

不同采收期茵陈主要活性物质含量及抗氧化能力变化

徐名慧^{1,2,3}, 苏红彦², 邬国栋¹, 佟海英^{1,4*}, 栗孟飞^{2*}

1. 包头医学院药学院, 内蒙古 包头 014040

2. 甘肃农业大学农学院 干旱生境作物学国家重点实验室, 甘肃 兰州 730070

3. 甘肃省中医院药学部, 甘肃 兰州 730050

4. 北京中医药大学中医学院 民族医药学研究所, 北京 102488

摘要: 目的 探究不同采收期茵陈中化学成分的动态变化规律, 为揭示“绵茵陈”和“花茵陈”品质形成机制奠定基础。方法 以 6 个不同采收期 (S1: 幼苗期、S2~S4: 营养生长期、S5: 开花期、S6: 结果期) 茵陈蒿为材料, 利用 HPLC 和分光光度法对主要活性物质含量以及体外抗氧化能力进行测定与分析。结果 随着采收期延长, 绿原酸含量呈显著下降趋势, 在 S1 时期 (“绵茵陈”期) 最高 5.69 mg/g, 而滨蒿内酯含量呈显著增加趋势, 在 S5 时期 (“花茵陈”期) 最高 3.58 mg/g。多糖含量在 S1 和 S5 时期相对较高, 酚类和黄酮类含量以及 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 清除率和铁离子还原/氧化能力 (ferric reducing/antioxidant power, FRAP) 值均呈 “M 型” 变化趋势, 表现 S2、S3 和 S5 时期相对较高。结论 采收期对茵陈中化学成分具有显著影响, 为茵陈资源开发和利用提供理论依据和有益参考。

关键词: 茵陈; 采收期; 绿原酸; 滨蒿内酯; 抗氧化能力

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2025)17-6355-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.17.023

Changes of antioxidant capacity and main bioactive compounds contents in *Artemisia capillaris* at different harvest stages

XU Minghui^{1,2,3}, SU Hongyan², WU Guodong¹, TONG Haiying^{1,4}, LI Mengfei²

1. College of Pharmacy, Baotou Medical College, Baotou, 014040, China

2. College of Agronomy, State Key Laboratory of Aridland Crop Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou, 730070, China

3. Faculty of Pharmacy, Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou, 730050, China

4. College of Traditional Chinese Medicine, Institute of Ethnic Medicine and Pharmacy, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing, 102488, China

Abstract: **Objective** To explore the dynamic change rule of chemical compounds in *Artemisia capillaris* at different harvest stages, and lay the foundation for revealing the formation mechanism of quality in *A. capillaris* harvested in spring and autumn. **Methods** The main active substance contents and *in vitro* antioxidant capacity in *A. capillaris* harvested at six different stages (S1: seedling stage, S2 to S4: vegetative growth stage; S5: flowering stage; S6: fruiting stage) were determined and analyzed using the HPLC and spectrophotometry. **Results** With the extension of harvest stage, the chlorogenic acid contents showed a significant decrease and reached the highest value of 5.69 mg/g at the S1 (seedling stage), while the scoparone content showed a significant increase and reached the highest value of 3.58 mg/g at the S5 (flower bud stage). The polysaccharide contents were relatively high at S1 and S5, and the phenolic and flavonoids and phenolic contents as well as DPPH scavenging rate and FRAP value showed a “M” changetrend with a relatively high level at the S2、S3 and S5. **Conclusion** There is a significant effect of harvest stage on chemical compounds in *A. capillaris*, these findings will provide theoretical basis and useful references for resource exploitation and utilization of *A. capillaris*.

Key words: *Artemisia Scopariae Herba*; harvest stage; chlorogenic acid; scoparone; antioxidant capacity

收稿日期: 2025-02-03

基金项目: 国家中药材产业技术体系 (CARS-21); 道地药材生态种植及质量保障项目 (202203002)

