小檗科植物阔叶十大功劳 *Mahonia bealaei* (Fort.) Carr. 和细叶十大功劳 *Mahonia fortunei* (Lindl.) Fedde 的干燥茎[1]，富含生物碱、黄酮等化学成分，有清热燥湿、泻火解毒等功效[2]，具有抗炎[3]、抗肿瘤[4]、抗氧化[5-6]、抗乙酰胆碱酯酶[7-8]等药理作用。2020 年版《中国药典（一部）》中质

* **基金项目：**广东省深圳市科技计划项目[JCYJ20190806171605522]；广东省广州市科技计划项目[202102020516]。

**第一作者：**黄洋，男，博士，讲师，研究方向为中药药效物质基础，（电话）020 - 37105181（电子信箱）huangyang@gzhmu. edu. cn。

量控制中的应用及研究进展[J]. 中国药师，2020，23(3)：530 - 534.

[11] 胡曙光，苏祖俭，蔡文华，等. 石墨炉原子吸收光谱法测定皂树皮提取物中铅的不确定度评定[J]. 中国食品添加剂，2017(8)：182 - 187.

[12] 王丽平，丁 敏，高小春. 火焰原子吸收分光光度法测定碱式碳酸铋中铜含量的不确定度评定[J]. 中国药物经济学，2017，12(1)：18 - 22.

[13] 薛巧如，刘冰滢，陈子锋，等. ICP - MS 与石墨炉原子吸收法测定复方氨基酸注射液中铝含量的比较[J]. 中国现代应用药学，2021，38(3)：318 - 322.

（收稿日期：2021 - 06 - 12；修回日期：2021 - 09 - 08）

量控制项采用高效液相色谱（HPLC）法测定功劳木药材中非洲防己碱、盐酸药根碱、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱含量[1]。本研究中采用HPLC法测定不同产地27批功劳木药材中化学成分氯化木兰花碱、绿原酸、小檗胺、四氢药根碱、非洲防己碱、盐酸药根碱、粉防己碱、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱的含量，旨在加强功劳木药材质量的全面控制。现报道如下。

## 1 仪器与试药

### 1.1 仪器

LC-20A型高效液相色谱仪（日本Shimadzu公司）；XS 105 DU型十万分之一电子天平（瑞士Mettler Toledo公司）；SB25-12DT型超声仪（宁波新芝生物科技股份有限公司）；Milli-Q Academic型超纯水净化系统（美国Millipore公司）；RT-04A型高速粉碎机（香港泓茎制药机械公司）。

### 1.2 试药

盐酸药根碱对照品（批号110733-201609，含量89.5%），粉防己碱对照品（批号110711-201810，含量99.6%），盐酸巴马汀对照品（批号110732-201609，含量86.8%），盐酸小檗碱对照品（批号110713-201613，含量86.8%），绿原酸对照品（批号110753-201716，含量99.3%），四氢药根碱对照品（批号13063-54-2，含量98.0%），均购自中国食品药品检定研究院；非洲防己碱对照品（批号18041021，含量98.0%），小檗胺对照品（批号18040922，含量98.0%），氯化木兰花碱对照品（批号18041024，含量98.0%）均购自上海同田生物技术有限公司；甲醇、乙腈均为色谱纯，水为超纯水。27批（编号依次为S1-S27）功劳木药材样品信息见表1，经深圳市药品检验研究院中药室和韶关学院邓伟先教授鉴定为阔叶十大功劳*Mahonia bealaei*（Fort.）Carr.。

**表1 功劳木药材样品信息**

**Tab. 1 Information of Mahoniae Caulis**

| 样品编号 | 产地 | 种类 | 样品编号 | 产地 | 种类 |
|---|---|---|---|---|---|
| S1-S12 | 广西 | 药材（栽培） | S16 | 江西 | 药材（栽培） |
| S13 | 云南 | 药材（栽培） | S17 | 四川 | 药材（栽培） |
| S14 | 安徽 | 药材（栽培） | S18-S20 | 贵州 | 药材（栽培） |
| S15 | 浙江 | 药材（栽培） | S21-S27 | 广西 | 药材（野生） |

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件

色谱柱：Waters XBridge $C_{18}$柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；流动相：0.1%磷酸水溶液（A）-乙腈（B），梯度洗脱（0 min时5%B，17 min时17% B，35 min时20% B，50 min时23% B，60 min时50% B，70.1 min时100%B，80.1 min时5%B，90 min时5%B；流速：1.0 mL/min；检测波长：210 nm；柱温：25 ℃；进样量：10 μL。

