

9种金花茶花抗氧化活性及其主要活性物质含量的研究*

李美玲^{1,2}, 彭健玲^{1,2}, 江海都^{1,3}, 柴胜丰^{1**}, 朱成豪¹, 熊忠臣¹

(1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西植物功能物质研究与利用重点实验室, 广西桂林 541006; 2. 广西师范大学生命科学院, 广西桂林 541006; 3. 桂林理工大学旅游与风景园林学院, 广西桂林 541006)

摘要:为比较不同种类金花茶花抗氧化活性的差异及其与主要活性成分含量的关系,本研究对9种金花茶花进行羟基自由基($\cdot\text{OH}$)去除能力、氮自由基(DPPH \cdot)去除能力、超氧阴离子自由基($\text{O}_2^-\cdot$)去除能力和总还原力的测定,并综合评价其抗氧化活性;然后用分光光度法测定主要活性成分总黄酮和茶多酚的含量,分析其与抗氧化活性间的关系。结果显示,不同种类的金花茶花的抗氧化活性由强到弱依次为凹脉金花茶(*Camellia impressinervis*)>毛瓣金花茶(*C. pubipetala*)>中东金花茶(*C. achrysantha*)>武鸣金花茶(*C. wumingensis*)>崇左金花茶(*C. chuongtsoensis*)>龙州金花茶(*C. longzhouensis*)>普通金花茶(*C. nitidissima*)>天峨金花茶(*C. tianeensis*)>东兴金花茶(*C. tunghinensis*)。不同金花茶花的总黄酮含量和茶多酚含量差异显著($P<0.05$),其中中东金花茶花的总黄酮和茶多酚含量最高,分别为24.71%和10.21%;东兴金花茶花的含量最低,分别为2.42%和1.03%。Pearson相关性分析表明,金花茶花的总黄酮和茶多酚含量与其对 $\cdot\text{OH}$ 去除能力和总还原力呈极显著正相关的关系($P<0.01$)。总黄酮及茶多酚是金花茶花抗氧化活性的部分物质基础,该结果可为进一步研究开发优质金花茶产品提供科学参考。

关键词:金花茶花 抗氧化活性 茶多酚 总黄酮 评价

中图分类号:Q946 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2020)04-0419-08

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210115.009

0 引言

金花茶组植物(*Camellia*, sect. *Chrysantha* Chang)是山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)的珍稀濒危常绿灌木或小乔木^[1],是全球知名的珍贵观赏植物^[2]。该组植物的花呈金黄色,金瓣玉蕊,娇艳多

姿^[3],高贵优雅,具有极高的商业价值和观赏价值,并拥有“植物界大熊猫”“山茶花女王”“茶族皇后”“神奇的东方魔茶”^[4]等美誉。金花茶组植物属于极具开发和利用价值的广西优势资源植物^[5],拥有超过400种不同种类的营养物质^[6],如总皂苷、总多糖、茶多酚、总黄酮等活性营养物质,VB₁、VB₂、VC、VE等维生素,Se、Mo、Zn等微量元素和K、Ca、Mg等营养元

* 国家自然科学基金项目(32060248),广西创新驱动发展专项(桂科AA18118049,桂科AA17204056)和广西植物功能物质研究与利用重点实验室项目(ZRJJ2019-2)资助。

【作者简介】

李美玲(1998—),女,在读本科生,主要从事生物技术研究。

【**通信作者】

柴胜丰(1980—),男,研究员,主要从事珍稀濒危药用植物保育及可持续利用研究,E-mail:275283118@qq.com。

【引用本文】

李美玲,彭健玲,江海都,等.9种金花茶花抗氧化活性及其主要活性物质含量的研究[J].广西科学院学报,2020,36(4):419-426.

LI M L, PENG J L, JIANG H D, et al. Study on Antioxidant Activity and Content of Main Active Components of 9 Kinds of Yellow *Camellia* Flowers [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2020, 36(4): 419-426.