作者简介: 徐名慧 (1997—), 女, 硕士研究生, 主要从事药用植物资源与利用研究。E-mail: m17720818225@163.com

*通信作者: 佟海英 (1976—), 女, 博士, 研究员, 主要从事蒙药基本理论与临床应用研究。E-mail: haiying.tong@163.com

栗孟飞 (1980—), 男, 博士, 教授, 主要从事药用植物学、代谢产物调控研究。E-mail: lmf@gsau.edu.cn

茵陈为菊科多年生草本植物滨蒿 *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit. 或茵陈蒿 *A. capillaris* Thunb. 的干燥地上部分, 春季幼苗高 6~10 cm 时采收的习称“绵茵陈”, 秋季花蕾长成至花初开时采收的习称“花茵陈”, 具有清利湿热、利胆退黄等功效, 主治黄疸尿少、湿温暑湿、湿疮瘙痒等症^[1]。现代药理研究发现, 6,7-二甲氧基香豆素、茵陈色原酮、绿原酸、 β -蒎烯等化合物是其保肝利胆作用的物质基础^[2]。另外, 茵陈还具有镇痛、抗炎、抗病毒、抗肿瘤、降血压、调血脂、抗骨质疏松、神经保护、调节代谢、预防阿尔茨海默病等多种功效, 其主要依赖于香豆素类、黄酮类、有机酸类、挥发油类和多糖等化学成分^[3]。

现代药理研究表明, “绵茵陈”和“花茵陈”2 种茵陈的主要化学成分以及药理作用存在一定差异^[4]。“绵茵陈”主要化学成分为有机酸类(如绿原酸、咖啡酸、阿魏酸等)、多糖(如葡萄糖、阿拉伯糖、甘露糖等), “花茵陈”主要化学成分为黄酮类(如茵陈黄酮、茵陈色原酮、泽兰素等)、香豆素类(如滨蒿内酯、茛菪亭、茵陈素等)、挥发油类(如蒿酮、乙酸丁酯、桉叶油醇等)^[2,5-6]。这些化学成分差异的主要原因可能在于采收期不同^[3]。为了探明不同采收期茵陈中化学成分的差异, 前人开展了一定研究, 比如, 在 2~11 月份, 绿原酸含量在 4 月最高, 咖啡酸含量在 5 月最高^[7]; 春季羟基苯乙酮含量显著高于秋季^[8]; 在 5~10 月份, 7 月份滨蒿内酯开始积累, 8 月中旬达到峰值, 然后下降^[9]。

到目前为止, 尽管前人对不同采收期茵陈中主要化学成分进行了一定研究, 但多集中在单一化学成分测定, 对于多种化学成分的动态变化, 还鲜见报道。因此, 本研究对不同采收期茵陈蒿中主要活性物质(绿原酸、滨蒿内酯、多糖、总酚类和总黄酮类)以及体外抗氧化能力进行测定与分析, 旨在探究不同采收期茵陈中化学成分的动态变化规律, 为进一步揭示“绵茵陈”和“花茵陈”品质形成机制奠定基础, 同时, 也为茵陈资源开发和利用提供理论依据和有益参考。

1 材料与仪器

1.1 材料

选取甘肃省陇南市康县岸门口镇庄科村仿野生种植点(海拔 1 100 m; 33°16'02"N, 105°34'01"E)的茵陈植株, 由中国医学科学院药用植物研究所王

秋玲副研究员鉴定为菊科植物茵陈蒿 *A. capillaris* Thunb.。不同时期地上部分分别于 2023 年 3 月 2 日(S1, 幼苗期)、5 月 9 日(S2, 营养生长早期)、6 月 17 日(S3, 营养生长中期)、7 月 25 日(S4, 营养生长后期)、9 月 11 日(S5, 开花期)和 10 月 23 日(S6, 结果期)进行采集。采集后的样品置于阴凉通风处干燥, 室温保存。不同采收期茵陈蒿植株形态特征见图 1。



图 1 不同采收期茵陈蒿植株形态特征

Fig.1 Morphological characteristics of *Artemisia capillaris* plants at different harvest stages

1.2 仪器

Agilent 1260II 型高效液相色谱仪(美国安捷伦公司); 200T 型高速多功能粉碎机(永康市铂欧五金制品有限公司); TGL20M 型离心机(湖南凯达科学仪器有限公司); V1800 型紫外分光光度计(上海尤尼柯仪器有限公司); HZP-92 型恒温培养摇床(上海旻泉仪器有限公司); 对照品绿原酸(批号 SC8210)和滨蒿内酯(批号 SS8250)购自 Solarbio 公司, 质量分数均 $\geq 98\%$ 。

