



金花茶叶活性成分分析

吴帆, 夏浪, 谢鑫, 张月

引用本文:

吴帆,夏浪,谢鑫,张月. 金花茶叶活性成分分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2024, 32(5): 667–674.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4804>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于GIS与Maxent模型的金花茶潜在适生区与保护研究

Studies on Potential Suitable Growth Areas and Protection of *Camellia nitidissima* Based on GIS and Maxent Model

热带亚热带植物学报. 2018, 26(1): 24–32 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3796>

米老排叶片营养成分与利用前景分析

Nutritional Ingredients in Leaves of *Mytilaria laosensis* and Its Utilization Prospects

热带亚热带植物学报. 2021, 29(4): 367–373 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4324>

不同成熟度树葡萄果实醇提取物抗氧化和抑制 α -葡萄糖苷酶活性研究

Studies on Antioxidant and α -Glucosidase Inhibitory Activities of Ethanol Extracts from Peels and Seeds of Jaboticaba at Different Maturities

热带亚热带植物学报. 2018, 26(3): 233–240 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3831>

番石榴4个品种叶和幼果的生物活性和酚类成分研究

Biological Activities and Phenolic Constituents in Extracts from Leaves and Young Fruits of Four Guava Cultivars

热带亚热带植物学报. 2021, 29(6): 694–702 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4416>

自然越冬期姜花属植物生理指标变化及抗寒性评价

Changes in Physiological Characteristics of Cold Resistance of *Hedychium* and Evaluation during Natural Overwintering Period

热带亚热带植物学报. 2021, 29(5): 509–518 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4333>

向下翻页，浏览PDF全文

金花茶叶活性成分分析

吴帆, 夏浪, 谢鑫, 张月

(贵阳康养职业大学药学院, 贵阳 550081)

摘要: 为了解不同金花茶叶的矿质元素组成和活性成分, 对中东金花茶(*Camellia achrysantha*)、龙州金花茶(*C. long-zhouensis*)、毛籽金花茶(*C. ptilosperma*)、柠檬黄金花茶(*C. limonia*)、崇左金花茶(*C. chuongtsoensis*)、金花茶(*C. nitidissima*)叶的 7 种矿质元素(钾、镁、钙、钠、铁、锌和硒)、总酚、总黄酮、总抗坏血酸和可溶性糖、茶多酚和咖啡碱、氨基酸等活性成分含量进行测定, 并基于活性成分含量对 6 种金花茶进行主成分分析和聚类分析。结果表明, 柠檬黄金花茶的钾、镁、钠含量最高, 分别为 18.70、2.67 和 1.01 g/kg; 钙含量最高的是中东金花茶(42.99 g/kg); 铁含量最高的是崇左金花茶(334.14 mg/kg); 锌含量最高的是毛籽金花茶(22.46 mg/kg); 硒含量最高的是龙州金花茶(0.47 mg/kg); 不同金花茶叶中 7 种元素存在显著差异($P<0.05$)。6 种金花茶中共检测出 15 种氨基酸, 仅缺少天冬酰胺、色氨酸、苏氨酸、半胱氨酸和谷氨酰胺。6 种金花茶的活性成分含量均表现出可溶性糖>总酚含量>总黄酮含量>总抗坏血酸的趋势, 其中毛籽金花茶的含量均为最高。茶多酚含量最高的为中东金花茶; 咖啡碱含量均较低, 在中东金花茶与崇左金花茶中未检出。主成分分析结果表明, PC1、PC2 和 PC3 累计贡献率达 87.439%, 同时活性成分含量综合评分得出柠檬黄金花茶表现最为优异。活性成分含量聚类分析结果表明, 柠檬黄金花茶和其他种差异性较大, 中东金花茶和毛籽金花茶、崇左金花茶和金花茶差异性较小。这为金花茶的开发利用提供了理论依据。

关键词: 金花茶; 叶; 活性成分; 相关性分析

doi: 10.11926/jtsb.4804

Active Constituent Analysis in Six *Camellia* sect. *Chrysantha* Leaves

WU Fan, XIA Lang, XIE Xin, ZHANG Yue

(College of Pharmacy, Guiyang Healthcare Vocational University, Guiyang 550081, China)

Abstract: In order to understand the mineral element composition and active component, the contents of seven mineral elements (K, Mg, Ca, Na, Fe, Zn, Se), total phenol, total flavone, total ascorbic acid and soluble sugar, tea polyphenol, caffeine and amino acid in the leaves of six *Camellia* species, such as *C. achrysantha*, *C. long-zhouensis*, *C. ptilosperma*, *C. limonia*, *C. chuongtsoensis* and *C. nitidissima*, were determined. Based on the contents of active component, principal component analysis and cluster analysis were studied. The results showed that the contents of K, Mg, and Na in *C. limonia* were the highest, which were 18.70, 2.67, and 1.01 g/kg, respectively. The Ca content in *C. achrysantha* was the highest (42.99 g/kg), the Fe content in *C. chuongtsoensis* was the highest (334.14 mg/kg), the Zn content in *C. ptilosperma* was the highest with 22.46 mg/kg; the Se content in *C. long-zhouensis* was the highest with 0.47 mg/kg. There were significant differences in seven mineral elements in leaves among different species ($P<0.05$). A total of 15 amino acids were detected in 6 *Camellia* species, only asparagine, tryptophan, threonine, cysteine and glutamine were missing. The active ingredient contents in 6 *Camellia* species showed the trend of soluble sugar>total phenol>total flavone>total ascorbic acid, and those of *C. ptilosperma* were the highest. The content of tea polyphenol in *C. achrysantha* was the highest.

