



## 杭白菊花水提物的UHPLC-ESI-Orbitrap质谱联用分析

徐晓俞, 李程勋, 郑开斌, 李爱萍

### 引用本文:

徐晓俞, 李程勋, 郑开斌, 等. 杭白菊花水提物的UHPLC-ESI-Orbitrap质谱联用分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2021, 29(1): 96-104.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4256>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 杨桃叶的化学成分研究

Chemical Constituents from the Leaves of *Averrhoa carambola*

热带亚热带植物学报. 2021, 29(1): 105-111 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4246>

### 桃金娘叶的化学成分研究

Chemical Constituents from Leaves of *Rhodomyrtus tomentosa*

热带亚热带植物学报. 2015, 23(1): 103-108 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2015.01.015>

### 降香檀叶的非黄酮类成分研究

Non-flavonoid Constituents from the Leaves of *Dalbergia odorifera*

热带亚热带植物学报. 2019, 27(2): 213-218 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3941>

### 拟巫山淫羊藿的megastigmane糖苷和苯丙醇类成分

Megastigmane Sesquiterpenes and Phenylpropanols from *Epimedium pseudowushanense*

热带亚热带植物学报. 2015, 23(1): 99-102 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2015.01.014>

### 桃金娘叶的化学成分研究

Chemical Constituents from Leaves of *Rhodomyrtus tomentosa*

热带亚热带植物学报. 2015(1): 103-108 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2015.01.015>

# 杭白菊花水提物的 UHPLC-ESI-Orbitrap 质谱联用分析

徐晓俞<sup>1</sup>, 李程勋<sup>1</sup>, 郑开斌<sup>2\*</sup>, 李爱萍<sup>1\*</sup>

(1. 福建省农业科学院作物研究所, 福州 350013; 2. 福建省农业科学院亚热带农业研究所, 福建 漳州 363005)

**摘要:** 为阐明杭白菊花水提物的药效物质基础, 采用超高压液相-高分辨质谱联用技术对杭白菊(*Chrysanthemum morifolium*) 花水提物的化学成分进行分析和鉴定。结果表明, 从杭白菊花水提取物中鉴定出 376 种化学成分, 其中相对含量大于 0.1% 的成分有 152 种, 相对含量较高的有绞股蓝皂苷 XXVII、含羞草碱-*O*- $\beta$ -葡萄糖苷、甲基- $\beta$ -葡萄糖苷、D-1-*O*-甲基粘质肌醇、L(+)-甲基肌醇、过氧化苯甲酰、甲基- $\beta$ -半乳糖苷、甲基- $\alpha$ -果糖苷、芒柄醇、松醇、(*E*)-2-己烯- $\alpha$ -阿拉伯糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -葡萄糖苷、米瑟毒苷等。杭白菊花水提取物主要以黄酮类和生物碱类成分为主, 分别有 40 和 53 种, 相对含量分别为 22.68% 和 26.57%, 是杭白菊花发挥功效的主要物质基础。

**关键词:** 杭白菊; 花; 水提取物; 化学成分; 液质联用分析

doi: 10.11926/jtsb.4256

## Chemical Constituents of Water Extract from *Chrysanthemum morifolium* Flowers by UHPLC-ESI-Orbitrap MS

XU Xiao-yu<sup>1</sup>, LI Cheng-xun<sup>1</sup>, ZHENG Kai-bin<sup>2\*</sup>, LI Ai-ping<sup>1\*</sup>

(1. Crop Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China; 2. Institute of Subtropical Agriculture, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Zhangzhou 363005, Fujian, China)

**Abstract:** In order to understand the effective substances of water extract from *Chrysanthemum morifolium* flowers, its chemical constituents were identified by high-pressure liquid chromatography-high resolution mass spectrometry. The results showed that 376 chemical components were identified from flower water extract, and the relative content of 152 components were more than 0.1%. The components with high relative content included gypenoside XXVII, mimosine-*O*- $\beta$ -glucoside, methyl- $\beta$ -glucoside, D-1-*O*-methyl mucosinose, L(+)-bornesitol, lucidol, methyl- $\beta$ -galactoside, methyl- $\alpha$ -fructoside, ononitol, pinitol, (*E*)-2-hexenyl- $\alpha$ -arabinosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -glucoside, miserotoxin, and so on. Therefore, the main constituents in flower water extract of *C. morifolium* were flavonoids and alkaloids, which had 40 and 53 kinds with relative content of 22.68% and 26.57%, respectively, indicating that the main material basis for the performance of *C. morifolium* flowers.

**Key words:** *Chrysanthemum morifolium*; Flower; Water extract; Chemical constituent; LC-MS analysis

杭白菊为菊科(Compositae)植物菊(*Chrysanthemum morifolium*)的干燥头状花序, 与毫菊、滁菊、贡菊并称为中国四大名菊。浙江桐乡是其主产地,

杭白菊是“浙八味”之一, 也是卫生部批准的药食同源原料。杭白菊的花是清凉药, 性微寒, 味甘、苦, 具有散风清热、明目平肝的功效。现代药理学研究

收稿日期: 2020-05-26 接受日期: 2020-07-10

基金项目: 福建省重大专项专题项目(2018NZ0003-2); 福建省农业科学院科技创新团队建设项目(STIT2017-2-11)资助

This work was supported by the Major Special Project in Fujian Province (Grant No. 2018NZ0003-2), and the Project for Scientific and Technological Innovation Team Construction of Fujian Academy of Agricultural Sciences (Grant No. STIT2017-2-11).

作者简介: 徐晓俞(1985~), 男, 助理研究员, 主要从事食用豆制品育种与天然产物研究。E-mail: 418577787@qq.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: k03163@163.com; ap1909@163.com

表明, 杭白菊具有抗菌、抗氧化、抗癌、降血压、降血脂、降血糖等多种药理活性<sup>[1]</sup>。有研究报道, 从杭白菊花中分离出倍半萜类<sup>[2-3]</sup>、黄酮类<sup>[4]</sup>、酚酸类<sup>[5]</sup>等成分, 其中黄酮类化合物是主要活性成分<sup>[6]</sup>, 具有抗氧化<sup>[7]</sup>、抗菌<sup>[1]</sup>、抗癌<sup>[1]</sup>等生理活性, 如木犀草素-7-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷、芹菜素-7-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷、金合欢素-7-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷等作为评价指标, 用于杭白菊指纹图谱的建立<sup>[8-12]</sup>、药材鉴别和质量控制。

