

卡琪花蒂玛中黄酮类物质的组成及抗氧化活性

席红如, 吴晖, 赖富饶, 马娟娟, 刘祎帆, 陈文博

(华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

摘要: 本研究通过乙醇提取法提取了卡琪花蒂玛茎和叶子中的黄酮。用高效液相色谱法测定黄酮和异黄酮类化合物的含量, 并对其抗氧化能力包括 DPPH 自由基和 ABTS 自由基清除率, 以及 Fe^{3+} 还原力的进行测定。实验结果表明: 卡琪花蒂玛茎和叶子中的总黄酮含量分别为 27.52 ± 4.21 、 35.43 ± 14.16 mg 芦丁/g 鲜重(FW)。其中叶子中含有儿茶素 (9.18 ± 1.182 mg/g FW)、黄豆黄苷 (2.55 ± 0.031 mg/g FW)、芦丁 (2.92 ± 0.022 mg/g FW)、柚皮苷 (2.50 ± 0.017 mg/g FW) 和杨梅素 (10.16 ± 2.347 mg/g FW); 茎中含有染料木苷 (2.44 ± 0.012 mg/g FW)、柚皮苷 (2.45 ± 0.027 mg/g FW)、和杨梅素 (10.16 ± 2.443 mg/g FW)。茎和叶中的黄酮的抗氧化能力在不同的抗氧化体系中均有显著效果: 其中叶子中黄酮对 DPPH、ABTS 自由基清除能力相对较好, IC_{50} 值分别为 0.99、 $2.26 \mu\text{g}$ 芦丁/mL, 茎中黄酮对 DPPH、ABTS 自由基清除能力的 IC_{50} 值分别为 1.91、 $3.60 \mu\text{g}$ 芦丁/mL。总的来说卡琪花蒂玛的叶子中杨梅素和儿茶素的含量较高, 茎中杨梅素的含量也较高。茎和叶子中的黄酮均具有较好的自由基清除能力。

关键词: 卡琪花蒂玛; 黄酮; 高效液相色谱法; 抗氧化活性

文章编号: 1673-9078(2018)08-52-56

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.8.008

Composition and Antioxidant Activity of Flavonoids from *Kacip Fatimah*

XI Hong-ru, WU Hui, LAI Fu-rao, MA Juan-juan, LIU Hui-fan, CHEN Wen-bo

(School of food science and engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In this study, the flavonoids in stems and leaves of *Kacip Fatimah* were extracted using ethanol. The contents of flavonoids and isoflavones were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC), and their antioxidant capacities including the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging abilities as well as ferric reducing antioxidant power (FRAP) were also determined. The obtained results showed that the total flavonoid content in the stems and leaves of *Kacip Fatimah* was 27.52 ± 4.21 and 35.43 ± 14.16 mg rutin/g fresh weight (FW), respectively. The leaves contained catechins (9.18 ± 1.182 mg/g FW), glycitin (2.55 ± 0.031 mg/g FW), and rutin (2.92 ± 0.022 mg/g FW), naringin (2.50 ± 0.017 mg/g FW), and myricetin (10.16 ± 2.347 mg/g FW). The stems contained genistin (2.44 ± 0.012 mg/g FW), naringin (2.45 ± 0.027 mg/g FW), and myricetin (10.16 ± 2.443 mg/g FW). The flavonoids from the stems and leaves exhibited significant antioxidant capacities in different antioxidant assays: the flavonoids in the leaves had relatively greater DPPH and ABTS radical scavenging abilities (IC_{50} : 0.99, $2.26 \mu\text{g}$ rutin/mL, respectively), compared to those in the stems (IC_{50} : 1.91, $3.60 \mu\text{g}$ rutin/mL, respectively). In summary, the contents of myricetin and catechins in the leaves of *Kacip Fatimah* were relatively high, with the content of myricetin in the stem also being high. The flavonoids in the stems and leaves all exhibited high free radical scavenging abilities.

