

## 紫外分光光度法测定青海产 18 种菊科植物中总黄酮的含量

吴小可<sup>1,2</sup>, 张玉佩<sup>1,2</sup>, 王秀<sup>1,2</sup>, 吴楠<sup>1,2</sup>, 王卫东<sup>1,2</sup>, 梅丽娟<sup>1</sup>, 陶燕铎<sup>1</sup>, 杨小兵<sup>3</sup>, 于瑞涛<sup>1\*</sup><sup>1</sup>中国科学院藏药研究重点实验室, 青海省藏药研究重点实验室, 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810008;<sup>2</sup>中国科学院大学, 北京 100049; <sup>3</sup> 东莞金美济药业有限公司, 东莞 523000

**摘要:**为了测定青海产 18 种菊科植物中总黄酮含量及建立其检测方法, 我们采用三氯化铝比色法, 以芦丁为对照品, 在检测波长为 421 nm 条件下测定青海产 18 种菊科植物中总黄酮含量。结果表明, 18 种菊科植物中总黄酮含量在线性回归方程为  $y = 0.0226x + 0.0105$ , 总黄酮在 2~30  $\mu\text{g/mL}$  范围内, 浓度与吸光度呈良好的线性关系 ( $R^2 = 0.998$ )。青海产 18 种菊科植物的总黄酮含量范围在 0.41~18.67 mg/g 之间, 其中香青属中两种植物总黄酮含量最高, 平均含量达到 15.72 mg/g。本研究精密性、稳定性和重复性良好。该方法操作简单且准确实用, 本研究为更深入地研究菊科植物、开发其应用价值奠定理论基础。

**关键词:**总黄酮; 紫外分光光度法; 三氯化铝比色法; 菊科植物

中图分类号: R932

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2020) Suppl-0061-06

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2020.S.010

## Determination of total flavonoids in 18 species of Compositae from Qinghai by UV spectrophotometry

WU Xiao-ke<sup>1,2</sup>, ZHANG Yu-pei<sup>1,2</sup>, WANG Xiu<sup>1,2</sup>, WU Nan<sup>1,2</sup>,  
WANG Wei-dong<sup>1,2</sup>, MEI Li-juan<sup>1</sup>, TAO Yan-duo<sup>1</sup>, YANG Xiao-bing<sup>3</sup>, YU Rui-tao<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Qinghai Provincial Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Northwest of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

<sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

<sup>3</sup>Dongguan Jinmeiji Pharmaceutical Co., Ltd., Dongguan 523000, China

**Abstract:** To establish a method for the determination of total flavonoids in 18 species of Compositae from Qinghai Province, we used  $\text{AlCl}_3$  colorimetry to determine the content of total flavonoids at 421 nm by UV spectrophotometry with rutin as control. The results showed that the linear regression equation  $y = 0.0226x + 0.0105$  and  $R^2 = 0.998$  and the rutin concentration had a good linear relationship with absorbance in the range of 2-30  $\mu\text{g/mL}$ . The precision, stability and repeatability were good. The content of total flavonoids in 18 species of Compositae in Qinghai ranged from 0.41 to 18.67 mg/g, the content of total flavonoids in two species of *Anaphalis* is the highest with an average of 15.72 mg/g. The method is simple, accurate and practical, which lays a theoretical foundation for further study and development of Compositae plants.

**Key words:** total flavonoids; UV spectrophotometry;  $\text{AlCl}_3$  colorimetry; Compositae

菊科(Compositae)是被子植物第一大科,也是植物界演化地位最高的科。菊科约 1 000 属, 25 000~30 000 种, 广布全球, 主产温带地区。我国约 230 属, 2 323 种, 全国各地均有分布, 菊科植物最大的经

