

不同人参炮制品的挥发性成分研究

赵 卉¹, 冯志伟², 崔丽丽^{1*}, 宋 超¹, 王兆森¹, 苏丽敏², 陈 曦¹, 孙紫薇¹, 任雨贺¹

(1. 中国农业科学院特产研究所, 长春 130112; 2. 吉林参王植保科技有限公司, 白山 134500)

摘 要: **目的** 阐明不同人参炮制品中挥发性成分(volatile compounds, VOC)的差异。**方法** 采用顶空固相微萃取(headspace solid-phase microextraction, HS-SPME)与气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)相结合的分析方法,测定生晒参(dried raw ginseng, DRG)、红参(red ginseng, RG)、模压红参(moulded red ginseng, MRG)中的挥发性成分含量,并通过主成分分析(principal component analysis, PCA)对3种炮制品进行评价。**结果** 质谱结果鉴定出38种成分,主要是萜烯类、萜烯醇类和烷烃类。生晒参、红参和模压红参的 α -甘香烯、 β -人参烯、 β -古芸烯、 β -合金欢烯、 α -新丁香三环烯、 β -石竹烯、 γ -榄香烯、香树烯等共有峰明显,也同时存在差异性成分,如佛术烯、 α -马榄烯、喇叭烯、 β -花柏烯、杜松醇。主成分分析得分图显示3种炮制品在主成分空间中的分布十分分散,说明生晒参、红参和模压红参的挥发性成分有差异。**结论** 3种人参炮制品挥发性成分的物质组成相同,倍半萜类是其挥发性成分的主要物质。经过加热倍半萜类结构相似的化合物可以相互转化,具体成分和含量有一定差异。

关键词: 生晒参; 红参; 模压红参; 挥发性成分; 主成分分析; 顶空固相微萃取

Study on volatile components of different *Panax ginseng* C.A Meyer processed products

ZHAO Hui¹, FENG Zhi-Wei², CUI Li-Li^{1*}, SONG Chao¹, WANG Zhao-Sen¹, SU Li-Min², CHEN Xi¹, SUN Zi-Wei¹, REN Yu-He¹

(1. Institute of Special Wild Economic Animals and Plants, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China; 2. Fusong Shenwang Plant Protection Co. Ltd, Baishan 134500, China)

ABSTRACT: Objective To clarify the differences of volatile components (VOC) in different *Panax ginseng* C.A Meyer processed products. **Methods** Therefore, headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) were applied to detect of VOC in dried raw ginseng (DRG), red ginseng (RG) and moulded red ginseng (MRG), and contrasted differences among samples by principal component analysis (PCA). **Results** The study had identified 38 kinds of VOC, which were composed of terpenes, terpenols and alkanes. The common peaks of α -elixene, β -panasinsene, β -gurjenene, β -famesene, α -neoclovene, β -caryophellene, γ -elemene, alloaromadendrene in DRG, RG and MRG were obvious, at the same time, there were also different components, including α -maaliene, eremophilene, (+)-ledene, β -chamigrene and cadinol. The score chart of principal component analysis showed that the distribution of 3 kinds of processed products in the principal

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(1610342020014)

Fund: Supported by the Special Fund for Basic Scientific Research Business of Central Public Research Institutes (1610342020014)

*通信作者: 崔丽丽, 副研究员, 主要研究方向为药用植物资源与质量评价。E-mail: cbscui@126.com

*Corresponding author: CUI Li-Li, Associate Professor, Institute of Special Wild Economic Animals and Plants, Chinese Academy of Agricultural Sciences, No.4899, Juyedajie Street, Jingyue District, Changchun 130112, China. E-mail: cbscui@126.com

component space was very scattered, indicating that there were differences in VOC of DRG, RG and MRG.

Conclusion The volatile components of 3 kinds of *Panax ginseng* C.A Meyer processed products are the same, and sesquiterpenes are the main volatile components. After heating, sesquiterpenoids with similar structures can be transformed into each other, and the specific components and contents are different.

