

◆植物科学◆

3种苏铁属植物总黄酮、总多糖含量及抗氧化活性研究*

陈泰国^{1,2}, 韦霄^{2**}, 唐健民², 邹蓉²

(1. 桂林医学院药学院, 广西桂林 541004; 2. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西植物功能物质与资源持续利用重点实验室, 广西桂林 541006)

摘要:为探究锈毛苏铁(*Cycas ferruginea*)、叉孢苏铁(*C. segmentifida*)和石山苏铁(*C. sexseminifera*) 3种苏铁属(*Cycas*)植物的总黄酮、总多糖含量以及抗氧化活性,本研究采用超声波辅助法对其根、叶柄、叶、雄球花、茎干的总黄酮及总多糖含量进行提取,以 DPPH 自由基(DPPH·)、羟自由基(·OH)、超氧阴离子自由基(O₂⁻·)清除率评价其抗氧化活性,并采用 Pearson 相关性分析法分析相关性。结果表明:锈毛苏铁、叉孢苏铁和石山苏铁叶的总黄酮含量较高,大小依次为锈毛苏铁(8.61 mg·100 mg⁻¹)>叉孢苏铁(7.82 mg·100 mg⁻¹)>石山苏铁(1.04 mg·100 mg⁻¹);茎干中总多糖含量最高,大小依次为叉孢苏铁(28.32 mg·100 mg⁻¹)>石山苏铁(24.43 mg·100 mg⁻¹)>锈毛苏铁(16.59 mg·100 mg⁻¹)。锈毛苏铁与叉孢苏铁叶对 DPPH· 的清除能力较好,3种苏铁属植物各个部位对·OH 的清除率能力均较差,叉孢苏铁根对 O₂⁻· 的清除能力较好。综上,3种苏铁属植物各部位抗氧化活性主要与黄酮含量有关,该研究可为广西苏铁属植物的综合利用提供科学依据。

关键词:锈毛苏铁;叉孢苏铁;石山苏铁;黄酮;多糖;抗氧化活性

中图分类号:R284.2 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2024)01-0050-08

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyb.20240319.006

细胞和组织在正常的生理代谢过程中会产生自由基及氧化活性物质,当机体受到紫外照射、环境污染和烟酒等外部刺激时,则会引起氧化应激反应,产生大量的自由基,打破自由基平衡状态而引起氧化损

伤,从而诱发关节炎、老年痴呆和肿瘤等各种疾病^[1-3]。因此,安全有效的抗氧化制剂的开发尤为重要。目前,合成抗氧化药物种类较少且存在毒副作用,而黄酮、多糖等天然活性物质具有抗氧化作用,因

收稿日期:2023-10-26

修回日期:2023-12-07

* 国家重点研发计划项目(2022YFF1300703),国家自然科学基金项目(32160091,32060248),中国科学院“西部之光”计划(2022),广西林业科技推广示范项目(2023LYKJ03,[2022]GT23),广西植物功能物质与资源持续利用重点实验室自主项目(ZRJ2022-2),桂林市创新平台和人才计划项目(20210102-3)资助。

【第一作者简介】

陈泰国(1997—),男,在读硕士研究生,主要从事药用植物化学成分分析研究,E-mail:2839353713@qq.com。

【**通信作者简介】

韦霄(1967—),男,博士,研究员,主要从事药用植物资源开发利用研究,E-mail:weixiao@gxib.cn。

【引用本文】

陈泰国,韦霄,唐健民,等. 3种苏铁属植物总黄酮、总多糖含量及抗氧化活性研究[J]. 广西科学院学报,2024,40(1):50-57.

CHEN T G, WEI X, TANG J M, et al. Study on the Content of Total Flavonoids and Total Polysaccharides and Antioxidant Activity in Three Species of *Cycas* Plants [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2024, 40(1): 50-57.

此逐渐成为人们研究和开发的重点。

苏铁属(*Cycas*)植物主要分布于亚洲东南部及我国西南地区,其生长环境各异,树干圆柱形且直立,在作为观赏树木的同时也具有食用价值,其茎干(富含淀粉)、嫩叶及种子外皮可食用。此外,苏铁属植物还具有药用价值,在广西曾广泛用于民间用药,在壮药与苗药中也均有记载^[4],含有丰富的黄酮和多糖类物质,具有清热解毒、利尿消肿等作用,对消化系统也有一定的疗效^[5]。目前,对锈毛苏铁(*C. ferruginea*)、叉孢苏铁(*C. segmentifida*)和石山苏铁(*C. sexseminifera*)的研究主要集中在解剖学^[6,7]、生境调查^[8]、遗传多样性^[9]、种子萌发^[10]和杂交育种^[11]等方面,而在化学成分方面仅有对苏铁属植物苏铁(*Cycas revoluta*)中黄酮含量测定^[12-14]的相关研究,涵盖物种较少,且缺乏关于不同生长环境中不同苏铁属植物及部位之间的系统研究。因此,本研究以分布于石山环境中的锈毛苏铁、石山苏铁和分布于土山环境中的叉孢苏铁为试验材料,采用超声波辅助法提取这3种植物的总黄酮及总多糖物质,并以DPPH自由基(DPPH·)、羟基自由基(·OH)、超氧阴离子自由基(O₂⁻)清除率为指标,比较石山环境与土山环境下苏铁属植物不同部位之间的总黄酮、总多糖含量及抗氧化活性,为苏铁属植物功效食品的研发和应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验材料与试剂