杭白菊精油在提取过程中产生大量的废弃液, 如直接排放将对环境造成污染, 而如果对其中的活性成分进行开发利用, 则可实现废弃物资源的利用, 提高杭白菊的附加值。但至目前为止, 对于杭白菊的化学成分研究主要集中于挥发油上, 而对提取液中的化学成分报道较少。因此, 明确杭白菊花中非挥发性化学成分的组成, 对阐明其生物功效具有指导意义。

电喷雾离子源质谱具有高灵敏性、操作简便、分子离子峰丰度高等优点, 已应用于杭白菊成分的定性研究中。周莹<sup>[13]</sup>采用液质联用技术(HPLC-ESI-MS<sup>n</sup>)从杭白菊花序中鉴定出 10 个黄酮苷, 分别是金合欢素、山奈素、芹菜素和木犀草素与芸香糖、葡萄糖、葡萄糖醛酸和新橙皮糖形成的氧取代的黄酮糖苷。杭白菊花中是否还有其他黄酮成分或其他类型成分还需进一步的探讨, 这对检测技术提出了更高的要求。Q-Exactive 四极杆-静电场轨道阱(Orbitrap)高分辨质谱仪可同时实现多级质谱碎裂和母、子离子的高分辨采集, 为小分子化合物的鉴定提供了更多精确的信息, 具有比离子阱质谱更高的灵敏度, 在未知化合物鉴定<sup>[14]</sup>、农药残留检测等领域已经有十多年的应用历史。因此, 本研究将其与高效液相色谱结合用于杭白菊花水提取物中化学成分的鉴定, 以阐明杭白菊花的药效物质基础, 为其开发利用提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和仪器

杭白菊(*Chrysanthemum morifolium*)鲜花于 2017 年 11 月 30 日采自福建省福州市埔垵试验基地。

Ultimate 3000 UHPLC 液相色谱仪、Q-Exactive 四极杆-静电场轨道阱高分辨质谱仪(美国 Thermo 公司); Allegra 64R 型高速离心机(美国 Beckman 公司); 半自动固相萃取机(美国 Supelco 公司); 全自动

氮吹浓缩仪(美国 Capiler Life Sciences 公司); Prime HLB 固相微萃取柱(美国 Waters 公司); Milli-Q 纯水机(美国 Millipore 公司)。

甲醇、乙腈(色谱纯)为德国 Merck 公司生产; 甲酸为国药集团化学试剂有限公司产品。

### 1.2 样品处理

称取杭白菊鲜花 5 kg, 置于 100 L 蒸馏罐中, 按料液比为 1:4 加入纯水, 加热回流提取 2 h, 得杭白菊花水提取物, 备用。精密量取杭白菊花水提取物 5 mL, 置于 10 mL 离心管中, 在 7 168 $\times$ g 下离心 15 min, 吸取上清液转移至 Prime HLB 固相微萃取柱中, 用 5 mL 纯水淋洗, 再用 5 mL 甲醇洗脱, 收集甲醇洗脱液于 35 $^{\circ}$ C 下用 N<sub>2</sub> 吹干, 加入 1 mL 0.1% 甲酸水-乙腈溶液(7:3, V/V)溶解甲醇洗脱物, 过 0.22  $\mu$ m 微孔滤膜, 得上机样品, 待用。

### 1.3 液相-质谱分析

杭白菊花水提取物样品, 采用 Q-Exactive 高分辨质谱仪, 在正离子和负离子两种模式下同时扫描, 获得杭白菊花水提取物的代谢物总离子流图。

**色谱条件** 色谱柱: Waters HSS T3 色谱柱(100 mm $\times$ 2.1 mm, 1.8  $\mu$ m); 柱温: 50 $^{\circ}$ C; 流动相: 0.1% 甲酸水(A), 甲醇(B); 流速: 1.0 mL/min。梯度洗脱程序: 0~5 min, 0% B~25% B; 5~15 min, 25% B~100% B; 15~20 min, 100% B; 20~25 min, 100% B~0% B。进样体积: 10  $\mu$ L。

**质谱条件** 离子源(ESI)电压: 3.5 kV; 扫描范围:  $m/z$  100~1 000 amu; 扫描分辨率: 17 500; 正负离子模式采集。采用数据依赖采集方法获得代谢物的二级质谱碎裂信息, 扫描范围为  $m/z$  100~1 500 amu; 碰撞能量(CE)为 25、35 和 45 eV。

### 1.4 数据处理与分析

数据采用 Compounds Discoverer (CD)软件进行处理, 包括: 峰提取、峰对齐、代谢物成分信息提取、代谢物成分结构预测、数据库检索。参数设定: 质量偏差为 5, 峰对齐最大保留时间偏移为 0.5 min, 信号强度最大偏差为 30%, 信噪比(S/N)为 3, 鉴定数据库为 mzCloud (<https://www.mzcloud.org/>)、ChemSpider (<http://www.chemspider.com/>)。运用峰面积归一化法, 求得各代谢物成分的相对含量。

## 2 结果和分析

本研究从杭白菊花水提取物中鉴定出 376 种化学成分, 其中相对含量在 0.1% 以上(以下同)的成分有 152 种(表 1), 相对含量较高的成分有绞股蓝皂苷 XXVII (3.80%)、含羞草碱-*O*- $\beta$ -葡萄糖苷(3.19%)、

甲基- $\beta$ -葡萄糖苷(2.51%)、*D*-1-*O*-甲基粘质肌醇(2.51%)、*L*(+)-甲基肌醇(2.51%)、过氧化苯甲酰(2.51%)、甲基- $\beta$ -半乳糖苷(2.51%)、甲基- $\alpha$ -果糖苷(2.51%)、芒柄醇(2.51%)、松醇(2.51%)、(*E*)-2-己烯- $\alpha$ -阿拉伯糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -葡萄糖苷(2.34%)和米瑟毒苷(1.94%)等。

表 1 杭白菊花水提取物的化学成分和相对含量

Table 1 Chemical constituents and relative contents of water extract of *Chrysanthemum morifolium* flowers

