

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.06.011

孙艺铭, 杨嘉璐, 后春静, 等. 椒蒿精油成分随生长时间的 OPLS-DA 分析[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(6): 92-98.

SUN Y M, YANG J L, HOU C J, et al. Chemometrics analysis of the components of *Artemisia dracunculus* L. essential oil with growth time[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(6): 92-98.

椒蒿精油成分随生长时间的 OPLS-DA 分析

孙艺铭¹, 杨嘉璐¹, 后春静^{1,2}✉, 李守柱^{1,2}, 王林庆¹, 高涵泽¹

(1. 新疆理工学院, 新疆 阿克苏 843100;

2. 新疆新能源与储能技术重点实验室, 新疆 阿克苏 843100)

摘要: 为探究不同生长时间椒蒿精油品质的差异性, 采用气相色谱-质谱 (GC-MS) 联用技术对椒蒿精油的化学成分进行分析, 通过正交偏最小二乘法判别分析 (OPLS-DA) 和聚类热图分析验证生长时间对其化学成分及相对含量的影响。GC-MS 分析结果表明, 各生长时间共有物质 25 种, 其中 13 种萜烯类、9 种醇类、3 种其他物质, 除此之外在个别生长时间还检测出酯类、脂肪酸及酮类等物质。聚类热图分析表明, 大多数物质含量在采摘时间 S1 和 S2 较多, S3 和 S4 次之, S5 和 S6 最低。萜烯类物质整体呈现先下降后上升再下降的趋势, 萜烯类物质总的相对含量在 4 月份相对偏高, 5 月份次之, 6 月份最低。醇类物质在 S4 之前各生长时间含量相对较多, S4 之后相对含量变少, 同时 α -生育酚在 S4 之前含量也较多。变量投影重要性 (VIP) 分析表明, 共有 5 种物质的 VIP 大于 1, 分别为榄香素、 α -蒎烯、3-蒎烯、 γ -谷甾醇、 β -谷甾醇。因此, 5 月下旬之前采摘椒蒿并提取精油, 得到的椒蒿精油品质相对较好。

关键词: 椒蒿; 生长时间; 精油; OPLS-DA

中图分类号: TS201.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)06-0092-07

网络首发时间: 2024-11-07 08:55:02

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20241106.1624.012>

Chemometrics Analysis of the Components of *Artemisia dracunculus* L. Essential Oil with Growth Time

SUN Yi-ming¹, YANG Jia-lu¹, HOU Chun-jing^{1,2}✉, LI Shou-zhu^{1,2}, WANG Lin-qing¹, GAO Han-ze¹

(1. Xinjiang Institute of Technology, Aksu, Xinjiang 843100, China;

2. Xinjiang Key Laboratory of New Energy and Energy Storage Technology, Aksu, Xinjiang 843100, China)

Abstract: To explore the differences in the quality of *Artemisia dracunculus* L essential oil at different growth times, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to analyze the chemical components

收稿日期: 2024-04-08

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金 (青年科学基金) 项目 (2023D01C221); 大学生创新创业训练计划项目 (202413558005)

Supported by: Natural Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region (No. 2023D01C221); College Students' Innovative and Entrepreneurial Training Programme Project (No. 202413558005)

第一作者: 孙艺铭, 女, 2004 年出生, 在读本科生, 研究方向为新疆野生植物资源开发利用, E-mail: sunyiminng@163.com

通信作者: 后春静, 女, 1991 年出生, 硕士, 讲师, 研究方向为天然产物化学, E-mail: houchunjingjh@163.com

of *Artemisia annua* essential oil. The influence of growth time on its chemical composition and relative content was verified through orthogonal partial least squares discriminant analysis (OPLS-DA) and polymer thermal map analysis. The GC-MS analysis results showed that there were a total of 25 substances at each growth time, including 13 terpenes, 9 alcohols, and 3 other substances. In addition, esters, fatty acids, and ketones were also detected at individual growth times. Cluster heatmap analysis showed that most substances had higher content in S1 and S2, followed by S3 and S4, and S5 and S6 had the lowest content. The overall trend of terpenes was that they first decreased, followed by increasing, and then decreased. The total relative content of terpenes was relatively high in April, followed by May, and the lowest of that was in June. The content of alcohol substances was relatively higher before S4 at various growth times, but decreased after S4. At the same time, the content of α -tocopherol was also higher before S4, and Variable Importance for the Projection (VIP) analysis showed that there were a total of 5 substances with VIP greater than 1, namely oleiferin α - Pinene, 3-Carene γ -Sitosterol β -Sitosterol, respectively. Therefore, harvesting *Artemisia annua* and extracting essential oil before late May could yield *Artemisia annua* essential oil of relatively better quality.