Key words: *Kacip fatimah*; flavonoids; HPLC; antioxidant capacity

卡琪花蒂玛 (*Kacip Fatimah*) 是一种生长在东南亚热带雨林中的常见红色草药, 它的植物学名为 *Labisia pumila*, 是紫金牛科灌木状簇生植物。纯正的卡琪花蒂玛仅生长于马来西亚海拔 350 m 高的无污染热带雨林中^[1]。

收稿日期: 2018-01-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31201330); 广东省科技项目 (2017A020108006、2016B010121014); 广州市科技攻关项目 (201300000202)

作者简介: 席红如 (1992-), 女, 硕士, 研究方向: 食品工程

通讯作者: 吴晖 (1967-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品安全与天然产物化学; 赖富饶 (1981-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 农产品深加工

马来西亚历代的女人们都用它的叶子煮水喝, 青少年用它来调节月经不规律, 月经疼痛; 孕妇用它来促进生产; 产妇用它来缩宫, 恢复产后体力, 治疗产后骨质疏松; 更年期妇女用它来缓解雌激素缺乏带来的相关疾病 (心血管疾病, 骨质疏松症等); 还可用它来进行美容养颜、提升性欲等等^[2]。

目前, 卡琪花蒂玛中已经报道的活性成分包括黄酮类、多酚类、皂苷类和有机酸类等^[3]。黄酮类化合物是卡琪花蒂玛中一种重要的次级代谢产物。黄酮类物质具有较强的清除自由基、抗氧化、抗肿瘤、抗辐射以及保护心血管系统等生物活性功能^[4]。因此研究

卡琪花蒂玛中黄酮类化合物,对卡琪花蒂玛中的黄酮的有效开发利用具有重要的意义。

周洁等^[5]人的研究表明儿茶素通过抗氧化抑制相关酶活性及抑制信号传导等来抑制肿瘤细胞入侵、细胞增殖、细胞血管再生及转移,并诱导细胞凋亡。曾亮^[6]等人的研究表明儿茶素会抑制金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的对数生长期,增加细菌细胞膜的通透性,造成细菌胞内蛋白质和糖类物质的渗漏,使细菌代谢发生紊乱,进而达到抑菌效果。甘宁^[7]等人通过动物实验研究,结果表明杨梅素通过降低 ROS 水平恢复内源性 BMMSCs 的成骨能力,减少卵巢大鼠骨量丢失。卞杰^[8]等人的研究表明杨梅素通过激活 Caspase 家族蛋白实现对肝癌细胞 HepG2 细胞株的增殖抑制及诱导凋亡作用。

本实验分别测定了卡琪花蒂玛茎和叶中黄酮的含量及各种黄酮类化合物的组成成分,并对卡琪花蒂玛茎和叶中的黄酮的自由基清除能力做了对比分析。

1 实验材料与方法

1.1 材料与试剂

卡琪花蒂玛的茎和叶片,产自马来西亚,洗净,晾干,粉碎,过 40 目筛,置于阴凉干燥处待用。

1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),阿拉丁公司;2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二胺盐(ABTS),申工公司;L-抗坏血酸(Vc),亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、乙醇、过硫酸钾($K_2S_2O_8$)、二水磷酸二氢钠($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$)、十二水合磷酸氢二钠($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$)、铁氰化钾($K_3[Fe(CN)_6]$)、三氯乙酸、三氯化铁($FeCl_3$)等均为市售分析纯。标准品:大豆苷元、大豆苷、染料木素、染料木苷、黄豆黄苷、葛根素、槲皮素、柚皮苷、杨梅素、儿茶素、芦丁、芹菜素、山奈酚、白杨素、木犀草素、表儿茶素,阿拉丁公司。

1.2 仪器及设备

Spectrumbab 752S 紫外可见分光光度计,上海棱光技术有限公司;6CE-60F-717P 型高效液相色谱仪,美国 Waters 公司;KQ-250DE 型数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;HHS-4 数显恒温水浴锅,上海横平仪器仪表厂;RE-52 旋转蒸发器,上海亚荣系列化仪器厂;DLSB-5L/25 型低温冷却液循环泵,巩义市予华仪器有限公司;SHZ-D (III) 循环水式真空泵,巩义市予华仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 黄酮含量标准工作曲线的绘制

准确称取 20 mg 芦丁标准品,用蒸馏水溶解完全后定容至 100 mL 容量瓶中,得到 0.2 mg/mL 芦丁标准溶液;称取 5 g 亚硝酸钠于烧杯中,用蒸馏水溶解完全后定容到 100 mL 容量瓶中,得到 5%亚硝酸钠溶液;称取 10 mg 硝酸铝于烧杯中,用蒸馏水溶解完全后定容到 100 mL 容量瓶中,得到 10%硝酸铝溶液;称取 4 g 氢氧化钠于烧杯中,用蒸馏水溶解完全后定容到 100 mL 容量瓶中,得到 4%氢氧化钠溶液。