素。研究表明,金花茶具有多种保健作用:可以延缓机体衰老^[7];具有一定的抗菌效果,有助于预防人体癌变^[8];预防人体动脉粥样硬化,有利于降低高血脂和高血压^[9];有利于降低胆固醇、脂蛋白、血糖^[10]等。鉴于金花茶的濒危现状和高应用价值^[11],已有许多研究对其种群群落特征、繁育情况和活性成分进行研究^[12-14],而关于金花茶抗氧化活性的研究大多以金花茶的叶片为原材料,对活性物质如茶多酚^[15]、总黄酮^[16]、总皂苷^[17]、总多糖^[18]等进行单一化学成分和抗氧化活性研究。韦霄等^[2]综合评价普通金花茶(*C. nitidissima*)、平果金花茶(*C. pingguoensis*)、毛瓣金花茶(*C. pubipetala*)等3种植物叶片抗氧化活性大小,认为毛瓣金花茶提取液的抗氧化活性强于其他2种植物;宁恩创等^[16]研究显脉金花茶(*C. euphlebia*)新鲜叶中总黄酮抗氧化活性,结果显示金花茶总黄酮能有效地清除羟基自由基($\cdot\text{OH}$)、超氧阴离子自由基($\text{O}_2^{\cdot-}$)和脂质过氧基($\text{ROO}\cdot$),具有明显的抗氧化活性;牛广俊等^[18]测定金花茶不同部位的多糖含量并探讨其体外抗氧化活性的差异,结果显示金花茶花、叶、芽尖、果壳中的多糖含量分别为32.88,29.48,35.89,30.02 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,抗氧化活性综合评分为芽尖>花>果壳>叶;程金生等^[17]通过检测金花茶花对 $\cdot\text{OH}$ 、DPPH \cdot 、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 以及亚硝酸盐(NO_2^-)的去除作用判断金花茶花总皂苷抗氧化活性,认为金花茶花具有较好的抗氧化能力,是一种较好的自由基清除天然原料。抗氧化活性强弱可能是多种活性物质综合协调作用产生的结果^[19],所以单以一种活性成分为研究目标,不足以评价研究对象的抗氧化活性,而且涉及金花茶花的研究鲜有报道。因此,本试验以9种金花茶花为试验材料,测定其抗氧化活性及主要活性成分茶多酚、总黄酮的含量,旨在探讨不同金花茶花抗氧化活性的差异及其与茶多酚、总黄酮含量的关系,为研究开发优质金花茶产品提供科学参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 实验样品与试剂

样品:不同种类的金花茶花(经广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所韦霄研究员鉴定,样品保存在该单位特色经济植物研究中心)。

试剂:邻二氮菲,磷酸氢二钠,磷酸二氢钠,无水乙醇, FeSO_4 , 邻苯三酚, H_2O_2 , DPPH, Tris-HCl, 铁

氰化钾, HCl, NaNO_2 , 三氯乙酸, NaOH, FeCl_3 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, 福林酚试剂, Na_2CO_3 , 香草醛, 冰醋酸, 硫酸均为分析纯;芦丁对照品(MUST-12040302, 中国药品生物制品检定所生产), 没食子酸对照品(B20851-20mg, 上海源叶生物有限公司生产), 人参皂苷 Rg1 对照品(B21057-20mg, 上海源叶生物有限公司生产)。

1.1.2 主要仪器设备

TU-1901 双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司生产), 万分之一电子分析天平(梅特勒-托利多仪器有限公司生产), HH-S4 数显恒温水浴锅(金坛双捷实验仪器厂生产), DL-720E 智能超声波清洗器(上海五相仪器仪表有限公司生产)。

1.2 方 法

1.2.1 样品处理

在开花期采集不同种类的金花茶盛开花朵(表1), 将采集的金花茶花洗净, 置于微波炉里杀青5 min, 然后在60℃烘箱内烘24 h, 粉碎, 过60目筛, 备用。精密称取0.1 g 金花茶花粉末, 置10 mL 离心管中。按原料:提取剂=1:45 ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)的比例在试管中加入20%乙醇溶液, 然后在300 W 超声条件下提取, 提取温度为70℃, 提取53 min^[8]。过滤得上清液, 再用20%乙醇溶液定容到100 mL, 摇匀, 得1 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 样品提取液, 待用。每个样品做3个重复实验。

1.2.2 金花茶花对 $\cdot\text{OH}$ 去除能力测定

取11组干燥洁净的试管(每组3支试管做平行)编号为A—K, 分别加入2 mL pH值为7.45的磷酸盐缓冲溶液(PBS), 1 mL 0.75 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 邻二氮菲溶液和1 mL 0.75 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeSO_4 溶液, 充分混匀。往A组3支试管中各加入2 mL 无菌蒸馏水, B组3支试管中各加入1 mL 0.01% H_2O_2 溶液和1 mL 无菌蒸馏水, 剩下的9组试管分别添加1 mL 0.01% H_2O_2 溶液和9种金花茶花样品提取液1 mL。将各组试管内溶液充分混匀后于37℃恒温条件水浴60 min^[20], 取出冷却后采用紫外可见分光光度计在536 nm处测定溶液的吸光值。A组试管的吸光值记为 A_b , B组试管的吸光值记为 A_p , 剩余9组试管的吸光值则记为 A_s , 按公式(1)计算9种金花茶花对 $\cdot\text{OH}$ 的清除率。

$$\cdot\text{OH} \text{ 清除率}(\%) = (A_s - A_p) / (A_b - A_p) \times 100\% \quad (1)$$