Key words: *Artemisia dracuncululus* L.; growth time; essential oils; OPLS-DA

椒蒿 (*Artemisia dracuncululus* L) 作为一种多年生蒿属类草本植物, 具有抗菌、镇痛、愈合伤口、抗炎等能力^[1], 可做调料和精油。椒蒿的地上部分可用于治疗各种消化系统疾病的症状, 并作为痉挛性结肠炎疼痛的辅助治疗, 在传统医学上椒蒿被用于治疗胃炎、腹泻、风寒及开胃^[2]。天然产物是活性成分的主要来源, 自古以来因其药用价值而被广泛使用, 研究表明精油对各种菌株有良好的抗菌活性^[3]。精油除了作为抗菌剂被人们所使用外, 还具有调节细菌耐药性的能力, 可用于对抗表现出耐药性的微生物^[4]。精油的化学成分和产量受气候条件、提取方式、土壤类型、品种和采收期等因素的影响, 气候是影响精油成分和其中各化合物浓度的最重要因素之一, 气候因素取决于地理位置, 主要是植物生长地点的纬度和经度^[5-6], 收获后采用的不同保存方法也会对其产生显著影响。

精油的不同成分在植物面对环境胁迫时起着十分重要的作用, 研究表明, 精油的生物活性会随收获季节的变化而变化, 比如在春季分离的长叶薄荷精油的抗菌和抗胆碱酯酶活性值高于其他季节^[7], 此外, 精油的化学组成也会随生长季节产生差异^[8]。Migacz 研究 6 种桉树精油的季节性化学变化和生物活性评估时发现, 不同桉树品种的化学成分存在差异性, 但所有桉树精油的化学成分和产量均受到季节性的影响。Santos^[10]评价

了气候因素对 *P. acutangulum* 果实和叶子中精油含量及化学组成的影响, 对研究对象监测了一年后发现, 气候因素与石竹烯有相关性, 但与蒎烯、杜松醇并无相关性, 而降雨量对精油含量的影响不大。Luz^[11]等研究发现, 植物精油的产率在干旱期要高于其他时期, 尽管各生长期的主要化合物相同, 但这些化合物的浓度和化学成分各生长期有所不同, 一些物质则只在旱季产生比如芳樟醇、樟脑和 β -可巴烯 (5.05%)。药用植物的有效性取决于植物中存在的化学成分和活性成分, 这些成分可能受到生长条件、季节、气候条件、太阳光照和海拔高度等不同因素的高度影响^[12]。Arfa 等在对 2 个迷迭香品种基于精油成分、抗氧化和抗菌活性的化学分类学评价研究中发现, 相同品种和微生态气候环境条件下, 气象条件的年度差异是引起精油和其他化合物产量变化的主要因素。因此, 降雨、温度等气象条件会影响药用植物中精油及其主要化合物的含量。基于这种可能性, 根据迷迭香精油的生长地点和收获日期来确定化学组成是研究精油生物活性的关键^[13]。Larbi 在研究收获季节对柠檬精油化学成分和抗真菌活性的影响时发现, 柠檬皮中的精油含量在秋季最高, 而春季收获的精油抗皮肤癣菌活性最大^[14]。研究表明, 植物不同生长部位精油的化学组成及含量也存在差异性, Ilardi 等^[15]在对

“*Foeniculum vulgare subsp. piperitum*”的根、茎、叶、果实中精油化学成分进行研究时发现,不同生长部位的精油中主要的组成物质存在差异性。这一结论在 Rawat^[16]对苦姜不同生长部位精化学成分的研究中得到了证实。

椒蒿作为新疆特色野生植物,因其味道独特、营养价值高,深受人们喜爱,椒蒿的提取物具有一定的生物活性,这有利于其在医疗、美容、餐饮等行业的应用,然而目前缺乏生长时间对椒蒿化学成分及含量的研究,本研究旨在评价生长时间对椒蒿精油对化学成分的影响,利用气相色谱-质谱(Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)对椒蒿精油化学成分进行检测,结合正交偏最小二乘法判别分析(orthogonal partial least squares-discriminant analysis, OPLS-DA)和聚类热图探究生长时间与精油化学成分及相对含量间的关系,旨在为椒蒿产品开发利用和产业发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

研究对象为生长于海拔 1 883.0 m, 东经 80°41'9"、北纬 41°43'51"的野生椒蒿。石油醚(分析纯):天津市富宇精细化工有限公司。

1.2 仪器与设备

Agilent 7890/Agilent 5975 GC/MS 联用仪:美国安捷伦公司;研磨粉碎机 A11 basic:德国 IKA 集团,索氏提取器:科伯实验仪器,旋转蒸发器 RV 10B:上海人和科学仪器有限公司,电子天平 HD-G819:海达仪器。