锈毛苏铁[图1(a)]、叉孢苏铁[图1(b)]、石山苏铁[图1(c)]均采自广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所种植园(25°01'N, 110°17'E),经韦霄研究员鉴定分别为锈毛苏铁(*C. ferruginea* F. N. Wei)、叉孢苏铁(*C. segmentifida* D. Y. Wang & C. Y. Deng)和石山苏铁(*C. sexseminifera* F. N. Wei)。当



(a) *C. ferruginea* (b) *C. segmentifida* (c) *C. sexseminifera*

图1 3种苏铁属植物

Fig. 1 Three species of *Cycas* plants

地属于中亚热带季风气候,海拔约180 m,全年平均气温约19.2℃。芦丁对照品(B20771分析标准品, HPLC≥98%,上海源叶生物科技有限公司),D(+)-无水葡萄糖(B21882分析标准品, HPLC≥98%,上海源叶生物科技有限公司)。

1.1.2 仪器

TU-1901型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),DL-720E型智能超声波、AE200S型万分之一电子分析天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司],HH-S4型数显恒温水浴锅(常州金坛双捷实验仪器厂),Multifuge X1R台式高速冷冻离心机[赛默飞世尔科技(中国)有限公司],QE-100型高速粉碎机(浙江屹立工贸有限公司),101A-3型电热恒温鼓风干燥箱(上海跃进医疗器械有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 标准曲线的制备

精密称取13.2 mg芦丁,放置于25 mL容量瓶中,用60%乙醇定容,制成0.528 mg/mL的芦丁标准品溶液。精密吸取芦丁标准品溶液0.0、0.4、0.8、1.2、1.6、2.0 mL,分别放入25 mL容量瓶内,60%乙醇溶液定容,然后吸取2 mL溶液,加入5%亚硝酸钠溶液、10%硝酸铝溶液及4%氢氧化钠溶液,在510 nm处测得吸光值。计算回归方程,回归方程为 $y = 9.6255x - 0.0058$, $R^2 = 0.9996$ 。

精密称取干燥至恒重的葡萄糖48.0 mg,置于100 mL容量瓶中,制成0.48 mg/mL的葡萄糖标准品溶液。精密吸取葡萄糖标准品溶液0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mL,用蒸馏水定容,然后吸取2 mL溶液,加入5%苯酚溶液及浓硫酸,水浴冷却至室温,在490 nm波长处测得吸光值。计算回归方程,回归方程为 $y = 0.0436x + 0.0017$, $R^2 = 0.9994$ 。

1.2.2 供试品溶液的制备以及总黄酮、总多糖含量测定

分别将石山苏铁、锈毛苏铁和叉孢苏铁根、叶柄、叶、雄球花、茎干这5个部位的样品粉碎过筛至60目,精密称取各0.5 g,加入12.5 mL 80%乙醇,在50℃、功率300 W的超声波条件下提取30 min,提取3次,合并过滤液定容至50 mL,4℃避光保存备用。按照1.2.1节的步骤添加试剂,测定吸光值并根据式(1)计算出总黄酮含量。

总黄酮含量 = $(C_1 \times N_1 \times V_1) / (V_2 \times W_1)$, (1)
式中, C_1 为标准曲线计算得到的总黄酮浓度, N_1 为

稀释倍数, V_1 为样液总体积, V_2 为测定时取样体积, W_1 为样品质量。

分别取石山苏铁、锈毛苏铁和叉孢苏铁根、叶柄、叶、雄球花、茎干这 5 个部位的样品各 0.2 g 粉末于 50 mL 离心管中, 加入 8 mL 蒸馏水, 60 °C、350 W 超声波条件下提取 45 min, 冷却后离心 15 min, 取上清液并加入 3 倍体积的 95% 乙醇, 过夜沉淀多糖成分, 离心 10 min, 弃清液, 用蒸馏水溶解沉淀后转移至 50 mL 容量瓶中定容, 4 °C 避光保存备用。按照 1.2.1 节的步骤添加试剂, 测定吸光值并根据式(2)计算出总多糖含量。

总多糖含量 = $(C_2 \times N_2 \times V_3) / (V_4 \times W_2)$, (2)
式中, C_2 为标准曲线计算得到的总多糖浓度; N_2 为稀释倍数; V_3 为样液总体积; V_4 为测定时取样体积; W_2 为样品质量。

