

金花茶花的指纹图谱建立、成分鉴定及体外抗氧化活性研究

田光卉¹, 王志允², 张彦昕², 赵倩^{3*}, 侯文彬^{2*}

1. 天津天士力现代中药资源有限公司, 天津 300410

2. 中国医学科学院 北京协和医学院放射医学研究所, 天津 300192

3. 天津市南开区王顶堤医院, 天津 300190

摘要: 目的 建立金花茶花的高效液相(HPLC)指纹图谱, 对其化学成分进行鉴定, 并考察其体外抗氧化能力。方法 70%乙醇溶液回流法提取10批次金花茶花, 采用Agilent Eclipse Plus C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm)色谱柱, 梯度洗脱, 建立金花茶花指纹图谱, 应用HPLC-MS法分析其化学成分, 并用1, 1-二苯基-2-苦基肼自由基(DPPH)和2, 2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS)法评价金花茶花的抗氧化能力。结果 建立金花茶花共有HPLC色谱图, 标定共有峰11个, 经过中药色谱指纹图谱相似度评价软件(2012版)计算, 相似度均在0.98以上。HPLC-MS分析结果显示, 金花茶花中成分多为黄酮类化合物。抗氧化能力检测结果显示, 金花茶花对DPPH自由基和ABTS自由基均具有较好的清除能力, 并呈浓度相关性。结论 建立了金花茶花药材的指纹图谱, 其含有丰富的黄酮类化合物, 具有良好的体外抗氧化作用。

关键词: 金花茶花; 指纹图谱; 高效液相色谱-质谱联用; 黄酮类; 抗氧化

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-6376(2023)11-2387-08

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2023.11.014

Establishment of fingerprint, component identification, and *in vitro* antioxidant activity of *Camellia nitidissima*

TIAN Guanghui¹, WANG Zhiyun², ZHANG Yanxin², ZHAO Qian³, HOU Wenbin²

1. Tianjin Tasly Modern Traditional Chinese Medicine Resources Co., LTD., Tianjin 300410, China

2. Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Tianjin 300190, China

3. Tianjin Nankai District Wangdingdi Hospital, Tianjin 300190, China

Abstract: Objective To establish a HPLC fingerprint of *Camellia nitidissima* Chi, analyze its chemical components, and study its antioxidant capacity. **Methods** Extraction of ten batches of *Camellia nitidissima* Chi were made by refluxing with 70% ethanol solution. Agilent Eclipse Plus C₁₈ (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) Chromatographic column were used, gradient elution, to establish a fingerprint of *Camellia nitidissima* Chi, analysis of its chemical components using HPLC-MS, and evaluation of the antioxidant capacity of *Camellia nitidissima* Chi using DPPH and ABTS methods. **Results** The HPLC chromatogram of *Camellia nitidissima* Chi was established, and 11 peaks were calibrated. The similarity was all above 0.98 through calculation of TCM chromatographic fingerprint similarity evaluation software (2012 edition). Meanwhile, HPLC-MS analysis showed that the components of *Camellia nitidissima* Chi were mostly flavonoids, and the antioxidant capacity of *Camellia nitidissima* Chi was tested. The results showed that it had good antioxidant capacity to DPPH free radicals and ABTS free radicals *in vitro*, and showed a certain concentration dependence. **Conclusion** We had established a fingerprint of *Camea nitidissima* Chi, which was rich in flavonoids and had good *in vitro* antioxidant effects.

Key words: *Camellia nitidissima* Chi; fingerprint; high performance liquid chromatography-mass spectrometry; flavonoids; antioxidant

收稿日期: 2023-04-10

基金项目: 中国医学科学院医学与健康科技创新工程重大协同创新项目资助(2021-I2M-1-042); 中央高校基本科研业务费专项资金(3332022063)

第一作者: 田光卉, 女, 本科, 研究方向为中药化学成分提取与活性评价。E-mail: 3487056329@qq.com

*共同通信作者: 侯文彬, 男, 研究员, 研究方向为中药的辐射防护作用及活性成分研究。E-mail: houwenbin@irm-cams.ac.cn

赵倩, 女, 副主任药师, 研究方向为医院药学和院内制剂研究。E-mail: zhaoqian_nk@126.com

金花茶花 *Camellia nitidissima* Chi 为山茶科金花茶的干燥花朵,味涩,性平,具有清热解毒、收敛止血等功效,主产于广西^[1],是结合观赏性与药性的世界级珍稀植物,有着“植物界大熊猫”以及“茶族皇后”等美称^[2]。其含有丰富的黄酮类、多酚类、多糖类和皂苷类物质,具有抗炎抗菌^[3]、抗肿瘤^[4-5]、抗氧化^[6]等功效,是广西极具开发价值的道地药材。