KEY WORDS: dried raw ginseng; red ginseng; moulded red ginseng; volatile compounds; principal components analysis; headspace solid-phase microextraction

0 引言

人参(*Panax ginseng* C.A Meyer)是五加科人参属的多年生草本植物,原产于中国、韩国、朝鲜和日本等亚洲国家,以根入药,能增强记忆^[1]、降低血糖^[2]、修复心脏损伤^[3]、抗疲劳^[4-5]、抗癌^[6-7],在我国传统医药工业中已有 4000 多年的历史。人参中活性成分主要有皂苷、多糖、挥发油、氨基酸等^[8-9],研究最多的是人参皂苷和人参多糖。鲜人参采收后炮制以防止其霉变、虫害,避免有效成分流失,更方便储藏和应用,有生晒参、红参、模压红参、黑参、大力参和活性参等不同炮制品。人参挥发性成分气味独特,经过炮制后气味不同。炮制使人参皂苷、多糖、挥发油等成分和含量发生变化,功效也不同。有研究表明生晒参中炔醇类物质较蒸制过的炮制品中含量高^[10],有抗菌消炎作用^[11-12],降压、抗疲劳功效也更强^[13-14],而经高温蒸制的红参抗肿瘤、耐缺氧和抗氧化活性更强^[15-17]。其中 β -榄香烯抗癌^[18-19]和 β -石竹烯的抗炎、镇痛、脑缺血再灌注损伤作用已开展相对深入研究^[20-23]。

传统挥发油检测多采用水蒸气蒸馏法、超临界萃取和有机溶剂萃取法进行提取^[24-25],气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)检测^[10,26]。顶空固相微萃取(headspace solid-phase microextraction, HS-SPME)技术是不需有机溶剂、安全环保的样品预处理方法,广泛应用在环境、食品和药品检测等领域^[27-28],尤其适用于挥发性成分检测。顶空固相微萃取与气相色谱-质谱法是检测食品风味物质的主要手段,因此本研究采用 HS-SPME-GC-MS 技术检测挥发性成分的整个流程高效环保。使用同一批鲜人参经过通用炮制工艺制成生晒参、红参和模压红参样品,降低因水蒸气蒸馏等传统方法提取不充分、提取介质不同等因素引起挥发性成分测定结果的不确定度,分析其挥发性成分组成和含量变化,为人参产品开发及其炮制研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

人参样品为 5 年生园参,样品购自中国万良人参市场,经加工制成生晒参、红参和模压红参,粉碎后粉末过 200 目筛,于室温密封保存,待分析。

正己烷(分析纯,国药集团化学试剂有限公司); C7~C30 正构烷烃混合标准物质溶液(美国 Sigma 公司); 水为超纯水。

7890N-5975C 安捷伦气相色谱质谱联用仪(美国安捷伦公司); BT125D 电子天平(0.01 mg, 北京赛多利斯仪器有限公司); Milli-Q 超纯水机(上海靖虎机电科技有限公司); CF-11 型热风循环烘箱(南京远洋干燥制冷设备厂); XY-120 型洗药机、GF300AX 中药粉碎机(天津中药机械厂); 不锈钢蒸汽灭菌锅(上海三申医疗器械有限公司); A23L5 型蒸参柜(辽宁中书堂黑参有限公司); GLYJHS-04-1 小型压力机(沈阳工良液压设备有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 炮制方法

生晒参: 鲜园参在 40~50 °C 下干燥直至含水量低于 12%。

红参: 鲜园参经过清洗,在 98 °C 下蒸制 3 h,蒸熟后在 70 °C 密闭室中干燥至含水量小于 12%。

模压红参: 将由鲜园参制成的红参用水浸渍,在 100 °C 熏蒸 18~20 min 软化,然后放入独特的模具中加压 400 kPa 进行塑形,最后在 30 °C 下再次干燥,直至含水量小于 12%。