济价值为药用, 药用 155 属, 778 种<sup>[1-2]</sup>。属数和种数分别占我国菊科植物总数的 67.39% 和 33.49%。其中蒿属 68 种, 风毛菊属 53 种, 橐吾属 35 种, 紫菀属 34 种, 香青属 18 种, 蟹甲草属 16 种, 垂头菊属 13 种<sup>[3]</sup>。菊科主要化学成分有多糖类、生物碱类、甙类、黄酮类、香豆素类、萜类等。黄酮类化合物是广泛存在于自然界中的一类化合物, 种类繁多, 其生理生化活性多种多样<sup>[4]</sup>, 具有抗氧化<sup>[5-8]</sup>、抗炎<sup>[9]</sup>、抗菌<sup>[8,10]</sup>、抗肿瘤<sup>[11]</sup>、抗类风湿关节炎<sup>[12]</sup>、抗糖基化、

收稿日期: 2020-01-15 接受日期: 2020-04-24

基金项目: 青海省科技项目(2017-HZ-811); 西宁市科技项目(2018-Y-23); 青海省藏药研究重点实验室创新平台发展建设专项(2017-ZJ-Y11); 2017 年平顶山学院青年科研基金(PXYQNJ2017009)

\* 通信作者 E-mail: yuruitao@nwipb.cas.cn

乙酰胆碱酯酶和  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性<sup>[13]</sup>,对  $\text{CCl}_4$  致急性肝损伤小鼠具有保护作用<sup>[14-16]</sup> 等药理活性。本研究采用紫外分光光度计法对青海产 18 种菊科植物进行总黄酮的含量进行分析,以期对菊科植物的进一步研究开发提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

绢毛菊 *Sorosaris gillii* (S. Moore) Stehb.、美丽凤毛菊 *Saussurea pulchra* 采集于 2015 年 8 月采集于青海省平安县,水母雪兔子 *Saussurea medusa* Maxim. 于 2009 年 8 月采集于祁连县野牛沟地区;多花亚菊 *Ajania myriantha*、掌叶橐吾 *Ligularia przewalskii* (Maxim.) Diels、箭叶橐吾 *Ligularia sagitta* (Maxim.) Maetf.、黄帚橐吾 *Ligularia virgaurea* (Maxim.) Mattf 采集于 2013 年 7 月青海省黄南县;川西小黄菊 *Pyrethrum tatsienense* (Bur. et Franch.) Ling ex Shih 于 2013 年 7 月采集于青海海北原子城附近。臭蒿 *Artemisia hedinii* Ostenf. et Pauls.、冷蒿 *Artemisia frigida* Willd.、垂头菊 *Cremanthodium reniforme* 在 2018 年 7 月采集于青海省海西州;蛛毛蟹甲草 *Parasenecio roborowskii*、狗娃花 *Heteropappus hispidus* (Thunb.) Less.、紫菀木 *Asterothamnus alyssoides* (Turcz.) Novopokr.、柔软紫菀 *Aster yunnanensis* Franch. var. *labrangensis* (Hand. -Mazz.) Ling 于 2015 年 8 月采集于青海省大通县;珠光香青 *Anaphalis margaritacea* (L.) Benth. et Hook. f.、乳白香青 *Anaphalis lactea* 于 2018 年 8 月采集于青海省互助北山;牛蒡子 *Arctium lappa* L. 购买于青海省西宁市药材市场。药材由中国科学院西北高原生物研究所梅丽娟研究员鉴定。

### 1.2 仪器与试剂

FZ102 型微型植物试样粉碎机(北京市永光明医疗仪器厂),优普超纯水机(四川成都超纯科技有限公司),X105BDU 型电子天平(Switzerland),KQ5200E 超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),752N 紫外可见分光光度计(上海凌光仪器有限公司)。

分析纯无水三氧化铝(常州武进焯星催化剂厂),3WE1-LYF8 国家药品标准物质芦丁(中国食品药品检定研究院),分析纯甲醇(天津市凯通化学试剂有限公司),超纯水(优普超纯水机自制)。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 溶液制备