表1 金花茶样品

Table 1 Sample of *Camellia*, sect. *Chrysantha* Chang

序号 Serial number	种类 Species	采集地 Collection place	采集时间 Collection time
1	中东金花茶 <i>C. achrysantha</i>	桂林植物园 Guilin Botanical Garden	2019年3月 March 2019
2	龙州金花茶 <i>C. longzhouensis</i>	桂林植物园 Guilin Botanical Garden	2019年2月 February 2019
3	凹脉金花茶 <i>C. impressinervis</i>	桂林植物园 Guilin Botanical Garden	2019年3月 March 2019
4	毛瓣金花茶 <i>C. pubipetala</i>	广西大新县 Daxin County, Guangxi	2019年3月 March 2019
5	崇左金花茶 <i>C. chuongtsoensis</i>	桂林植物园 Guilin Botanical Garden	2019年7月 July 2019
6	普通金花茶 <i>C. nitidissima</i>	桂林植物园 Guilin Botanical Garden	2019年2月 February 2019
7	天峨金花茶 <i>C. tianeensis</i>	广西天峨县 Tian'e County, Guangxi	2019年3月 March 2019
8	武鸣金花茶 <i>C. wumingensis</i>	广西武鸣县 Wuming County, Guangxi	2019年1月 January 2019
9	东兴金花茶 <i>C. tunghinensis</i>	桂林植物园 Guilin Botanical Garden	2019年3月 March 2019

1.2.3 金花茶花对 DPPH· 去除能力测定

精密称取 0.004 0 g 的 DPPH 结晶, 加入 100 mL 无水乙醇, 配成浓度为 $0.04 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的溶液, 避光保存。取 2 mL 不同种金花茶花样品提取液分别与 2 mL $0.04 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ DPPH 溶液进行等体积混合, 在暗处静置 30 min^[21], 然后采用紫外可见分光光度计在 517 nm 处测定吸光值, 记为 A_1 。取 2 mL 不同种金花茶花样品提取液与 2 mL 无水乙醇溶液进行等体积混合, 在暗处静置 30 min 后在 517 nm 处测定吸光值, 记为 A_2 。取 2 mL $0.04 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ DPPH 溶液与 2 mL 无水乙醇溶液混合, 在暗处静置 30 min 后在 517 nm 处测定吸光值, 记为 A_0 。按公式(2)计算 9 种金花茶花对 DPPH· 的清除率。

$$\text{DPPH} \cdot \text{清除率}(\%) = [A_0 - (A_1 - A_2)] / A_0 \times 100\% \quad (2)$$

1.2.4 金花茶花对 $\text{O}_2^- \cdot$ 去除能力测定

将 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Tris-HCl 缓冲液 (pH 值为 8.2) 在 25°C 恒温水浴锅中放置 20 min 进行预热, 用移液枪吸取 5 mL Tris-HCl 缓冲液于各组试管中, 然后加入 0.5 mL $25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 邻苯三酚溶液, 混匀后再分别加入 1 mL 9 种金花茶花的样品提取液, 充分混匀, 放入 25°C 恒温水浴锅中反应 4 min。反应后立即往各试管添加 2 滴 $8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液来阻断反应^[22], 用紫外可见分光光度计在 299 nm 处测定吸

光值, 记为 B_1 。用 1 mL 无菌蒸馏水取代上述的 1 mL 金花茶花样品提取液, 测定其吸光值记为 B_0 ; 用 0.5 mL 无菌蒸馏水取代反应体系中的 0.5 mL $25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 邻苯三酚溶液, 测定其吸光值记为 B_2 。按公式(3)计算 9 种金花茶花对 $\text{O}_2^- \cdot$ 的清除率。

$$\text{O}_2^- \cdot \text{清除率}(\%) = [B_0 - (B_1 - B_2)] / B_0 \times 100\% \quad (3)$$

1.2.5 金花茶花总还原力测定

取 9 组试管分别编号为 1—9 (每组有 3 支试管做重复试验), 用移液枪分别取 9 种金花茶花的样品提取液 2.5 mL 置于各组试管中, 加入 2.5 mL 1% 铁氰化钾溶液, 混匀; 再加入 2.5 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ PBS, 充分振荡后在 50°C 恒温水浴锅中反应 0.5 h。反应完毕后取出, 迅速冷却后加入 2.5 mL 10% 三氯乙酸溶液, 随后在 $3000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 0.1 h。用移液枪取 5 mL 上清液于干净试管中, 加入 4 mL 无菌蒸馏水和 1 mL 0.1% FeCl_3 溶液, 充分混匀, 静置反应 6 min, 然后用紫外可见分光光度计测定其在 700 nm 处吸光值 A_{700} ^[23]。溶液的 A_{700} 越大, 表示其还原能力越强, 即抗氧化活性越强。

1.2.6 总黄酮含量测定

总黄酮含量测定参照文献[24]的方法, 分别取 9 种金花茶花样品提取液 1 mL 进行试验, 计算样品中总黄酮含量。

1.2.7 茶多酚含量测定

茶多酚含量测定参照《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的测定方法》(GB/T 8313—2008)^[25]进行,分别取9种金花茶花样品提取液1 mL进行测定,计算样品中茶多酚含量。

1.3 数据处理

结合功效系数法及距离法^[26]综合评价9种金花茶花抗氧化活性的大小,功效系数的计算方法如公式(4)所示,距离法的计算公式如公式(5)所示。

$$d_i = \frac{x_i - x_{si}}{x_{hi} - x_{si}} \times 40 + 60 (i = 1, 2, \dots, n), \quad (4)$$