1.2.3 DPPH·清除能力测定

测定样品为 3 种苏铁属植物的根、叶柄、叶、雄球花、茎干的提取液以及 L-抗坏血酸。采用总抗氧化能力(DPPH 法)试剂盒(苏州科铭生物技术有限公司)进行测定, 其中 L-抗坏血酸作为阳性对照, 按照试剂盒的步骤添加试剂(试剂 1 为该试剂盒中贴有标签的试剂)后, 将紫外可见分光光度计预热 30 min, 调节波长至 515 nm, 吸取 1 mL 混合后的溶液于玻璃比色皿中并测定吸光值。根据公式(3)计算结果。

DPPH·清除率(%) = $(A_{\text{空白}} - A_{\text{测定}}) / A_{\text{空白}} \times 100\%$, (3)

式中, $A_{\text{空白}}$ 为提取液与试剂 1 混合后测定的吸光值; $A_{\text{测定}}$ 为样品与试剂 1 混合后的吸光值。

1.2.4 ·OH 清除能力测定

测定样品为 3 种苏铁属植物的根、叶柄、叶、雄球花、茎干的提取液以及 L-抗坏血酸, 采用羟基自由基清除能力测试盒(苏州科铭生物技术有限公司)进行测定, 其中 L-抗坏血酸作为阳性对照, 按试剂盒的步骤添加试剂(试剂 1-3 为该试剂盒中贴有标签的试剂)后, 将紫外分光光度计预热 30 min, 调节波长至 510 nm, 吸取 1 mL 混合后的溶液于玻璃比色皿中并测定吸光值。根据公式(4)计算结果。

·OH 清除率(%) = $(A_{\text{对照}} - A_{\text{测定}}) / (A_{\text{对照}} - A_{\text{空白}}) \times 100\%$, (4)

式中, $A_{\text{对照}}$ 为试剂 1-3 与去离子水混合后测定的吸光值; $A_{\text{测定}}$ 为试剂 1-3、去离子水与样品混合后测定的吸光值; $A_{\text{空白}}$ 为试剂 1、试剂 3 和去离子水混合后测定的吸光值。

1.2.5 O_2^- ·清除能力测定

测定样品为 3 种苏铁属植物根、叶柄、叶、雄球花、茎干的提取液和 L-抗坏血酸, 采用超氧阴离子清除能力测试盒(苏州科铭生物技术有限公司)进行测定, 其中 L-抗坏血酸作为阳性对照, 按试剂盒中的步骤添加试剂(试剂 1-5 为该试剂盒中贴有标签的试剂)后, 在 530 nm 波长处吸取 1 mL 混合后的溶液于玻璃比色皿中并测定吸光值。根据公式(5)计算结果。

O_2^- ·清除率(%) = $(A_{\text{对照}} - A_{\text{测定}}) / A_{\text{对照}} \times 100\%$, (5)

式中, $A_{\text{对照}}$ 为试剂 1-5 和去离子水混合后测定的吸光值; $A_{\text{测定}}$ 为试剂 1-5 和样品混合后测定的吸光值。

1.3 方法学考察

1.3.1 精密度考察

从芦丁标准品(0.528 mg/mL)中准确吸取 2 mL 溶液, 取 6 份, 按照 1.2.1 节的步骤添加试剂, 测定吸光值, 相对标准偏差(RSD)值为 1.11%。从葡萄糖标准品(0.48 mg/mL)中准确吸取 0.5 mL 溶液, 取 6 份, 按 1.2.1 节的步骤添加试剂, 测定吸光值, RSD 值为 0.44%, 表明该方法精密度良好。

1.3.2 准确度考察

精密称取同一批锈毛苏铁、叉孢苏铁和石山苏铁根、叶柄、叶、雄球花、茎干样品各 3 份, 按照 1.2.2 节的步骤制备供试品溶液并依次加入试剂, 反应结束后在相应的波长范围内测定样品的吸光值, 计算 RSD 值。锈毛苏铁根、叶柄、叶、雄球花和茎干提取液吸光值的 RSD 均值分别为 1.89%、1.43%、0.90%、0.15% 和 0.61% ($n=3$); 叉孢苏铁分别为 2.09%、1.43%、1.42%、0.20% 和 0.91% ($n=3$); 石山苏铁分别为 1.75%、2.02%、1.56%、0.15% 和 0.91% ($n=3$), 说明该方法与实验仪器准确度良好。

1.3.3 稳定性考察

精密称取同一批样品, 按照 1.2.2 节的步骤制备供试品溶液并依次加入试剂, 反应结束后吸取 1 mL 于玻璃比色皿中, 分别于 0、5、10、15、20 min 在相应波长范围内测定吸光值, 计算 RSD 值。锈毛苏铁根、叶柄、叶、雄球花和茎干提取液吸光值的 RSD 值分别为 3.36%、1.42%、1.62%、1.09% 和 2.55%, 叉孢苏铁分别为 2.60%、1.63%、1.81%、0.57% 和 2.38%, 石山苏铁分别为 2.62%、2.40%、3.49%、1.39% 和 3.03%, 说明该方法稳定性良好。