收稿日期: 2023-05-11

接受日期: 2023-10-23

基金项目: 贵阳康养职业大学校级科研项目(贵康大 K2022-5)资助

This work was supported by the Project for Scientific Research of Guiyang Healthcare Vocational University (Grant No. K2022-5).

作者简介: 吴帆(1991 年生), 男, 博士, 研究方向为药用植物遗传育种。E-mail: eiknarf@126.com

The caffeine content in 6 *Camellia* species was low, but not detected in *C. achrysantha* and *C. chuongtsoensis*. The principal component analysis showed that the cumulative contribution rate of PC1, PC2 and PC3 reached 87.439%, and based on comprehensive score of component content, *C. limonia* was the best. The cluster analysis based on active component content showed that the difference between *C. limonia* and other species was large, and that between *C. achrysantha* and *C. ptilosperma*, *C. chuongtsoensis* and *C. nitidissima* was small. Therefore, these would provide theoretical basis for the development and utilization of *Camellia* sect. *Chrysantha*.

Key words: *Camellia* sect. *Chrysantha*; Leaf; Active component; Correlation analysis

金花茶为山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)山茶花组(sect. *Chrysantha*)多年生木本植物, 主要分布在我国广西、贵州、云南等地^[1], 其药用价值及活性成分种类均有报道^[2], 金花茶含酚类^[3-4]、抗坏血酸^[5-6]、可溶性糖^[7-8]、黄酮类^[9-10]等多种活性成分, 同时还含有丰富的氨基酸^[11-12]和矿质元素^[13], 具有抗炎抑菌^[14-15]、降血糖^[16]、抗氧化^[17-18]、抗抑郁^[19]、胰脂肪酶抑制剂^[20]和治疗胃癌^[21]、结肠癌^[22]等作用。目前, 有关金花茶活性成分的研究, 大多集中于不同发育时期叶中积累变化趋势或不同种间花内含量比较上。彭健玲等^[23]报道显脉金花茶(*C. euphlebia*)的茶多酚、总皂苷、总黄酮和总多糖含量综合得分在 2 月最高, 金花茶(*C. nitidissima*)在 9 月最高。李先民等^[3]研究表明金花茶组植物盛花期花朵中均富含类黄酮、总酚、总多糖和总皂苷, 但种间差异明显。李辛雷等^[24]研究表明金花茶的类黄酮含量较高, 陇瑞金花茶(*C. longruiensis*)和龙州金花茶(*C. long-zhouensis*)较低, 且不同金花茶中类黄酮的主要成分也不同。郭辰等^[25]研究表明提高东兴金花茶(*C. tunghinenangsis*)的细胞分裂素、脱落酸含量, 同时降低吲哚乙酸、赤霉素含量有利于花芽分化。

然而, 针对不同金花茶叶中活性成分及其他成分含量的比较研究较少, 且由于金花茶为常绿植物, 其叶更具开发和研究价值。据此, 本研究以中东金花茶(*C. achrysantha*)、龙州金花茶(*C. long-zhouensis*)、毛籽金花茶(*C. ptilosperma*)、柠檬黄金花茶(*C. limonia*)、崇左金花茶(*C. chuongtsoensis*)、金花茶(*C. nitidissima*)等 6 种金花茶叶为研究对象, 对其矿质元素、活性成分和氨基酸进行测定, 采用主成分分析和聚类分析对其进行分析和评价, 以期金花茶叶的后续产品开发和药理作用提供研究方向。

1 材料和方法

1.1 材料和试剂

材料于 2022 年 12 月 13 日采自广西南宁青秀

区长塘镇金花茶小镇, 分别为中东金花茶(*Camellia achrysantha*)、龙州金花茶(*C. long-zhouensis*)、毛籽金花茶(*C. ptilosperma*)、柠檬黄金花茶(*C. limonia*)、崇左金花茶(*C. chuongtsoensis*)、金花茶(*C. nitidissima*)。标本存放于贵阳康养职业大学植物标本馆(标本号分别为: 20230530XLCA001、20230530XLCLZ002、20230530XLCP003、20230530XLCL004、20230530XLCC005、20230530XLCN006), 均采摘 2~4 叶位无病虫害洁净的新鲜嫩叶(图 1)。

盐酸; 双蒸水; 标准氨基酸混合样品(上海北诺生物科技有限公司); 茚三酮试剂(分析纯; 广东环凯微生物科技有限公司); 茚三酮缓冲液; 氢氧化钠; 氮气; 60%乙醇; 无水乙醇。总酚(Tp)试剂盒, 索莱宝, 上海; 总黄酮(TF)试剂盒, 索莱宝, 上海; 总抗坏血酸(TAA)试剂盒, 柯意哲, 上海; 可溶性糖试剂盒, 索莱宝, 上海。JC-YZXS-100(SF)原子吸收分光光度计; 电炉; M31-L-3000 型全自动氨基酸分析仪; 分析天平; 酶标仪; 离心机; 粉碎机; 高效液相质谱仪; 分光光度计。