式中, d_i 表示第*i*个参评指标的功效系数, x_i 表示第*i*个参评指标的值, x_{hi} 表示参评指标的上限阈值, x_{si} 表示参评指标的下限阈值。

$$S_j = \sum_{i=1}^n |100 - d_{ij}|, \quad (5)$$

式中, S_j 表示第*j*个参评金花茶的综合评分值, d_{ij} 表示第*j*个参评金花茶第*i*个参评指标的的功效系数。

采用SPSS 23.0软件对9种金花茶花抗氧化活性及其总黄酮、茶多酚含量进行方差分析和多重比较(Duncan法),并进行相关性分析。

2 结果与分析

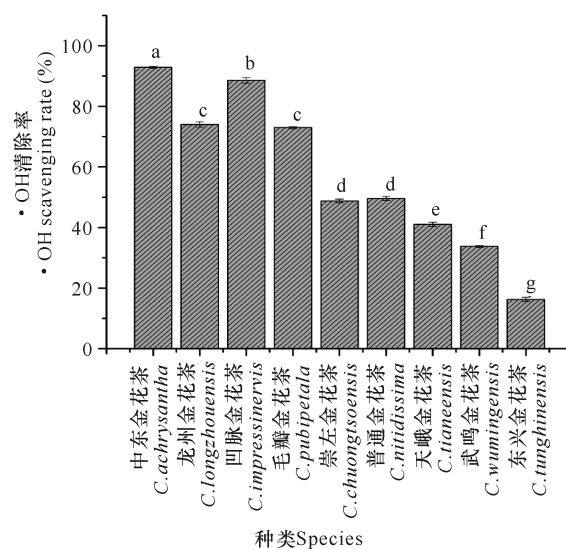
2.1 抗氧化活性测定结果

2.1.1 对·OH去除能力

由图1可知,9种金花茶花对·OH的去除能力差异显著($P < 0.05$),其中中东金花茶对·OH的清除率最高,为(92.89±0.35)%;东兴金花茶对·OH的清除率最低,为(16.26±0.70)%。龙州金花茶和毛瓣金花茶对·OH的去除能力无显著性差异($P > 0.05$),崇左金花茶和普通金花茶对·OH的去除能力也无显著性差异($P > 0.05$)。

2.1.2 对DPPH·去除能力

由图2可知,9种金花茶花对DPPH·的清除率几乎都达90%以上,可见金花茶花对DPPH·的去除效果都比较好,但是不同种类金花茶花对DPPH·的去除能力有显著性差异($P < 0.05$)。其中崇左金花茶对DPPH·的去除作用最强,清除率为(94.70±0.10)%;天峨金花茶花对DPPH·的去除作用最弱,清除率为(89.52±0.21)%。

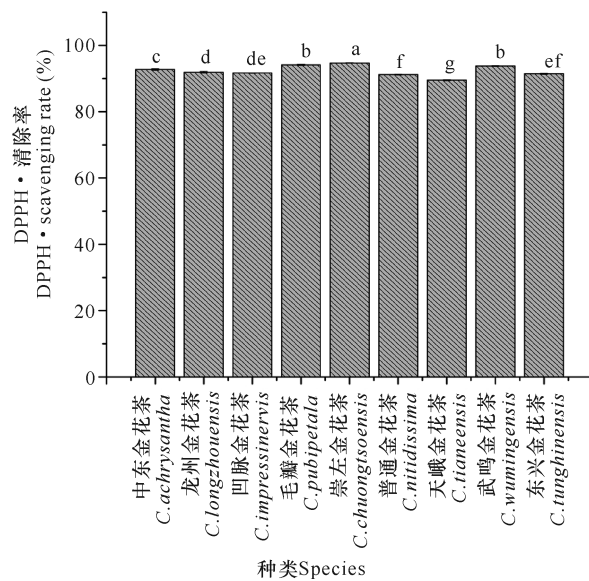


不同字母表示差异显著, $P < 0.05$

Different letters indicate significant differences, $P < 0.05$

图1 不同金花茶花提取液对·OH的去除能力

Fig. 1 Hydroxyl radical scavenging capacity of extracting solution in different yellow *Camellia* flowers



不同字母表示差异显著, $P < 0.05$

Different letters indicate significant differences, $P < 0.05$

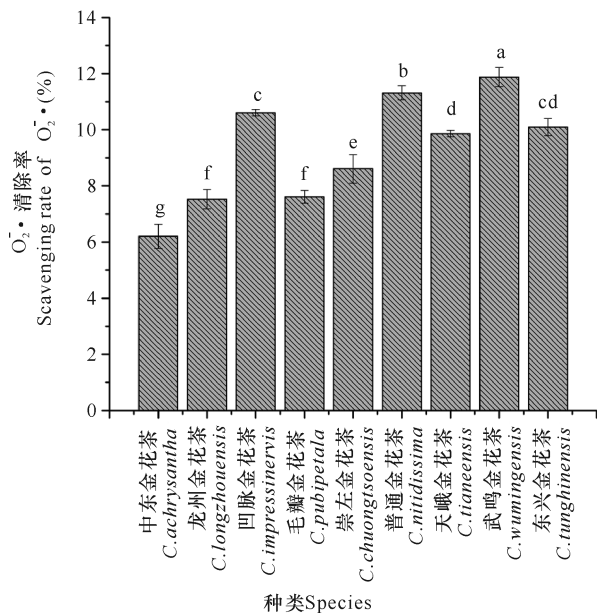
图2 不同金花茶花提取液对DPPH·的去除能力

Fig. 2 DPPH· scavenging capacity of extracting solution in different yellow *Camellia* flowers