目前,对于金花茶的研究普遍集中于叶子中的成分^[7-8]及功效上^[9-10],对其花朵的活性物质及性能研究较少,因此本实验建立了金花茶花的指纹图谱,并针对其抗氧化活性展开检测,为金花茶的质量控制与评价提供参考。

1 材料

1.1 药材及试剂

10批金花茶花朵样品,均由天津药物研究院周福军研究员鉴定为金花茶 *Camellia nitidissima* Chi 的干燥花朵,生产批号为20200512,将样品分别研磨过40目筛,放置于密封、干燥、常温条件下储藏备用,产地和采收时间见表1。

表1 金花茶产品信息

Table 1 Producing sample of *Camellia nitidissima* Chi

样品编号	样品名称	产地	采收时间
S1	金花茶	广西防城港市防城区	202009
S2	金花茶	广西防城港市防城区	202012
S3	金花茶	广西防城港市那梭镇	202103
S4	金花茶	广西防城港市大垌镇	202103
S5	金花茶	广西东兴市	202103
S6	金花茶	广西南宁市	202103
S7	金花茶	广西钦州市	202103
S8	金花茶	广西十万大山	202103
S9	金花茶	广西防城港市那良镇	202103
S10	金花茶	广西罗定市华石镇	202103

乙腈、甲醇(色谱纯)、磷酸和乙醇(分析纯),购自天津市康科德科技有限公司;对照品芦丁,购于北京北方伟业计量技术研究院,批号20200618;1,1-二苯基-2-苦基肼自由基(DPPH)购自梯希爱(上海)化成工业发展有限公司;总抗氧化能力检测试剂盒(ABTS法)购自碧云天生物技术有限公司;奎诺二甲基丙烯酸酯(trolox)为水溶性维生素E类似物,购自上海阿拉丁生化科技股份有限公司。

1.2 实验仪器

Waters 2695-2998 高效液相色谱仪-二极管阵列检测器、Waters-Xevo TQ 质谱检测器、Empower 3 数

据工作站(美国 Waters 公司);AX124ZH 万分之一天平(奥豪斯公司);DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器(巩义市予华仪器);INHNITEF PLEX 时间分辨荧光仪(TECAN 公司)。

2 方法

2.1 供试品溶液的制备

精密称量金花茶花粗粉 1.00 g,按照 1:15 的料液比加入 70% 乙醇溶液,80 °C 回流提取 1.5 h,经 0.45 μm 微孔滤膜滤过,得到供试品溶液。

2.2 对照品溶液的制备

精密称取芦丁对照品 1 mg,置于 10 mL 量瓶中,用甲醇溶液定容,制得 0.1 mg·mL⁻¹ 对照品溶液,冷藏备用。

2.3 色谱/质谱条件

色谱柱:Agilent Eclipse Plus C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm),流动相:90% 甲醇+10% 乙腈混合有机相(A)-0.4% 磷酸溶液(B),检测波长为 320 nm,柱温 35 °C,体积流量为 0.5 mL·min⁻¹,进样量为 2 μL,梯度洗脱程序见表2。

ESI 源,负离子扫描模式,雾化气为高纯氮气。毛细管电压 3 500 V,干燥气温度 300 °C,干燥气体积流量 8 mL·min⁻¹,雾化气压力 172 kPa(25 psi),碎片电压 180 V,扫描范围 *m/z* 200~1 000。

表2 梯度洗脱程序

Table 2 Gradient elution procedure

<i>t</i> /min	甲醇90%-乙腈10%(A)/%	0.4%磷酸水溶液(B)/%
0~10	10~27	90~73
10~30	27~30	73~70
30~60	30~35	70~65
60.00~60.01	35~45	65~55
60.01~95.00	45~55	55~45

2.4 DPPH 法检测金花茶花的抗氧化能力

根据待测样品及标准品的数量配制适当的 200 μmol·L⁻¹ DPPH 储备液,同时用 70% 乙醇溶液配制不同浓度的按“2.1”项方法制备的金花茶花供试品溶液(以药材质量计)和 trolox 标准溶液(终质量浓度分别为 0.025、0.050、0.100、0.200、0.400、0.600、0.800、1.000、1.200 mg·mL⁻¹)。每个样品分别设置 3 个复孔,并在对照孔、标准曲线检测孔和样品检测孔中分别加入 20 μL 无水乙醇溶液、不同浓度的 trolox 标准溶液和样品溶液,随后在每孔加入 180 μL 200 μmol·L⁻¹ DPPH 储备液,静置孵育 30 min 后,测定其 517 nm 波长处的吸光度(*A*)值。