用移液枪准确移取 0、0.5、1、1.5、2、2.5、3、4、5 mL 0.1 mg/mL 的芦丁标准溶液于 15 mL 具塞试管中,然后再分别加入 5、4.5、4、3.5、3、2.5、2、1、0 mL 蒸馏水,得到浓度分别为 0、20、40、60、80、100、120、160、200 mg/mL 的芦丁溶液;再向每个具塞试管中分别加入 0.3 mL 5%亚硝酸钠溶液,混匀后反应 6 min;然后再加入 0.3 mL 10%硝酸铝溶液,混匀后反应 6 min;最后在加入 4 mL 4%氢氧化钠溶液,混匀,避光反应 15 min 后在 510 nm 处测吸光值(每个梯度做 3 个平行)。

1.3.2 卡琪花蒂玛中黄酮含量的测定

称取一定量的已过 40 目筛的卡琪花蒂玛茎和叶片的粉末,在一定的温度、乙醇浓度、料液比条件下提取一定时间,离心,过滤,定容^[9]。移取一定量待测液按 1.2.1 方法测定吸光度,按下式计算黄酮提取率:黄酮提取率(mg/gFW)=(C×V×n)/m

式中,C 代表根据回归方程计算得到的质量浓度(mg/mL),V 代表提取液总体积(mL),n 代表稀释倍数,m 代表卡琪花蒂玛叶片粉末质量(g)。

1.3.3 HPLC 法测定黄酮类化合物含量

参考文献^[3,10]的方法,但对洗脱程序,进样量和流速条件稍作修改。A: 0.1%甲酸;B: 乙腈。洗脱程序: 0~5 min: 10%B; 5~45 min 10%~90%B; 45~50 min 90%B; 50~55 min 90%~10%B; 55~60 min 10%B; 流速为 0.6 mL/min,进样量为 20 μ L。将 10 种黄酮和 6 种异黄酮类化合物的标准品配置成一定浓度的溶液,按上述色谱条件测定并制作标准曲线,采用外标法进行定量。每种黄酮类化合物的含量用 μ g/mL 表示。

1.3.4 DPPH 自由基清除能力测定

DPPH 实验方法参照文献^[11]方法进行改进。用乙醇配制浓度为 0.2 mmol/L 的 DPPH 工作液,避光放置一个晚上待用。向 1 mL 不同浓度的样品溶液中加入 3 mL DPPH 工作液,暗处反应 30 min 后在 517 nm 处测定吸光值。以 Vc 作为阳性对照,清除 DPPH 自由基能力按下式计算:

$$\text{DPPH 自由基清除率}/\%=[1-(A_1-A_2)/A_0]\times 100$$

式中, A_0 为 1 mL 无水乙醇+3 mL DPPH 乙醇溶液的吸光度; A_1 为 1 mL 样品溶液+3 mL DPPH 乙醇溶液的吸光度; A_2 为 1 mL 样品溶液+3 mL 乙醇溶液的吸光度。

1.3.5 ABTS 自由基清除能力测定

ABTS 实验方法参照文献^[12]进行改进。首先分别配制浓度为 7.4 mmol/L 的 ABTS 溶液和浓度为 2.6 mmol/L 的高硫酸钾溶液, 然后将二者按 1:1 混合, 室温下避光过夜。使用时用无水乙醇将 ABTS 工作液稀释 40~50 倍左右, 使其吸光值 $A_{734}=0.7\pm0.02$ 。然后向 0.2 mL 不同浓度的样品溶液中加入 2 mL 稀释过的 ABTS 工作液, 暗处反应 30 min 后在 734 nm 处测定吸光值。

1.3.6 Fe^{3+} 还原力测定

Fe^{3+} 还原实验方法按照参考文献^[13]。

1.3.7 数据统计分析

所有试验均做 3 组平行, 结果以平均值 $\pm$ 标准方差 (mean $\pm$ SD) 表示。采用 SPSS 17.0 统计软件的单因素方差分析 (one-way ANOVA) 和 Duncan's multiple range test 方法进行数据统计 ($p<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 黄酮含量标准工作曲线