2.1.3 对O₂⁻·去除能力

由图3可知,9种金花茶花对O₂⁻·的去除能力差异显著($P < 0.05$)。武鸣金花茶对O₂⁻·的清除率

最高, 为(11.88±0.34)%; 中东金花茶对 O₂⁻· 的清除率最低, 为(6.20±0.42)%。东兴金花茶与凹脉金花茶、东兴金花茶和天峨金花茶对 O₂⁻· 的去除能力差异均不显著(P>0.05)。



不同字母表示差异显著, P<0.05

Different letters indicate significant differences, P<0.05

图3 不同金花茶花提取液对 O₂⁻· 的去除能力

Fig. 3 O₂⁻· scavenging capacity of extracting solution in different yellow *Camellia* flowers

2.1.4 总还原力测定结果

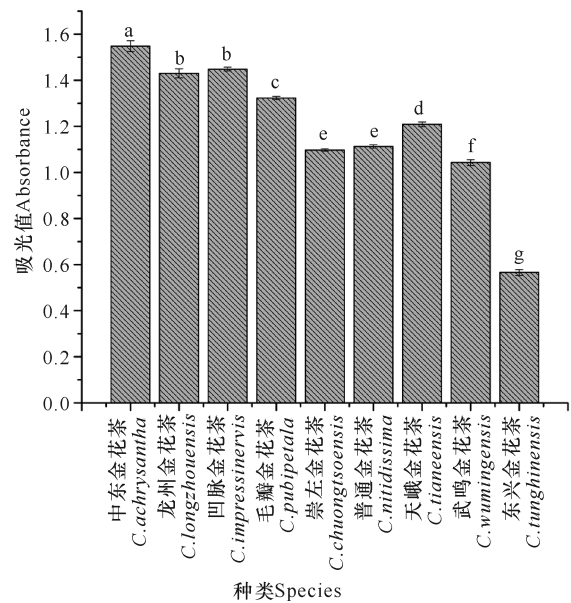
由图4可知, 9种金花茶花总还原力差异显著(P<0.05), 其中中东金花茶吸光值最大(1.55), 说明其总还原力最强; 东兴金花茶吸光值最小(0.57), 说明其总还原能力最弱。龙州金花茶和凹脉金花茶的总还原力无显著性差异(P>0.05), 崇左金花茶和普通金花茶的总还原力也无显著性差异

表2 不同金花茶花抗氧化活性的综合评价

Table 2 Comprehensive evaluation of the antioxidant activity in different yellow *Camellia* flowers

种类Species	清除率 Scavenging rate (%)			总还原力 Total reducing power	总距离 Total distance	综合排名 Total ranking
	·OH	DPPH·	O ₂ ⁻ ·			
中东金花茶 <i>C. achrysantha</i>	92.89	92.74	6.20	1.55	55.17	3
龙州金花茶 <i>C. longzhouensis</i>	73.98	91.90	7.52	1.43	66.96	6
凹脉金花茶 <i>C. impressinervis</i>	88.62	91.67	10.61	1.45	38.66	1
毛瓣金花茶 <i>C. pubipetala</i>	72.97	94.11	7.61	1.32	54.21	2
崇左金花茶 <i>C. chuongtsoensis</i>	48.78	94.70	8.61	1.10	64.41	5
普通金花茶 <i>C. nitidissima</i>	49.59	91.19	11.32	1.11	71.40	7
天峨金花茶 <i>C. tianeensis</i>	41.06	89.52	9.86	1.21	95.08	8
武鸣金花茶 <i>C. wumingensis</i>	33.74	93.81	11.88	1.04	58.35	4
东兴金花茶 <i>C. tungthinensis</i>	16.26	91.43	10.10	0.57	117.83	9

(P>0.05)。



不同字母表示差异显著, P<0.05

Different letters indicate significant differences, P<0.05

图4 不同金花茶花提取液的总还原力

Fig. 4 The total reducing power of extracting solution in different yellow *Camellia* flowers