2 方法

2.1 提取溶液的制备

取不同采收期的干燥材料, 粉碎后过 0.18 mm 筛, 准确称取 0.5 g 置于具塞三角瓶中, 加入 20 mL 无水乙醇, 22 °C、120 r/min 振荡提取 72 h, 然后 4 °C、5 000 r/min 离心 10 min, 上清液用无水乙醇定容至 20 mL, 4 °C 保存, 用于绿原酸、滨蒿内酯、多糖、总酚、总黄酮以及体外抗氧化能力测定。

2.2 绿原酸和滨蒿内酯含量测定^[10]

2.2.1 供试品溶液的制备 将“2.1”项中提取液用 0.22 μ m 有机滤膜滤过, 并于 4 °C 冰箱保存备用。

2.2.2 对照品溶液的制备 精密称取绿原酸和滨蒿内酯各 5.0 mg, 色谱甲醇溶解并定容至 5 mL, 分别制成 1.0 mg/mL 的单标储备液; 根据实际检测需求, 将每个单标精密吸取 0.25 mL 于 5 mL 量瓶中,

并用色谱甲醇定容，得质量浓度为 50 $\mu\text{g/mL}$ 的混标溶液，4 $^{\circ}\text{C}$ 下保存备用。

2.2.3 色谱条件 色谱柱 Eclipse Plus C_{18} (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μm)，进样量 10 μL ，流动相乙腈 (A) -0.1%甲酸水溶液 (B)，体积流量 1.0 mL/min，柱温 35 $^{\circ}\text{C}$ ；梯度洗脱 (0~5 min、15%~20% A, 5~8 min、20%~25% A, 8~14 min、25%~30% A, 14~18 min、30%~35% A, 18~25 min、35%~30% A, 25~30 min、30%~15% A)，检测波长 325 nm。色谱图见图 2。

2.2.4 线性方程的绘制 精密吸取“2.2.2”项下混合对照品溶液适量，用色谱甲醇稀释成不同质量浓度 (25、10、5、2.5 和 1.25 $\mu\text{g/mL}$) 的对照品溶液。按照“2.2.3”项下色谱条件测定，以对照品质量浓

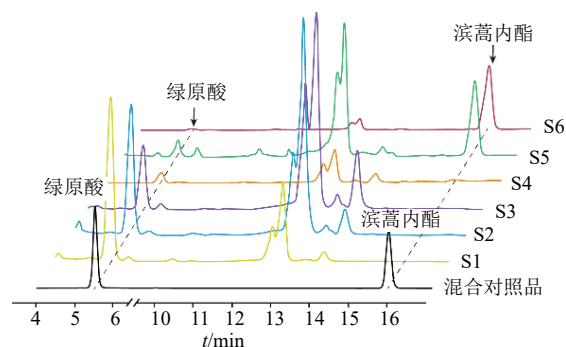


图 2 混合对照品溶液和供试品溶液 HPLC 色谱图

Fig.2 HPLC chromatography images of reference standards and samples

度为横坐标 (X)，峰面积为纵坐标 (Y) 绘制标准曲线，得线性回归方程，结果见表 1。

表 1 线性回归方程

Table 1 Linear regression equations

化合物	回归方程	r^2	线性范围/ $(\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$
绿原酸	$Y=16.275 X+142.29$	0.999 3	1.25~50.00
滨蒿内酯	$Y=14.805 X+113.83$	0.999 2	1.25~50.00

2.2.5 精密度试验 精密称取样品粉末，按照“2.2.1”项下方法制备，“2.2.3”项下色谱条件连续进样 6 次，计算得到绿原酸和滨蒿内酯的相对峰面积 RSD 分别为 2.79%、2.85%。

2.2.6 稳定性试验 精密称取样品粉末，按照“2.2.1”项下方法制备，“2.2.3”项下色谱条件分别在 0、2、4、8、12、24 h 测定绿原酸和滨蒿内酯的相对峰面积，RSD 值均为 1.23%、0.73%。

2.2.7 重复性试验 精密称取样品粉末 6 份，按照“2.2.1”项下方法制备，“2.2.3”项下色谱条件测定，计算得到绿原酸和滨蒿内酯的质量分数 RSD 分别为 4.84%、3.79%。

2.2.8 加样回收率试验 取本品粉末 0.25 g，精密称定，平行 6 份，分别精密加入与样品中含量相当的绿原酸和滨蒿内酯，按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液，并计算平均加样回收率及 RSD，绿原酸和滨蒿内酯的回收率分别为 111.93%、115.84%，RSD 值分别为 3.72%、3.62%。