种类 Type	编号 No.	保留时间 Retention time (min)	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content /%
氨基酸 Amino acid	1	0.85	L-精氨酸 L-Arginine	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	0.25
	2	1.68	<i>N,N</i> -二甲基-L-苯丙氨酸 <i>N,N</i> -Dimethylphenylalanine	C <sub>11</sub> H <sub>15</sub> NO <sub>2</sub>	0.28
	3	1.72	5-羟基-L-色氨酸 5-Hydroxy-L-tryptophan	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.21
肽类 Peptide	4	1.25	鹅肌肽 Anserine	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	0.12
	5	1.25	L-肌肽 Carnosine	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	0.12
萜类 Terpenoid	倍半萜 Sesquiterpenoid	6	6-羟基雅雅檀兰烯内酯 6-Hydroxyeremophilanolide	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		7	矮艾素 A Arbusculin A	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		8	青蒿内酯 Artemisilactone	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
	二萜 Diterpenoid	9	二氢豚草酸 Damsinic acid	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		10	环氧青蒿酸 Epoxyarteannuinic acid	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		11	呋喃佛术烷-6 $\beta$ ,10 $\beta$ -二醇 Furanoeremophilane-6 $\beta$ ,10 $\beta$ -diol	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		12	呋喃蜂斗菜醇 Furanofukinol	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		13	甘薯酮 Ipomeamarone	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		14	甘松新酮 Nardosinone	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		15	努特卡醇 Nootkatanol	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	0.58
		16	赤霉素 A8 Gibberellin A8	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> O <sub>7</sub>	0.18
		17	罗汉松内酯 E Inumakilactone E	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> O <sub>7</sub>	0.18
		18	竹柏内酯 B Nagilactone B	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> O <sub>7</sub>	0.18
		19	环氧考利宁 Epoxycollinin	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>5</sub>	0.11
		20	艾西弗林 D Iaxiflorin D	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>5</sub>	0.11
21	甘密树皮素 B Nectandrin B	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>5</sub>	0.11		
22	绞股蓝皂苷 XXVII Gypenoside XXVII	C <sub>39</sub> H <sub>66</sub> O <sub>13</sub>	3.80		
香豆素 Coumarin	三萜 Triterpenoid	23	甘草呋喃香豆素 Licofuranocoumarin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>7</sub>	0.28
		24	甘草吡喃香豆素 Licopyranocoumarin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>7</sub>	0.28
		25	5-甲基香豆素-4-纤维生物苷 5-Methylcoumarin-4-cellobioside	C <sub>22</sub> H <sub>28</sub> O <sub>13</sub>	0.14
		26	5-甲基香豆素-4-龙胆二糖苷 5-Methylcoumarin-4-gentiobioside	C <sub>22</sub> H <sub>28</sub> O <sub>13</sub>	0.14
		27	5,6-二甲氧基-7-羟基香豆素 5,6-Dimethoxy-7-hydroxycoumarin	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	0.28
		28	7-羟基-6,8-二甲氧基香豆素 7-Hydroxy-6,8-dimethoxy coumarin	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	0.28
		29	(+)-白花前胡素 E (+)-Praeruptorin E	C <sub>24</sub> H <sub>28</sub> O <sub>7</sub>	0.10
		30	肉苁蓉苷 B Cistanoside B	C <sub>37</sub> H <sub>50</sub> O <sub>20</sub>	0.12
苯丙素 Phenylpropanoid	31	吉奥诺苷 B1 Jionoside B1	C <sub>37</sub> H <sub>50</sub> O <sub>20</sub>	0.12	
	32	吉奥诺苷 B2 Jionoside B2	C <sub>37</sub> H <sub>50</sub> O <sub>20</sub>	0.12	
	33	松柏醇二当归酸酯 Coniferyl diangelate	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>5</sub>	0.11	
	34	(+)-5'-去甲氧基表观素 (+)-5'-Demethoxyepiexcelsin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>7</sub>	0.28	
木脂素 Lignan	35	4'-去甲去氧鬼臼毒素 4'-Demethyldeoxyypodophyllotoxin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>7</sub>	0.28	
	36	甘草宁 D Gancaonin D	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>7</sub>	0.28	
黄酮 Flavonoid	37	甘草宁 P-3'-甲醚 Gancaonin P-3'-methyl ether	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>7</sub>	0.28	
	38	杨梅苷 Cannabiscitrin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>13</sub>	0.14	

续表(Continued)