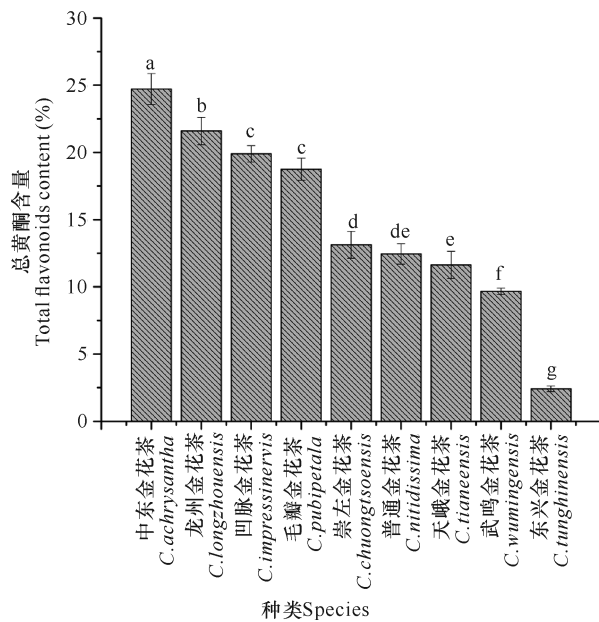
2.1.5 抗氧化活性综合评价结果

不同测定方法得到的抗氧化活性结果有一定的差异, 所以不能用单一的指标来进行评判。本文结合功效系数法和距离法计算出不同金花茶花抗氧化活性的综合评分值(总距离), 数值越小代表抗氧化活性越强。9种金花茶花抗氧化活性由强到弱依次为凹脉金花茶>毛瓣金花茶>中东金花茶>武鸣金花茶>崇左金花茶>龙州金花茶>普通金花茶>天峨金花茶>东兴金花茶(表2)。

2.2 主要活性成分含量

2.2.1 总黄酮含量

由图5可知,9种金花茶总黄酮含量差异显著($P < 0.05$)。中东金花茶总黄酮含量(24.71%)最高,其次是龙州金花茶(21.60%),而东兴金花茶含量(2.42%)最低。凹脉金花茶与毛瓣金花茶、普通金花茶与崇左金花茶、普通金花茶与天峨金花茶、天峨金花茶与武鸣金花茶、东兴金花茶与武鸣金花茶、普通金花茶与天峨金花茶的总黄酮含量都无显著性差异($P > 0.05$)。



不同字母表示差异显著, $P < 0.05$

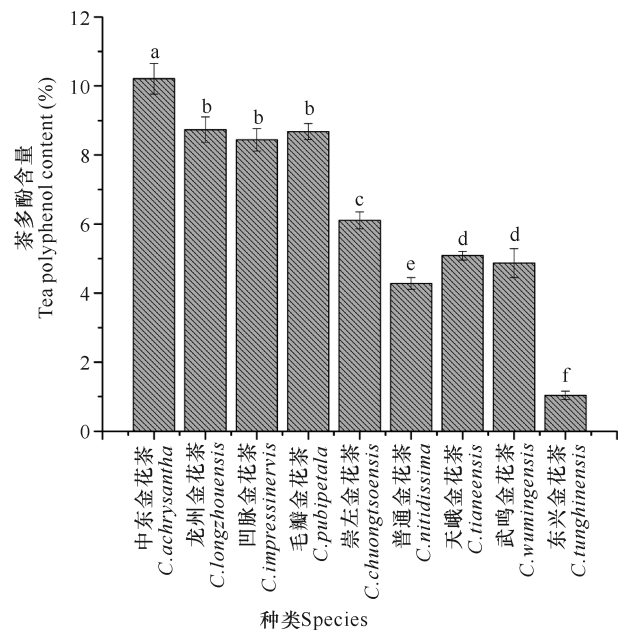
Different letters indicate significant differences, $P < 0.05$

图5 不同金花茶花的总黄酮含量

Fig. 5 Total flavonoids content in different yellow *Camellia* flowers

2.2.2 茶多酚含量

如图6所示,9种金花茶茶多酚含量差异显著($P < 0.05$)。中东金花茶茶多酚含量(10.21%)最高,其次是龙州金花茶(8.74%),东兴金花茶含量(1.03%)最低。龙州金花茶、凹脉金花茶和毛瓣金花茶三者间茶多酚含量无显著性差异($P > 0.05$),天峨金花茶和武鸣金花茶也无显著性差异($P > 0.05$)。



不同字母表示差异显著, $P < 0.05$

Different letters indicate significant differences, $P < 0.05$

图6 不同金花茶花的茶多酚含量

Fig. 6 Tea polyphenol content in different yellow *Camellia* flowers

2.3 抗氧化活性与主要活性物质含量相关性分析

表3列出9种金花茶花抗氧化活性与总黄酮、

表3 抗氧化活性与总黄酮、茶多酚含量相关性分析

Table 3 The correlation analysis of antioxidant activity with content of total flavonoids and tea polyphenols

	·OH 去除能力 ·OH removal capacity	DPPH·去除能力 DPPH·removal capacity	O ₂ ⁻ ·去除能力 O ₂ ⁻ ·removal capacity	总还原力 Total reducing power	总黄酮含量 Content of total flavonoids	茶多酚含量 Content of tea polyphenol
·OH 去除能力 ·OH removal capacity	1					
DPPH·去除能力 DPPH·removal capacity	0.147	1				
O ₂ ⁻ ·去除能力 O ₂ ⁻ ·removal capacity	-0.590**	-0.268	1			
总还原力 Total reducing power	0.929**	0.070	-0.521**	1		
总黄酮含量 Content of total flavonoid	0.968**	0.173	-0.663**	0.958**	1	
茶多酚含量 Content of tea polyphenol	0.947**	0.294	-0.671**	0.948**	0.977**	1