1.2 方法

样品处理 将采摘的叶片洗净, 晾干表面水分后采用微波杀青, 每次投放 40 g, 杀青时间 160 s, 微波输出功率 900 W。杀青后干燥, 至前后 2 次干燥后的重量差在 1%以内, 粉碎过 60 目筛。

矿质元素含量的测定 铁、镁、钙、钠、钾、锌含量按照《GB/T 13885—2017》进行测定; 硒含量按照《GB 5009.93—2017》进行测定。

活性成分含量的测定 咖啡碱(CFYN)含量按照《GB/T 8312—2013》进行测定; 茶多酚(GTP)含量的按照《GB/T 8313—2018》进行测定。将叶片粉碎, 过 30~50 目筛, 称取约 0.1 g, 加入 2.5 mL 提取液, 在超声功率 300 W, 破碎 5 s, 间隙 8 s, 60 °C 下提取 30 min, 然后在 4 747×g 下离心 10 min, 取上清, 用提取液定容至 2.5 mL, 待测。分光光度计预热 30 min 以上, 调节波长至 760 nm, 蒸馏水调零,



图1 6种金花茶。A: 中东金花茶; B: 龙州金花茶; C: 毛籽金花茶; D: 柠檬黄金花茶; E: 崇左金花茶; F: 金花茶。

Fig. 1 Six species of *Camellia* sect. *Chrysantha*. A: *C. achrysantha*; B: *C. long-zhouensis*; C: *C. pilosperma*; D: *C. limonia*; E: *C. chuongtsoensis*; F: *C. nitidissima*.

按总酚试剂盒说明书进行总酚(Tp)含量的测定。将波长调至 510 nm, 按总黄酮试剂盒说明书进行总黄酮(TF)含量的测定。将波长调至 534 nm, 按抗坏血酸试剂盒说明书进行总抗坏血酸(TAA)含量的测定。将波长调至 620 nm, 按可溶性糖试剂盒说明书进行可溶性糖含量(SS)的测定。取杀青处理的样品 7.0 g 放于培养皿中, 于 100 ℃~105 ℃烘箱中烘 2 h, 冷却后称量, 重复操作至相邻 2 次重量差小于 2 mg。取烘干样品 0.4 g, 加入 10 mL 6 mol/L 盐酸, 充分混匀后加入氮气后封管, 放于 100 ℃的烘箱中水解 20 h; 在 150 mL 容量瓶中加入 7.5 mL 6 mol/L 氢氧化钠, 用 0.02 mol/L 的稀盐酸洗涤水解管, 过滤后定容至 150 mL。样品上机前用 0.45 μm 滤膜再过滤, 上机, 按照规定步骤测定氨基酸含量。

1.3 数据分析

采用 WPS Office 软件对数据进行处理及分析, 所有测量均重复 3 次, 数据取平均值。采用 SPSS 软件对数据进行差异分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果和分析

2.1 矿质元素含量的差异

从表 1 可见, 6 种金花茶叶片中铁、镁、钙、

钠、钾、锌和硒含量存在显著差异($P<0.05$), 铁含量最高的是崇左金花茶; 镁、钙含量最高的是中东金花茶; 钠、钾含量最高的是柠檬黄金花茶; 锌含量最高的是毛籽金花茶; 硒含量最高的是龙州金花茶。其中, 锌、硒、钙、镁和钾方差极其稳定, 而铁有小幅波动, 钠波动极大。柠檬黄金花茶的钾、钠、镁含量均为最高, 其他种之间含量相差并不显著。

2.2 氨基酸含量的比较

从表 2 可见, 6 种金花茶叶片中含有 15 种氨基酸, 仅缺少天冬酰胺、色氨酸、苏氨酸、半胱氨酸和谷氨酰胺 5 种天然氨基酸, 其中含量最多的为谷氨酸, 约为 0.937 g/100 g, 络氨酸和组氨酸含量最少, 约为 0.18 g/100 g。方差分析表明, 15 种氨基酸含量极其稳定, 方差接近于 0。

2.3 活性成分含量的比较

从表 3 可见, 6 种金花茶叶中总抗坏血酸含量为 0.39~0.15 mg/g; 可溶性糖含量为 42.82~23.04 mg/g; 总酚含量为 11.91~4.45 mg/g; 总黄酮含量为 7.99~2.93 mg/g, 毛籽金花茶 4 种活性成分含量均为最高。茶多酚含量为 5.7%~1.3%, 含量最多的为崇左金花茶。中东金花茶、崇左金花茶中未检测出咖啡碱, 其余金花茶的咖啡碱含量为 0.03%~0.06%。方差分析表明, 总抗坏血酸、咖啡碱和茶多酚含量极其稳定,

表 1 金花茶叶中 7 种元素的含量

Table 1 Contents of 7 elements in leaves of *Camellia* sp.