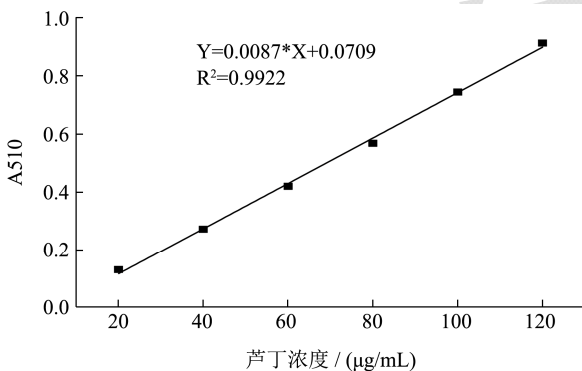


图 1 芦丁标准工作曲线

Fig.1 Standard curve of Rutin

芦丁的标准曲线回归方程为 $Y=0.0084X-0.0709$, 其中 Y 为吸光度, X 为芦丁浓度 $\mu\text{g/mL}$; $R^2=0.9922$, 表明在 20~200 $\mu\text{g/mL}$ 的浓度范围内与吸光度具有良好的线性关系, 可用于测定黄酮含量。根据最优提取方法分别提取卡琪花蒂玛茎和叶中的黄酮, 并测得卡琪花蒂玛的茎和叶中黄酮含量分别为 27.52 ± 4.21 、 $35.43\pm14.16 \text{ mgRutin/gFW}$, 即每克卡琪花蒂玛茎和叶的粉末中黄酮的含量分别为 27.52 ± 4.21 、 $35.43\pm14.16 \text{ mg}$ 。

2.2 卡琪花蒂玛中黄酮的含量

由表 1 可知, 大豆苷和黄豆黄苷; 木犀草素和槲皮素; 芹菜素和染料木苷三组的出峰时间较为接近, 其他 10 种黄酮标准品在该条件下均可以得到较好的分离。

表 1 黄酮标品的 HPLC 分析

Table 1 HPLC analysis of standard flavone samples

样品名称	出峰时间/min	标准曲线	R^2
儿茶素	14.409	$y=0.20661x-0.55675$	0.99488
葛根素	15.581	$y=0.62291x-0.68303$	0.99102
表儿茶素	16.642	$y=0.30391x-0.60681$	0.99944
大豆苷	17.433	$y=1.62062x-4.9338$	0.99071
黄豆黄苷	17.675	$y=0.5935x-1.15971$	0.99001
芦丁	18.506	$y=0.33798x-0.58622$	0.99916
染料木苷	19.996	$y=0.97846x-2.12908$	0.9926
柚皮苷	20.887	$y=0.90085x-1.2498$	0.99925
杨梅素	23.643	$y=3.8276x-74.865$	0.9991
大豆苷元	24.482	$y=1.51482x-1.73103$	0.99296
木犀草素	25.287	$y=1.20201x-3.91584$	0.99896
槲皮素	25.50	$y=0.7697x-2.82202$	0.99821
芹菜素	27.728	$y=1.46804x-2.33909$	0.99956
染料木素	27.863	$y=1.48016x-2.05509$	0.99369
山奈酚	28.347	$y=0.98661x-2.8085$	0.99963
白杨素	34.082	$y=2.81375x-5.19779$	0.9993

表 2 茎和叶中黄酮的 HPLC 分析

Table 2 HPLC analysis of Stem and Leaf

样品名称	黄酮类型	出峰时间/min	浓度/(mg/gFW)
茎	染料木苷	20.581 ± 0.587	2.44 ± 0.012
茎	柚皮苷	21.112 ± 0.226	2.45 ± 0.027
茎	杨梅素	23.832 ± 0.191	10.16 ± 2.443
叶	儿茶素	14.552 ± 0.147	9.18 ± 1.182
叶	黄豆黄苷	17.792 ± 0.180	2.55 ± 0.031
叶	芦丁	19.146 ± 0.649	2.92 ± 0.022
叶	柚皮苷	20.940 ± 0.0542	2.50 ± 0.017
叶	杨梅素	23.981 ± 0.339	10.16 ± 2.347