2.3 多糖含量测定

多糖含量采用硫酸苯酚法测定^[11]。不同采收期提取液加样量为 100 μL 。多糖含量以蔗糖为标准品标定，蔗糖标准曲线方程 $C=70.42 A-3.14$ ， $R^2=0.991 4$ ，计算蔗糖量。再根据公式计算多糖含量。

$$\text{多糖含量}=(C\times V_2)/(V_1\times M\times 1\,000)$$

C 为蔗糖的量， V_1 为样品溶液体积， V_2 为提取液体积，M 为材料干物质质量。

2.4 酚类含量测定

采用福林酚试剂法测定酚类含量^[12]。不同采收期提取液加样量为 40 μL 。酚类含量以没食子酸为对照品标定，根据没食子酸标准曲线方程 $C=20.20 A-1.37$ ， $R^2=0.995 9$ ，计算没食子酸量，再根据公式计算酚类成分含量。

$$\text{酚类含量}=(C\times V_2)/(V_1\times M\times 1\,000)$$

C 为没食子酸的量， V_1 为样品溶液体积， V_2 为提取液体积，M 为材料干物质质量

2.5 黄酮类含量测定

黄酮类含量采用亚硝酸钠-硝酸铝-氢氧化钠法测定^[13]。不同采收期提取液加样量为 250 μL 。黄酮类含量以儿茶素为对照品标定，根据儿茶素标准曲线方程 $C=156.25 A-10.125$ ($R^2=0.997 9$)，计算儿茶素含量，再根据公式计算黄酮类成分含量。

$$\text{黄酮类含量}=(C\times V_2)/(V_1\times M\times 1\,000)$$

C 为儿茶素的量， V_1 为样品溶液体积， V_2 为提取液体积，M 为材料干物质质量

2.6 体外抗氧化能力测定

体外抗氧化能力采用 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 和铁离

子还原/氧化能力 (ferric reducing/antioxidant power, FRAP) 2 种方法测定^[14-15]。利用 DPPH 法, 不同采收期提取液加样量为 30 μL ; 利用 FRAP 法, 不同采收期提取液加样量为 35 μL , 样品溶液抗氧化能力以 500 $\mu\text{mol/L}$ Fe^{2+} ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 为参比。

$$\text{DPPH 清除率} = (A_0 - A) / A_0$$

A 为样品溶液吸光度值, A_0 为不加样品溶液吸光度值

$$\text{FRAP 值} = (A - A_0) / (A_1 - A_0) \times 500$$

A 为样品溶液吸光度值, A_1 为 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 溶液吸光度值, A_0 为不加样品溶液吸光度值。

2.7 统计与分析

每个实验重复 3 次。采用 SPSS 22.0 软件进行 One-way ANOVA Duncan 数据差异显著性分析和

Pearson 相关性分析; 采用 Microsoft Office Excel 2019 进行制图。

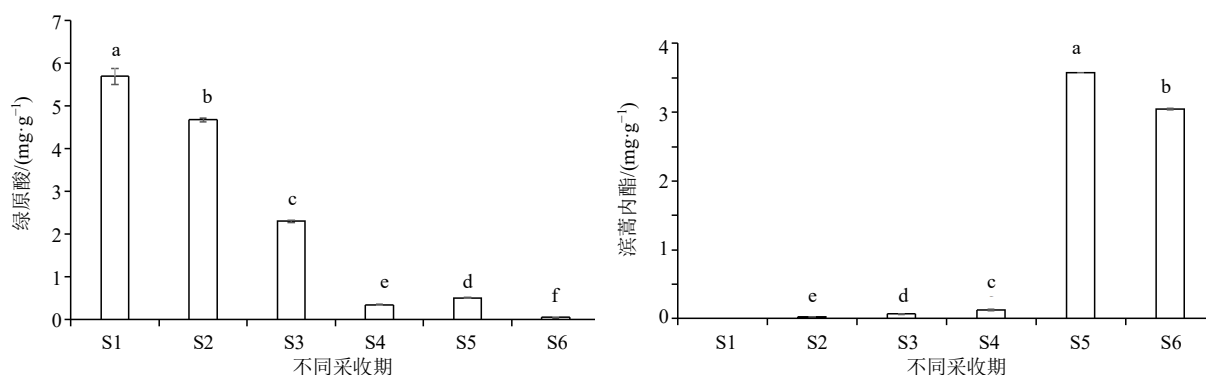
3 结果与分析

3.1 不同采收期绿原酸和滨蒿内酯含量的变化

绿原酸含量在 S1~S4 时期呈显著降低, S1 期是 S4 期的 16.22 倍, S5 有所增加, 至 S6 又显著降低; 滨蒿内酯含量在 S1~S5 时期呈显著增加, 在 S5 时期达到最大值 3.58 mg/g , S6 时期又开始下降, 见图 3。