植物 Species	Zn (mg/kg)	Se (mg/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	K (g/kg)	Na (mg/kg)	Fe (mg/kg)
中东金花茶 <i>C. achrysantha</i>	12.79±0.01d	0.41±0.00cd	42.44±0.65a	3.75±0.01a	10.29±0.00ef	162.42±11.87e	90.95±1.06f
龙州金花茶 <i>C. long-zhouensis</i>	12.13±0.01e	0.46±0.00b	31.56±0.05b	1.66±0.00de	10.76±0.01bcd	629.10±214.19b	232.20±6.36c
毛籽金花茶 <i>C. ptilosperma</i>	22.46±0.05a	0.27±0.00e	29.86±0.35c	1.71±0.00de	10.71±0.00bcd	42.18±0.67f	163.30±26.77de
柠檬黄金花茶 <i>C. limonia</i>	17.42±0.17b	0.54±0.00a	25.70±0.08d	2.67±0.00bc	18.70±0.01a	1 013.50±256.5a	275.80±7.77b
崇左金花茶 <i>C. chuongtsoensis</i>	15.31±0.04c	0.21±0.00f	24.12±0.04e	1.08±0.00f	10.29±0.08ef	412.44±0.81c	334.10±7.55a
金花茶 <i>C. nitidissima</i>	11.10±0.04f	0.43±0.00cd	9.82±0.01f	2.65±0.00bc	10.88±0.05abc	323.90±88.44d	163.40±0.98de

同列数据后不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同

Data followed different letters within column indicate significant differences at 0.05 level. The same below

表 2 金花茶叶中氨基酸含量(g/100 g)

Table 2 Contents of amino acids in leaves of *Camellia* sp.

氨基酸 Amino acid	中东金花茶 <i>C. achrysantha</i>	龙州金花茶 <i>C. long-zhouensis</i>	毛籽金花茶 <i>C. ptilosperma</i>	柠檬黄金花茶 <i>C. limonia</i>	崇左金花茶 <i>C. chuongtsoensis</i>	金花茶 <i>C. nitidissima</i>
天门冬氨酸 Asp	0.53f	0.72abc	0.62de	0.71abc	0.72abc	0.61ed
丝氨酸 Ser	0.24ef	0.30c	0.24ef	0.32a	0.31b	0.28a
谷氨酸 Glu	0.61f	1.01c	1.05ab	1.13a	0.83de	0.83de
脯氨酸 Pro	0.31d	0.35a	0.25f	0.33c	0.34b	0.28e
甘氨酸 Gly	0.31ef	0.36cd	0.32ef	0.38bc	0.40ab	0.34de
丙氨酸 Ala	0.30ef	0.37c	0.29ef	0.38b	0.39a	0.35d
缬氨酸 Val	0.32ef	0.36cde	0.32ef	0.38bcd	0.44a	0.34cde
蛋氨酸 Met	0.05d	0.07b	0.04f	0.07a	0.06c	0.05e
异亮氨酸 Ile	0.25e	0.29c	0.24f	0.31b	0.32a	0.27a
亮氨酸 Leu	0.46ef	0.54cd	0.43ef	0.55bc	0.59a	0.51cd
络氨酸 Tyr	0.16de	0.19bc	0.14f	0.21abc	0.24ab	0.17de
苯丙氨酸 Phe	0.29e	0.34cd	0.25f	0.35ab	0.36ab	0.33cd
组氨酸 His	0.17de	0.19c	0.16f	0.21a	0.19b	0.17de
赖氨酸 Lys	0.31ef	0.38c	0.31ef	0.41ab	0.41ab	0.35a
精氨酸 Arg	0.21def	0.33ab	0.22def	0.27c	0.32ab	0.22def

表 3 金花茶叶中活性成分的含量

Table 3 Contents of active components in leaves of *Camellia* sp.

植物 Species	TAA (mg/g)	SS (mg/g)	Tp (mg/g)	TF (mg/g)	GTP /%	CFYN /%
中东金花茶 <i>C. achrysantha</i>	0.23±0.00d	32.26±1.25de	6.33±0.16d	3.33±0.13f	5.26±0.00b	—
龙州金花茶 <i>C. long-zhouensis</i>	0.23±0.00e	29.26±7.17de	5.98±0.49e	4.17±0.06c	3.46±0.00c	0.04±0.00b
毛籽金花茶 <i>C. ptilosperma</i>	0.34±0.00a	39.87±7.31a	11.12±0.42a	6.75±0.79a	3.20±0.00d	0.03±0.00d
柠檬黄金花茶 <i>C. limonia</i>	0.29±0.00b	34.32±7.09bcd	8.22±3.58bc	4.05±0.88d	2.30±0.01e	0.06±0.00a
崇左金花茶 <i>C. chuongtsoensis</i>	0.23±0.00c	36.27±0.52bc	8.01±4.80bc	4.65±1.55bc	5.60±0.01a	—
金花茶 <i>C. nitidissima</i>	0.19±0.00f	27.13±9.11f	5.48±0.54f	3.46±0.16f	1.36±0.00e	0.03±0.00c

—: 未检测出; TAA: 总抗坏血酸; SS: 可溶性糖; Tp: 总酚; TF: 总黄酮; GTP: 茶多酚; CFYN: 咖啡碱。下同

—: Not detected; TAA: Total ascorbic acid; SS: Soluble sugar; TP: Total Phenolics; TF: Total flavonoids; GTP: Tea polyphenols; CFYN: Caffeine. The same below

总酚和总黄酮含量有小浮动差异,可溶性糖含量波动程度较大。这表明在 6 种金花茶活性成分中可溶性糖含量最高;总酚含量、总黄酮含量、茶多酚含量差异不明显;总抗坏血酸、咖啡碱含量极少。