种类 Type	编号 No.	保留时间 Retention time (min)	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content /%	
黄酮 Flavonoid	39	3.68	棉皮苷 Gossypin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>13</sub>	0.14	
	40	3.68	棉黄苷 Gossypitrin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>13</sub>	0.14	
	41	3.68	异杨梅树皮苷 Isomyricitrin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>13</sub>	0.14	
	42	9.48	沙苑子苷 Complanatuside	C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>16</sub>	1.01	
	43	9.48	异鼠李素-3- <i>O</i> -β-葡萄糖-(1→2)-α-鼠李糖苷 Isorhamnetin-3- <i>O</i> -β-glucosyl-(1→2)-α-rhamnoside	C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>16</sub>	1.01	
	44	9.48	异鼠李素-3- <i>O</i> -新橙皮糖苷 Isorhamnetin-3- <i>O</i> -neohesperidoside	C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>16</sub>	1.01	
	45	9.48	异鼠李素-3- <i>O</i> -芸香糖苷 Isorhamnetin-3- <i>O</i> -rutinoside	C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>16</sub>	1.01	
	46	9.48	铃兰黄酮苷 Keioside	C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>16</sub>	1.01	
	47	9.92	问荆苷 Equisetrin	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	0.34	
	48	9.92	异鼠李素-3- <i>O</i> -α-阿拉伯糖苷 Isorhamnetin-3- <i>O</i> -α-arabinoside	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	0.34	
	49	9.92	山奈酚-3,7- <i>O</i> -β-二葡萄糖苷 Kaempferol-3,7- <i>O</i> -β-diglucoside	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	0.34	
	50	9.92	野蔷薇苷 A Multinoside A	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	0.34	
	51	9.92	新异芸香苷 Neoisorutin	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	0.34	
	52	11.58	芹菜素-7- <i>O</i> -β-D-葡萄糖醛酸苷 Apigenin-7- <i>O</i> -β-D-glucuronide <sup>[15]</sup>	C <sub>21</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>	1.02	
	53	11.58	黄芩素-6- <i>O</i> -β-葡萄糖醛酸苷 Baicalein-6- <i>O</i> -β-glucuronide	C <sub>21</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>	1.02	
	54	11.58	黄芩苷 Baicalin	C <sub>21</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>	1.02	
	55	11.74	苦参醇 J Kushenol J	C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub>	0.61	
	56	11.74	甘草素-7,4'- <i>O</i> -β-双葡萄糖苷 Liquiritigenin-7,4'- <i>O</i> -β-diglucoside	C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub>	0.61	
	57	11.74	柚皮苷 Naringin	C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub>	0.61	
	58	11.74	芸香柚皮苷 Narirutin	C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub>	0.61	
	59	11.74	1,3-二羟基-6,7-二甲基山酮-1- <i>O</i> -β-葡萄糖苷 1,3-Dihydroxy-6,7-dimethylxanthone-1- <i>O</i> -β-glucoside	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>	0.16	
	60	11.74	芦荟苷 Aloin	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>	0.16	
	61	11.74	决明子苷 Cassiaside	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>	0.16	
	62	11.74	梔子宁 Gardenin	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>	0.16	
	63	11.74	异甘草苷 Isoliquiritin	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>	0.16	
	64	11.74	甘草苷 Liquiritin	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>	0.16	
	65	11.74	新异甘草苷 Neoisoliquiritin	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>	0.16	
	66	11.74	新甘草苷 Neoliquiritin	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>	0.16	
	67	11.88	6-甲氧基山奈酚-3- <i>O</i> -β-葡萄糖苷 6-Methoxykaempferol 3- <i>O</i> -β-glucoside	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	0.96	
	68	11.88	6-甲氧基木犀草素-7- <i>O</i> -β-葡萄糖苷 6-Methoxyluteolin-7- <i>O</i> -β-glucoside	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	0.96	
	69	11.88	藜葱头苷 A Alliumoside A	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	0.96	
	70	11.88	圣草酚 7- <i>O</i> -β-(6'-甲酯基)-葡萄糖醛酸苷 Eriodictyl 7- <i>O</i> -β-(6'-methyl ester)-glucuronoside	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	0.96	
	71	11.88	尼泊尔黄酮苷-7- <i>O</i> -β-葡萄糖苷 Eupafolin-7- <i>O</i> -β-glucoside	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	0.96	
	72	11.88	异鼠李素-3- <i>O</i> -β-半乳糖苷 Isorhamnetin-3- <i>O</i> -β-galactoside	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	0.96	
	73	11.88	异鼠李素-3- <i>O</i> -β-葡萄糖苷 Isorhamnetin-3- <i>O</i> -β-glucoside	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	0.96	
	74	11.88	胡麻苷 Pedaliin	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	0.96	
	75	15.74	6''- <i>O</i> -乙酰染料木苷 6''- <i>O</i> -Acetylgenistin	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	0.27	
	生物碱 Alkaloid	76	0.91	1,6-食用黄芪酯苷 Cibarian	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	0.25
		77	0.91	2,6-食用黄芪酯苷 Coronarian	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	0.25
		78	1.43	乙酰大尾摇碱 Acetylindicine	C <sub>17</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>6</sub>	0.30
		79	1.56	巴豆苷 Crotonoside	C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> N <sub>5</sub> O <sub>5</sub>	0.55
		80	1.56	鸟嘌呤核苷 Guanosine	C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> N <sub>5</sub> O <sub>5</sub>	0.55
		81	1.68	6,7-二羟基-1,1-二甲基-1,2,3,4-四氢异喹啉 6,7-Dihydroxy-1,1-dimethyl-1,2,3,4-tetrahydroisoquinoline	C <sub>11</sub> H <sub>15</sub> NO <sub>2</sub>	0.28
		82	2.63	米瑟毒苷 Miserotoxin	C <sub>9</sub> H <sub>17</sub> NO <sub>8</sub>	1.94
		83	3.44	毒扁豆碱 Physostigmine	C <sub>15</sub> H <sub>21</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	0.31
		84	3.68	6-糠氨基嘌呤 Kinetin	C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> N <sub>5</sub> O	1.54

续表(Continued)