1.2.2 HS-SPME 程序

使用的 SPME 纤维是 100 μ m 聚二甲基硅氧烷萃取头(polydimethylsiloxane, PDMS)。将炮制好的干燥样品用中药粉碎机粉碎过 200 目筛得样品粉末,精确量取 1.0 g 样品粉末密封在 20 mL 顶空萃取瓶中,萃取头穿过顶空瓶密封塞插入萃取瓶,PDMS 顶空固相微萃取针在 70 °C 条件下顶空萃取 60 min, 回收萃取光纤,插入气质联用仪进样口,在 GC 进样口解吸 1 min。

(1) 气相色谱与质谱条件

色谱条件: 采用 HP-1 (100% 二甲基聚硅氧烷)毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μ m),载气为高纯氮气(99.9999%),不分流进样,恒定流速为 1 mL/min,初始正常压力为 8.13 psi。进样口温度为 250 °C 和 300 °C。采用程序升温,初始温度 60 °C 保持 3 min,然后以 5 °C/min 升高到 250 °C,保持 41 min。

质谱条件: 离子源温度 250 °C,电离方式为电子轰击(electron impact, EI),电离能 70 eV。质量扫描范围: 20~650 amu,检测器的温度为 300 °C。

(2) 定性鉴定与相对定量分析

取 C7~C30 正构烷烃混合对照品,在 1.2.2 (1)项条件下进样,采用 AMDIS 进行自动质谱退卷积处理,计算目标成分的保留指数(retention index, RI)与已有参考文献的保

留指数[<http://webbook.nist.gov/chemistry/>搜索文献(HP-1 色谱柱)]对比, 结合其质谱数据(2008 版 NIST 质谱数据库)和 RI 对挥发性成分进行定性鉴定; 定量是采用峰面积归一化法, 确定各组分相对百分含量。

1.3 数据处理

主成分分析采用统计学分析软件 Multibase (2015 版)。根据软件对数据矩阵的自动降维和多元统计学分析功能, 用于对样本进行主成分分析等数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同加工品挥发性成分组成

HS-SPME-GC-MS 法测定不同人参炮制品挥发性成分含量分布情况见图 1, 总离子色谱图如图 2 所示, 结果表明, 人参炮制品的挥发性成分物质组成基本一致, 由萜烯类、萜烯醇类和烷烃类组成。共鉴定出 38 种成分(表 1), 生晒参中鉴定出 33 种, 其中萜烯类 24 种、萜烯醇类 5 种、烷烃类 4 种。在红参中鉴定出 35 种, 包括 27 种萜烯、6 种萜烯醇和 2 种烷烃。在模压红参中鉴定出 34 种, 包括 27 种萜烯、6 种萜烯醇和 1 种烷烃。有研究发现, 倍半萜与植物的风味密切相关^[29], 而且倍半萜类成分是人参挥发油主要物质约占 40%^[30]。本研究也证实了倍半萜类是人参挥发性成分的主要物质, 而且红参(91.46%)和模压红参(88.17%)含量高于生晒参(85.19%)。炮制加热条件下易发生加成反应, 红参和模压红参萜烯类含量与生晒参相比总量升高, 而萜烯醇总量降低, 由此可见, 倍半萜类结构相似的化合物可以相互转化。