2.4 主成分分析和聚类分析

从表 4 可见,以初始特征值大于 1 为提取依据,主成分 1、主成分 2 和主成分 3 的累计贡献率为 87.439%,表明 PC1、PC2、PC3 能代表样品中大部分成分,PC1

包含天门冬氨酸、丝氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸、钠、铁; PC2 包含总抗坏血酸、可溶性糖、总酚含量、总黄酮含量、茶多酚、谷氨酸、锌; PC3 包含镁、硒、钾、咖啡碱。根据 3 种主成分对 6 种金花茶进行评定分析, 成分矩阵(表 5)结果表明, 对 PC1 贡献较大的是天门冬氨酸、丝氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸、钠和铁, 因此可以将 PC1 称为氨基酸; 对 PC2 贡献较大的是总抗坏血酸、可溶性糖、总酚含量、总黄酮含量、茶多酚、谷氨酸和锌, 因此可以将 PC2 称为活性物质; 对 PC3 贡献较大的是镁、硒、钾和咖啡碱, 因此可将 PC3 称为矿质元素。

从表 6 可见, 金花茶叶成分含量评价综合得分排名依次为柠檬黄金花茶、崇左金花茶、龙州金花茶、毛籽金花茶、中东金花茶和金花茶。柠檬黄金

花茶活性物质、氨基酸、矿物元素含量均比其他 5 种金花茶丰富, 而金花茶的含量均较低。

聚类分析结果表明(图 2), 在选择阈值为 5 的情况下, 可将 6 种金花茶分为 3 类: 第一类将中东金花茶、毛籽金花茶聚为一类; 第二类将崇左金花茶、金花茶、龙州金花茶聚为一类; 第三类仅柠檬黄金花茶。结合主成分分析综合排名结果可见, 第一类排名靠后, 第二类的排名居中, 第三类的排名靠前。这表明主成分分析与聚类分析结果基本相同。

3 讨论和结论

本研究对 6 种金花茶叶片中的 7 种矿质元素、15 种氨基酸和 6 种活性成分含量进行了对比分析, 表明不同金花茶叶片在矿质元素、活性成分和氨基酸含量存在差异。在矿质元素方面: 柠檬黄金花茶的钾、镁、钠含量相对较高, 硒含量相对较低。铁、

表 4 金花茶叶主要成分的主成分分析

Table 4 Principal component analysis of main components in leaves of *Camellia* sp.

主成分 Principal component	初始特征 Initial eigenvalue			提取平方和载入 Extract the squared sum and load		
	特征值 Eigenvalue	贡献率 / % Contribution rate	累计贡献率 / % Cumulative contribution rate	特征值 Eigenvalue	贡献率 / % Contribution rate	累计贡献率 / % Cumulative contribution rate
1	2.642	37.741	37.741	2.642	37.741	37.741
2	2.254	32.204	69.945	2.254	32.204	69.945
3	1.225	17.494	87.439	1.225	17.494	87.439
4	0.691	9.870	97.309			
5	0.188	2.691	100.000			

表 5 成分矩阵

Table 5 Component matrix

项目 Item	成分 Component				项目 Item	成分 Component			
	1	2	3	4		1	2	3	4
天门冬氨酸 Asp	0.893	0.344	0.038	-0.128	精氨酸 Arg	0.833	0.147	-0.271	0.026
丝氨酸 Ser	0.987	-0.022	0.132	-0.080	总抗坏血酸 TAA	-0.229	0.870	0.334	0.279
谷氨酸 Glu	0.410	0.601	0.628	-0.112	可溶性糖 SS	-0.133	0.914	-0.177	0.269
脯氨酸 Pro	0.809	-0.259	-0.266	0.390	总酚 Tp	-0.198	0.965	0.069	0.089
甘氨酸 Gly	0.949	0.223	-0.158	-0.076	总黄酮 TF	-0.256	0.937	-0.021	-0.159
丙氨酸 Ala	0.983	-0.080	-0.036	-0.163	茶多酚 GTP	-0.003	0.101	-0.847	0.522
缬氨酸 Val	0.851	0.194	-0.440	-0.056	咖啡碱 CFYN	0.302	0.087	0.921	-0.154
蛋氨酸 Met	0.918	-0.135	0.166	0.296	锌 Zn	-0.199	0.944	0.190	0.127
异亮氨酸 Ile	0.975	0.069	-0.157	0.009	硒 Se	0.202	-0.526	0.775	0.263
亮氨酸 Leu	0.964	-0.077	-0.224	-0.101	钙 Ca	-0.310	0.078	-0.229	0.867
酪氨酸 Tyr	0.933	0.035	-0.297	0.065	镁 Mg	-0.453	-0.613	0.337	0.435
苯丙氨酸 Phe	0.952	-0.259	-0.066	-0.071	钾 K	0.485	0.135	0.724	0.337
组氨酸 His	0.912	0.001	0.232	0.330	钠 Na	0.835	-0.103	0.487	0.234
赖氨酸 Lys	0.992	0.057	0.056	0.001	铁 Fe	0.911	0.362	-0.162	-0.104

表 6 金花茶叶成分含量评价的综合得分

Table 6 Evaluation of comprehensive scores of *Camellia* sp. based on component contents