种类 Type	编号 No.	保留时间 Retention time (min)	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content /%	
生物碱 Alkaloid	85	4.01	雷纳宁 Cherianoine	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>4</sub>	0.16	
	86	5.53	倒地铃苷 Cardiospermin	C <sub>11</sub> H <sub>17</sub> NO <sub>7</sub>	0.13	
	87	5.78	(2,3)反式 <i>N</i> -(对羟基苯乙基)阿魏酰胺 (2,3) <i>trans-N</i> -( <i>p</i> -Hydroxyphenethyl)ferulamide	C <sub>18</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>4</sub>	0.35	
	88	5.78	孤挺花碱 Bellamarine	C <sub>18</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>4</sub>	0.35	
	89	5.78	三尖杉酮碱 Cephalotaxinone	C <sub>18</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>4</sub>	0.35	
	90	5.78	异三尖杉酮碱 Isocephalotaxinone	C <sub>18</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>4</sub>	0.35	
	91	5.78	新木姜子碱 Lauroilsine	C <sub>18</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>4</sub>	0.35	
	92	5.78	阿魏酰酰胺 Moupinamide	C <sub>18</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>4</sub>	0.35	
	93	5.78	<i>N</i> -反式-阿魏酰酰胺 <i>N-trans</i> -Feruloyltyramine	C <sub>18</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>4</sub>	0.35	
	94	6.19	氢化可他宁 Hydrocotarnine	C <sub>12</sub> H <sub>15</sub> NO <sub>3</sub>	0.20	
	95	6.54	6-羟石斛星碱 6-Hydroxydendroxine	C <sub>17</sub> H <sub>25</sub> NO <sub>4</sub>	0.31	
	96	6.63	可待因 Codeine	C <sub>18</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>	0.36	
	97	6.63	D- <i>N</i> -甲基乌药碱 D- <i>N</i> -Methyl coclaurine	C <sub>18</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>	0.36	
	98	6.63	刺桐定碱 Erysodine	C <sub>18</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>	0.36	
	99	6.63	刺桐文碱 Erysovine	C <sub>18</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>	0.36	
	100	6.63	夜合花碱 Magnococline	C <sub>18</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>	0.36	
	101	6.63	$\beta$ -可待因 Neopine	C <sub>18</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>	0.36	
	102	6.63	L-(-)- <i>N</i> -去甲亚美罂粟碱 Norarmepavine	C <sub>18</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>	0.36	
	103	7.97	头花千金藤碱 Cepharamine	C <sub>19</sub> H <sub>23</sub> NO <sub>4</sub>	0.32	
	104	7.97	异防己碱 Isosinomenine	C <sub>19</sub> H <sub>23</sub> NO <sub>4</sub>	0.32	
	105	7.97	全缘千里光碱 Integerrimine	C <sub>18</sub> H <sub>25</sub> NO <sub>5</sub>	0.10	
	106	8.91	倍他尼定 6- <i>O</i> - $\beta$ -槐糖苷 Betanidin 6- <i>O</i> - $\beta$ -sophoroside	C <sub>30</sub> H <sub>36</sub> N <sub>2</sub> O <sub>18</sub>	0.11	
	107	8.91	异倍他尼定 6- <i>O</i> - $\beta$ -槐糖苷 Isobetanidin-6- <i>O</i> - $\beta$ -sophoroside	C <sub>30</sub> H <sub>36</sub> N <sub>2</sub> O <sub>18</sub>	0.11	
	108	9.51	坎特莱因碱 Cantleyine	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>3</sub>	0.22	
	109	9.51	异茶茶萸碱 Isocantlyine	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>3</sub>	0.22	
	110	9.53	黑色素细胞刺激素 Intermedine	C <sub>14</sub> H <sub>23</sub> NO <sub>6</sub>	0.38	
	111	9.74	含羞草碱- <i>O</i> - $\beta$ -葡萄糖苷 Mimosine- <i>O</i> - $\beta$ -glucoside	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	3.19	
	112	10.84	骆驼蓬啶碱 Peganidin	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.30	
	113	16.37	( <i>S</i> )-反式-轮环藤酚碱 ( <i>S</i> )- <i>trans</i> -Cyclanoline	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.12	
	114	16.37	2,3-二甲氧基-9,10-二羟基- <i>N</i> -甲基四氢原小檗碱季铵盐 2,3-Dimethoxy-9,10-dihydroxy- <i>N</i> -methyl-tetrahydroprotoberberine quaternary salt	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.12	
	115	16.37	锡生藤醇灵 Cissamine	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.12	
	116	16.37	轮环藤酚碱 Cyclanoline	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.12	
	117	16.37	樟叶木防己碱 Laurifoline	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.12	
	118	16.37	木兰花碱 Magnoflorine	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.12	
	119	16.37	黄柏碱 Phellodendrine	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.12	
	120	16.48	去氢紫堇达明碱 Dehydrocorydalmine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> NO <sub>4</sub>	1.87	
	121	16.48	药根碱 Jatrorrhizine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> NO <sub>4</sub>	1.87	
	122	16.79	异崖椒定碱 Isofagaridine	C <sub>20</sub> H <sub>16</sub> NO <sub>4</sub>	0.17	
	123	16.99	去氢延胡索素 Dehydrocorydaline	C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.80	
	124	17.19	小檗碱 Berberine	C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> NO <sub>4</sub>	1.74	
	125	17.74	<i>N</i> -甲基四氢小檗碱 <i>N</i> -Methyl canadine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> NO <sub>4</sub>	0.14	
	126	18.58	白屈菜红碱 Chelirubine	C <sub>21</sub> H <sub>16</sub> NO <sub>5</sub>	0.55	
	127	18.58	雷公藤碱 Leptocarpinine	C <sub>22</sub> H <sub>20</sub> NO <sub>6</sub>	0.20	
	128	21.51	3- <i>O</i> -二十碳-14,15-烯酰基-4- <i>O</i> -十八烷酰基-1-腈基-2-氧代亚甲 基-1,2-丙烯 3- <i>O</i> -14,15-Eicosylenoyl-4- <i>O</i> -stearoyl-1-cyano-2- oxymethyl-1,2-propene	C <sub>43</sub> H <sub>77</sub> NO <sub>4</sub>	1.38	
	其他类 Other	129	2.65	大风子苷 Gynocardin	C <sub>12</sub> H <sub>17</sub> NO <sub>8</sub>	0.12
		130	4.31	2-甲基-5-乙酰甲基-7-羟基色酮 2-Methyl-5-acetonyl-7-hydroxychromone	C <sub>13</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	0.24
		131	4.31	阿洛松 Aloesone	C <sub>13</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	0.24

续表(Continued)

种类 Type	编号 No.	保留时间 Retention time (min)	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content /%
其他类 Other	132	4.31	格尼泊 Goniotalenol	C <sub>13</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	0.24
	133	4.31	梅笠草醌 Chimaphylin	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	0.12
	134	4.31	麦可辛醇 Mycosinol	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0.11
	135	11.10	(3 <i>S</i> ,5 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>E</i> ,9 <i>S</i> )-巨豆-7-烯-3,5,6,9-四醇 3- <i>O</i> - $\beta$ -葡萄糖苷 (3 <i>S</i> ,5 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>E</i> ,9 <i>S</i> )-Megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol 3- <i>O</i> - $\beta$ -glucoside	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>9</sub>	0.14
	136	11.10	(3 <i>S</i> ,5 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>E</i> ,9 <i>S</i> )-巨豆-7-烯-3,5,6,9-四醇 9- <i>O</i> - $\beta$ -葡萄糖苷 (3 <i>S</i> ,5 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>E</i> ,9 <i>S</i> )-Megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol 9- <i>O</i> - $\beta$ -glucoside	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>9</sub>	0.14
	137	11.65	6- $\beta$ - <i>C</i> -(2'-没食子酰葡萄糖基)-5,7-二羟基-2-异丙基色酮 6- $\beta$ - <i>C</i> -(2'-Galloylglucosyl)-5,7-dihydroxy-2-isopropylchromone	C <sub>25</sub> H <sub>26</sub> O <sub>13</sub>	0.11
	138	11.65	8- $\beta$ - <i>C</i> -(2'-没食子酰葡萄糖基)-5,7-二羟基-2-异丙基色酮 8- $\beta$ - <i>C</i> -(2'-Galloylglucosyl)-5,7-dihydroxy-2-isopropylchromone	C <sub>25</sub> H <sub>26</sub> O <sub>13</sub>	0.11
	139	11.74	美鼠李苷 A Cascaroside A	C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub>	0.61
	140	13.82	( <i>E</i> )-2-己烯- $\alpha$ -阿拉伯糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -葡萄糖苷 ( <i>E</i> )-2-Hexenyl- $\alpha$ -arabinosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -glucoside	C <sub>17</sub> H <sub>30</sub> O <sub>10</sub>	2.34
	141	16.08	2-甲氧基-4-(3-甲氧基-1-丙烯基)苯酚 2-Methoxy-4-(3-methoxy-1-propenyl)-phenol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	0.22
	142	16.08	好望角芦荟苷元 Feroxidin	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	0.22
	143	16.08	陀螺醇 Gynunol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	0.22
	144	17.52	雏菊叶龙胆酮 Bellidifolin	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>	0.21
	145	21.38	甲基- $\beta$ -葡萄糖苷 Methyl- $\beta$ -glucoside	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	2.51
	146	21.38	D-1- <i>O</i> -甲基粘质肌醇 D-1- <i>O</i> -Methyl mucinositol	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	2.51
	147	21.38	L(+)-甲基肌醇 L(+)-Bornesitol	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	2.51
	148	21.38	过氧化苯甲酰 Lucidol	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	2.51
	149	21.38	甲基- $\beta$ -半乳糖苷 Methyl- $\beta$ -galactoside	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	2.51
	150	21.38	甲基- $\alpha$ -果糖苷 Methyl- $\alpha$ -fructoside	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	2.51
	151	21.38	芒柄醇 Ononitol	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	2.51
	152	21.38	松醇 Pinitol	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	2.51