3.2 不同采收期多糖含量的变化

由图 4 可知, 不同采收期多糖含量存在显著差异, S1~S3 时期呈显著降低, S1 期是 S3 期的 1.83 倍; S4~S5 时期开始增加, S5 期相对 S4 期增加了 1.47 倍; S6 时期又显著降低。



不同小写字母表示不同采收期在 $P < 0.05$ 水平下达到显著性差异, 下同。

Different lowercase indicates a significant difference at $P < 0.05$ level among different harvest stages, same as below.

图 3 不同采收期茵陈中绿原酸和滨蒿内酯含量的变化

Fig. 3 Changes of chlorogenic acid and scoparone contents in *A. capillaris* at different harvest stages

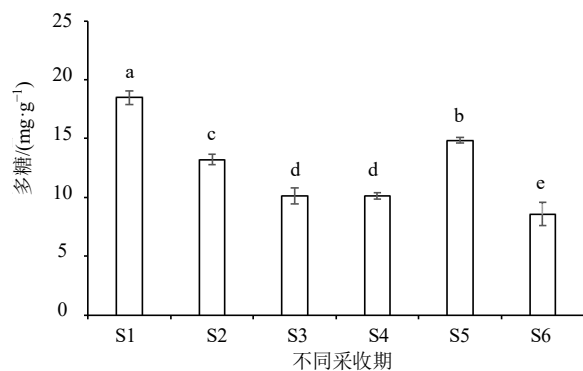


图 4 不同采收期茵陈中多糖含量的变化

Fig. 4 Changes of polysaccharide contents in *A. capillaris* at different harvest stages

3.3 不同采收期酚类含量的变化

由图 5 可知, 不同采收期酚类含量存在显著差

异, S1~S2 时期增加, S2 期相对 S1 期增加了 1.70 倍; S3~S4 时期开始降低, S3 期是 S4 期的 1.48 倍; S4~S5 时期显著增加, S5 期相对 S4 期增加了 1.93 倍; S6 时期又显著降低。

3.4 不同采收期黄酮类含量的变化

由图 6 可知, 不同采收期黄酮类含量存在显著差异, S1~S2 时期显著增加, S2 相对 S1 增加了 1.58 倍; S3~S4 时期显著降低, S4 相对 S3 降低了 2.94 倍; S4~S5 时期显著增加, S5 相对 S4 增加了 2.78 倍; S6 时期又降低。

3.5 不同采收期抗氧化能力的变化

由图 7 可知, 不同采收期体外抗氧化能力存在显著差异。DPPH 清除率和 FRAP 值均呈现 S1~S2 时期显著增加, S3~S4 时期显著降低, S5 时期开始显著增加, S6 时期又显著降低。

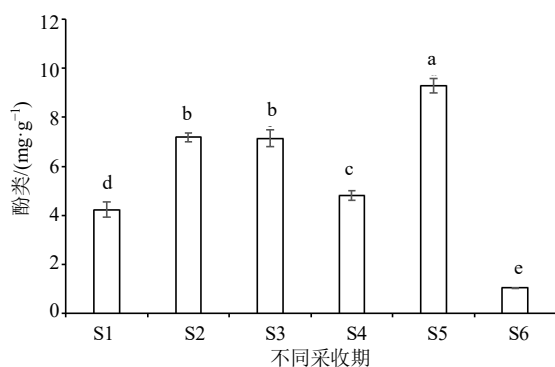


图 5 不同采收期茵陈中酚类含量的变化
Fig. 5 Changes of phenolic contents in *A. capillaris* at different harvest stages