DPPH 自由基清除率 = $(A_{\text{样品/标准品}} - A_{\text{对照}}) / A_{\text{对照}}$

2.5 ABTS法检测金花茶花的抗氧化能力

用等体积ABTS溶液和氧化剂溶液配制适量的ABTS工作母液,避光放置16 h后,用70%乙醇溶液稀释50倍制备ABTS工作液,同时用80%乙醇配制不同质量浓度的样品溶液和trolox标准溶液(终质量浓度分别为0.025、0.050、0.100、0.200、0.400、0.600、0.800、1.000、1.200 mg·mL⁻¹)。每个样品设置3个复孔,对照孔、标准曲线检测孔和样品检测孔中分别加入10 μL 80%乙醇溶液、不同浓度的trolox标准溶液和样品溶液。每孔加入200 μL ABTS工作液,静置孵育5 min,测定其405 nm波长处的A值。

ABTS 自由基清除率 = $(A_{\text{对照}} - A_{\text{样品/标准品}}) / A_{\text{对照}}$

3 结果

3.1 指纹图谱方法学考察

3.1.1 精密性试验 取S1样品,制备供试品溶液,在“2.3”项色谱条件下,连续进样6次,记录并分析其共有峰。各色谱峰相对保留时间的RSD均<0.03%,相对峰面积的RSD均<3%,表明仪器的精密性良好。

3.1.2 稳定性试验 取S1样品,制备供试品溶液,分别于0、2、4、8、12、24 h后进样,记录分析共有峰。各色谱峰相对保留时间的RSD均<0.05%,相对峰面积的RSD均<3%,表明样品的稳定性良好。

3.1.3 重复性试验 取S1样品,制备供试品溶液6份,进样、记录并分析其共有峰。各色谱峰相对保留时间的RSD均<0.98%,相对峰面积的RSD均<3%,表明该方法的重复性良好。

3.2 指纹图谱的建立与评价

3.2.1 共有峰标定 根据10批样品的高效液相色谱,本实验共标定了11个共有峰,其中6号峰的保留时间及峰高均符合特征图谱标准峰的规定,其时间不靠前不滞后,峰面积稳定且较大,与其他峰的分度度较好,所以以6号峰作为参照标准峰(S),计算其他共有峰的相对保留时间与相对峰面积(表3、4)的RSD值。计算结果显示,10批金花茶花样品共标定了11个共有峰,且它们的共有峰相对保留时间的RSD均<0.005%,相对峰面积的RSD均<3%,表明10批金花茶花样品中化学成分的一致性较好。

3.2.2 相似度评价 10批样品按照“2.3”项方法进行,采用中药色谱相似度评价系统(2012版)分析其图谱数据,建立金花茶花指纹图谱并生成对照图谱(图1-B)。计算得10批样品的指纹图谱与对照指纹图谱相似度为0.985~0.998(表5),说明不同批次的金花茶花质量相对稳定,差异较小。

3.2.3 化学成分分析 如图2所示,综合考虑各个色谱峰的紫外吸收特征、质谱信号推测金花茶花中化学成分。

从结果上看,通过对比所建立化合物库的化学成分与实测的化学成分质荷比(*m/z*)信息以及化合物的裂解规律共推测出金花茶花的21个化学成分,其中黄酮类化合物(11种)和多酚类化合物(6种)居多,见表6。

3.3 抗氧化活性评价

通过对10批样品的主要成分分析发现,金花茶花含有丰富的黄酮类化合物,研究表明黄酮类化合

表3 10批金花茶花样品指纹图谱共有峰的相对保留时间

Table 3 Relative retention times of common peaks of fingerprint from to batches of *Camellia nitidissima* Chi

编号	相对保留时间										RSD/%
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
峰1	0.517	0.519	0.515	0.516	0.515	0.515	0.516	0.516	0.515	0.518	0.001
峰2	0.378	0.381	0.376	0.376	0.376	0.376	0.377	0.376	0.375	0.379	0.002
峰3	0.347	0.351	0.344	0.344	0.345	0.344	0.346	0.345	0.344	0.348	0.002
峰4	0.225	0.228	0.222	0.222	0.222	0.221	0.224	0.223	0.221	0.226	0.002
峰5	0.183	0.186	0.186	0.186	0.188	0.187	0.189	0.187	0.186	0.184	0.002
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0
峰7	0.138	0.132	0.144	0.143	0.143	0.145	0.141	0.143	0.145	0.138	0.004
峰8	0.404	0.396	0.412	0.411	0.412	0.413	0.410	0.411	0.413	0.405	0.005
峰9	0.866	0.864	0.867	0.866	0.866	0.867	0.866	0.866	0.867	0.865	0.001
峰10	1.035	1.034	1.037	1.036	1.036	1.038	1.036	1.036	1.038	1.036	0.001
峰11	1.160	1.160	1.161	1.160	1.159	1.161	1.160	1.160	1.161	1.161	0.001