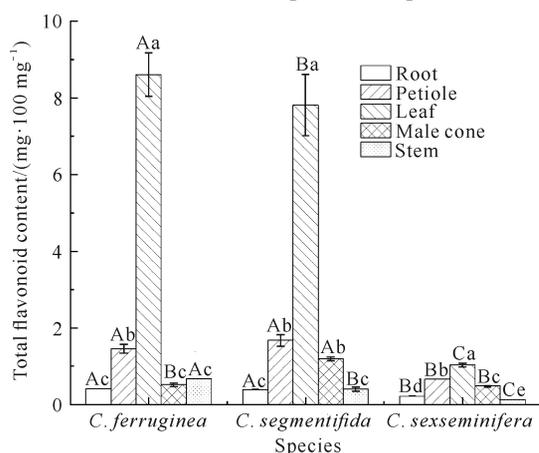
1.4 统计分析

使用 SPSS 20.0 和 Origin 2021 对试验数据进行分析并作图。

2 结果与分析

2.1 3种苏铁属植物不同部位总黄酮含量分析

3种苏铁属植物不同部位总黄酮含量见图2。锈毛苏铁各部位总黄酮含量大小为叶>叶柄>茎干>雄球花>根,其中叶和叶柄处总黄酮含量差异显著,根、雄球花和茎干差异不显著;叉孢苏铁各部位总黄酮含量大小为叶>叶柄>雄球花>茎干>根,其中叶与其余部位差异显著,根与茎干间、叶柄与雄球花间差异不显著;石山苏铁各部位总黄酮含量大小为叶>叶柄>雄球花>根>茎干,各个部位均存在显著差异。锈毛苏铁、叉孢苏铁、石山苏铁叶的总黄酮含量均为最高,分别为8.61、7.82、1.04 mg·100 mg⁻¹,且3种苏铁属植物存在显著差异。在3种苏铁属植物的所有样品中锈毛苏铁叶总黄酮含量最高;石山苏铁茎干部位最低,为0.13 mg·100 mg⁻¹。



Different uppercase letters indicates significant difference between interspecific crossing ($P < 0.05$), different lowercase letters indicates significant difference between different parts ($P < 0.05$).

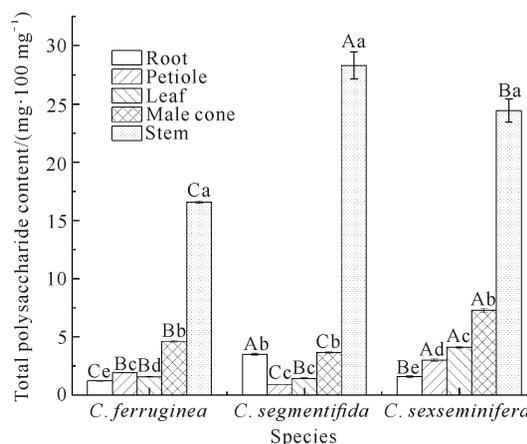
图2 3种苏铁属植物不同部位总黄酮含量

Fig. 2 Total flavonoids content in different parts of three Cycas plants

2.2 3种苏铁属植物不同部位总多糖含量分析

3种苏铁属植物在根、叶柄、雄球花、茎干4个部位的总多糖含量差异显著(图3)。锈毛苏铁各部位总多糖含量大小为茎干>雄球花>叶柄>叶>根,各部位均存在显著差异;叉孢苏铁各部位总多糖含量大小为茎干>雄球花>根>叶>叶柄,其中茎干与其余部位差异显著,根与雄球花间、叶与叶柄间差异不显

著;石山苏铁各部位总多糖含量大小为茎干>雄球花>叶>叶柄>根,各个部位均有显著差异。3种苏铁属植物茎干的总多糖含量均为最高,其中叉孢苏铁最高,含量为28.32 mg·100 mg⁻¹;其次为石山苏铁,含量为24.43 mg·100 mg⁻¹;锈毛苏铁最低,含量为16.59 mg·100 mg⁻¹。



Different uppercase letters indicates significant difference between interspecific crossing ($P < 0.05$), different lowercase letters indicates significant difference between different parts ($P < 0.05$).