由表 2 可知, 茎中含有染料木苷 ($2.44\pm0.012 \text{ mg/gFW}$)、柚皮苷 ($2.45\pm0.027 \text{ mg/gFW}$)、和杨梅素 ($10.16\pm2.443 \text{ mg/gFW}$); 叶子中含有儿茶素 ($9.18\pm1.182 \text{ mg/gFW}$)、黄豆黄苷 ($2.55\pm0.031 \text{ mg/gFW}$)、芦丁 ($2.92\pm0.022 \text{ mg/gFW}$)、柚皮苷 ($2.50\pm0.017 \text{ mg/gFW}$) 和杨梅素 ($10.18\pm2.347 \text{ mg/gFW}$)。其中茎中杨梅素的含量较高, 叶子中含有的儿茶素和杨梅素含量较高; 并且叶子中杨梅素的含量和茎中杨梅素的含量相近。茎中染料木苷和叶中的黄豆黄苷均是异黄酮, 是植物雌激素, 有雌二醇具有类似的功能, 推测可能与卡琪花蒂玛可以治疗产后骨

质疏松,恢复产后体力等功能密切相关;而其他种类的黄酮如杨梅素,儿茶素等可能与卡琪花蒂玛具有很好的抗氧化活性密切相关。

2.3 DPPH 自由基清除能力

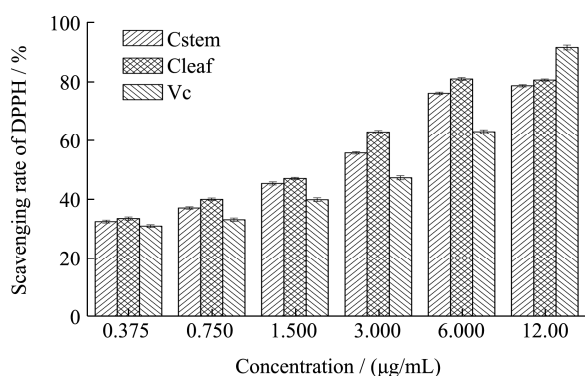


图2 DPPH 自由基清除能力

Fig.2 DPPH radical scavenging activity

卡琪花蒂玛中黄酮类物质和 Vc 对 DPPH 清除能力见图 2。由图 2 可知, DPPH 自由基的清除能力与黄酮和 Vc 的浓度密切相关。随着黄酮浓度的升高,对 DPPH 自由基的清除能力也增强。当叶子中黄酮浓度在 3 µg/mL 时,它对 DPPH 自由基的清除能力就达到最大;当茎中黄酮浓度在 6 µg/mL 时它对 DPPH 自由基的清除能力达到最大;叶子中黄酮对 DPPH 自由基清除能力的 IC_{50} 为 0.99 µg/mL,茎中黄酮对 DPPH 自由基清除能力的 IC_{50} 为 1.91 µg/mL;从图中还可以看出当黄酮浓度在 1.5~6 µg/mL 时,对 DPPH 自由基的清除能力随着浓度的升高明显增高,在 0.375~0.75 µg/mL 和 6~12 µg/mL 时,随浓度升高清除能力未出现明显升高,分析可能是黄酮浓度过低时,不能够与过量自由基中和,所以 DPPH 本身的颜色掩盖了被中和的 DPPH 的颜色,因此不会呈现出明显的剂量依赖性;而当黄酮浓度过高时, DPPH 自由基几乎完全被中和,所以也不会呈现出剂量依赖性。并且由图可以看出卡琪花蒂玛中茎和叶对 DPPH 自由基的清除能力是 $Cleaf > Cstem$ 。

2.4 ABTS 自由基清除能力

卡琪花蒂玛中黄酮类物质和 Vc 对 ABTS 清除能力见图 3。由图 3 可知, ABTS 自由基的清除能力与黄酮的浓度密切相关。当黄酮浓度在 6 µg/mL 时,它对 ABTS 自由基的清除能力就达到最大;叶子中黄酮对 ABTS 自由基清除能力的 IC_{50} 为 2.26 µg/mL,茎中黄酮对 ABTS 自由基清除能力的 IC_{50} 为 3.60 µg/mL;并且由图可以看出在浓度范围为 0.375 至 6 µg/mL 时,对 ABTS 的清除能力 $Cleaf > Cstem > Vc$ 。当黄酮浓度过

低,也即是抗氧化剂含量过低时,不能够组织 ABTS 被氧化成绿色的 $ABTS^+$,当黄酮浓度适量时,随着黄酮浓度的升高,被氧化的 $ABTS^+$ 自由基的量就会下降,当黄酮浓度过高时,就会阻止所有的 ABTS 被氧化,所以清除率就不会再随着黄酮浓度升高而增大。