注: ** 表示在 $P = 0.01$ 水平差异显著

Note: ** indicates significant difference at $P = 0.01$ level

茶多酚含量之间的相关性。结果表明:金花茶花对 $\cdot\text{OH}$ 去除能力和总还原力均与总黄酮、茶多酚含量呈极显著正相关关系($P < 0.01$),对 $\text{O}_2^- \cdot$ 去除能力与总黄酮、茶多酚含量呈极显著负相关关系($P < 0.01$),对DPPH \cdot 去除能力与总黄酮、茶多酚含量均无显著相关关系($P > 0.05$)。

3 讨论

金花茶抗氧化活性的大小及其主要活性成分含量的高低是衡量其开发利用价值的重要指标。不同种类的金花茶抗氧化活性存在显著差异($P < 0.05$)。本研究9种金花茶去除DPPH \cdot 的效果均较好,几乎都在90%以上,原因可能是本实验样品溶液的浓度为 $1\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$,处于对DPPH \cdot 去除效果较理想的浓度范围内^[2],因此对DPPH \cdot 去除率均较高,总黄酮和茶多酚含量的高低与其对DPPH \cdot 的清除能力无显著相关关系。

不同金花茶去除 $\text{O}_2^- \cdot$ 的能力较弱,武鸣金花茶对 $\text{O}_2^- \cdot$ 的去除率最高为 $(11.88 \pm 0.34)\%$ 。宁恩创等^[27]研究金花茶多酚抗氧化活性,认为茶多酚分子中都含有羟基结构,而该结构与邻苯三酚结构相似^[28], $\text{O}_2^- \cdot$ 在氧化邻苯三酚的同时会使茶多酚快速氧化,产生更多 $\text{O}_2^- \cdot$ 。而金花茶总黄酮、茶多酚等活性成分都含有羟基结构,推测其可能在反应中被氧化,无法较好地发挥抗氧化作用。本研究中金花茶对 $\text{O}_2^- \cdot$ 的去除能力与总黄酮含量、茶多酚含量均呈极显著负相关关系,可能与反应体系不稳定有关^[8]。

金花茶对 $\cdot\text{OH}$ 的去除能力和总还原力均与活性成分总黄酮、茶多酚含量呈极显著的正相关关系,说明总黄酮和茶多酚这两种活性成分是金花茶抗氧化能力的部分物质基础。但是金花茶中还含有其他的重要生理保健物质^[29]和营养成分如总多糖、总皂苷和微量的矿物质元素Fe、Mn、Zn等,它们可能相互协调,对金花茶的抗氧化能力起到一定的促进作用。为更好地深入探讨金花茶的抗氧化活性,后期还需要对这些生理活性物质、营养成分以及微量矿质元素等进一步分析。

4 结论

通过对9种金花茶抗氧化活性及总黄酮、茶多酚含量的测定与分析,结果表明金花茶抗氧化活性由强到弱依次为凹脉金花茶>毛瓣金花茶>中东金

花茶>武鸣金花茶>崇左金花茶>龙州金花茶>普通金花茶>天峨金花茶>东兴金花茶;金花茶对 $\cdot\text{OH}$ 的去除能力和总还原力与其总黄酮、茶多酚含量呈极显著正相关关系。本研究对金花茶药用价值和生理保健功能的进一步研究具有积极意义,亦可为开发优质金花茶产品提供参考。