图3 3种苏铁属植物不同部位总多糖含量

Fig. 3 Total polysaccharide content in different parts of three Cycas plants

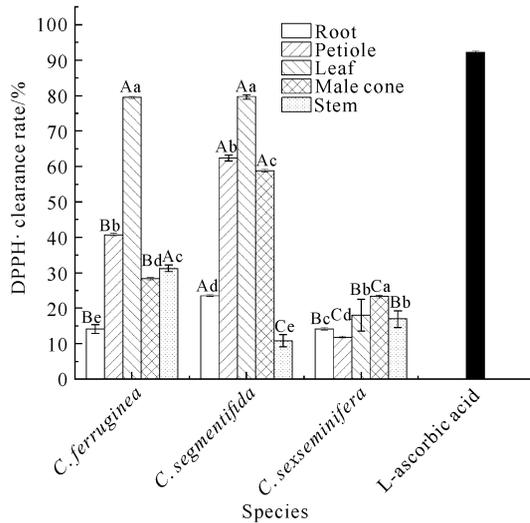
2.3 DPPH·清除能力测定结果

3种苏铁属植物5个部位中除根和叶外其余均对DPPH·的清除率存在显著差异(图4)。锈毛苏铁各部位对DPPH·的清除率大小为叶>叶柄>茎干>雄球花>根,叉孢苏铁为叶>叶柄>雄球花>根>茎干,石山苏铁为雄球花>叶>茎干>根>叶柄。叉孢苏铁叶对DPPH·的清除能力最好,清除率为79.72%;锈毛苏铁叶次之,为79.47%;叉孢苏铁茎干部位最低,为10.80%。总体来看,锈毛苏铁与叉孢苏铁叶对DPPH·的清除率达到对照品(L-抗坏血酸)的80%以上,表明锈毛苏铁与叉孢苏铁叶部对DPPH·的清除能力较好。

2.4 ·OH清除能力测定结果

3种苏铁属植物5个部位中除叶柄、茎干外其余均对·OH的清除率存在显著差异(图5)。锈毛苏铁各部位对·OH的清除率大小为叶柄>雄球花>根>叶>茎干,叉孢苏铁为茎干>雄球花>叶柄>根>叶,石山苏铁为雄球花>根>叶柄>茎干>叶。石山苏铁雄球花对·OH的清除能力最好,清除率为

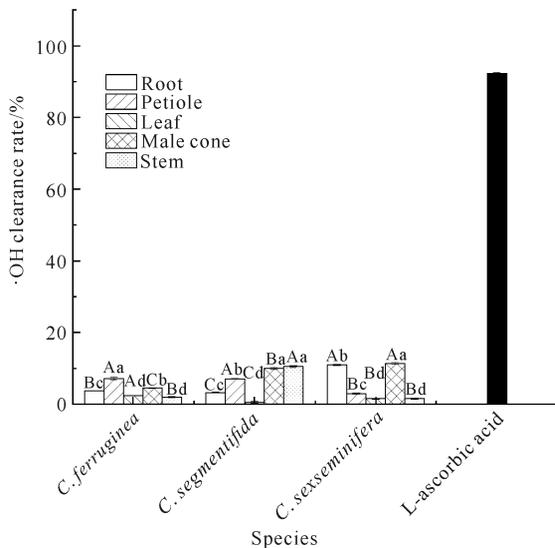
11.44%;石山苏铁根次之,为10.99%。总体来看,3种苏铁属植物各个部位对 $\cdot\text{OH}$ 的清除率均低于15%,可知其清除能力较差;而L-抗坏血酸对 $\cdot\text{OH}$ 的清除率为92.28%,明显高于3种苏铁属植物的清除率。



Different uppercase letters indicates significant difference between interspecific crossing ($P < 0.05$), different lowercase letters indicates significant difference between different parts ($P < 0.05$).

图4 3种苏铁属植物不同部位DPPH·清除率

Fig. 4 DPPH· clearance rate in different parts of three *Cycas* plants



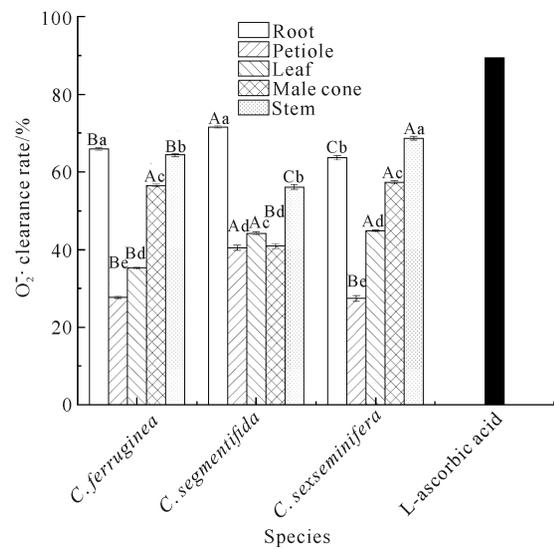
Different uppercase letters indicates significant difference between interspecific crossing ($P < 0.05$), different lowercase letters indicates significant difference between different parts ($P < 0.05$).