由表 2 可知, 生物碱类和黄酮类成分是杭白菊花水提取物中相对含量最高的 2 类成分, 分别达 26.57% 和 22.68%, 是杭白菊花水提取物的主要物质基础, 对其功效的发挥具有重要贡献。黄酮类成分有 40 种, 芹菜素-7-*O*- $\beta$ -D-葡萄糖醛酸苷、黄芩素-6-*O*- $\beta$ -葡萄糖醛酸苷、黄芩苷、沙苑子苷、异鼠李素-3-*O*- $\beta$ -葡萄糖(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -鼠李糖苷、异鼠李素-3-*O*-新橙皮糖苷、异鼠李素-3-*O*-芸香糖苷和铃兰黄酮苷相对含量较高, 分别为 1.02%、1.02%、1.02%、1.01%、1.01%、1.01% 和 1.01%。还有多种甘草黄

酮衍生物, 如甘草宁 D、甘草宁 P-3'-甲醚、甘草素-7, 4'-*O*- $\beta$ -双葡萄糖苷、异甘草苷、甘草苷、新异甘草苷和新甘草苷, 总相对含量达 1.82%。生物碱类成分有 53 种, 含羞草碱-*O*- $\beta$ -葡萄糖苷、米瑟毒苷、去氢紫菀达明碱、药根碱、小檗碱、6-糠氨基嘌呤和 3-*O*-二十碳-14,15-烯酰基-4-*O*-十八烷酰基-1-腈基-2-氧代亚甲基-1,2-丙烯等相对含量较高, 分别为 3.19%、1.94%、1.87%、1.87%、1.74%、1.54% 和 1.38%。

本研究还从杭白菊花水提取物中检测到其他物质, 包括 3 种氨基酸: L-精氨酸、*N,N*-二甲基-L-苯

表 2 杭白菊花水提取物的化学成分种类和相对含量

Table 2 Types and relative contents of chemical constituents of water extract of *Chrysanthemum morifolium* flowers

种类 Type	数量 Number	相对含量 /% Relative content	种类 Type	数量 Number	相对含量 /% Relative content
氨基酸 Amino acid	3	0.74	苯丙素 Phenylpropanoid	4	0.46
肽类 Peptide	2	0.25	木脂素 Lignan	2	0.56
萜类 Terpenoid	10	5.83	黄酮 Flavonoid	40	22.68
倍半萜 Sesquiterpenoid	6	0.85	生物碱 Alkaloid	53	26.57
二萜 Diterpenoid	1	3.80	其他类 Other	24	25.51
三萜 Triterpenoid	1	3.80	合计 Total	152	88.77
香豆素 Coumarin	7	1.50			

丙氨酸和 5-羟基-L-色氨酸; 2 种肽类成分: 鹅肌肽和 L-肌肽, 相对含量均小于 1%; 10 种倍半萜类成分, 相对含量均低于 1%, 其中有 2 种青蒿素衍生物(青蒿内酯和环氧青蒿酸); 6 种二萜类成分: 赤霉素 A8、罗汉松内酯 E、竹柏内酯 B、环氧考利宁、艾西弗林 D 和甘密树皮素 B, 相对含量均小于 1%; 1 种三萜类成分, 即绞股蓝皂苷 XXVII, 相对含量最高, 达 3.80%, 是杭白菊花水提物的主要成分; 7 种香豆素类成分, 相对含量均小于 1%; 4 种苯丙素类成分, 相对含量均较低; 2 种木脂素类成分相对含量均为 0.28%。

### 3 结论和讨论

本研究利用超高压液相-高分辨质谱联用技术从杭白菊花水提物中鉴定出 376 种化学成分, 相对含量 0.1% 以上的成分有 152 种, 其中 40 种黄酮类和 53 种生物碱类成分, 相对含量分别为 22.68% 和 26.57%, 是杭白菊花发挥功效的主要物质基础, 这些黄酮类和生物碱类化合物具有多样化的生物活性, 共同赋予了杭白菊花水提物抗菌、抗病毒、抗氧化、抗炎、抗肿瘤、保护心脑血管等功效。因此, 杭白菊花水提物在保健品、功能食品、生物医药等领域的开发上具有良好的应用前景。

黄酮类化合物是一类植物中具有重要生理活性的成分, 在植物的根、茎、叶、花、果实中均有分布, 具有广泛的药理活性。本研究从杭白菊花水提物中检测出的黄酮类化合物, 多以糖苷形式存在。芹菜素及其糖苷具有抗菌、抗病毒、抗肿瘤、心脑血管保护等多种生物活性<sup>[16]</sup>; 黄芩素及其糖苷如黄芩苷具有抗菌、抗病毒、抗氧化、抗炎、抗肿瘤、保肝、保护心脑血管、降血糖等广泛的药理作用<sup>[17-18]</sup>; 沙苑子苷具有清除羟自由基活性<sup>[19]</sup>。研究表明, 杭白菊花水提物中存在多种异鼠李素糖苷, 如异鼠李素-3-O- $\beta$ -葡萄糖(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -鼠李糖苷、异鼠李素-3-O-新橙皮糖苷、异鼠李素-3-O-芸香糖苷、铃兰黄酮苷、异鼠李素-3-O- $\alpha$ -阿拉伯糖苷、异鼠李素-3-O- $\beta$ -半乳糖苷、异鼠李素-3-O- $\beta$ -葡萄糖苷, 总相对含量高达 6.32%, 接近总黄酮含量的 1/3, 这些异鼠李素糖苷具有抗氧化<sup>[20]</sup>、抗癌<sup>[21]</sup>、降血糖<sup>[22]</sup>等多种生理活性。杭白菊花水提物中还存在多种甘草黄酮衍生物, 总相对含量达到 1.82%, 其中甘草素-7,4'-O- $\beta$ -双葡萄糖苷对急性肝损伤具有保护作