1.3 实验方法

1.3.1 样品处理

选定特定生长地点采摘新鲜椒蒿嫩叶,在椒蒿生长的主要时间段 4-6 月份,每 15 d 采样一次,采摘时间为 2023 年 4 月 1 日(S1)、2023 年 4 月 15 日(S2)、2023 年 5 月 1 日(S3)、2023 年 5 月 15 日(S4)、2023 年 6 月 1 日(S5)、2023 年 6 月 15 日(S6),选择采摘时间的主要依据是在此时间段椒蒿鲜嫩可口,因其独特味道,深受消

费者的喜爱。采用索氏提取器进行椒蒿精油提取,之后进行 GC-MS 分析检测。

1.3.2 GC-MS 检测条件

载气为 He (99.999%), 1.0 mL/min; 色谱柱为 HP-5 MS 5% Phenyl Methyl Silox (30 m × 250 μm × 0.25 μm) 弹性石英毛细管柱; 进样口温度为 250 °C; 进样量为 1.0 μL, 分流比为 30 : 1; 升温程序: 80 °C 保持 2 min, 以 55 °C/min 的速率上升到 200 °C, 然后以 10 °C/min 的速率上升到 300 °C, 保持 10 min。接口温度为 250 °C, 电离方式为 EI; 离子源温度为 230 °C, 四级杆温度为 150 °C, 电离电压为 70 eV; 质量扫描方式为 Full Scan; 扫描范围为 30 ~ 500 amu; 用 NIST05.LIB 谱库检索加以确认。

1.4 数据处理

GC-MS 检测出的椒蒿精油化学成分通过 NISTMS Search 2.0 谱库来鉴别, 各组分的相对含量采用面积归一化法进行确定, 使用 Origin 2024 软件进行离子流色谱图和聚类热图的绘制, OPLS-DA 采用 SIMCA 14.1 进行分析, 同时利用其计算变量投影重要性 (Variable importance for the projection, VIP) 值。

2 结果与分析

2.1 GC-MS 分析不同生长时间椒蒿精油化学成分变化

将不同生长时间 (S1~S6) 椒蒿精油进行 GC-MS 分析, 通过 NISTMS Search 2.0 谱库分析, 利用面积归一化法从其总离子流图中计算各组分的相对百分含量, 结果如表 1 所示。图 1 为不同生长时间椒蒿精油 GC-MS 总离子流色谱图, 根据色谱图保留时间、峰型和峰高将共有峰进行叠加, 得到各采摘期的总离子色谱图, 在生长发育过程中椒蒿精油中的化学成分含量及种类都存在差异。

整理出各生长时间共有物质 25 种, 其中萜烯类 13 种、醇类 9 种、其他物质 3 种, 除此之外在个别生长时间还检测出酯类、脂肪酸及酮类等物质。由表 1 可知, 萜烯类物质包括 α-蒎烯、β-蒎烯、β-月桂烯、角鲨烯、D-柠檬烯、β-律草烯、3-葑烯、萜品油烯、毕澄茄烯、δ-榄香烯、β-石竹

表 1 不同生长时间椒蒿精油化学成分

Table 1 Chemical components of *Artemisia dracunculus* L essential oils at different growth times