表4 10批金花茶花样品指纹图谱共有峰的相对峰面积

Table 4 Relative peak areas of common peaks in fingerprint of ten batches of *Camellia nitidissima* Chi

编号	相对峰面积									RSD/%
	S1	S2	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
峰1	0.689	0.921	0.894	0.760	0.744	0.892	0.742	0.883	0.742	0.089
峰2	0.642	0.888	0.593	0.598	0.627	0.715	0.611	0.800	0.734	0.100
峰3	0.648	0.880	0.655	0.603	0.645	0.692	0.636	0.813	0.760	0.090
峰4	0.102	0.638	0.099	0.110	0.076	0.222	0.066	0.432	0.477	0.220
峰5	0.836	0.938	0.881	0.820	0.833	0.825	0.833	0.903	0.888	0.040
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0
峰7	0.833	0.943	0.794	0.814	0.846	0.826	0.858	0.921	0.908	0.053
峰8	0.935	0.973	0.873	0.916	0.923	0.859	0.926	0.941	0.941	0.036
峰9	0.934	0.969	0.920	0.932	0.940	0.935	0.948	0.956	0.951	0.016
峰10	0.893	0.934	0.883	0.810	0.861	0.849	0.845	0.903	0.898	0.035
峰11	0.982	0.917	0.933	0.843	0.925	0.894	0.867	0.919	0.922	0.038

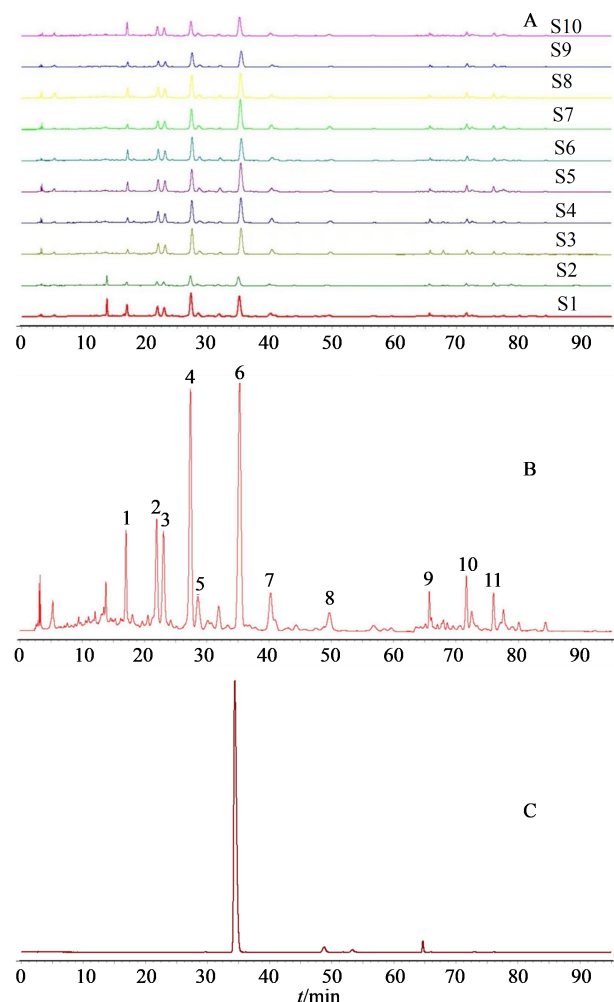


图1 10批金花茶花药材(A)、对照图谱(B)、芦丁对照品(C)指纹图谱

Fig. 1 Ten batches of *Camellia nitidissima* Chi herbal(A), comparison(B), and rutin reference substance (C) fingerprints

表5 金花茶花样品的相似度

Table 5 Similarity of *Camellia nitidissima* Chi leaf

编号	样品产地批次	相似度	编号	样品产地批次	相似度
S1	广西防城港 202009	0.989	S6	广西南宁市 202103	0.995
S2	广西防城港 202012	0.992	S7	广西钦州市 202103	0.985
S3	广西那梭镇 202103	0.994	S8	广西十万大山 202103	0.997
S4	广西大篆镇 202103	0.996	S9	广西那良镇 202103	0.998
S5	广西东兴市 202103	0.997	S10	广西华石镇 202103	0.990