图5 3种苏铁属植物不同部位 $\cdot\text{OH}$ 清除率

Fig. 5 $\cdot\text{OH}$ clearance rate in different parts of three *Cycas* plants

2.5 O_2^- ·清除能力测定结果

3种苏铁属植物5个部位中根和茎干对 O_2^- ·的清除率存在显著差异(图6)。锈毛苏铁各部位对 O_2^- ·的清除率大小为根>茎干>雄球花>叶>叶柄,叉孢苏铁为根>茎干>叶>雄球花>叶柄,石山苏铁为茎干>根>雄球花>叶>叶柄。叉孢苏铁根部对 O_2^- ·的清除能力最好,清除率为71.57%;石山苏铁茎干次之,为68.65%。总体来看,3种苏铁属植物有近一半的样品对 O_2^- ·的清除率达到L-抗坏血酸的60%以上,其中叉孢苏铁根部对 O_2^- ·的清除率能达到L-抗坏血酸的80%,表明其对 O_2^- ·的清除率较好。



Different uppercase letters indicates significant difference between interspecific crossing ($P < 0.05$), different lowercase letters indicates significant difference between different parts ($P < 0.05$).

图6 3种苏铁属植物不同部位 O_2^- ·清除率比较

Fig. 6 O_2^- · clearance rate in different parts of three *Cycas* plants

2.6 相关性分析

3种苏铁属植物不同部位的总黄酮、总多糖含量与各抗氧化活性指标的Pearson相关性分析结果如表1所示。总黄酮含量与DPPH·清除率呈极显著正相关,相关系数为0.839;与 $\cdot\text{OH}$ 清除率、 O_2^- ·清除率分别呈显著负相关和极显著负相关,相关系数绝对值分别为0.376和0.410。总多糖含量与DPPH·清除率呈极显著负相关,相关系数绝对值为0.401;与 $\cdot\text{OH}$ 清除率无显著相关性;与 O_2^- ·清除率呈极显著正相关。综上,抗氧化活性的高低主要与植物的总黄酮含量有关。

表 1 总黄酮、总多糖含量与抗氧化活性指标的相关性分析

Table 1 Correlation analysis between total flavonoids, total polysaccharides content, and antioxidant activity index

| 指标 Index | 总黄酮含量 Total flavonoid content | 总多糖含量 Total polysaccharide content | DPPH·清除率 DPPH· clearance rate | ·OH清除率 ·OH clearance rate | O ₂ ⁻ ·清除率 O ₂ ⁻ · clearance rate |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| Total flavonoid content | 1 | -0.314 * | 0.839 ** | -0.376 * | -0.410 ** |
| Total polysaccharide content | | 1 | -0.401 ** | -0.067 | 0.417 ** |
| DPPH· clearance rate | | | 1 | -0.177 | -0.485 ** |
| ·OH clearance rate | | | | 1 | 0.009 |
| O ₂ ⁻ · clearance rate | | | | | 1 |

Note: * indicates significant correlation at 0.05 level (bilateral), ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level (bilateral).

3 讨论

黄酮含量、多糖含量及抗氧化活性对人体健康的维护和疾病的治疗有着积极的作用^[15,16]。本研究发现,锈毛苏铁、叉孢苏铁和石山苏铁叶的总黄酮含量普遍较高,其中锈毛苏铁叶中总黄酮含量最高可达 8.61 mg · 100 mg⁻¹;茎干中总多糖含量均最高,其中叉孢苏铁茎干中总多糖含量最高可达 28.32 mg · 100 mg⁻¹,分别高于同为孑遗植物的水松(*Glyptostrobus pensilis*, 黄酮 1.792%)^[17]、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*, 黄酮 3.47%, 多糖 13.82%)^[18,19]、珙桐(*Davidia involucrata*, 黄酮 7.103%)^[20]、银杏(*Ginkgo biloba*, 黄酮 6.25%, 多糖 17.90%)^[21,22]、红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *chinensis*, 黄酮 6.703%, 多糖 4.583%)^[23,24]等,表明其总黄酮、总多糖含量较为丰富。

自由基是生物维持正常生命活动所必需的物质,但过多的自由基会造成细胞和组织损伤,引起免疫系统障碍,从而引发多种疾病,严重时甚至导致死亡^[1]。DPPH·是一种较为稳定的自由基,能被具有抗氧化能力的物质清除,清除率越大表示物质的抗氧化能力越强,因此常用于衡量活性物质或食品的抗氧化能力^[25];·OH是一种较为活泼的活性分子,具有极强的得电子能力,能与大多数物质发生氧化反应,抗氧化剂能减少或消除·OH的产生,从而抑制氧化反应的发生^[25];O₂⁻·是细胞代谢过程中产生的一种具有很强氧化能力的自由基,在生物体内可长时间攻击靶向目标,破坏细胞DNA,损伤人类机体功能^[26]。本研究发现,3种苏铁属植物各部位均具有抗氧化作用,其中叉孢苏铁叶对DPPH·清除率最高,清除率为79.72%;石山苏铁雄球花对·OH清除率最高,清除率为11.44%;叉孢苏铁根对O₂⁻·清除率最高,清除率为71.57%。此外,自由基清除能力在一些疾