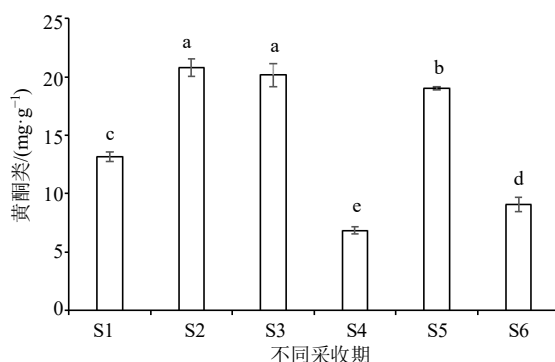


图 6 不同采收期茵陈中黄酮类含量的变化
Fig. 6 Changes of flavonoids contents in *A. capillaris* at different harvest stages

3.6 不同采收期主要活性物质含量与体外抗氧化能力的相关性

表 2 结果显示, 绿原酸、多糖、酚类和黄酮类含量与 DPPH 清除率和 FRAP 值呈正相关, 其中, 酚类和黄酮类与 DPPH 清除率达到显著水平 ($P < 0.05$), 相关系数分别为 0.917 和 0.866, 与 FRAP 值分别达到极显著 ($P < 0.01$) 和显著水平 ($P < 0.05$), 相关系数分别为 0.970 和 0.896。

表 2 不同采收期茵陈中主要活性物质含量与体外抗氧化能力的相关性

Table 2 Correlation between contents of main active substances and *in vitro* antioxidant capacity in *A. capillaris* at different harvest stages

体外抗氧化能力	相关系数				
	绿原酸	滨蒿内酯	多糖	酚类	黄酮类
DPPH清除率	0.485	-0.314	0.501	0.917*	0.866*
FRAP值	0.290	-0.129	0.366	0.970**	0.896*

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$.

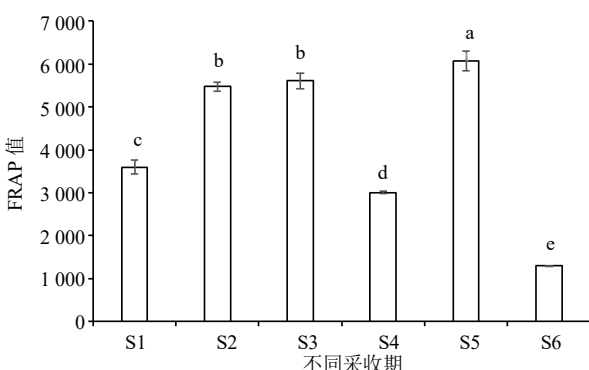
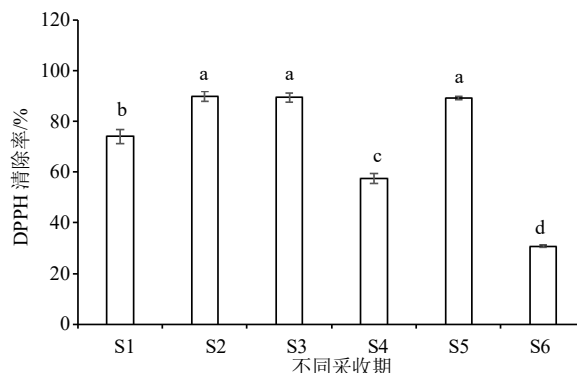


图 7 不同采收期茵陈提取液体外抗氧化能力的变化
Fig. 7 Changes of *in vitro* antioxidant capacity of extracts from *A. capillaris* at different harvest stages

4 讨论

代谢产物是中药材的主要有效成分, 其含量的高低决定中药材质量的优劣, 其合成和积累不仅受到生态环境 (如土壤、温度、光照等) 影响, 还与物候期密切相关^[6]。本研究发现, 不同采收期对茵陈主要活性物质 (绿原酸、滨蒿内酯、多糖、总酚类和总黄酮类) 以及体外抗氧化能力具有显著影响。

通常而言, 植物的物候期分为发芽、展叶、开花、果实等时期。大量研究表明, 不同采收期对中药材体内活性物质含量具有显著影响, 比如, 根类药材网果酸模初春和夏末秋初采收时酸模素和蒽醌类成分含量较高^[17], 地上部分药材贯叶金丝桃花蕾