物往往能够表现出较好的抗氧化活性,因此,对10批金花茶花样品分别用DPPH和ABTS法进行了抗氧化能力检测。

如图3、4所示,10批金花供试品溶液对于DPPH自由基的清除能力随着质量浓度升高而增加,当质量浓度达到 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 以上时,金花茶的抗氧化能力趋于稳定,其中S6对DPPH自由基的清除率最高,为84.61%,S8对DPPH自由基的清除率最低,为67.57%。同样,ABTS抗氧化能力检测结果显示,S6对ABTS的自由基也表现出较好的清除能力,为95.51%,而S8对ABTS仍然表现出了较低的清除率,为93.66%,推测这可能与金花茶花的来源、产地等因素有关。

4 讨论

指纹图谱技术已经广泛应用到天然产物品种

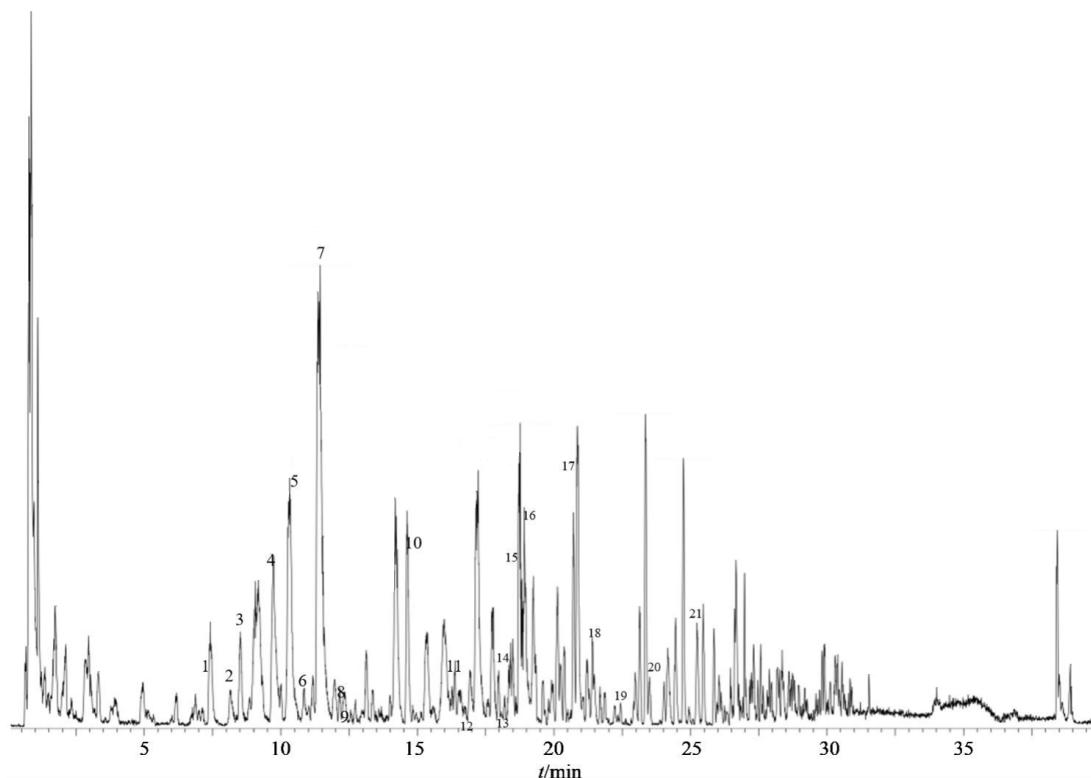


图2 金花茶花化学成分谱图

Fig. 2 Chemical composition spectrogram of *Camellia nitidissima* Chi

表6 金花茶化学成分鉴定

Table 6 Chemical composition analysis of *Camellia nitidissima* Chi

序号	t_R/min	离子形式	测定值 m/z	理论值 m/z	分子式	化合物
1	7.431	$[\text{M}-\text{H}]^-$	289.070 9	289.071 2	$\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$	儿茶素
2	8.157	$[\text{M}-\text{H}]^-$	483.078 8	483.077 5	$\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{O}_{14}$	没食子酸 3- <i>O</i> -(6-没食子酰葡萄糖苷)
3	8.855	$[\text{M}-\text{H}]^-$	433.113 3	433.113 5	$\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{O}_{10}$	柚皮素-7- <i>O</i> -葡萄糖苷
4	9.703	$[\text{M}-\text{H}]^-$	639.101 5	639.098 6	$\text{C}_{30}\text{H}_{24}\text{O}_{16}$	quercetin 3-(2-caffeoylglucuronoside)
5	10.336	$[\text{M}-\text{H}]^-$	577.134 9	577.134 6	$\text{C}_{30}\text{H}_{26}\text{O}_{12}$	原花青素 B
6	10.856	$[\text{M}-\text{H}]^-$	865.199 1	865.198 0	$\text{C}_{45}\text{H}_{38}\text{O}_{18}$	原花青素 C
7	11.390	$[\text{M}-\text{H}]^-$	289.072 1	289.071 2	$\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$	表儿茶素
8	12.166	$[\text{M}-\text{H}]^-$	387.130 1	387.129 1	$\text{C}_{17}\text{H}_{24}\text{O}_{10}$	山梔子苷甲酯
9	12.337	$[\text{M}-\text{H}]^-$	319.044 8	319.045 4	$\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_8$	dihydromyricetin
10	14.622	$[\text{M}-\text{H}]^-$	593.152 0	593.150 6	$\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_{15}$	山柰酚-3- <i>O</i> -芸香糖苷