#### 1.3.1.1 显色剂的制备

精密称取三氯化铝 1.34 g,置于烧杯中,用玻璃棒搅拌,加入少量甲醇溶解。溶解后倒入 100 mL 容量瓶,用甲醇冲洗烧杯和玻璃棒三遍,转移至容量瓶。用甲醇定容至刻度,配置成 0.10 mol/L 三氯化铝溶液。

#### 1.3.1.2 对照品溶液的制备

精密称取芦丁标准品 10.0 mg,置于烧杯中,用玻璃棒搅拌,加入少量甲醇溶解。溶解后倒入 50 mL 容量瓶,用甲醇冲洗烧杯和玻璃棒三遍,转移至容量瓶。用甲醇定容至刻度,配置成 0.2 mg/mL 芦丁母液。

#### 1.3.1.3 供试品溶液的制备

将药用植物用粉碎机进行粉碎。称取植物粉末 1 g,置于具塞玻璃瓶中,加入 20 mL 甲醇,超声提取 30 min。取出后静置至室温。使用烧杯、漏斗、滤纸进行过滤,得到提取液。

#### 1.3.1.4 空白溶液的制备

精密吸取 0.10 mol/L 三氯化铝溶液 2 mL,置于 10 mL 容量瓶中,甲醇定容至刻度,配置成空白溶液。

### 1.3.2 检验波长的确定

芦丁与  $\text{AlCl}_3$  发生显色反应所生成的黄色络合物,在 421 nm 左右有较强吸收<sup>[17]</sup>。因此检验波长选取 421 nm 处。

### 1.3.3 线性关系考察

精密吸取 0.2 mg/mL 的芦丁母液 0.1、0.3、0.5、0.7、0.9、1.2、1.5 mL 分别置于 10 mL 容量瓶中,分别精密吸取 0.10 mol/L 三氯化铝溶液 2 mL 加入各容量瓶。甲醇定容至刻度,配置成浓度分别为 2、6、10、14、18、24、30  $\mu\text{g/mL}$  芦丁溶液。

使用紫外-分光光度计,以相应溶液作空白,于 421 nm 下测量各浓度芦丁溶液的吸光度。以溶液浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,绘制标准曲线。得到线性回归方程  $y = 0.0226x + 0.0105$ ,  $R^2 = 0.998$ ,结果表明总黄酮在 2.0 ~ 30.0  $\mu\text{g/mL}$  范围内线性关系良好。

### 1.3.4 精密度试验

精密吸取芦丁母液 0.5 mL,置于 10 mL 容量瓶中,分别精密吸取 0.10 mol/L 三氯化铝溶液 2 mL 加入各容量瓶,甲醇定容至刻度。使用紫外-分光光

度计,以相应溶液作空白,在 421 nm 处连续测定 6 次。

### 1.3.5 稳定性试验

精密吸取供试品溶液 1 mL,置于 10 mL 容量瓶中,分别精密吸取 0.10 mol/L 三氯化铝溶液 2 mL 加入各容量瓶,甲醇定容至刻度。调整供试品溶液的量,0.1~2 mL,使 421 nm 处测定的吸光度在 0.2~0.8 范围内,以减小误差。使用紫外-分光光度计,以相应溶液作空白,于 421 nm 下,0、15、30、45、60、75、90 min 时测量吸光度。

### 1.3.6 重复性试验

取供试品粗粉 1 g 5 份,分别置于具塞玻璃瓶中,加入 20 mL 甲醇,超声提取 30 min。取出后静置至室温。使用烧杯、漏斗、滤纸进行过滤,得到提取液。精密吸取供试品溶液 2 mL,置于 10 mL 容量瓶

中,分别精密吸取 0.10 mol/L 三氯化铝溶液 2 mL 加入各容量瓶,甲醇定容至刻度。使用紫外-分光光度计,以相应溶液作空白,于 421 nm 下测量吸光度,并计算样品的含量。