项目 Item	中东金花茶 <i>C. achrysantha</i>	龙州金花茶 <i>C. long-zhouensis</i>	毛籽金花茶 <i>C. ptilosperma</i>	柠檬黄金花茶 <i>C. limonia</i>	崇左金花茶 <i>C. chuongtsoensis</i>	金花茶 <i>C. nitidissima</i>
PC1	-1.49	0.57	-2.01	2.29	2.15	-1.51
PC2	-0.14	-0.25	0.16	0.34	0.44	-0.55
PC3	0.19	-0.11	0.61	0.16	-0.55	-0.30
综合得分 Comprehensive score	-1.44	0.22	-1.24	2.79	2.04	-2.36
排名 Rank	5	3	4	1	2	6

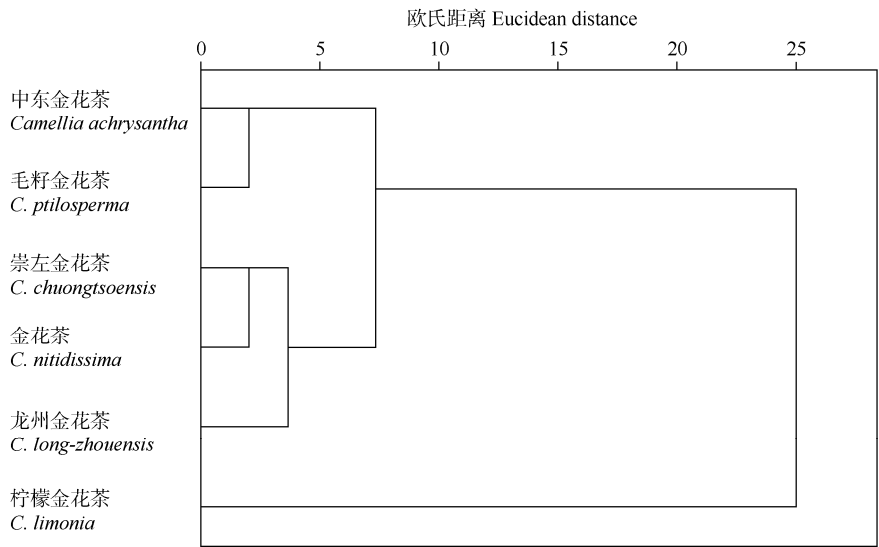


图 2 基于金花茶叶成分含量的树状分析图

Fig. 2 Cluster analysis diagram of *Camellia* sp. based on component contents in leaves

锌、钙含量差异不大，硒、铁、锌、钙表现相对优秀的分别是龙州金花茶、崇左金花茶、毛籽金花茶、中东金花茶。金花茶的钙、镁含量相对较低，其他含量与其余物种的差异不大，这与云南金花茶^[26]相似，呈现高钾低钠的特点。在活性成分方面：6种金花茶叶片中的咖啡碱含量均较低，且中东金花茶和崇左金花茶均未检出；总抗坏血酸、可溶性糖、总酚、总黄酮含量最高为毛籽金花茶，最低为金花茶，茶多酚的含量最高为崇左金花茶，最低为金花茶。前人^[27-29]研究表明金花茶中5类活性成分含量较低，这与本研究结果一致。在氨基酸方面：6种金花茶均检测出15种氨基酸，仅缺少天冬酰胺、色氨酸、苏氨酸、半胱氨酸和谷氨酰胺5种天然氨基酸，其中谷氨酸、天门冬氨酸、亮氨酸和缬氨酸这4种氨基酸含量较高。唐健民等^[30]研究表明金花茶中谷氨酸、天门冬氨酸、亮氨酸含量较高，与本研究结果略有不同，可能是因为物种不同或检测器官不同导致。本研究的主成分分析结果表明，评价

得分最高的为柠檬黄金花茶，崇左金花茶次之，金花茶最低；结合聚类分析结果，排名靠前的为柠檬黄金花茶，居中的为崇左金花茶、金花茶、龙州金花茶，靠后的为中东金花茶和毛籽金花茶。陈雪梅等^[31]研究表明凹脉金花茶(*C. impressinervis*)、小果金花茶(*C. microcarpa*)、柠檬黄金花茶排名靠前，与本研究结果相似，表明柠檬黄金花茶的开发利用价值较高。

对矿质元素、活性成分、氨基酸进行多样性分析是评价茶叶质量的重要标准之一。不同种金花茶叶片在营养成分含量方面各有特点，因此可以根据自身的需求，有针对性的选择种植不同种的金花茶，以便更好地综合开发金花茶的多种营养价值，同时有助于推动金花茶的产业和市场发展。

参考文献

[1] TAO W, LI X M, YU H J, et al. Orthogonal optimization of SCoT-PCR reaction system and selection of primers in *Camellia peteloti* [J]. J Chin