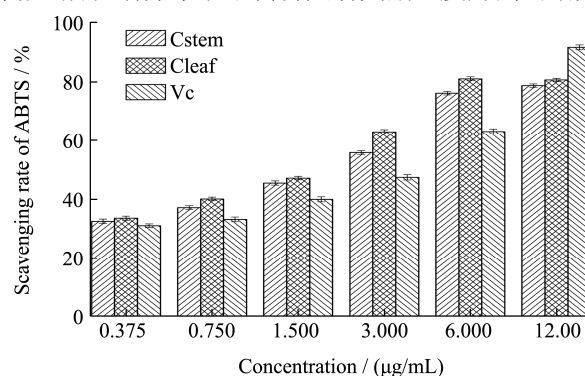


图3 ABTS 自由基清除能力

Fig.3 ABTS radical scavenging activity

2.5 Fe^{3+} 还原能力

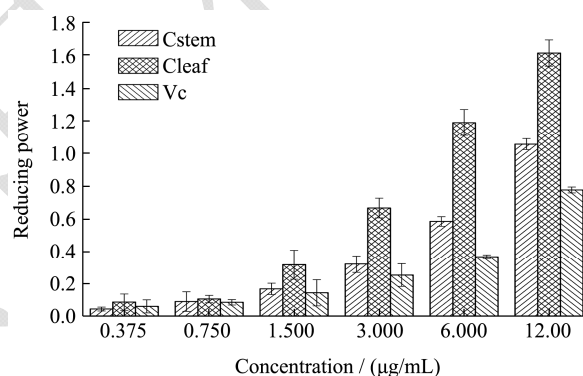


图4 Fe^{3+} 还原能力

Fig.4 Fe^{3+} Reducing power

卡琪花蒂玛中黄酮类物质和 Vc 对 Fe^{3+} 还原能力见图 4。由图 4 可知, Fe^{3+} 还原能力与黄酮和 Vc 的浓度密切相关。当叶子中黄酮浓度在 12 µg/mL 时,它对 Fe^{3+} 还原能力就达到最大;当茎中黄酮浓度在 12 µg/mL 时它对 Fe^{3+} 还原能力达到最大;并且由图可以看出在浓度范围为 0.375 至 12 µg/mL 时,对 Fe^{3+} 还原能力 $Cleaf > Cstem > Vc$ 。并且在 1.5 至 12 µg/mL 时,黄酮对 Fe^{3+} 的还原能力呈显著相关性。

3 结论

3.1 卡琪花蒂玛茎和叶子中的总黄酮含量分别为 27.52 ± 4.21 、 35.43 ± 14.16 mgRutin/gFW。其中,茎中含有染料木苷 (2.44 ± 0.012 mg/gFW)、柚皮苷 (2.45 ± 0.027 mg/gFW)、和杨梅素 (10.16 ± 2.443 mg/gFW);叶子中含有儿茶素 (9.18 ± 1.182 mg/gFW)、黄豆黄苷 (2.55 ± 0.031 mg/gFW)、芦丁 (2.92 ± 0.022

mg/gFW)、柚皮苷 (2.50 ± 0.017 mg/gFW) 和杨梅素 (10.16 ± 2.347 mg/gFW)。

3.2 茎和叶中的黄酮的抗氧化能力在不同的抗氧化体系中均有显著效果: 其中茎中黄酮对 DPPH、ABTS 自由基清除能力的 IC_{50} 值分别为 1.91、3.60 μ gRutin/mL, 叶子中黄酮对 DPPH、ABTS 自由基清除能力相对较好, IC_{50} 值分别为 0.99、2.26 μ gRutin/mL。

3.3 根据实验结果可知卡琪花蒂玛茎中黄酮含量约占 2.8%, 叶中黄酮含量约占 3.5%, 均高于葛根^[14]中 1.2%黄酮和具有类似功能的益母草^[15]中 0.28%黄酮; 并且卡琪花蒂玛叶中黄酮含量高于茎中黄酮含量。卡琪花蒂玛中含量相对较多的黄酮-儿茶素和杨梅素具有很好抗氧化、抗癌^[5]和减少骨质疏松^[7]的作用与本实验结果中卡琪花蒂玛具有很好抗氧化活性相呼应, 为进一步开发利用卡琪花蒂玛中黄酮提供了理论基础。