用, 异甘草苷和甘草苷均具有抗抑郁作用, 异甘草苷还具有抗氧化活性<sup>[23]</sup>。

杭白菊花水提物中的生物碱, 结构多样, 具有多种药理活性。含羞草碱-O- $\beta$ -葡萄糖苷是一种植物氨基酸, 对人头颈鳞状癌细胞有抑制作用<sup>[24]</sup>。药根碱是一种四氢异喹啉生物碱, 其结构与小檗碱类似, 具有清除自由基、抗菌、抗肿瘤、降血糖等作用<sup>[25]</sup>。小檗碱最早是从传统中药黄连和黄柏中提取的一种异喹啉类生物碱, 具有抗菌、抗病毒、抗炎、抗肿瘤、保护心脏、降血糖、降血脂等多种药理作用, 临床上已被用于肠道感染疾病的治疗, 取得显著的疗效<sup>[26]</sup>。

本研究还从杭白菊花水提物中检测到相对含量高达 3.80% 的三萜类绞股蓝皂苷 XXVII, 其不仅有神经系统保护活性, 还具有抗肿瘤和降血脂的作用, 已应用于肝癌药物的开发<sup>[27]</sup>。

### 参考文献

- [1] ZHONG A J, JIANG Z, LI X Z, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Chrysanthemi Flos* [J]. *Drugs Clinic*, 2014, 29(7): 824-830. doi: 10.7501/j.issn.1674-5515.2014.07.029.  
钟爱娇, 姜哲, 李雪征, 等. 杭白菊化学成分和药理活性的研究进展 [J]. *现代药物与临床*, 2014, 29(7): 824-830. doi: 10.7501/j.issn.1674-5515.2014.07.029.
- [2] ZHAO F Q, ZHANG Q Q, YAN Y, et al. Antioxidant constituents of *chrysanthemum 'jinsidaju'* cultivated in Kaifeng [J]. *Fitoterapia*, 2019, 134: 39-43. doi: 10.1016/j.fitote.2019.02.003.
- [3] CHEN W J, ZENG M N, LI M, et al. Four new sesquiterpenoids from *Dendranthema morifolium* (Ramat.) kitam flowers [J]. *Phytochem Lett*, 2018, 23: 52-56. doi: 10.1016/j.phytol.2017.11.009.
- [4] LIN L C, PAI Y F, TSAI T H. Isolation of luteolin and luteolin-7-O-glucoside from *Dendranthema morifolium* Ramat Tzvel and their pharmacokinetics in rats [J]. *J Agric Food Chem*, 2015, 63(35): 7700-7706. doi: 10.1021/jf505848z.
- [5] XIE Y, YU H, WANG J F, et al. Simultaneous determination of nine phenolic acids in *Dendranthema morifolium* (Ramat) Tzvel. cv. Chuju samples by high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Anal Chem*, 2013, 41(3): 383-388. doi: 10.3724/SPJ.1096.2013.20820.  
谢越, 俞浩, 汪建飞, 等. 高效液相色谱法同时测定滁菊样品中的 9 种酚酸 [J]. *分析化学*, 2013, 41(3): 383-388. doi: 10.3724/SPJ.1096.2013.20820.
- [6] YU Q, JIANG Y, ZHOU D Y, et al. Content determination of active