序号	分子式	分子量	名称	相对含量/%					
				S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	C ₁₀ H ₁₆	136	β-蒎烯	0.17±0.02ab	0.12±0.03bc	0.09±0.03c	0.10±0.05c	0.20±0.03a	0.13±0.04c
2	C ₁₀ H ₁₆	136	β-月桂烯	0.37±0.02a	0.38±0.03a	0.26±0.07b	0.35±0.05a	0.14±0.06c	0.02±0.02d
3	C ₁₀ H ₁₆	136	D-柠檬烯	0.31±0.01a	0.22±0.05b	0.19±0.03b	0.32±0.03a	0.08±0.01c	0.10±0.03c
4	C ₁₀ H ₁₆	136	α-蒎烯	9.01±0.03b	9.52±0.08a	1.42±0.11d	2.53±0.04c	1.12±0.35e	1.09±0.01e
5	C ₁₀ H ₁₇	136	3-萜烯	8.94±0.01a	9.12±0.02a	1.89±0.03b	2.03±0.22b	1.62±0.17c	1.15±0.14d
6	C ₁₀ H ₁₈	136	萜品油烯	0.42±0.03a	0.25±0.05b	0.22±0.06bc	0.24±0.06b	0.16±0.13c	0.18±0.03c
7	萜烯类 C ₁₅ H ₂₄	204	δ-榄香烯	2.13±0.02b	2.43±0.03a	0.58±0.06c	2.06±0.09b	0.40±0.08d	0.32±0.08d
8	C ₁₅ H ₂₄	204	β-石竹烯	0.98±0.02b	1.21±0.03a	0.98±0.17b	0.82±0.02c	0.14±0.07d	0.06±0.02d
9	C ₁₅ H ₂₄	204	毕澄茄烯	1.44±0.11b	1.65±0.03a	0.96±0.07c	1.01±0.02c	0.33±0.04d	0.27±0.05d
10	C ₁₅ H ₂₄	204	β-柏木烯	0.48±0.01b	0.52±0.03a	0.36±0.02c	0.19±0.02d	0.12±0.03e	0.06±0.02f
11	C ₃₀ H ₅₀	410	何帕烯	0.55±0.01a	0.32±0.03b	0.23±0.02bc	0.10±0.08d	0.26±0.09cb	0.19±0.07d
12	C ₁₅ H ₂₄	204	β-律草烯	0.28±0.02a	0.15±0.04c	0.16±0.04b	0.17±0.03bc	0.06±0.02d	0.05±0.02d
13	C ₃₀ H ₅₀	410	角鲨烯	1.14±0.01a	0.30±0.03b	0.05±0.01e	0.19±0.02d	0.21±0.03cd	0.24±0.06c
1	C ₂₈ H ₄₈ O	400	菜油甾醇	0.21±0.02d	0.32±0.04c	0.48±0.04a	0.40±0.01b	—	—
2	C ₂₉ H ₄₈ O	412	豆甾醇	2.63±0.05a	0.26±0.02c	0.35±0.05c	0.89±0.20b	—	—
3	C ₂₉ H ₄₈ O	412	β-谷甾醇	2.35±0.09e	3.59±0.06d	5.38±0.02b	8.09±0.23a	1.86±0.54f	4.23±0.08c
4	C ₂₉ H ₅₀ O	414	γ-谷甾醇	2.35±0.05e	4.17±0.06d	9.16±0.07a	5.11±0.16b	2.33±0.15e	4.54±0.33c
5	醇类 C ₂₉ H ₄₈ O	412	岩藻甾醇	0.34±0.05d	1.27±0.03a	0.60±0.02c	0.82±0.05b	—	—
6	C ₂₀ H ₄₀ O	296	叶绿醇	0.33±0.09c	0.96±0.06b	0.29±0.01c	1.65±0.19a	—	—
7	C ₁₅ H ₂₄ O	220	桉油烯醇	0.15±0.01c	0.14±0.02c	0.29±0.07a	0.20±0.05b	—	—
8	C ₂₂ H ₄₆ O	326	山萜醇	0.12±0.02b	0.18±0.04a	0.13±0.02b	—	—	—
9	C ₂₆ H ₅₄ O	382	十八硫醇	0.35±0.10b	0.48±0.05a	0.11±0.22c	—	—	—
1	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430	α-生育酚	1.91±0.21b	1.84±0.06b	2.36±0.06a	1.59±0.06c	0.61±0.04d	0.49±0.04d
2	其他 C ₃₀ H ₅₀ O	426	β-香树精	0.21±0.09d	1.13±0.09a	—	0.39±0.03c	0.29±0.06d	0.58±0.07b
3	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	208	榄香素	16.24±0.29b	4.66±0.29d	17.54±0.40a	7.87±0.29c	—	—

注：同一行不同字母表示有显著性差异 ($P<0.05$)。

Note: Different letters in the same line indicated significant difference ($P<0.05$).

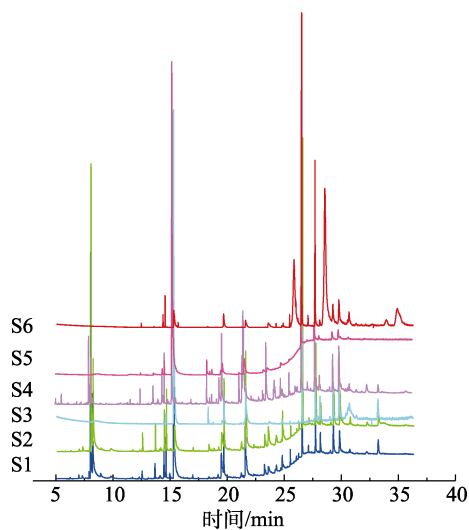


图 1 不同生长时间椒蒿精油 GC-MS 总离子流色谱图

Fig.1 GC-MS total ion chromatogram of *Artemisia dracunculus* L. at different growth stage