- Med Mat, 2022, 45(12): 2840–2846. [陶伟, 李先民, 余海娟, 等. 金花茶 SCoT-PCR 反应体系的正交优化及引物筛选 [J]. 中药材, 2022, 45(12): 2840–2846. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2022.12.010.]
- [2] YANG Y S, JIANG H D, QIN H Z, et al. Comparative analysis of main active components in *Camellia nitidissima* leaves from different habitats and the relationship with soil factors [J]. J Chin Med Mat, 2022, 45(6): 1289–1295. [杨一山, 江海都, 秦惠珍, 等. 不同产地金花茶叶主要活性成分含量的比较分析及其与土壤因子的关系 [J]. 中药材, 2022, 45(6): 1289–1295. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2022.06.001.]
- [3] LI X M, LI C N, LU J S, et al. Analysis and evaluation of active ingredient in flowers of 6 species of *Camellia* sect. *Chrysanth* Chang [J]. Food Res Dev, 2020, 41(21): 33–37. [李先民, 李春牛, 卢家仕, 等. 6 种金花茶组植物的花朵活性成分分析与评价 [J]. 食品研究与开发, 2020, 41(21): 33–37. doi: 10.12161/j.issn.1005-6521.2020.21.006.]
- [4] SONG L, WANG X, ZHENG X, et al. Polyphenolic antioxidant profiles of yellow *Camellia* [J]. Food Chem, 2011, 129(2): 351–357. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.04.083
- [5] LIU Y, FU L, ZHANG Y J, et al. Research progress in chemical compositions and healthy functions of genus *Camellia* sect. *Chrysanth* [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(3): 321–326. [刘云, 付玲, 张颖君, 等. 金花茶组植物的化学成分及保健功效研究进展 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(3): 321–326. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.03.051.]
- [6] WANG B, GE L, MO J, et al. Essential oils and ethanol extract from *Camellia nitidissima* and evaluation of their biological activity [J]. J Food Sci Technol, 2018, 55: 5075–5081. doi: 10.1007/s13197-018-3446-x.
- [7] LIU C N. Adaptative mechanism of *Camellia limonia* in karst environment [D]. Nanning: Guangxi Normal University, 2022. [刘春妮. 柠檬黄金花茶(*Camellia limonia*)对岩溶环境的适应调控机制研究 [D]. 南宁: 广西师范大学, 2022. doi: 10.27036/d.cnki.ggxsu.2022.001473.]
- [8] CHEN J, DENG L, LI H, et al. Effects of shading on growth, development and physiology of two golden *Camellia* species originated in Guizhou Province [J]. J Nanjing For Univ, 2022, 46(3): 83. doi: 10.12302/j.issn.1000-2006.202103040.
- [9] YANG R, GUAN Y, WANG W X, et al. Antioxidant capacity of phenolics in *Camellia nitidissima* Chi flowers and their identification by HPLC Triple TOF MS/MS [J]. PLoS One, 2018, 13(4): e0195508. doi: 10.1371/journal.pone.0195508.
- [10] YAO H Y, YAN G Y, GAO H, et al. Identification of chemical constituents in the leaves of 2 species of *Camellia nitidissima* by ultra performance liquid chromatography-quadrupole-electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(24): 8091–8100. [姚涵雅, 闫国跃, 高慧, 等. 超高效液相色谱-四极杆-静电场轨道离子阱高分辨质谱法检测 2 种金花茶叶化学成分 [J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(24): 8091–8100. doi: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2022.24.020.]
- [11] WEI X J, MA J, Wang K, et al. Early flowering induction in golden *Camellia* seedlings and effects of paclobutrazol [J]. HortSci, 2018, 53(12): 1849–1854. doi: 10.21273/HORTSCI13676-18.
- [12] HE D, LI X, SAI X, et al. *Camellia nitidissima* C W Chi: A review of botany, chemistry, and pharmacology [J]. Phytochem Rev, 2018, 17: 327–349. doi: 10.1007/s11101-017-9537-x.
- [13] JIA S, WANG Y, HU J, et al. Mineral and metabolic profiles in tea leaves and flowers during flower development [J]. Plant Physiol Biochem, 2016, 106: 316–326. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.06.013.
- [14] WEN J, LIANG W, WANG X C, et al. Studies on the chemical constituents of *Camellia nitidissima* Chi leaves and their anti-inflammatory, anti-oxidant activity [J]. Chin J Med Chem, 2020, 30(8): 487–492. [温静, 梁伟, 王欣晨, 等. 金花茶化学成分及抗炎抗氧化活性研究 [J]. 中国药物化学杂志, 2020, 30(8): 487–492. doi: 10.14142/j.cnki.cn21-1313/r.2020.08.006.]
- [15] YANG R, GUAN Y, ZHOU J W, et al. Phytochemicals from *Camellia nitidissima* Chi flowers reduce the pyocyanin production and motility of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 [J]. Front Microbiol, 2018, 8: 2640. doi: 10.3389/fmicb.2017.02640.
- [16] SAI X. Anti-lung cancer effect of *Camellia euphobia* flowers extract and its potential mechanism of action [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2018. [赛璇. 金花茶花提取物的肺癌防治作用及其机理初探 [D]. 大连: 大连理工大学, 2018.]
- [17] DU M Y, DAI R, LI J, et al. Effects of added *Camellia nitidissima* Chi powder on the quality and antioxidant activity of steamed bread [J]. Modern Food Sci Technol, 2023, 39(8): 156–164. [杜密英, 戴瑞, 李杰, 等. 金花茶粉添加量对馒头品质及抗氧化性的比较分析 [J]. 现代食品科技, 2023, 39(8): 156–164. doi: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.8.1198.]
- [18] ZHENG H, DU Q, YIN J, et al. A narrative review on the main chemical constituents and bioactivity of *Camellia nitidissima* Chi [J]. Longhua Chin Med, 2022, 5: 1–17. doi: 10.21037/lcm-22-9.
- [19] HE D Y. Studies on antidepressant-like effects of aqueous extract of *Camellia euphobia* leaves [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2019. [贺栋业. 金花茶药用叶提取物的抗抑郁作用研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2019.]
- [20] CHEN J, WU X, ZHOU Y, et al. *Camellia nitidissima* Chi leaf as pancreatic lipase inhibitors: Inhibition potentials and mechanism [J]. J Food Biochem, 2021, 45(9): e13837. doi: 10.1111/jfbc.13837.