3 种炮制品主要倍半萜类成分有 β -古芸烯、 β -合金欢烯、 γ -榄香烯、 β -榄香烯、 α -甘香烯、香树烯、 α -石竹烯、 α -新丁香三环烯、 β -石竹烯、 β -人参烯和斯巴醇。与生晒参相比, 高温加热(红参和模压红参)致使斯巴醇等少部分化合物含量损失, 而大部分物质例如 β -合金欢烯、 β -榄香烯、 γ -榄香烯、 α -石竹烯等经过反应含量升高, 并且会形成新化合物 α -马榄烯、喇叭烯、杜松醇、佛术烯和 β -花柏烯(模压红参), 但经过二次加热也会致使部分物质损失, 例如 γ -榄香烯由生晒参含有 8.872% 转化后高达 11.444%(红参), 模压红参中又下降到 10.949%。斯巴醇是聚炔醇类物质, 药理实验表明能降低自发性高血压大鼠动脉压、有抗血小板凝集活性, 使生晒参在降压、降血脂方面的作用也更加明显。越来越多的研究发现, β -榄香烯有抗肿瘤特性, α -石竹烯和 β -石竹烯有消炎、治疗脑缺血再灌注损伤作用, 因此红参抗肿瘤、抗氧化活性优于生晒参。

2.2 主成分分析

将各炮制品采集的数据导入软件, 以样本的峰面积为特征值, 将数据标准化后进行 PCA 分析, 由图 3A 中可看到第一成分的贡献率为 72.9%, 第二成分贡献率为 27.1%, 累计贡献率达到 100%, 2 个主成分完全能说明数据的变化趋势。在此评分图中, 不同人参炮制品在主成分空

间中的分布十分分散, 说明生晒参、红参和模压红参的挥发性成分和含量存在一定差异。

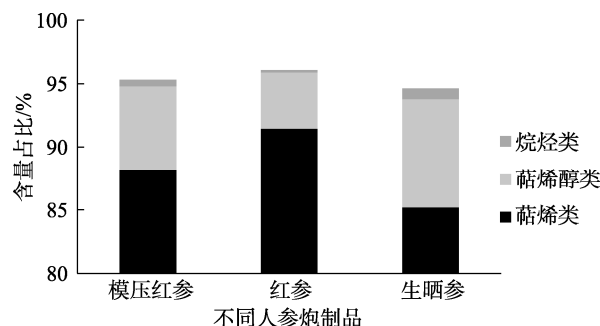
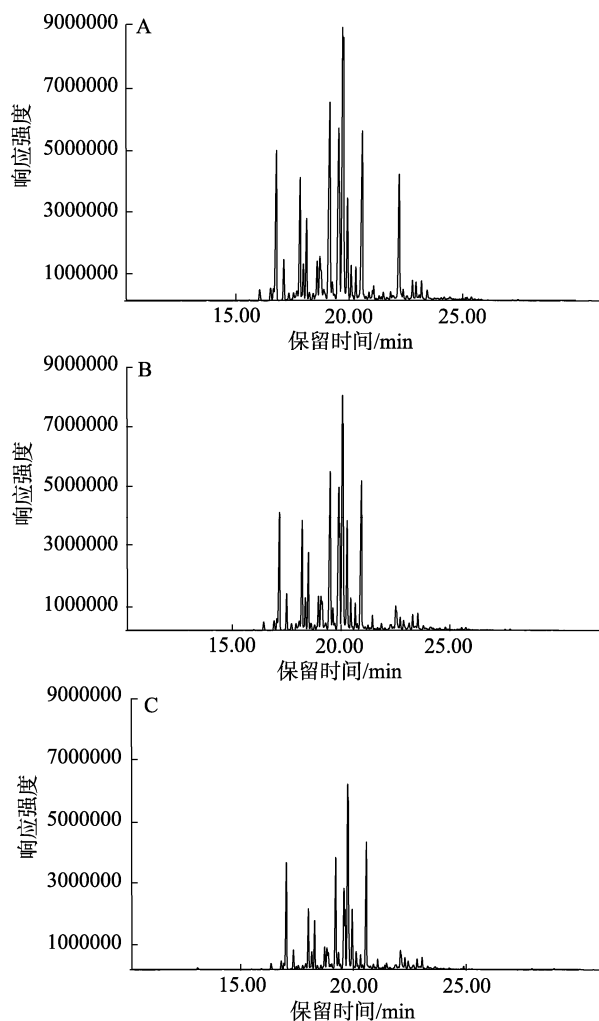