烯、β-柏木烯、何帕烯。

作为植物中的关键次生代谢产物，萜烯类物质具有很多功效，如 Jefferson 等^[17]在研究 α-蒎烯对念珠菌的抗真菌作用时发现，α-蒎烯具有显著的抗真菌活性，对 *C. parapsilosis* 具有较强的抑制活性，可有效抑制假菌丝等真菌结构，促进囊胚孢子的显著减少。β-蒎烯具有降血糖、降血脂和抗炎作用^[18]，β-石竹烯是一种广泛分布于植物界的双环倍半萜烯，在香精油中具有独特的香气，在高等植物的生存和进化中具有重要的作用，对胃具有保护作用，对某些溃疡也有很好的治疗效果，因此它还具有治疗炎症和自身免疫疾病的前景^[19]。同时 β-石竹烯还具有降血脂^[20]，抗癌、镇痛作用^[21]。β-月桂烯具有抗焦虑、抗氧化、抗衰

老、抗炎、镇痛和抗糖尿病等特性^[22]。因此，萜烯类物质的存在是椒蒿具有药用价值，如抗炎、防腐杀菌、抗疟疾、抑制肿瘤活性等作用的主要原因。醇类物质是椒蒿精油中除萜烯类以外各生长时间检测出最多的共有化合物，包括菜油甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇、 γ -谷甾醇、岩藻甾醇、叶绿醇、桉油烯醇、山萘醇、十八硫醇等。

椒蒿精油中的主要化学成分有苯基丙烷衍生物、单萜、倍半萜类、二萜类、三萜类、聚乙炔、异香豆素类等化合物^[23]，本实验中有些化合物未被检出的原因可能与椒蒿生长地点，气候条件有很大的关系，这一观点在 Dylenova^[24]对气候条件对青蒿（菊科）精油组成的影响研究中得到了证实。

2.2 不同生长时间椒蒿精油化学成分差异分析

为了更清楚地评估不同生长时间椒蒿精油之间的化学成分差异，对不同生长时间各化学成分含量进行了热图分析，如图 2 所示。从热图中可以直观看出，大多数化学成分含量在 S1 和 S2 较多，S3 和 S4 次之，S5 和 S6 最低。萜烯类物质整体呈现先下降后上升再下降的趋势，萜烯类物质总的相对含量在 4 月份相对偏高，5 月份次之，6 月份最低，因此在 5 月下旬之前采摘椒蒿并提取精油，萜烯类物质含量相对会较高。醇类物质在 S4（5 月 15 日）之前各生长时间含量相对较多，S4 之后相对含量变少，同时 α -生育酚在 S4 之前也是含量较多，之后变少。

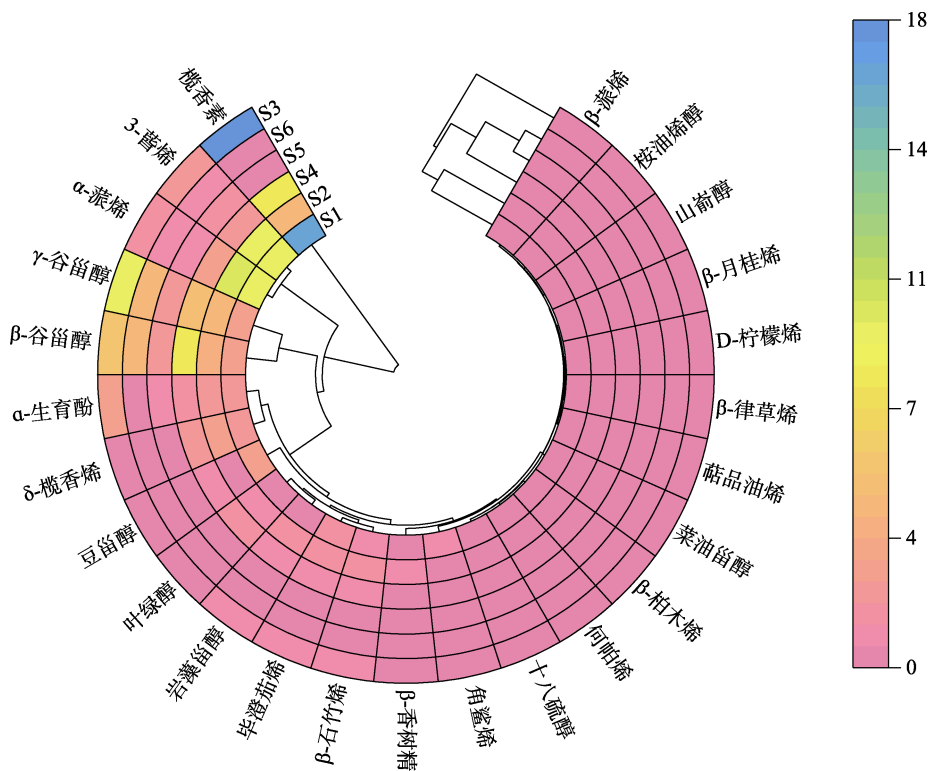


图 2 不同生长时间椒蒿精油化学成分环状热图

Fig. 2 Compound ring heat map of volatile compounds in *Artemisia dracunculus* L essential oil at different growth times