### 1.3.7 样品含量测定

精密吸取供试品溶液 1 mL,置于 10 mL 容量瓶中,分别精密吸取 0.10 mol/L 三氯化铝溶液 2 mL 加入各容量瓶,甲醇定容至刻度。调整供试品溶液的量,0.1~2 mL,使 421 nm 处测定的吸光度在 0.2~0.8 范围内,以减小误差。使用紫外-分光光度计,以相应溶液作空白,于 421 nm 下测量吸光度。

## 2 结果

### 2.1 精密度试验考察结果

结果如表 1 所示,吸光度 RSD 为 1.24%,表明仪器的精密度良好。

表 1 精密度试验测定结果 ( $n = 6$ )  
Table 1 Results of precision test ( $n = 6$ )

序号 No.	1	2	3	4	5	6	平均值 The average	RSD(%)
吸光度 Absorbance	0.634	0.628	0.621	0.632	0.624	0.613	0.625 3	1.237 3

### 2.2 稳定性试验考察结果

结果如表 2,供试品溶液在 1.5 h 内稳定。

表 2 稳定性试验测定结果 ( $n = 7$ )  
Table 2 Results of stability test ( $n = 7$ )

药材名 Drug name	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min	90 min	RSD(%)
多花亚菊 <i>Ajania myriantha</i>	0.352	0.351	0.348	0.346	0.344	0.344	0.344	0.98
垂头菊 <i>Cremanthodium reniforme</i>	0.788	0.786	0.785	0.783	0.782	0.781	0.782	0.32
冷蒿 <i>Artemisia frigida</i> Willd	0.330	0.333	0.335	0.329	0.328	0.328	0.327	0.89
臭蒿 <i>Artemisia hedinii</i> Ostenf. et Pauls.	0.397	0.395	0.394	0.394	0.396	0.399	0.400	0.60
蛛毛蟹甲草 <i>Parasenecio roborowskii</i>	0.446	0.450	0.447	0.444	0.442	0.440	0.439	0.89
川西小黄菊 <i>Pyrethrum tatsienense</i> (Bur. et Franch.) Ling ex Shih	0.699	0.706	0.709	0.710	0.711	0.712	0.713	0.68
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	0.543	0.541	0.54	0.538	0.535	0.534	0.536	0.62
珠光香青 <i>Anaphalis margaritacea</i> (L.) Benth. et Hook. f.	0.373	0.373	0.372	0.371	0.369	0.367	0.370	0.60
紫菀木 <i>Asterothamnus alyssoides</i> (Turcz.) Novopokr.	0.363	0.388	0.388	0.387	0.385	0.386	0.387	2.37
柔软紫菀 <i>Aster yunnanensis</i> Franch. var. <i>labrangensis</i> (Hand.-Mazz.) Ling	0.413	0.414	0.413	0.411	0.410	0.410	0.409	0.46
绢毛菊 <i>Soroaseris gillii</i> (S. Moore) Stehb.	0.253	0.256	0.254	0.253	0.251	0.251	0.251	0.75
牛蒡子 <i>Arctium lappa</i> L.	0.112	0.104	0.103	0.102	0.102	0.100	0.101	3.86
美丽风毛菊 <i>Saussurea pulchra</i>	0.338	0.337	0.337	0.338	0.338	0.338	0.338	0.14
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i> (Maxim.) Mattf	0.485	0.482	0.482	0.484	0.484	0.484	0.484	0.23

续表 2(Continued Tab. 2)

药材名 Drug name	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min	90 min	RSD(%)
箭叶橐吾 <i>Ligularia sagitta</i> (Maxim.) Maetf	0.422	0.422	0.420	0.418	0.419	0.418	0.416	0.53
掌叶橐吾 <i>Ligularia przewalskii</i> (Maxim.) Diels	0.384	0.384	0.382	0.380	0.380	0.379	0.378	0.62
水母雪兔子 <i>Saussurea medusa</i> Maxim.	0.271	0.273	0.275	0.275	0.277	0.279	0.281	1.25
狗娃花 <i>Heteropappus hispidus</i> (Thunb.) Less.	0.516	0.516	0.516	0.514	0.513	0.511	0.511	0.44