11	16.374	$[\text{M}-\text{H}]^-$	563.138 3	563.140 1	$\text{C}_{26}\text{H}_{28}\text{O}_{14}$	芹菜苷
12	16.756	$[\text{M}-\text{H}]^-$	449.108 4	449.108 4	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{11}$	山柰酚-3- <i>O</i> -葡萄糖苷
13	18.209	$[\text{M}-\text{H}]^-$	417.119 9	417.119 9	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_9$	葛根素
14	18.481	$[\text{M}-\text{H}]^-$	431.098 8	431.097 8	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{10}$	牡荆素
15	18.716	$[\text{M}-\text{H}]^-$	609.145 9	609.145 6	$\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_{16}$	芦丁
16	18.915	$[\text{M}-\text{H}]^-$	463.089 6	463.087 7	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$	异槲皮苷
17	20.709	$[\text{M}-\text{H}]^-$	593.150 6	593.150 6	$\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_{15}$	木犀草素-7- <i>O</i> -芸香糖苷
18	21.499	$[\text{M}-\text{H}]^-$	741.225 0	741.224 2	$\text{C}_{33}\text{H}_{42}\text{O}_{19}$	柚皮苷-4'-葡萄糖苷
19	22.445	$[\text{M}-\text{H}]^-$	567.207 5	567.207 8	$\text{C}_{27}\text{H}_{36}\text{O}_{13}$	citrusin B
20	23.499	$[\text{M}-\text{H}]^-$	503.176 5	503.176 5	$\text{C}_{22}\text{H}_{32}\text{O}_{13}$	6- <i>O</i> -acetylacteoside
21	25.265	$[\text{M}-\text{H}]^-$	489.198 1	489.197 2	$\text{C}_{22}\text{H}_{34}\text{O}_{12}$	cymorcin diglucoside

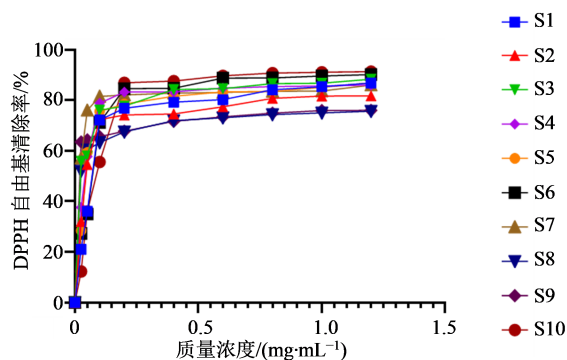


图3 DPPH法检测10批金花茶花的抗氧化能力

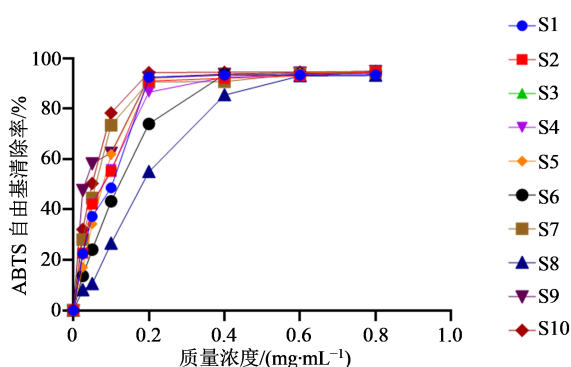
Fig. 3 Determination of antioxidant capacity of ten batches of *Camellia nitidissima* Chi by DPPH

图4 ABTS法检测10批金花茶花的抗氧化能力

Fig. 4 Determination of antioxidant capacity of ten batches of *Camellia nitidissima* Chi by ABTS

鉴别和质量控制等方面^[11],本实验通过对10批不同产地及相同产地不同采收时间的金花茶花朵进行HPLC指纹图谱的研究,对其进行质量控制,并以其相似度作为评价指标。实验结果发现各批药材相似度均在0.980以上,且共有峰的相对保留时间基本一致,RSD值在误差允许范围内;同时与相对保留时间相比,共有峰的相对峰面积差异较大,这可能是因为药材的产地不同,导致成分的含量有所差异所致^[12-13]。