图 1 不同人参炮制品挥发性成分含量分布情况

Fig.1 Distribution of volatile components in different *Panax ginseng* C.A Meyer processed products



注: A. 生晒参总离子流色谱图; B. 红参总离子流色谱图; C. 模压红参总离子流色谱图。

图 2 顶空固相微萃取生晒参、红参和模压红参挥发性成分的总离子流色谱图

Fig.2 Total ion flow chromatograms of volatile flavor compounds extracted by HS-SPME from dried raw ginseng, red ginseng and moulding red ginseng

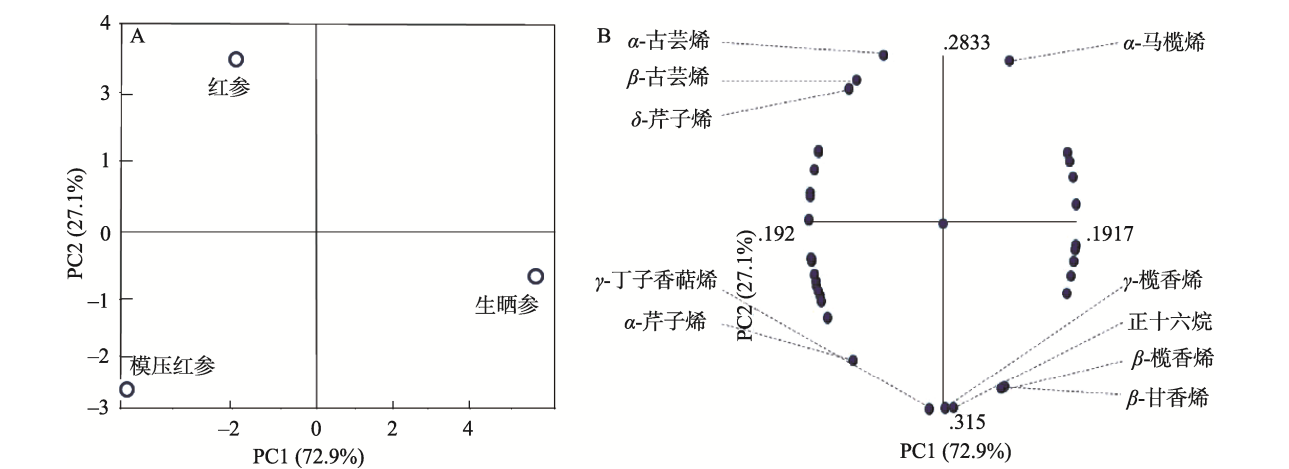
表 1 采用 HS-SPME-GC-MS 法测定人参制品中挥发性成分的保留时间和色谱面积百分比
Table 1 Retention times and chromatographic area percentages of the volatile compounds extracted from *Panax ginseng* C.A Meyer products by HS-SPME-GC-MS