- ingredients and flavonoids in extract from *Chrysanthemi Flos* [J]. *Chin J Mod Appl Pharm*, 2011, 28(6): 530–532,547. doi: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2011.06.008.
- 余琪, 姜艳, 周丹英, 等. 杭白菊提取物中活性成分及总黄酮的含量测定 [J]. *中国现代应用药学*, 2011, 28(6): 530–532,547. doi: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2011.06.008.
- [7] WANG T T, WANG S K, HUANG G L, et al. Bioactive component content and antioxidant activity of chrysanthemum flower (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) extract [J]. *Food Sci*, 2013, 34(15): 95–99. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201315020.
- 王婷婷, 王少康, 黄桂玲, 等. 菊花主要活性成分含量及其抗氧化活性测定 [J]. *食品科学*, 2013, 34(15): 95–99. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201315020.
- [8] XU H M, JIN H H, WANG X J, et al. Study on fingerprints of Hangzhou white *Chrysanthemi Flos* and comparison of Hangzhou white *Chrysanthemi Flos* from different producing areas [J]. *Chin J Inf TCM*, 2019, 26(1): 76–79. doi: 10.3969/j.issn.1005-5304.2019.01.018.
- 徐洪明, 金辉辉, 王昕佳, 等. 杭白菊指纹图谱研究及不同产地杭白菊质量比较 [J]. *中国中医药信息杂志*, 2019, 26(1): 76–79. doi: 10.3969/j.issn.1005-5304.2019.01.018.
- [9] ZHANG J Z, ZHANG L, FU H W, et al. Determination of two flavonoids and fingerprint study on the stem and leaf of *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel by HPLC [J]. *Chin Pharm*, 2010, 13(6): 796–799. doi: 10.3969/j.issn.1008-049X.2010.06.012.
- 张洁枝, 张琳, 付红伟, 等. 杭白菊茎叶中两种黄酮 HPLC 定量分析及其特征指纹图谱研究 [J]. *中国药师*, 2010, 13(6): 796–799. doi: 10.3969/j.issn.1008-049X.2010.06.012.
- [10] WANG S. Studies on quality evaluation of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. and preparation technology of its extracts [D]. Shenyang: Shenyang Pharmaceutical University, 2005: 9.
- 王硕. 菊花化学品质的比较及杭白菊提取物制备工艺的研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2005: 9.
- [11] HU B B. Development of fingerprint of *Flos Chrysanthemi* and determination of main flavone glycosides [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2005: 3–4.
- 胡碧波. 杭白菊指纹图谱及其主要黄酮苷成分分析 [D]. 杭州: 浙江大学, 2005: 3–4.
- [12] JIANG H D, HU B B, ZENG S. Fingerprint analysis for the quality assessment of *Flos Chrysanthemi* [J]. *Chin Pharm J*, 2005, 40(8): 578–581. doi: 10.3321/j.issn:1001-2494.2005.08.006.
- 蒋惠娣, 胡碧波, 曾苏. 杭白菊 HPLC 指纹图谱的评价 [J]. *中国药学杂志*, 2005, 40(8): 578–581. doi: 10.3321/j.issn:1001-2494.2005.08.006.
- [13] ZHOU Y. Identification of phytochemicals from three plants by HPLC-ESI-MS<sup>n</sup> [D]. Jinhua: Zhejiang Normal University, 2015: 2–3.
- 周莹. HPLC-ESI-MS<sup>n</sup> 快速鉴定植物中活性成分 [D]. 金华: 浙江师范大学, 2015: 2–3.
- [14] XIONG Y, CHANG M Y, ZHANG C H, et al. Fatty acids from *Ranunculus ternatus* [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2016, 24(3): 348–351. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.03.014.
- 熊英, 裘美燕, 章常华, 等. 猫爪草中的脂肪酸类化合物 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2016, 24(3): 348–351. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.03.014.
- [15] LEE J S, KIM H J, LEE Y S. A new anti-HIV flavonoid glucuronide from *Chrysanthemum morifolium* [J]. *Planta Med*, 2003, 69(9): 859–861.
- [16] LIN L W, XIN Q. Progress in the research of pharmacology of apigenin [J]. *Chin Trop Med*, 2012, 12(8): 1023–1026. doi: 10.13604/j.cnki.46-1064/r.2012.08.014.
- 林丽文, 辛勤. 芹菜素药理作用的研究进展 [J]. *中国热带医学*, 2012, 12(8): 1023–1026. doi: 10.13604/j.cnki.46-1064/r.2012.08.014.
- [17] ZHANG Y L, WANG C, ZHU L L, et al. Research progress in pharmacological action of baicalin [J]. *Henan Trad Chin Med*, 2019, 39(9): 1450–1454. doi: 10.16367/j.issn.1003-5028.2019.09.0358.
- 张艳丽, 王聪, 朱雷蕾, 等. 黄芩苷药理作用研究进展 [J]. *河南中医*, 2019, 39(9): 1450–1454. doi: 10.16367/j.issn.1003-5028.2019.09.0358.
- [18] TIAN S, HONG T, ZHANG D, et al. Recent advances in pharmacological effects and molecular mechanisms of baicalein [J]. *Heilongjiang Med J*, 2015, 28(6): 1195–1199. doi: 10.14035/j.cnki.hljyy.2015.06.008.
- 田硕, 洪涛, 张多, 等. 黄芩素的药理作用及分子机制的最新研究进展 [J]. *黑龙江医药*, 2015, 28(6): 1195–1199. doi: 10.14035/j.cnki.hljyy.2015.06.008.
- [19] LI H J. Chemical studies of seed of *Astragalus complanatus* [J]. *Lishizhen Med Mat Med Res*, 2011, 22(3): 545–546. doi: 10.3969/j.issn.1008-0805.2011.03.010.
- 李洪娟. 沙苑子的化学成分研究 [J]. *时珍国医国药*, 2011, 22(3): 545–546. doi: 10.3969/j.issn.1008-0805.2011.03.010.
- [20] JIN N Z, QI Y J, XIANG C J, et al. Study on antioxidant activity of isorhamnetin and isorhamnetin-3-*O*-glucoside [J]. *Chin J Bio Inf*, 2017, 15(2): 112–119. doi: 10.3969/j.issn.1672-5565.20161124001.
- 金能智, 齐燕姣, 向春杰, 等. 异鼠李素和异鼠李素-3-*O*-葡萄糖苷的抗氧化活性分析 [J]. *生物信息学*, 2017, 15(2): 112–119. doi: 10.3969/j.issn.1672-5565.20161124001.
- [21] TAN Q M, HU D. Research on the antitumor activity of isorhamnetin [J]. *Con Chem Ind*, 2016, 45(4): 687–689. doi: 10.13840/j.cnki.cn21-1457/tq.2016.04.008.

- 谭琪明, 胡丹. 异鼠李素抗癌活性研究 [J]. 当代化工, 2016, 45(4): 687–689. doi: 10.13840/j.cnki.cn21-1457/tq.2016.04.008.
- [22] TAN Q M, HU D, HE J. Research of blood glucose lowering activity of isorhamnetin in seabuckthorn [J]. *Asia-Pac Trad Med*, 2016, 12(15): 13–15. doi: 10.11954/ytctyy.201615006.
- 谭琪明, 胡丹, 何珺. 沙棘中异鼠李素降血糖活性研究 [J]. 亚太传统医药, 2016, 12(15): 13–15. doi: 10.11954/ytctyy.201615006.
- [23] GAO X Y, WANG W Q, WEI S L, et al. Review of pharmacological effects of *Glycyrrhiza Radix* and its bioactive compounds [J]. *China J Chin Mat Med*, 2009, 34(21): 2695–2700. doi: 10.3321/j.issn:1001-5302.2009.21.001.
- 高雪岩, 王文全, 魏胜利, 等. 甘草及其活性成分的药理活性研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(21): 2695–2700. doi: 10.3321/j.issn:1001-5302.2009.21.001.
- [24] XIANG Y Z. L-mimosine inhibits head and neck squamous cell carcinoma cells proliferation and induces cells apoptosis [D]. Wuhan: Wuhan University, 2017: 6.
- 向银洲. 左旋含羞草碱抑制头颈鳞状细胞癌细胞增殖并诱导其凋亡的研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2017: 6.
- [25] WANG Q L, SUN D, HUANG J W, et al. Research progress of jatrorrhizine [J]. *Lishizhen Med Mat Med Res*, 2010, 21(7): 1844–1846. doi: 10.3969/j.issn.1008-0805.2010.07.140.
- 王启龙, 孙达, 黄金文, 等. 药根碱的研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(7): 1844–1846. doi: 10.3969/j.issn.1008-0805.2010.07.140.
- [26] XING Y, LIU X, LIN Y, et al. Progress in pharmacological effects and clinical applications of berberine [J]. *Chin J Pharm Tox*, 2017, 31(6): 491–502. doi: 10.3867/j.issn.1000-3002.2017.06.001.
- 邢宇, 刘鑫, 林园, 等. 小檗碱药理作用及其临床应用研究进展 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2017, 31(6): 491–502. doi: 10.3867/j.issn.1000-3002.2017.06.001.
- [27] ZHENG Y, LI N, ZHENG Z Z, et al. Advances in research on bioactivity and biotransformation of gypenoside [J]. *Food Sci*, 2018, 39(13): 324–333. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201813048.
- 郑溢, 李旒, 郑志忠, 等. 绞股蓝皂苷生物转化与活性的研究进展 [J]. 食品科学, 2018, 39(13): 324–333. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201813048.