金花茶生长于我国广西大部分地区^[1-2],喜温暖湿润、排水良好的酸性土壤,苗期喜荫蔽,进入花期后,颇喜透射阳光,其化学成分含量差异可能与不同产区的土壤^[14]、阳光^[15]等因素有关。本实验初步建立了金花茶花药材的HPLC指纹图谱,实验结果显示不同产地的金花茶花化学成分的种类区别不大,但其含量具有差异性,这能够对药材的选择以及质量控制上提供有益参考^[16]。

对金花茶花中化学成分分析显示,金花茶花中含有种类丰富的黄酮类化合物,如芦丁、牡荆素、木犀草苷等,同时还含有儿茶素、原花青素等多酚类

化合物;研究表明黄酮类化合物^[17-18]和多酚类化合物^[19]具有较强的抗氧化作用,因此,本研究对金花茶花分别应用DPPH^[20-21]和ABTS^[21-22]2种方法进行抗氧化能力的检测,实验结果显示,金花茶花具有较好的抗氧化能力,可以有效地清除DPPH和ABTS自由基,发挥抗氧化活性。

本研究对广西道地药材金花茶花展开了研究,确定了实验相关的色谱条件,通过检测不同批次的样品建立了金花茶花的指纹图谱,并对实验结果进行了方法学的考察,同时利用HPLC-MS对金花茶花的成分进行了初步分析,并检测了金花茶花的体外抗氧化活性,为金花茶花的质量控制与评价奠定了基础。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 黄秋霞,廖南燕,杨元征,等.广西防城金花茶国家级自然保护区建立对区域土地利用动态的影响[J].热带地理, 2022, 42(6): 973-984.
Huang Q X, Liao N Y, Yang Y Z, et al. Effects of the establishment of Fangcheng *Camellia* national nature reserve on regional land use dynamics [J]. Trop Geogr, 2022, 42(6): 973-984.
- [2] 邓家刚.桂本草[M].北京:科学技术出版社, 2013.
Deng J G. *Gui Ben Cao* [M]. Beijing: Science and Technology Press, 2013.
- [3] Zhang X M, Feng J, Su S F, et al. Hepatoprotective effects of *Camellia nitidissima* aqueous ethanol extract against CCl₄-induced acute liver injury in SD rats related to Nrf2 and NF- κ B signalling [J]. Pharm Biol, 2020, 58 (1): 239-246.
- [4] Chen Y W, Hao E W, Zhang F, et al. Identifying active compounds and mechanism of *Camellia nitidissima* Chi on anti-colon cancer by network pharmacology and experimental validation [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2021, 2021: 7169211.
- [5] An L, Zhang W, Ma G W, et al. Neuroprotective effects of *Camellia nitidissima* Chi leaf extract in hydrogen peroxide-treated human neuroblastoma cells and its molecule mechanisms [J]. Food Sci Nutr, 2020, 8(9): 4782-4793.
- [6] 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]. *J Guangxi Acad Sci*, 2020, 36(4): 419-426.
- [7] 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.
- 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.
- [8] 陈铁杨, 胡文忠, 侯梦阳, 等. 超声辅助提取金花茶叶多酚的工艺优化及其抗氧化活性研究 [J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(6): 25-31.
- Chen T Y, Hu W Z, Hou M Y, et al. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polyphenols from *Camellia petelotii* leaves and evaluation of their antioxidant activity [J]. *Food Res Dev*, 2022, 43(6): 25-31.
- [9] 龚雯, 唐婕, 韦雅渊, 等. 金花茶多糖分离纯化、结构表征及其体外抗氧化性 [J]. *食品与机械*, 2021, 37(6): 184-190.
- Gong W, Tang J, Wei Y Y, et al. Isolation, purification, structural characterization of polysaccharide from *Camellia Nitidissima* Chi and its antioxidant activities in vitro [J]. *Food Mach*, 2021, 37(6): 184-190.
- [10] 程金生, 李舒雅, 万维宏, 等. 凹脉金花茶冲剂抗氧化活性研究 [J]. *广州化工*, 2020, 48(14): 94-96.
- Cheng J S, Li S Y, Wan W H, et al. Study on antioxidant activity of *Camellia chrysantha* granules [J]. *Guangzhou Chem Ind*, 2020, 48(14): 94-96.
- [11] 陈林伟, 秦昆明, 徐雪松, 等. 中药指纹图谱数据库的研究现状及展望 [J]. *中草药*, 2014, 45(21): 3041-3047.
- Chen L W, Qin K M, Xu X S, et al. Research status and prospect of Chinese materia medica fingerprint database [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2014, 45(21): 3041-3047.
- [12] 况成裕, 姜立会, 李继莲, 等. 不同产地见血飞药材指纹图谱研究 [J]. *食品与药品*, 2013, 15(4): 234-236.