参考文献

- [1] Nazrun Shu A, Ahmad Hair H, Suhaili Mo N, et al. Therapeutic effects of *Labisia pumila* on estrogen-deficiency related disorders: an evidence based review [J]. International Journal of Pharmacology, 2016, 12(5): 451-460
- [2] Chua L S, Lee S Y, Abdullah N, et al. Review on *Labisia pumila* (Kacip Fatimah): bioactive phytochemicals and skin collagen synthesis promoting herb [J]. Fitoterapia, 2012, 83(8): 1322-1335
- [3] Chua L S, Latiff N A, Lee S Y, et al. Flavonoids and phenolic acids from *Labisia pumila* (Kacip Fatimah) [J]. Food Chem., 2011, 127(3): 1186-1192
- [4] Karimi E, Jaafar H Z E, Ghasemzadeh A. Chemical composition, antioxidant and anticancer potential of *Labisia pumila* variety alata under CO₂ enrichment [J]. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2016, 78: 85-91
- [5] 周洁, 龚正礼, 张凯, 等. 儿茶素及其衍生物抗癌研究进展[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(17): 2510-2518
- [6] 曾亮, 黄建安, 李赤翎, 等. 儿茶素的抑菌效果及机理研究[J]. 食品工业科技, 2009, 5: 89-92
- [7] 甘宁, 郁雪松, 陈军, 等. 杨梅素减轻去卵巢大鼠骨质疏松[J]. 第三军医大学学报, 2016, 38(6): 614-618
- [8] 卞杰, 顾明, 侯胜燕, 等. 杨梅素抗肝肿瘤细胞 HepG2 作用及其机制的研究[J]. 中国医药导报, 2012, 9(36): 7-9
- [9] BIAN Jie, GU Ming, HOU Sheng-yan, et al. *In vitro* research on function and mechanism of myricetin-mediated apoptosis of human liver cancer cell line HepG2 [J]. China Medical Herald, 2012, 9(36): 7-9
- [10] 张泽生, 董晓朦, 王田心, 等. 黄秋葵中多酚和黄酮提取工艺的研究[J]. 中国食品添加剂, 2017, 1: 91-99
- [11] ZHANG Ze-sheng, DONG Xiao-meng, WANG Tian-xin, et al. Study on extraction of polyphenols and flavonoids from okra [J]. China Food Additives, 2017, 1: 91-99
- [12] Karimi E, Jaafar H Z. HPLC and GC-MS determination of bioactive compounds in microwave obtained extracts of three varieties of *Labisia pumila* Benth [J]. Molecules, 2011, 16(8): 6791-6805
- [13] 邹维娜, 王微, 徐启江, 等. 香茶子叶片总酚、总黄酮提取及抗氧化性研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 266-272
- [14] ZOU Wei-na, WANG Wei, XU Qi-jiang, et al. Extraction of total phenolics and flavonoids from the leaf of *Ribes odoratum* Wendl. and its antioxidant activity [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(2): 266-272
- [15] Huang D, Ou B, Prior R L. The chemistry behind antioxidant capacity assays [J]. J Agric Food Chem., 2005, 53(6): 1841-1856
- [16] 曹莹莹. 黑种草子中总黄酮的提取、分离纯化及活性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016
- [17] CAO Ying-can. Study on Extraction, separation, purification and bioactivity of total flavonoids from *Nigella Sativa* Seed [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016
- [18] 刘计权, 刘亚明, 裴香萍, 等. 山西产葛根总黄酮及 3 种异黄酮含量的测定[J]. 中华中医药杂志, 2012, 2: 309-312
- [19] LIU Ji-quan, LIU Ya-ming, PEI Xiang-ping, et al. Determination of total flavonoids and three isoflavonoids in *Pueraria lobata* of Shanxi [J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2012, 2: 309-312
- [20] 黄锁义, 黎海妮, 余美料, 等. 益母草总黄酮的提取及鉴别[J]. 时珍国医国药, 2005, 16(5): 398-399
- [21] HUANG Suo-yi, LI Hai-ni, YU Mei-liao, et al. Extraction and distinguishing of the total flavone from leonurus [J]. Lishizhen Medicin and Meteria Medica Research, 2005, 16(5): 398-399

现代食品科技