病的治疗过程中也发挥着重要的作用,临床上常用抗肿瘤中药如黄芪(*Astragalus membranaceus*)^[27]、红豆杉^[28]等也具有清除自由基的作用。现有研究发现,苏铁属植物具有抗肿瘤、抗炎等作用^[29,30],其在壮药、苗药中也均有记载^[4]。因此,从少数民族长期的民间用药经验中寻找治疗疾病的有效药物是新药创制的重要途径,可为后续更深入的研究提供参考。

3种苏铁属植物不同部位中总黄酮含量、总多糖含量以及抗氧化活性指标的相关性分析结果显示,总黄酮含量与·OH、O₂⁻·清除率分别呈显著负相关和极显著负相关,总多糖含量与DPPH·、·OH清除率分别呈极显著负相关和无显著相关性,这可能与总黄酮、总多糖等化合物含有羟基,在反应中易被氧化,无法发挥其抗氧化作用,导致反应不充分或反应体系不稳定^[31],也可能与实验操作过程中反应时间不充足有关。此外,苏铁属植物中还含有其他活性成分及营养物质如苷类化合物、甾类化合物及微量元素^[29]等,它们可能会产生相互作用,对其抗氧化能力产生一定的影响。因此,后续还需对这些活性成分及微量元素等进行进一步分析,为更好地探讨苏铁属植物的抗氧化活性提供依据。

4 结论

本研究通过对锈毛苏铁、叉孢苏铁和石山苏铁根、叶柄、叶、雄球花、茎干5个部位的总黄酮、总多糖含量及抗氧化活性进行比较,结果表明,3种苏铁属植物中叶的总黄酮含量普遍较高,其中锈毛苏铁叶含量最高;茎干总多糖含量普遍较高,其中叉孢苏铁茎干含量最高。抗氧化活性结果表明,锈毛苏铁与叉孢苏铁叶对DPPH·的清除能力较好;3种苏铁属植物各个部位对·OH的清除率能力均较差;叉孢苏铁根对O₂⁻·的清除能力较好。相关性分析结果表明,抗氧化活性指标与总黄酮、总多糖含量的相关系数绝对

值为0.009—0.839,数值越高表示二者密切程度越高^[32],由此可见,3种苏铁属植物的抗氧化活性主要与黄酮含量有关。上述研究结果可为3种苏铁属植物药用价值、生理保健及其他领域的研究提供理论依据。