### 2.2 溶液制备

取药材样品适量，粉碎，过3号筛，称取粗粉约0.25 g，精密称定，置具塞锥形瓶中，精密加入盐酸-甲醇溶液（1∶100，*V*/*V*）50 mL，密塞，称定质量，超声（功率为500W，频率为40 kHz）处理45 min，取出，放冷，再称定质量，用盐酸-甲醇溶液（1∶100，*V*/*V*）补足减失的质量，摇匀，滤过，取续滤液，即得供试品溶液。分别称取氯化木兰花碱、绿原酸、小檗胺、四氢药根碱、非洲防己碱、盐酸药根碱、粉防己碱、盐酸小檗碱、盐酸巴马汀对照品适量，精密称定，置5 mL容量瓶中，分别加盐酸-甲醇（1∶100，*V*/*V*）溶解并定容，摇匀，作为单一对照品贮备液。分别精密吸取各适量，用盐酸-甲醇（1∶100，*V*/*V*）定容，得含氯化木兰花碱82.72 μg/mL、绿原酸60.48 μg/mL、小檗胺10.65 μg/mL、四氢药根碱16.62 μg/mL、非洲防己碱50.68 μg/mL、盐酸药根碱277.13 μg/mL、粉防己碱40.14 μg/mL、盐酸小檗碱406.78 μg/mL、盐酸巴马汀340.47 μg/mL的混合对照品溶液。以盐酸-甲醇溶液（1∶100，*V*/*V*）作为空白溶剂。

### 2.3 方法学考察

系统适用性试验：分别取2.2项下3种溶液各适量，按2.1项下色谱条件进样测定。结果供试品溶液色谱中，在与混合对照品溶液相同保留时间处有相应色谱峰，目标峰分离良好，且空白溶剂无干扰。详见图1。

线性关系考察：精密量取2.2项下混合对照品溶液，分别稀释2，4，8，16，32，64倍，得系列混合对照品溶液，按2.1项下色谱条件进样测定，以待测成分质量浓度（*X*，μg/mL）为横坐标、峰面积（*Y*）为纵坐标进行线性回归，得回归方程，详见表2。

精密度试验：取2.2项下混合对照品溶液适量，按2.1项下色谱条件连续进样6次，记录峰面积。结果见表3，表明仪器精密度良好。

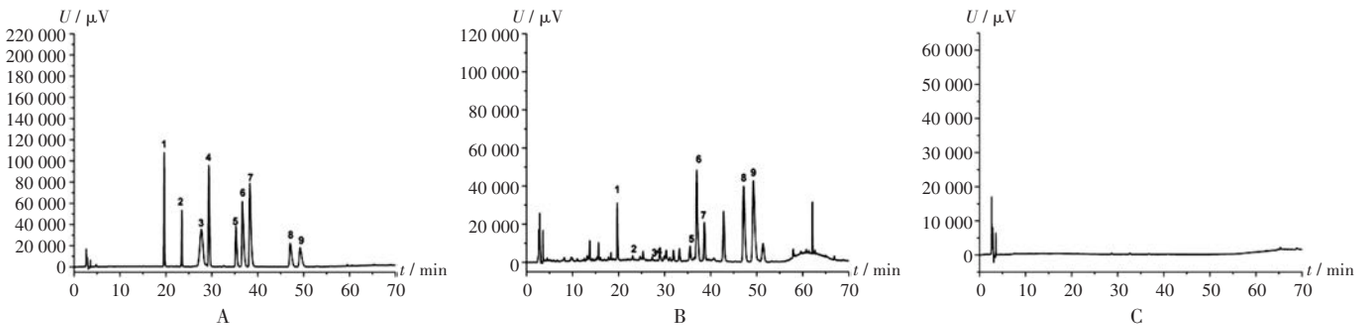
稳定性试验：按2.2项下方法制备供试品溶液，室温下分别于制备后0，4，8，12，24，48 h按2.1项下色谱条件各进样3次，记录峰面积。结果见表3，表明室温下供试品溶液在48 h内稳定性良好。

重复性试验：取2.2项下供试品溶液，按2.1项下色谱条件连续进样测定6次，记录峰面积。结果见表3，表明方法重复性良好。

加样回收试验：称取已知含量的药材样品0.125 g，精密称定，分别精密加入一定量的相应对照品，按2.2项下方法制备供试品溶液，按2.1项下色谱条件进样测定，重复3次。记录色谱图，并计算加样回收率。结果见表3。

### 2.4 样品含量测定

取各批次药材样品适量，按2.2项下方法制备供试




1. 氯化木兰花碱 2. 绿原酸 3. 小檗胺 4. 四氢药根碱 5. 非洲防己碱 6. 盐酸药根碱 7. 粉防己碱 8. 盐酸巴马汀 9. 盐酸小檗碱
A. 混合对照品溶液 B. 供试品溶液 C. 空白溶剂