- Kuang C Y, Jiang L H, Li J L, et al. Study on fingerprint of *Caesalpinia cucullata* roxb. from different producing areas [J]. *Food Drug*, 2013, 15(4): 234-236.
- [13] 许腊英, 万芳, 付文强, 等. 不同产地茯苓中萜类成分的HPLC指纹图谱研究 [J]. *湖北中医学院学报*, 2007(3): 41-42.
- Xu L Y, Wan F, Fu W Q, et al. The study on fingerprint atlas of different habitata *Poria cocos* terpenoid by HPLC [J]. *J Hubei Coll Tradit Chin Med*, 2007(3): 41-42.
- [14] 龙海燕, 邓伦秀, 徐超然, 等. 氮磷钾配方施肥对贵州金花茶生长及根系形态的影响 [J]. *贵州农业科学*, 2022, 50(8): 25-33.
- Long H Y, Deng L X, Xu C R, et al. Effects of NPK formula fertilization on growth and root morphology of *Camellia huana* [J]. *Guizhou Agric Sci*, 2022, 50(8): 25-33.
- [15] 柴胜丰, 庄雪影, 韦霄, 等. 光照强度对濒危植物毛瓣金花茶光合生理特性的影响 [J]. *西北植物学报*, 2013, 33(3): 547-554.
- Chai S F, Zhuang X Y, Wei X, et al. Effects of light intensity on photosynthesis and physiological characteristics in seedlings of *Camellia pubipetala* [J]. *Acta Bot Boreali Occidentalia Sin*, 2013, 33(3): 547-554.
- [16] 何晋浙, 黄霄芸, 张安强, 等. 灵芝醇提生物活性物质的指纹图谱分析及质控评价 [J]. *中草药*, 2011, 42(6): 1125-1129.
- He J Z, Kui X Y, Zhang A Q, et al. Fingerprint analysis and quality control evaluation of ethanol extracting bioactive compositions from *Ganoderma* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2011, 42(6): 1125-1129.
- [17] 王燕萍, 贾旭森, 王艳, 等. 不同干燥方式对淫羊藿黄酮类成分含量及抗氧化活性影响 [J]. *中草药*, 2021, 52(14): 4193-4200.
- Wang Y P, Jia X S, Wang Y, et al. Effects of different drying methods on flavonoids content and antioxidant activity of *Epimedium Folium* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2021, 52(14): 4193-4200.
- [18] 时桂芹, 沈佳鑫, 孙新成, 等. 芍药种皮黄酮类化合物的超声辅助提取工艺优化及抗氧化活性分析 [J]. *中国食品添加剂*, 2021(2): 26-34.
- Shi G Q, Shen J X, Sun X C, et al. Optimization of ultrasonic-assisted extraction and antioxidant activity analysis of flavonoids from *Paeonia lactiflora* seed peel [J]. *China Food Addit*, 2021(2): 26-34.
- [19] 张语迟, 李赛男, 刘春明, 等. 车前草多酚类化合物的提取工艺优化及抗氧化活性评价 [J]. *时珍国医国药*, 2016, 27(8): 1827-1829.
- Zhang Y C, Li S N, Liu C M, et al. Optimization of the extraction process for polyphenol in *Plantago depressa* and its antioxidant activity evaluation [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 2016, 27(8): 1827-1829.
- [20] 屠万倩, 张留记, 夏曼玉, 等. 杜仲叶清除DPPH自由基动力学特性及抗氧化活性成分筛选 [J]. *中国药学杂志*, 2022, 57(4): 264-268.
- Tu W Q, Zhang L J, Xia M Y, et al. DPPH kinetic characteristics and identification of antioxidant compounds in *Eucommia ulmoides* leaves [J]. *Chin*

Pharm J, 2022, 57(4): 264-268.

- [21] 吴少华, 常华杰, 勾文峰, 等. 黄杞叶提取物对小鼠造血系统辐射损伤的防护作用 [J]. 国际放射医学核医学杂志, 2022, 46(2): 92-102.

Wu S H, Chang H J, Gou W F, et al. Protective effects of *Engelhardia roxburghiana* Wall. leaf extract on radiation injury of the hematopoietic system in mice [J]. Int J

Radiat Med Nucl Med, 2022, 46(2): 92-102.

- [22] 李培源, 卢汝梅, 苏炜, 等. ABTS法测定福州薯蓣的抗氧化活性研究 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55(12): 3173-3175.

Li P Y, Lu R M, Su W, et al. Detection of antioxidative capacity of *Dioscorea futschauensis* extract by ABTS assay [J]. Hubei Agric Sci, 2016, 55(12): 3173-3175.

【责任编辑 兰新新】