参考文献

- [1] 成宏斌,李晓波,贾笑英,等.野菠萝果中多糖、黄酮与多酚的含量测定及抗氧化研究[J].现代食品,2021,7(1):83-89.
- [2] 弓威,顾丰颖,贺凡,等.山楂叶有效成分提取工艺优化及抗氧化活性研究[J].核农学报,2015,29(8):1547-1558.
- [3] DU Y, GUO H, LOU H. Grape seed polyphenols protect cardiac cells from apoptosis via induction of endogenous antioxidant enzymes [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(5): 1695-1701.
- [4] 贾敏如,李星炜.中国民族药志要[M].北京:中国医药科技出版社,2005.
- [5] 刘同祥,王绍辉.苏铁资源利用研究进展[J].中央民族大学学报(自然科学版),2016,25(1):49-54.
- [6] 唐源江,廖景平.石山苏铁与锈毛苏铁羽片解剖学研究[J].热带亚热带植物学报,2001,9(3):205-208.
- [7] 韦丽君,黄玉源,徐峰,等.叉孢苏铁茎的解剖学研究[J].广西植物,2009,29(1):20-27.
- [8] 韦丽君,陈金湘,黄玉源,等.我国两种特有苏铁的生态环境及叶片结构[J].植物生理学报,2012,48(10):986-992.
- [9] 马永,李楠,钟业聪,等.叉孢苏铁 ISSR 反应条件的优化及初步应用[J].亚热带植物科学,2005,34(1):10-13.
- [10] 梁庚云,唐健民,谷睿,等.珍稀濒危植物石山苏铁种子萌发特性研究[J].广西科学院学报,2022,38(1):53-60.
- [11] 潘爱芳.石山苏铁和攀枝花苏铁杂交育种试验(简报)[J].亚热带植物科学,2014,43(3):264-265.
- [12] 徐东伟,王绍辉,刘同祥.苏铁总黄酮提取工艺研究[J].中央民族大学学报(自然科学版),2016,25(2):58-62.
- [13] 史红艳,朱海萍,杨培君.苏铁叶黄酮类化合物的检测与提取工艺研究[J].中国现代中药,2015,17(2):125-129,152.
- [14] 鲁来凤,曹园,王强.多种药用裸子植物中双黄酮的定量测定[J].中草药,2010,41(8):1388-1390.
- [15] 景年华,史俊友,安仙香,等.银杏叶黄酮及多糖超声波辅助提取工艺优化[J].中国野生植物资源,2023,42(9):17-24.
- [16] 徐源,赫丁轩.艾叶黄酮提取工艺的优化及抗氧化活性分析[J].安徽农学通报,2023,29(14):43-48.
- [17] 斯纓,王日韦,龚复俊,等.水松叶的总黄酮含量研究[J].武汉植物学研究,2003,21(6):547-549.
- [18] 杨俊杰,王海燕,张耀洲.水杉种子中总黄酮含量及其清除自由基能力分析[J].湖北农业科学,2013,52(2):423-424.
- [19] 刘云,刘良鼓.水杉多糖提取工艺及清除羟自由基活性研究[J].内蒙古中医药,2009,28(20):34.
- [20] 张悦,苏智先,罗明华,等.珙桐叶总黄酮提取工艺及体外抗氧化性[J].光谱实验室,2011,28(3):987-991.
- [21] 李欣燃,田茹玉,陈胜贤,等.银杏与刺梨叶及秆中黄酮含量比较研究[J].农产品加工,2020(19):54-56,60.
- [22] 王敬赫,胡庆丰,刘婕,等.银杏叶渣中多糖和黄酮的综合提取及其抗氧化活性研究[J].河南农业科学,2023,52(8):171-180.
- [23] 江石平,朱婉萍.超声辅助低共熔溶剂提取红豆杉叶总黄酮工艺的优化[J].中成药,2021,43(12):3442-3445.
- [24] 张春椿,李影影,黄孝闻,等.南方红豆杉不同部位多糖含量提取分析研究[J].中华中医药杂志,2014,29(8):2634-2639.
- [25] 赵楠楠,朱晓冉,李德海.红松壳多酚、黄酮和多糖含量及抗氧化活性相关性的研究[J].现代食品科技,2017,33(12):44-49,55.
- [26] HUANG D J, OU B, PRIOR R L. The chemistry behind antioxidant capacity assays [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(6): 1841-1856.
- [27] 侯敏娜,侯少平,胡亚茹,等.黄芪总黄酮体外抗氧化性及抑菌活性的研究[J].华西药学杂志,2022,37(4):380-384.
- [28] 王云云,华燕青,胡永乐,等.秦岭红豆杉不同部位黄酮含量及其抗氧化性研究[J].陕西农业科学,2019,65(9):9-11.
- [29] 刘颖杰,黄玉玲,许颖,等.苏铁的化学成分和活性成分的研究进展[J].中国药学杂志,2020,55(18):1492-1498.
- [30] 林秋玉,李文琳,黎小年,等.苏铁叶总黄酮联合顺铂对Lewis肺癌小鼠的抑瘤作用[J].中国临床药理学杂志,2019,35(16):1784-1787.
- [31] 李美玲,彭健玲,江海都,等.9种金花茶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.
- [32] 白姗姗,张莹莹,赵强,等.啤酒花废弃枝叶多酚、黄酮含量与抗氧化活性的相关性分析[J].食品科学,2018,39(3):41-48.

Study on the Content of Total Flavonoids and Total Polysaccharides and Antioxidant Activity in Three Species of *Cycas* Plants

CHEN Taiguo^{1,2}, WEI Xiao^{2* * *}, TANG Jianmin², ZOU Rong²

(1. College of Pharmacy, Guilin Medical University, Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Plant Functional Phytochemicals Research and Sustainable Utilization, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China)

Abstract: In order to investigate the contents of total flavonoids, and total polysaccharides and antioxidant activities in three species of *Cycas* plants, *C. ferruginea*, *C. segmentifida* and *C. sexseminifera*, the contents of total flavonoids and total polysaccharides from their roots, petioles, leaves, male flowers and stems were extracted by ultrasonic-assisted method, and their antioxidant activities were evaluated by DPPH free radical (DPPH·), hydroxyl radical (·OH) and superoxide anion radical ($O_2^- \cdot$) scavenging rates. Pearson correlation analysis was used to analyze correlation. The results showed that the contents of total flavonoids in the leaves of *C. ferruginea*, *C. segmentifida* and *C. sexseminifera* were relatively higher, and the order was *C. ferruginea* ($8.61 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$) > *C. segmentifida* ($7.82 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$) > *C. sexseminifera* ($1.04 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$). The content of total polysaccharides in the stems was the highest, and the order was *C. segmentifida* ($28.32 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$) > *C. sexseminifera* ($24.43 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$) > *C. ferruginea* ($16.59 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$). The scavenging ability of DPPH· was better in the leaves of *C. ferruginea* and *C. segmentifida*. The scavenging ability of ·OH was poor in all parts of the three species of *Cycas* plants, and the scavenging ability of $O_2^- \cdot$ was better in the roots of *C. segmentifida*. In summary, the antioxidant activity of each part of the three *Cycas* plants is mainly related to the content of flavonoids. This study can provide a scientific basis for the comprehensive utilization of *Cycas* plants in Guangxi.

Key words: *Cycas ferruginea*; *Cycas segmentifida*; *Cycas sexseminifera*; flavonoids; polysaccharides; antioxidant activity

责任编辑:唐淑芬



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxkxyxb/ch>