**图1 高效液相色谱图**

1. Magnoflorine chloride 2. Chlorogenic acid 3. Berbamine 4. Corypalmine 5. Columbamine 6. Jatrorrhizine hydrochloride 7. Tetrandrine 8. Palmatine hydrochloride 9. Berberine hydrochloride.
A. Mixed reference solution B. Test solution C. Blank solvent

**Fig. 1 HPLC chromatograms**

**表2 线性关系考察结果($n=6$)**

**Tab. 2 Results of the linear relation test ($n=6$)**

| 成分 | 线性方程 | $r$ | 线性范围(μg/mL) |
|---|---|---|---|
| Ⅰ | $Y_1 = 35\,336\,X_1 + 22\,827$ | 0.999 9 | 0.04～81.06 |
| Ⅱ | $Y_2 = 21\,067\,X_2 + 58\,732$ | 0.997 6 | 0.06～60.05 |
| Ⅲ | $Y_3 = 67\,042\,X_3 + 25\,483$ | 0.998 5 | 0.02～10.44 |
| Ⅳ | $Y_4 = 91\,196\,X_4 + 14\,655$ | 0.999 8 | 0.008～10.44 |
| Ⅴ | $Y_5 = 22\,110\,X_5 + 9\,054$ | 0.999 9 | 0.05～49.67 |
| Ⅵ | $Y_6 = 35\,080\,X_6 + 48\,814$ | 0.999 9 | 0.12～248.03 |
| Ⅶ | $Y_7 = 76\,293\,X_7 + 23\,441$ | 0.999 9 | 0.04～39.18 |
| Ⅷ | $Y_8 = 28\,297\,X_8 + 10\,058$ | 0.999 7 | 0.34～353.08 |
| Ⅸ | $Y_9 = 43\,963\,X_9 + 40\,197$ | 0.999 9 | 0.29～295.53 |

注：Ⅰ～Ⅸ分别为氯化木兰花碱、绿原酸、小檗胺、四氢药根碱、非洲防己碱、盐酸药根碱、粉防己碱、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱。下表同。

Note: Ⅰ～Ⅸ refer to magnoflorine chloride, chlorogenic acid, berbamine, corypalmine, columbamine, jatrorrhizine hydrochloride, tetrandrine, palmatine hydrochloride and berberine hydrochloride, , respectively (for Tab. 2 - 4).

**表3 精密度、稳定性、重复性及加样回收试验结果**

**Tab. 3 Results of the precision, stability, repeatability and recovery tests (%)**

| 成分 | 精密度 | 稳定性 | 重复性 | 加样回收试验 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *RSD* | *RSD* | *RSD* | 平均回收率 | *RSD* |
| Ⅰ | 0.70 | 1.24 | 1.21 | 99.38 | 0.28 |
| Ⅱ | 0.59 | 1.16 | 1.59 | 99.17 | 0.44 |
| Ⅲ | 2.03 | 1.51 | 2.92 | 106.60 | 1.86 |
| Ⅳ | 0.89 | 1.17 | 1.32 | 99.58 | 1.47 |
| Ⅴ | 0.17 | 1.28 | 0.65 | 99.59 | 0.68 |
| Ⅵ | 1.40 | 1.81 | 0.97 | 99.72 | 0.39 |
| Ⅶ | 0.98 | 1.14 | 0.95 | 100.00 | 0.87 |
| Ⅷ | 0.90 | 1.08 | 0.83 | 99.58 | 0.37 |
| Ⅸ | 0.75 | 1.09 | 0.72 | 99.55 | 0.32 |

品溶液，按2.1项下色谱条件进样测定，记录峰面积并计算9个化学成分含量，结果见表4。氯化木兰花碱、绿原酸、小檗胺、四氢药根碱、非洲防己碱、盐酸药根碱、粉防己碱、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱的含量范围分别为 1.17～7.45 μg/mg、0.01～0.96 μg/mg、0.01～0.25 μg/mg、0.02～0.35 μg/mg、0.16～3.12 μg/mg、2.33～11.62 μg/mg、0～3.77 μg/mg、3.04～9.78 μg/mg、1.34～11.54 μg/mg。