### 2.3 重复性试验考察结果

结果如表 3 所示。

表 3 重复性试验测定结果 ( $n = 5$ )  
Table 3 Results of repetitive test ( $n = 5$ )

序号 No.	1	2	3	4	5	平均值 The average	RSD(%)
重复性 Repeatability	0.109	0.102	0.107	0.116	0.107	0.1082	4.69

### 2.4 样品含量测定结果

结果如表 4 所示。

表 4 样品总黄酮含量测定结果  
Table 4 Results of total flavonoids content in samples

药材名 Drug name	科属 Family and genus	吸光度 Absorbance	样品质量 Sample quality(g)	总黄酮含量 Total flavonoids content(mg/g)
多花亚菊 <i>Ajania myriantha</i>	菊科 Compositae 亚菊属 <i>Ajania</i>	0.347	1.007 8	2.98
垂头菊 <i>Cremanthodium reniforme</i>	菊科 Compositae 垂头菊属 <i>Cremanthodium</i>	0.784	1.006 6	6.85
冷蒿 <i>Artemisia frigida</i> Willd	菊科 Compositae 蒿属 <i>Artemisia</i>	0.330	1.001 1	11.31
臭蒿 <i>Artemisia hedinii</i> Ostenf. et Pauls.	菊科 Compositae 蒿属 <i>Artemisia</i>	0.396	1.006 2	6.82
蛛毛蟹甲草 <i>Parasenecio roborowskii</i>	菊科 Compositae 蟹甲草属 <i>Parasenecio</i>	0.444	1.002 5	7.67
川西小黄菊 <i>Pyrethrum tatsienense</i> (Bur. et Franch.) Ling ex Shih	菊科 Compositae 小黄菊属 <i>Pyrethrum</i>	0.709	1.006 1	6.18
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	菊科 Compositae 香青属 <i>Anaphalis</i>	0.538	1.000 3	18.67
珠光香青 <i>Anaphalis margaritacea</i> (L.) Benth. et Hook. f.	菊科 Compositae 香青属 <i>Anaphalis</i>	0.371	1.004 1	12.76
紫菀木 <i>Asterothamnus alyssoides</i> (Turcz.) Novopokr.	菊科 Compositae 紫菀木属 <i>Asterothamnus</i>	0.383	1.003 7	13.19
柔软紫菀 <i>Aster yunnanensis</i> Franch. var. <i>labrangensis</i> (Hand. -Mazz.) Ling	菊科 Compositae 紫菀属 <i>Aster</i>	0.411	1.005	7.09
绢毛菊 <i>Sorosseris gillii</i> (S. Moore) Stehb.	菊科 Compositae 菊苣属 <i>Sorosseris</i>	0.253	1.004	1.07
牛蒡子 <i>Arctium lappa</i> L.	菊科 Compositae 牛蒡属 <i>Arctium</i>	0.103	1.001 6	0.41
美丽风毛菊 <i>Saussurea pulchra</i>	菊科 Compositae 风毛菊属 <i>Saussurea</i>	0.338	1.003 2	5.80

续表 4(Continued Tab. 4)

药材名 Drug name	科属 Family and genus	吸光度 Absorbance	样品质量 Sample quality(g)	总黄酮含量 Total flavonoids content(mg/g)
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i> (Maxim.) Mattf	菊科 Compositae 橐吾属 <i>Ligularia</i>	0.484	1.000 3	8.38
箭叶橐吾 <i>Ligularia sagitta</i> (Maxim.) Maetf	菊科 Compositae 橐吾属 <i>Ligularia</i>	0.419	1.007 1	7.23
掌叶橐吾 <i>Ligularia przewalskii</i> (Maxim.) Diels	菊科 Compositae 橐吾属 <i>Ligularia</i>	0.381	1.005 2	3.28
水母雪兔子 <i>Saussurea medusa</i> Maxim.	菊科 Compositae 凤毛菊属 <i>Saussurea</i>	0.276	1.006 8	1.17
狗娃花 <i>Heteropappus hispidus</i> (Thunb.) Less.	菊科 Compositae 狗娃花属 <i>Heteropappus</i>	0.514	1.007 1	8.91