参考文献

- [1] 韦霄,蒋水元,蒋运生,等.珍稀濒危植物金花茶研究进展[J].福建林业科技,2006,33(3):169-174.
- [2] 韦霄,黄兴贤,蒋运生,等.3种金花茶组植物提取物的抗氧化活性比较[J].中国中药杂志,2011,36(5):639-641.
- [3] 林华娟,秦小明,曾秋文,等.金花茶茶花的化学成分及生理活性成分分析[J].食品科技,2010,35(10):88-91.
- [4] 梁盛业.金花茶——世界珍稀观赏植物[J].中国花卉盆景,1997(3):4-5.
- [5] 黄永林,文永新,刘金磊,等.5种金花茶中总黄酮含量的测定[J].中国中医药科技,2009,16(1):38-39.
- [6] 秦小明,宁恩创,李建强.金花茶食品新资源的开发利用[J].广西热带农业,2005(2):20-22.
- [7] 曹芬,樊兰兰.金花茶研究进展[J].中国药业,2013,22(4):95-96.
- [8] 李石容.金花茶茶花黄酮类化合物的分离纯化及抗氧化活性的初步研究[D].湛江:广东海洋大学,2012.
- [9] 张萍.金花茶的花提取物降血脂作用研究[D].大连:大连理工大学,2015.
- [10] 贺栋业,李晓宇,王丽丽,等.金花茶化学成分及药理作用研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(3):231-234.
- [11] 韦霄,郭辰,李吉涛,等.金花茶的濒危机制及保育对策[J].广西科学院学报,2016,32(1):1-5.
- [12] 杨泉光,吴儒华,潘子平,等.金花茶回归地植物群落调查研究[J].广西科学院学报,2017,33(3):209-217.
- [13] 柴胜丰,邓耘,吴儒华,等.濒危植物显脉金花茶的扦插繁殖试验[J].广西科学院学报,2016,32(1):15-20.
- [14] 柴胜丰,蒋运生,宁世江,等.广西石灰岩特有珍稀濒危植物毛瓣金花茶的伴生群落特征[J].广西科学院学报,2020,36(1):45-55.
- [15] 苏建睦,王小敏,莫昭展,等.金花茶茶花中茶多酚和总黄酮含量分析[J].玉林师范学院学报,2014,35(5):64-68.
- [16] 宁恩创,熊燕,韦璐,等.金花茶黄酮的分离及体外抗氧化活性研究[J].广西轻工业,2011(3):1-2,19.
- [17] 程金生,韦卓恒,陈信炎,等.金花茶花朵总皂苷体外抗氧化实验研究[J].中国民族民间医药,2016,25(10):27-30.
- [18] 牛广俊,朱思,陈清英,等.金花茶不同部位多糖的测定及体外抗氧化活性[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(20):168-172.
- [19] 徐洪宇,王军辉,黄晓华,等.12个楸树无性系叶片多酚含量与抗氧化活性[J].林业科学研究,2015,28(2):297-301.
- [20] 蔡碧琼.稻壳黄酮类化合物的提取、精制及抗氧化活性

- 研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2008.
- [21] 朱会霞. 覆盆子黄酮抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2012, 28(10): 1302-1305.
- [22] 吴玉兰. 金樱子总黄酮对氧化损伤 HUVEC 保护作用的研究[D]. 衡阳: 南华大学, 2012.
- [23] 汪海波, 刘大川, 余珠花, 等. 大豆异黄酮类物质的提取、抗氧化性及稳定性研究[J]. 食品科学, 2004, 25(1): 111-114.
- [24] 王坤, 黄晓露, 梁晓静, 等. 11 种金花茶组植物叶片活性成分含量对比[J]. 经济林研究, 2018, 36(1): 110-114.
- [25] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的测定方法: GB/T 8313—2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [26] 吕效国, 吕大梅, 吴梅君, 等. 功效系数法与距离法相结合综合评价农作物[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(12): 5331, 5369.
- [27] 宁恩创, 韦璐, 秦小明, 等. 金花茶多酚的抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2010, 35(8): 108-111.
- [28] 张燕平, 张虹, 洪泳平, 等. 羊栖菜提取物体外自由基清除能力的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2003, 24(1): 50-53, 57.
- [29] 秦小明, 林华娟, 宁恩创, 等. 金花茶叶水提物的抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2008(2): 189-191.

Study on Antioxidant Activity and Content of Main Active Components of 9 Kinds of Yellow *Camellia* Flowers

LI Meiling^{1,2}, PENG Jianling^{1,2}, JIANG Haidu^{1,3}, CHAI Shengfeng¹, ZHU Chenghao¹, XIONG Zhongchen¹

(1. Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541006, China; 3. College of Tourism and Landscape Architecture, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi, 541006, China)

Abstract: In order to compare the difference of antioxidant activity of different yellow *Camellia* flowers and their relationship with the content of main active components, the $\cdot\text{OH}$, DPPH \cdot , $\text{O}_2^- \cdot$ removal capacity and total reducing power of flowers in 9 kinds of yellow *Camellia* flowers were measured and comprehensively evaluated, and the content of total flavonoids, tea polyphenols of these materials were also determined by the spectrophotometry. The relationship between antioxidant activity and the content of main active components was analyzed. The results showed that the antioxidant capacity of different kinds of yellow *Camellia* flowers in order from strong to weak was *C. impressinervis* > *C. pubipetala* > *C. achrysantha* > *C. wumingensis* > *C. chuongtsoensis* > *C. longzhouensis* > *C. nitidissima* > *C. tianeensis* > *C. tunghinensis*. The contents of total flavonoids and tea polyphenols in different yellow *Camellia* flowers were significantly different ($P < 0.05$). The contents of total flavonoids and tea polyphenols in *C. achrysantha* were the highest, which were 24.71% and 10.21% respectively, while that in *C. tunghinensis* were the lowest, which were 2.42% and 1.03% respectively. Pearson correlation analysis showed that the content of total flavonoids and tea polyphenols in flowers was significantly positively correlated with their $\cdot\text{OH}$ removal capacity and total reducing power ($P < 0.01$). Total flavonoids and tea polyphenols are part of the material basis of the antioxidant capacity of yellow *Camellia* flowers. The results provide a scientific reference for further research and development of high quality *Camellia* products.

Key words: yellow *Camellia* flowers, antioxidant activities, tea polyphenols, total flavonoids, evaluation

责任编辑: 米慧芝