## 3 讨论

### 3.1 试验条件优化

参考课题组前期关于功劳木药材的分析条件[9-12]，预试验中比较了来自不同厂家的4款$C_{18}$柱，从保留时间和选择性的角度，最终以Waters公司的$C_{18}$柱作为最优固定相；通过二极管阵列检测器对功劳木药材提取物进行全波长扫描，结果在210 nm波长处能得到最佳峰形和信号图谱，故选择210 nm作为分析波长；考虑到部分色谱峰的分离度欠佳，参考相关文献，选择磷酸作为添加剂用于峰形的优化，比较了不同质量分数的磷酸对功劳木药材提取物中化合物的分离效果，发现其质量分数为0.1%时，分离效果最佳。研究中还发现，温度对色谱峰的分离度也有一定影响，从分离度的角度考虑，最终选择25 ℃，此时大部分峰的分离度最佳。

### 3.2 测定结果分析

2020年版《中国药典(一部)》中仅收载了功劳木药材中4种混合对照品(非洲防己碱、盐酸药根碱、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱)的含量测定。从检测结果来看，27批功劳木药材样品中该4种化学成分的含量也相对稳定，再次验证了收集到的功劳木药材的真实性和准确性。

### 3.3 方法评价

中药发挥作用常是多种成分整体协同作用的结

表4 27批药材样品中9种化学成分的含量测定结果(mg/mg)

Tab. 4 Results of content determination of nine compounds in 27 batches of Mahoniae Caulis (mg/mg)

| 样品编号 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅴ | Ⅵ | Ⅶ | Ⅷ | Ⅸ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 | 2.68 | 0.01 | 0.03 | 0.15 | 1.86 | 5.15 | 1.07 | 8.42 | 7.02 |
| S2 | 1.17 | 0.34 | 0.01 | 0.20 | 1.54 | 2.33 | 0.83 | 6.94 | 10.87 |
| S3 | 3.76 | 0.38 | 0.25 | 0.25 | 3.12 | 4.80 | 3.77 | 8.04 | 11.54 |
| S4 | 2.60 | 0.36 | 0.10 | 0.13 | 2.38 | 4.19 | 3.04 | 6.75 | 10.46 |
| S5 | 2.60 | 0.26 | 0.10 | 0.13 | 2.38 | 4.19 | 3.04 | 6.75 | 10.46 |
| S6 | 1.75 | 0.16 | 0.18 | 0.12 | 1.32 | 5.29 | 0.23 | 7.03 | 4.90 |
| S7 | 1.17 | 0.34 | 0.16 | 0.09 | 1.46 | 3.79 | 0.02 | 7.87 | 6.07 |
| S8 | 1.63 | 0.27 | 0.08 | 0.02 | 1.98 | 9.58 | 0.45 | 3.34 | 5.11 |
| S9 | 4.38 | 0.03 | 0.05 | 0.13 | 2.01 | 9.65 | 0.48 | 3.20 | 9.46 |
| S10 | 4.91 | 0.10 | 0.10 | 0.13 | 2.04 | 9.06 | 0.55 | 3.18 | 10.11 |
| S11 | 2.59 | 0.33 | 0.21 | 0.27 | 0.16 | 7.06 | 0.12 | 5.28 | 9.48 |
| S12 | 2.76 | 0.10 | 0.16 | 0.13 | 1.34 | 4.83 | 0.05 | 8.99 | 10.68 |
| S13 | 7.45 | 0.31 | 0.19 | 0.14 | 1.46 | 11.62 | 0.73 | 3.30 | 5.86 |
| S14 | 3.86 | 0.19 | 0.20 | 0.15 | 1.94 | 8.13 | 0.64 | 3.04 | 8.78 |
| S15 | 3.13 | 0.23 | 0.12 | 0.11 | 1.27 | 5.44 | 0.29 | 4.30 | 7.93 |
| S16 | 1.86 | 0.36 | 0.14 | 0.12 | 1.27 | 5.82 | 0.82 | 7.24 | 6.57 |
| S17 | 2.44 | 0.22 | 0.19 | 0.20 | 1.62 | 3.83 | 0.49 | 8.25 | 6.68 |
| S18 | 3.14 | 0.10 | 0.18 | 0.35 | 1.39 | 7.13 | 0.53 | 3.82 | 9.88 |
| S19 | 5.09 | 0.04 | 0.20 | 0.19 | 1.44 | 7.43 | 0.48 | 3.65 | 9.46 |
| S20 | 2.10 | 0.17 | 0.15 | 0.20 | 0.75 | 6.84 | 0.08 | 4.95 | 9.99 |
| S21 | 2.77 | 0.13 | 0.21 | 0.14 | 0.26 | 5.93 | 0.47 | 3.94 | 2.81 |
| S22 | 5.03 | 0.70 | 0.13 | 0.09 | 0.37 | 9.98 | 0.00 | 6.61 | 5.01 |
| S23 | 4.06 | 0.96 | 0.15 | 0.13 | 0.60 | 10.38 | 0.01 | 5.14 | 5.68 |
| S24 | 4.77 | 0.12 | 0.21 | 0.20 | 0.24 | 8.05 | 0.33 | 9.78 | 1.55 |
| S25 | 3.06 | 0.40 | 0.12 | 0.25 | 0.40 | 7.12 | 0.02 | 7.34 | 4.60 |
| S26 | 5.57 | 0.18 | 0.07 | 0.35 | 0.29 | 5.85 | 0.34 | 4.19 | 1.34 |
| S27 | 3.34 | 0.15 | 0.21 | 0.20 | 0.23 | 9.46 | 0.46 | 5.35 | 2.82 |