### 3 讨论与结论

测量总黄酮含量常用的比色方法是  $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaOH}$  显色法和  $\text{AlCl}_3$  显色法。两种方法都以芦丁为对照品。其中前者以  $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3$  为显色剂,在碱性条件生成的红色铝螯合物在 510 nm 处有较强吸收。而芦丁与  $\text{AlCl}_3$  发生显色反应所生成的黄色络合物在 421 nm 左右有较强吸收。研究显示  $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaOH}$  比色法不能排除非黄酮类物质的干扰,非黄酮类物质,如具有邻二酚羟基结构,在 510 nm 左右也有较强吸收,而黄酮类物质如黄芩素、山柰酚等在芦丁显色的最大吸收处没有吸收,所测定的总黄酮含量专属性不强<sup>[18]</sup>,因此本研究采用三氯化铝显色法对青海产 18 种菊科植物的总黄酮含量进行测定。在所测 18 种菊科植物中,总黄酮含量从小到大依次为牛蒡子、绢毛菊、水母雪莲、多花亚菊、掌叶橐吾、美丽风毛菊、川西小黄菊、臭蒿、垂头菊、柔软紫菀、箭叶橐吾、蛛毛蟹甲草、黄帚橐吾、狗娃花、冷蒿、珠光香青、紫菀木、乳白香青。总黄酮含量范围在 0.41 ~ 18.67 mg/g 之间,其中香青属、紫菀木属、紫菀属等植物中含量较高。牛蒡属、菊苣属、蟹甲草属等植物中含量较低。另外,蒿属中,冷蒿总黄酮含量高于臭蒿;三种橐吾属中,黄帚橐吾总黄酮含量高于箭叶橐吾,掌叶橐吾总黄酮含量最少;香青属中,乳白香青总黄酮含量高于珠光香青,香青属中两种植物平均总黄酮含量达 15.72 mg/g,为几个属中含量最高。

本研究应用三氯化铝比色法,利用紫外分光光度法测定青海产 18 种菊科植物总黄酮的含量。该方法操作简单且准确实用,精密度和稳定性良好,为更深入地研究菊科植物、开发其应用价值奠定了理论基础。

### 参考文献

- 1 Editorial Committee of flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China (中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, 1875:255.
- 2 Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences. Flora of Qinghai (青海植物志) [M]. Xining: Qinghai People's Press, 1996:468-469.
- 3 Wang W. Theoretical research on Chinese herbs of Compositae family in Chinese materia medica [D]. Jinan: Shandong University of Traditional Chinese Medicine (山东中医药大学), 2014.
- 4 Guo M, Zhang Q, Yan LP, et al. Flavonoids as the main active ingredients of single herbs and compound Chinese medicines and their pharmacological activity [J]. J Shenyang Med Univ (沈阳医学院学报), 2018, 20:558-561.
- 5 Wang YB, Shi Y, Yuan YJ. Ultrasonic assisted extraction of polyphenols and flavonoids from Maijishan wild *Acanthopanax* and their antioxidant activities *in vitro* [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2019, 31:2153-2162.
- 6 Zhang ML, Peng MJ, Yang QL, et al. Antioxidant properties and correlation with major chemical components in *Ampelopsis grossedentata* [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2019, 31:387-394.
- 7 Xie Y, Li P, Sui X, et al. Study on optimization of extraction conditions of *Ledum palustre* L. by response surface methodology and its antioxidant activities [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2019, 31:475-481.
- 8 Li H, Zhang P, Xing MY, et al. Antioxidant and antibacterial activities of *Aapparis zeylanica* leaf extract [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2017, 29:1910-1919.
- 9 Ma P, Guo ZW, Zhang LY, et al. Ultrasonic-microwave synergistic extraction and anti-inflammatory activity of total flavones from millet bran [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研