期采收时金丝桃素含量较高^[18], 果类药材桃儿七果实成熟期采收时黄酮类和多糖含量较高^[19]。前人对不同采收期滨蒿中活性物质研究发现, 开花初期 3'-甲氧基蒽黄素黄酮类含量最高^[20-21]。对不同采收期茵陈蒿中活性物质研究发现, 绿原酸含量在春季最高, 滨蒿内酯含量在秋季最高^[7, 9, 22]。本研究发现, 3~10 月 6 个不同采收期茵陈蒿材料, 呈现为幼苗期“绵茵陈”绿原酸含量较高, 开花期“花茵陈”滨蒿内酯含量较高, 这与前人的研究结果基本一致。

植物在生长发育过程中初生代谢产物和次生代谢产物在体内的变化规律存在很大差异^[23]。通常而言, 在植物早期生长发育阶段, 以初生代谢为主, 用于次生代谢的合成底物相对不足; 随着营养生长延长, 次生代谢合成逐渐增加; 在向生殖生长转换过程中, 花蕾中芳香类化合物积累显著, 然后随着花的发育逐渐减少^[24]。本研究发现, 营养生长早期(S1~S3)和开花期(S5)植株中多糖、酚类和黄酮类含量相对其他时期较高, 其中, 酚类和黄酮类化合物含量均表现为开花期(S5)显著高于幼苗期(S1), 而多糖则表现为幼苗期(S1)显著高于开花期(S5); 这与前人研究发现的“绵茵陈”主要化学成分有多糖, “花茵陈”主要化学成分有黄酮类的结果基本一致^[2, 5-6]。幼苗期(S1)叶片中多糖含量较高, 可能来自多年生根中初级代谢产物的转移, 随着营养生长及抽茎的发生(S2~S4), 糖代谢加剧提供能量, 至开花期(S5)多糖向花器官积累, 结果期(S6)多糖消耗使得含量显著下降。对于酚类和黄酮类含量在营养生长早期(S2~S3)较高, 可能在于随着营养生长延长, 代谢合成逐渐增加, 营养生长后期(S4)显著下降可能是代谢产物转移至根部, 结果期(S6)显著下降可能与开花期代谢产物的过多消耗有关。

大量研究表明, 药用植物提取液体外抗氧化能力与化学成分含量显著正相关^[25-26]。比如, 茵陈蒿中酚类和黄酮类含量与 DPPH 和 ABTS 清除率以及 FRAP 值呈显著正相关^[27]; 不同居群款冬花中酚类和黄酮类含量与 DPPH 清除率和 FRAP 值呈极显著正相关^[28]; 不同发育时期绿萼梅中黄酮类含量与 DPPH 清除率呈显著正相关^[29]。本研究发现, 不同采收期茵陈蒿中酚类和黄酮类含量与 DPPH 清除率和 FRAP 值呈显著正相关。

综合以上研究结果表明, 不同采收期茵陈蒿中主要活性物质及抗氧化能力发生了显著变化, 幼苗

期“绵茵陈”和开花期“花茵陈”中活性物质含量存在较大差异, 但对物候期如何调控代谢生物合成与积累等方面的研究还有待于进一步分析与验证。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 250.
- [2] 黄丽平, 许远航, 邓敏贞, 等. 茵陈的化学成分、药理作用机制与临床应用研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(4): 676-690.
- [3] 刘玉萍, 邱小玉, 刘烨, 等. 茵陈的药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2019, 50(9): 2235-2241.
- [4] 陶玉杰. 绵茵陈与花茵陈的现代药理对比及临床应用 [J]. 中国现代药物应用, 2017, 11(19): 193-194.
- [5] Hsueh T P, Lin W L, Dalley J W, et al. The pharmacological effects and pharmacokinetics of active compounds of *Artemisia capillaris* [J]. *Biomedicines*, 2021, 9(10): 1412.
- [6] 刘晓河, 梁惠花, 谭晓红. 茵陈中多糖的含量测定 [J]. 中草药, 2003, 34(6): 78-96.
- [7] 刘媛媛. HPLC 法测定不同采收期茵陈中绿原酸和咖啡酸的含量 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2017, 15(7): 139-141.
- [8] 王静, 张玉萍, 刘影. 不同采收期茵陈中对羟基苯乙酮的含量测定 [J]. 现代中药研究与实践, 2011, 25(3): 7-9.
- [9] 刘珊, 王立强. 东北产茵陈蒿不同部位及不同采收期 DME 的含量测定 [J]. 中国中医药信息杂志, 2001, 8(7): 30-31.
- [10] 张玉珊, 刘谢英, 姚新成, 等. 高效液相色谱法同时测定茵陈蒿颗粒中 14 个化学成分 [J]. 药物分析杂志, 2019, 39(7): 1229-1238.
- [11] 栗孟飞, 刘学周, 魏建和, 等. 基于生物量、活性物质积累和抗氧化能力的当归高海拔种植区域选择 [J]. 中草药, 2020, 51(2): 474-481.
- [12] Beato V M, Orgaz F, Mansilla F, et al. Changes in phenolic compounds in garlic (*Allium sativum* L.) owing to the cultivar and location of growth [J]. *Plant Foods Hum Nutr*, 2011, 66(3): 218-223.
- [13] Lay M M, Karsani S A, Mohajer S, et al. Phytochemical constituents, nutritional values, phenolics, flavonols, flavonoids, antioxidant and cytotoxicity studies on *Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl fruits [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2014, 14: 152.
- [14] Nencini C, Menchiari A, Franchi G G, et al. In vitro antioxidant activity of aged extracts of some Italian *Allium* species [J]. *Plant Foods Hum Nutr*, 2011, 66(1): 11-16.
- [15] Benzie I F F, Strain J J. The ferric reducing ability of

- plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay [J]. *Anal Biochem*, 1996, 239(1): 70-76.
- [16] 李化, 黄璐琦, 杨滨. 论植物物候学指导中药材采收期的研究 [J]. 中国药学杂志, 2008, 43(19): 1441-1444.
- [17] 郭昌洪, 许京, 王瑞海, 等. HPLC 同时测定不同生长年限和不同采收期网果酸模中 6 个成分含量 [J]. 中草药, 2019, 50(21): 5342-5345.
- [18] Sun P, Kang T L, Xing H, *et al.* Phytochemical changes in aerial parts of *Hypericum perforatum* at different harvest stages [J]. *Rec Nat Prod*, 2019, 13(1): 1-9.
- [19] Liu D, Dong M Y, Li M F, *et al.* Metabolite and transcriptomic changes reveal the ripening process in *Sinopodophyllum hexandrum* fruit [J]. *Ind Crops Prod*, 2023, 206: 117622.
- [20] 张永欣, 张启伟, 张颖, 等. 滨蒿不同采收期样品中 3'-甲氧基蒽黄素的含量测定 [J]. 中国药学杂志, 2002, 37(9): 699-701.
- [21] 王满元, 林生, 张启伟, 等. 滨蒿不同采收期样品中黄酮类有效成分的含量测定 [J]. 中国中药杂志, 2007, 32(23): 2547-2548.
- [22] 韩晋, 金城, 刘太华, 等. 不同采收期和不同部位茵陈药材滨蒿内酯的含量测定与资源利用建议 [J]. 解放军药学学报, 2005, 21(2): 155-156.
- [23] 朱三明, 郑敏敏, 田恬, 等. 植物次生代谢途径与调控研究进展 [J]. 植物生理学报, 2023, 59(12): 2188-2216.
- [24] 李雁群, 吴鸿. 药用植物生长发育与有效成分积累关系研究进展 [J]. 植物学报, 2018, 53(3): 293-304.
- [25] Li S, Li S K, Gan R Y, *et al.* Antioxidant capacities and total phenolic contents of infusions from 223 medicinal plants [J]. *Ind Crops Prod*, 2013, 51: 289-298.
- [26] Li M F, Pare P W, Zhang J L, *et al.* Antioxidant capacity connection with phenolic and flavonoid content in Chinese medicinal herbs [J]. *Rec Nat Prod*, 2018, 12(3): 239-250.
- [27] 陈志娜, 叶韬, 刘梦肴, 等. 茵陈蒿不同溶剂提取物体外抗氧化活性分析 [J]. 食品科技, 2019, 44(7): 262-266.
- [28] 师立伟, 李美玲, 崔秀文, 等. 39 个居群款冬花综合质量评价及影响因素分析 [J]. 中草药, 2022, 53(12): 3784-3792.
- [29] 吴瑞, 杨亚湑, 钱程程, 等. UPLC-QE-MS 结合 UPLC 表征绿萼梅不同发育时期的成分差异及抗氧化活性研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2023, 35(11): 1915-1928.

[责任编辑 时圣明]