- [21] CHEN Y, ZHANG F, DU Z, et al. Proteome analysis of *Camellia nitidissima* Chi revealed its role in colon cancer through the apoptosis and ferroptosis pathway [J]. *Front Oncol*, 2021, 11: 727130. doi: 10.3389/fonc.2021.727130.
- [22] HE X, LI H, ZHAN M, et al. *Camellia nitidissima* Chi extract potentiates the sensitivity of gastric cancer cells to paclitaxel via the induction of autophagy and apoptosis [J]. *Oncotargets Ther*, 2019, 12: 10811. doi: 10.2147/OTT.S220453.
- [23] PENG J L, LI M L, CAI S F, et al. Analysis and evaluation of dynamic accumulation of active components in two kinds of *Camellia* tea leaves [J]. *Guangxi Sci*, 2020, 27(4): 394–399. [彭健玲, 李美玲, 柴胜丰, 等. 两种金花茶叶片活性成分动态积累的分析与评价 [J]. *广西科学*, 2020, 27(4): 394–399. doi: 10.13656/j.cnki.gxkx.20200924.005.]
- [24] LI X L, WANG J T, SUN Z Y, et al. Flavonoid components and their relationship with flower colors in five species of *Camellia* section *Chrysanth* [J]. *Chin J Ecol*, 2019, 38(4): 961–966. [李辛雷, 王佳童, 孙振元, 等. 五种金花茶组植物类黄酮成分及其与花色关系 [J]. *生态学杂志*, 2019, 38(4): 961–966. doi: 10.13292/j.1000-4890.201904.025.]
- [25] GUO C, YANG X, YANG G Q, et al. Dynamic changes of endogenous hormones in blossom and fruit period of *Camellia tunghinensis* Chang [J]. *Guangxi Sci*, 2016, 23(3): 278–285. [郭辰, 杨雪, 杨光泉, 等. 东兴金花茶花果期内源激素动态变化 [J]. *广西科学*, 2016, 23(3): 278–285. doi: 10.13656/j.cnki.gxkx.20160713.001.]
- [26] WANG M T, ZHANG G L, LIU Y, et al. Analysis of the mineral element and nutrient components of *Camellia fascicularis* [J]. *Heilongjiang Agric Sci*, 2018(4): 118–121. [汪梦婷, 张贵良, 刘云, 等. 云南金花茶矿质元素及功能成分分析 [J]. *黑龙江农业科学*, 2018(4): 118–121. doi: 10.11942/j.issn1002-2767.2018.04.0118.]
- [27] WANG K, HUANG X L, LIANG X J, et al. Comparison of main active ingredient contents in leaves of 11 cultivars of *Camellia* sect. *Chrysanth* [J]. *Nonwood For Res*, 2018, 36(1): 110–114. [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. doi: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2018.01.018.]
- [28] HUANG X X, ZOU R, HU X H, et al. Comparison of total flavonoids content in 14 species of *Camellia* sect. *Chrysanth* [J]. *Guihaia*, 2011, 31(2): 281–284. [黄兴贤, 邹蓉, 胡兴华, 等. 十四种金花茶组植物叶总黄酮含量比较 [J]. *广西植物*, 2011, 31(2): 281–284. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2011.03.028.]
- [29] QIN X L, SHI Y C, WEI X, et al. Comparative analysis and identification of chemical constituents in leaves of three species of *Camellia* sect. *Chrysanth* by FTIR [J]. *Chin J Spectrosc Lab*, 2012, 29(3): 1303–1307. [覃小玲, 史艳财, 韦霄, 等. FTIR 比较分析与鉴定 3 种金花茶叶片中的化学成分 [J]. *光谱实验室*, 2012, 29(3): 1303–1307. doi: 10.3969/j.issn.1004-8138.2012.03.003.]
- [30] TANG J M, SHI Y C, LIAO Y Q, et al. Analysis of chemical components in flowers of *Camellia nitidissima* [J]. *Guihaia*, 2017, 37(9): 1176–1181. [唐健民, 史艳财, 廖玉琼, 等. 金花茶茶花的营养成分分析 [J]. *广西植物*, 2017, 37(9): 1176–1181. doi: 10.11931/guihaia.gxzw201611010.]
- [31] CHEN X M, LIN W, XUAN Z Y, et al. Comparison of main active ingredient contents in leaves of 7 species of *Camellia* sect. *Chrysanth* [J]. *Sub Plant Sci*, 2021, 50(3): 170–174. [陈雪梅, 林玮, 玄祖迎, 等. 7 种金花茶组植物叶片营养成分分析 [J]. *亚热带植物科学*, 2021, 50(3): 170–174. doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2021.03.002.]