2.3 不同生长时间椒蒿精油化学成分的正交偏最小二乘法判别分析 (OPLS-DA)

采用 OPLS-DA 分析了椒蒿精油与生长时间的相关性，以 26 种共有组分作为因变量，不同生长时间作为自变量，进行 OPLS-DA 分析，模型的判别效果如图 3 (a) 所示，自变量和因变量的拟合能力用 R^2X 和 R^2Y 表示， Q^2 表示模型的预

测能力，判断一个模型是否合格的标志是 R^2 和 Q^2 的值大于 0.5，越接近 1 证明拟合程度越好。图 3 (a) 为 OPLS-DA 得分图， R^2X 为 0.986， R^2Y 为 0.999， $Q^2=0.99$ ，证明该模型对不同生长时间椒蒿精油化学成分的预测能力很好。从图 3 (a) 可以看出，不同生长时间椒蒿精油化学成分存在差异，该结果与热图分析结果一致，四月份的样

品 S1 和 S2 分布在第一象限, 五月份的样品 S3 和 S4 集中在第二、三象限, 六月份的样品集中在第四象限。

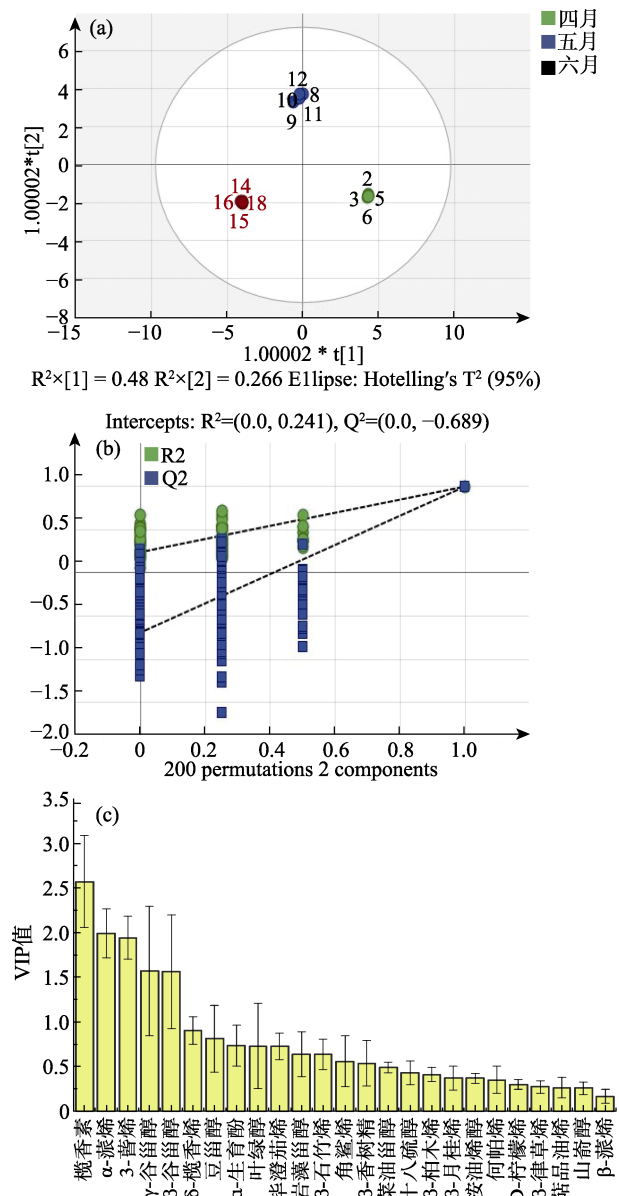
对 OPLS-DA 模型经过 200 次置换检验就得到了图 3 (b), 从图 3 (b) 中可以看出, Q^2 的回归线经过横轴与纵轴相交, 且交点 <0 , 此结果说明 OPLS-DA 模型不存在拟合的情况, 证明其验证是有效的。可以作为鉴定不同生长时间化学成分的