- 究与开发),2017,29:1966-1975.
- 10 Zhang YL, Yan Y, Tian XL. The effects of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  on the extraction and antibacterial activity of total flavonoids from sweet potato leaves[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2019,31:2039-2045.
  - 11 Zhao B, Xiang XL, Wang W, et al. Preparation of flavonoids from sea buckthorn and its inhibitory effect on human prostate cancer PC-3 cells *in vitro*[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2018,30:27-32.
  - 12 Yan XT, Chen HG, Zhou X. Research progress of rheumatoid arthritis effect and mechanism of flavonoids[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2019,31:1101-1108.
  - 13 Yang SH, Chen HL, Wang WQ, et al. Antiglycation activity, acetylcholine esterase and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity of total flavonoids from corn silk[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2019,31:1230-1239.
  - 14 Xi BT, Zhong ML, Cao HK, et al. Hepatoprotective effects and mechanism of *Cyclea hypoglauca* (Schauer) Diels total flavonoids on mice with acute liver injury induced by carbon tetrachloride[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2018,30:1208-1213.
  - 15 Huang SM, Gao Y, Cao HK, et al. Protective effects and functional mechanism of *Clerodendrum philippinum* Schauer var. *simplex* Mlodenke total flavonoids on acute liver injury induced by carbon tetrachloride in mice[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2018,30:212-217.
  - 16 Zhang SL, You SP, Liu T, et al. Preventive effects of total flavonoids from *Nymphaea candida* on  $\text{CCl}_4$  induced acute liver injury in mice[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2016,28:2017-2020.
  - 17 Ma TT, Zhang QL, Li J, et al.  $\text{AlCl}_3$  colorimetry for determination of total flavonoids[J]. Lishizhen Med Mater Med Res(时珍国医国药),2008,19(1):54-56.
  - 18 Guo YJ, Fan L, Zhang ZL, et al. Discussion about  $\text{NaNO}_2$ - $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ - $\text{NaOH}$  colorimetry for determination of total flavonoids[J]. Chin J Pharm Anal(药物分析杂志),2002,22(2):97-99.

(上接第 87 页)

- 7 Zheng W, Cui ZW, Feng J, et al. Study on fat-soluble components of Baimuxiang seeds and their anti-hepatocarcinoma activity[J]. World Sci Technol/Mod Tradit Chin Med Mater Med(世界科学技术-中医药现代化),2017,19:2006-2011.
- 8 Liu ZJ, Wang MY, Dang XM, et al. The seed liposoluble constituents analysis of white bitter melon by GC-MS[J]. China Cucurbit Veg(中国瓜菜),2017,30(10):18-21.
- 9 Qin FJ, Lai KP. Functional components of rice bran and its application in cosmetics[J]. China Oils Fat(中国油脂),2020,45:111-114.
- 10 Sharma R, Matsuzaka T, Kaushik MK, et al. Octacosanol and policosanols prevent high-fat diet-induced obesity and metabolic disorders by activating brown adipose tissue and improving liver metabolism[J]. Sci Rep,2019,9:5169.
- 11 Li JL. Rice bran fatty alcohol and its application in sport drinks[J]. Cereal Feed Ind(粮食与饲料工业),2018(2):12-15.
- 12 Geng N, Han QY, Guo MD, et al. Research status and development prospect of anti-fatigue beverage[J]. Food Ind(食品工业),2018,39(7):264-267.
- 13 Wang XH, Liu JF, Xu T, et al. Physiological function and application of octacosanol[J]. Food Nutr China(中国食物与营养),2018,24(9):14-20.
- 14 Qi XM, Liu BC, Lv R, et al. Effect of Octacosanol on serum lipid[J]. J Shanxi Coll Tradit Chin Med(山西中医学院学报),2017,18(4):14-15.
- 15 Hu HY, Chen ZH, Chen Y, et al. Effects of plant-based polyunsaturated fatty acids on lipids in hyperlipidemia rats[J]. China Pharm(中国药师),2018,21:2114-2118.