果,但由于中药的复杂性,对其物质基础的认识尚未统一[13-15]。现有标准中仅对个别含量高的成分进行检测,并不能反映中药的整体观,故有必要通过多指标含量测定,并根据发挥作用的药效物质,选择合适的药材产地。本研究中通过对来自不同产地的27批功劳木药材中9种化学成分的含量分析,可为功劳木药材质量标准的提升提供参考。

## 参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(二部)[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:87.

[2] HU W, WU L, QIANG Q, et al. The dichloromethane fraction from *Mahonia bealei* (Fort.) Carr. leaves exerts an anti-inflammatory effect both *in vitro* and *in vivo*[J]. J Ethnopharmacol, 2016, 188:134-143.

[3] ZHANG L, RAVIPATI AS, KOYYALAMUDI SR, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants containing phenolic and flavonoid compounds[J]. J Agric Food Chem, 2011, 59(23):12361-12367.

[4] RAČKOVÁ L, MÁJEKOVÁ M, KOŠT'ÁLOVÁ D, et al. Antiradical and antioxidant activities of alkaloids isolated from *Mahonia aquifolium*. Structural aspects[J]. Bioorganic Med Chem, 2004, 12(17):4709-4715.

[5] HU W, YU L, WANG MH. Antioxidant and antiproliferative properties of water extract from *Mahonia bealei* (Fort.) Carr. Leaves[J]. Food Chem Toxico, 2011, 49(4):799-806.

[6] HE JM, MU Q. The medicinal uses of the genus Mahonia in traditional Chinese medicine: An ethnopharmacological, phytochemical and pharmacological review[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2015, 175:668-683.

[7] HUANG Y, WANG TJ, WANG J, et al. Ligand fishing and identification of acetylcholinesterase inhibitors in *Mahonia bealei* (Fort.) Carr. using high performance liquid chromatography-mass spectrometry[J]. J Liq Chromatogr RT, 2020, 43(13/14):1-9.

[8] KAUFMANN D, DOGRA AK, TAHRANI A, et al. Extracts from traditional Chinese medicinal plants inhibit acetylcholinesterase, a known alzheimer's disease target[J]. Molecules, 2016, 21(9):1161.

[9] HUANG Y, JIANG ZJ, WANG J, et al. Quality evaluation of *Mahonia bealei* (Fort.) Carr. using supercritical fluid chromatography with chemical pattern recognition[J]. Molecules, 2019, 24(20):3684-3696.

[10] HUANG Y, WANG TJ, YIN G, et al. Quality evaluation of *Mahonia bealei* (Fort.) Carr. by high performance liquid chromatography with chemical pattern recognition[J]. J Sep Sci, 2020, 43(18):3625-3635.

[11] HUANG Y, WANG TJ, JIANG ZJ, et al. Fast analysis of alkaloids from different parts of *Mahonia bealei* (Fort.) Carr studied for their anti-Alzheimer's activity using supercritical fluid chromatography[J]. J Sep Sci, 2021, 44(9):2006-2014.

[12] HUANG Y, SU Y, WANG TJ. Cultivars of *Mahonia bealei* (Fort.) Carr. as a source of potential natural product with anti-Alzheimer's Disease activity[J]. Front Drug Chem Clinical Res, 2021, 4:1-7.

[13] 肖 平,李 祥,陈建伟,等. 中药药效物质基础研究思路与方法概述[J]. 时珍国医国药,2015,25(8):1935-1938.

[14] 郭 倩,田成旺,任 涛,等. 中药药效物质基础研究进展[J]. 世界科学技术—中医药现代化,2015,17(3):648-654.

[15] 胡彦君,王雅琪,王勇平,等. 中药药效组分群筛选、配伍思路及质控模式探讨[J]. 中草药,2016,47(17):2965-2971.

(收稿日期:2021-08-12;修回日期:2021-10-11)