依据^[25-26]。图 3 (c) 为 OPLS-DA 模型 VIP 得分图, VIP 反映了每个组分表达模式的强度和解释能力, 可用于每个样本组的分类和鉴别, 从而协助标记组分的筛选 (VIP 值 >1.0 通常用作筛选标准), VIP 值表示相关性, VIP 值越大, 表示不同生长时间该组分的差异性越大。由图 3 (c) 可知, 共有 5 种物质的 VIP 大于 1, 分别为榄香素、 α -蒎烯、3-萜烯、 γ -谷甾醇、 β -谷甾醇, 说明这 5 种物质是椒蒿精油在主要生长期 (4—6 月份) 的特征物质, 后期在对椒蒿精油的分析鉴定中可以作为标志成分。

3 结论

以不同生长时间的椒蒿为研究对象, 采用 GC-MS 方法对不同生长时间的椒蒿精油进行分析检测, 同时运用 OPLS-DA 和聚类分析方式进行差异性分析。GC-MS 分析结果表明, 各生长时间共有物质主要有萜烯类和醇类, 烯炔类物质中含量相对较多的主要有 α -蒎烯 (9.52%~1.09%)、3-萜烯 (9.12%~1.15%)、 δ -榄香烯 (2.43%~0.32%) 及毕澄茄烯 (1.65%~0.27%), 醇类物质中豆甾醇 (2.63%~0.26%)、 β -谷甾醇 (8.09%~1.86%)、 γ -谷甾醇 (9.16%~2.33%) 含量相对较高; 聚类热图分析结果显示, 大多数化学成分含量在 S1 和 S2 较多。萜烯类物质整体呈现先下降后上升再下降的趋势, 萜烯类物质总的相对含量在 4 月份相对偏高。醇类物质在 S4 (5 月 15 日) 之前各生长时间含量相对较多, S4 之后相对含量变少, 同时 α -生育酚在 S4 之前也是含量较多, 之后变少; VIP 分析表明, 共有 5 种物质的 VIP 大于 1, 分别为榄香素、 α -蒎烯、3-萜烯、 γ -谷甾醇、 β -谷甾醇。综上所述, 在 5 月下旬之前采摘椒蒿并提取精油, 精油品质会更好。

本研究对不同生长时间椒蒿精油成分变化进行了分析对比, 为椒蒿精油在生长过程中品质的动态变化提供了数据参考。但由于精油品质还可能受年度气候、生长海拔、干燥方式等因素的影响, 需进一步了解影响因素与椒蒿品质间的互作关系, 课题组后续将继续探究, 以期对椒蒿的开发利用提供参考依据。



注: (a): OPLS-DA 得分图 (b): 置换检验图; (c): VIP 值图。

Note: (a): OPLS-DA scores; (b): replacement test; (c): VIP scores.

图 3 不同生长时间椒蒿精油化学成分 OPLS-DA 分析

Fig. 3 OPLS-DA analysis of chemical components in *Artemisia dracunculus* L essential oil at different growth times

参考文献:

- [1] DYLENOVA E P, ZHIGZHITZHAPOVA S V, ZHIGZHITZHAPOV B V, et al. Influence of climatic conditions on the composition of *Artemisia jacutica* (Asteraceae) essential oil[J]. *Contemporary Problems of Ecology*, 2023, 16(3): 367-378.
- [2] MAHAM M, MOSLEMZADEH H, JALILZADEH-AMIN G. Antinociceptive effect of the essential oil of tarragon (*Artemisia dracunculus*)[J]. *Pharmaceutical Biology*, 2014, 52(2): 208-212.
- [3] FRATINI F, GIUSTI M, MANCINI S, et al. Evaluation of the in vitro antibacterial activity of some essential oils and their blends against *Staphylococcus* spp. isolated from episodes of sheep mastitis[J]. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 2021, 32: 407-416.
- [4] GONDIM C N F L, CARNEIRO J N P, LEITE C P, et al. GC-MS-FID characterization and antibacterial activity of the essential oil from *Achyrocline satureioides* (Lam) DC[J]. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 2022, 31: 394-398.
- [5] GOLMAKANI MT, MOAYYEDI M. Comparison of heat and mass transfer of different microwave-assisted extraction methods of essential oil from *Citrus limon* (Lisbon variety) peel[J]. *Food Science & Nutrition*, 2016, 3(6): 506-518.
- [6] LURO F, NEVES C G, COSTANTINO G, et al. Effect of Environmental conditions on the yield of peel and composition of essential oils from citrus cultivated in Bahia (Brazil) and Corsica (France)[J]. *Agronomy*, 2020, 10: 1256.
- [7] ZOUARI-BOUASSIDA K, TRIGUI M, MAKNI S, et al. Seasonal variation in essential oils composition and the biological and pharmaceutical protective effects of *mentha longifolia* leaves grown in tunisia[J]. *BioMed Research International*, 2018, 2018: 1-12.
- [8] KHALID K A, AHMED A M A, EL-GOHARY A E. Effect of growing seasons on the leaf essential oil composition of *Citrus* species that are cultivated in Egypt[J]. *Journal of Essential Oil Research*, 2020(17): 1-12.
- [9] MIGACZ I P, WANG M, FAORO J A M, et al. Bioprospecting and repurposing of leaf biomass to support sustainable biopharmacy: evaluation of seasonal chemical variations and biological activities of six eucalyptus essential oils[J]. *International Journal of Environmental Research*, 2024, 18: 74.
- [10] SANTOS P V L, CRUZ E N, BARROSO A S, et al. Chemometric analysis of the seasonal variation in the essential oil composition of *Psidium acutangulum* growing in the Brazilian Amazon[J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2022, 105: 104528.
- [11] LUZ T R S A, LEITE J A C, MESQUITA L S S, et al. Seasonal variation in the chemical composition and biological activity of the essential oil of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze[J]. *Industrial Crops & Products*, 2020, 153: 1-8.
- [12] BHARDWAJ S, RASHMI, PARCHA V, et al. Effect of seasonal variation on chemical composition and physicochemical properties of *hedychium spicatum* rhizomes essential oil[J]. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2019, 22(6): 1593-1600.
- [13] ARFA A B, GOUJAI H, HANNACHI H, et al. Seasonal changes in rosemary species: A chemotaxonomic assessment of two varieties based on essential oil compounds, antioxidant and antibacterial activities[J]. *Plos One*, 2022, 29: 1-16.
- [14] LARBI N H, MOGHRANI H, NASRALLAH N, et al. Influence of harvest season on the chemical composition and antifungal activity of *Citrus limon* essential oil[J]. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 2023, 34: 295-303.
- [15] ILARDI V, BADALAMENTI N, BRUNO M. Chemical composition of the essential oil from different vegetative parts of *Foeniculum vulgare* subsp. *Piperitum* (Ucria) Coutinho (Umbelliferae) growing wild in Sicily[J]. *Taylor & Francis Group*, 2021, 7: 1-12.
- [16] RAWAT A, KHOLIYA S, CHAUHAN A, et al. Chemical composition of the essential oil from different plant parts of *Zingiber zerumbet* Sm. grown in the foothills of Uttarakhand[J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2023, 108: 1-15.
- [17] NÓBREGA J R, SILVA D F, JÚNIOR F P A, et al. Antifungal action of α -pinene against *Candida* spp. isolated from patients with otomycosis and effects of its association with boric acid[J]. *Natural Product Research*, 2021, 35(24): 6190-6193.
- [18] SANTOS E S, COELHO G L A, LOULA Y K S F, ET AL. Hypoglycemic, hypolipidemic, and anti-inflammatory effects of beta-pinene in diabetic rats[J]. 2022: 1-8.
- [19] SCANDIFFIO R, GEDDO F, COTTONE E, et al. Protective effects of (E)- β -Caryophyllene (BCP) in chronic inflammation [J]. 2020, 12: 3273.
- [20] MANI V, MANI M, RAJAPANDIAN N, et al. Hypolipidemic effect of β -caryophyllene in high fat diet and fructose induced type-2 diabetic adult male rats[J]. 2022, 18(11): 1087-1091.
- [21] SOUSA L F B, OLIVEIRA H B M, SELIS N N, et al. β -caryophyllene and docosahexaenoic acid, isolated or associated, have potential antinociceptive and anti-inflammatory effects in vitro and in vivo[J]. 2022, 12: 19199.
- [22] SURENDRAN S, QASSADI F, SURENDRAN G, et al. Myrcene-what are the potential health benefits of this flavouring and aroma agent?[J]. 2021, 8: 1-14.
- [23] EKIERT H, ŚWIĄTKOWSKA J, KNUT E, et al. *Artemisia dracunculus* (Tarragon): A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology[J]. 2021, 12: 1-18.
- [24] LIU M J, YANG Y, ZHAO X B, et al. Classification and characterization on sorghums based on HS-GC-IMS combined with OPLS-DA and GA-PLS[J]. *Current Research in Food Science*, 2024, 8: 100692.
- [25] HUANG X W, ZHAO L H, PANG S, et al. Effects of varieties, cultivation methods, and origins of *Citrus sinensis* 'hongjiang' on volatile organic compounds: HS-SPME-GC/MS analysis coupled with OPLS-DA[J]. *Agriculture*, 2022, 12: 1725.
- [26] WANG J, XIAO Q Y, HUANG H B, et al. Non-target screening and identification of the significant quality markers in the wild and cultivated *Cordyceps sinensis* using OPLS-DA and feature-based molecular networking[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2023, 51(9): 100302. 完

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。