分类	保留时间/min	保留指数	成分	相对面积比/%		
				模压红参	红参	生晒参
萜烯类	16.509	1318.8	β -甘香烯	0.710	0.748	0.602
	16.750	1326.5	α -甘香烯	8.369	8.712	6.891
	17.120	1341.2	雪松烯-V6	1.643	1.457	1.682
	17.845	1368.8	β -人参烯	4.528	4.589	5.214
	18.016	1375.9	γ -古芸烯	1.401	1.424	1.637
	18.151	1381.3	β -榄香烯	3.533	3.522	3.322
	18.287	1386.2	γ -丁子香萜烯	0.415	0.387	0.420
	18.456	1392.6	α -古芸烯	0.412	0.338	0.382
	18.655	1400.5	δ -芹子烯	1.915	2.172	1.869
	18.762	1406.6	3,7(11)-桉叶二烯	1.788	1.971	1.64
	18.833	1406.9	马兜铃烯	1.346	1.361	1.373
	18.925	1410.1	檀香烯	0.370	0.316	0.852
	19.011	1416.9	α -马榄烯	0.539	0.592	ND
	19.181	1420.2	β -古芸烯	9.532	12.187	11.608
	19.345	1428.0	佛手柑油烯	1.456	1.241	0.909
	19.437	1431.7	佛术烯	0.457	0.423	ND
	19.587	1437.1	α -新丁香三环烯	6.528	7.163	8.629
	19.658	1439.5	α -石竹烯	3.357	2.713	2.137
	19.778	1444.7	β -合金欢烯	11.847	11.406	10.768
	19.814	1446.9	香树烯	8.042	8.573	7.718
	20.006	1453.6	β -石竹烯	5.016	4.855	4.698
	20.206	1462.7	α -芹子烯	1.422	1.352	1.321
	20.255	1465.0	β -花柏烯	0.276	ND	ND
	20.432	1471.3	β -瑟林烯	1.111	1.117	1.210
	20.525	1475.5	喇叭烯	0.408	0.170	ND
	20.715	1483.2	γ -榄香烯	10.949	11.444	8.872
	23.013	1579.9	氧化石竹烯	ND	0.493	0.963
萜烯醇类	21.271	1507.5	β -杜松烯	0.802	0.737	0.480
	21.712	1525.0	广藿香醇	0.614	0.507	0.389
	22.394	1553.9	斯巴醇	2.592	1.657	6.580
	22.622	1564.1	蓝桉醇	0.995	0.704	0.475
	22.778	1569.9	喇叭茶醇	0.885	0.661	0.322
	23.482	1600.2	人参新萜醇	0.885	0.640	0.825
	24.122	1627.0	杜松醇	0.650	0.255	ND
	21.051	1497.1	正十五烷	0.515	0.1425	0.403
烷烃类	23.380	1595.5	正十六烷	ND	ND	0.267
	25.589	1694.0	正十七烷	ND	0.052	0.118
	27.688	1792.5	正十八烷烃	ND	ND	0.037
总含量/%				95.308	96.073	94.613

注: ND 为未检出。

载荷图如图 3B 所示, 可以看出 38 个组分峰分布比较分散, 表明不同炮制品的人参挥发性成分组成相似, 含有共有成分外, 部分成分及其含量上具有一定的差异。通过第一主成分(PC1)能清晰地呈现生晒参、红参和模压红参的差异。另外, 表 2 中主成分 1 和主成分 2 数值大的成分($\geq \pm 0.19$), 也是在图 3B 中较分散的点, 是人参炮制品差异的关键变量。生晒参的挥发性成分主要集中在第一主成分正半轴第二主成分负半轴, 贡献率最大的是 γ -榄香烯、 β -榄

香烯、 β -人参烯、 α -甘香烯、马兜铃烯、 β -花柏烯、氧化石竹烯。 γ -丁子香烯、 α -芹子烯、 β -石竹烯、人参萜醇、斯巴醇、 β -杜松烯、香树烯、 α -石竹烯和蓝桉醇在 PC2 和 PC1 负半轴, 与模压红参在图 3A 有相同位置, 说明各成分含量在模压红参中更高。在 PC1 负半轴 PC2 正半轴, α -古芸烯、 β -合金欢烯、 δ -芹子烯、喇叭烯、檀香烯、 γ -古芸烯、佛手柑油烯的贡献率大, 它们也正是红参中的主要挥发性成分。



注: A. PCA 分析得分图; B. PCA 分析载荷图。
图 3 不同加工工艺提取的人参特征挥发性成分主成分得分图和载荷图
Fig.3 Plot of PCA of characteristic volatile compound extracted from *Panax ginseng* C.A Meyer according to different processed technologies

表 2 HS-SPME 法提取人参中特征挥发物的峰面积比主成分分析结果							
Table 2 PCA results of peak area ratio of characteristic volatile compound extracted from <i>Panax ginseng</i> C.A Meyer by HS-SPME							
序号	成分	主成分 1 (PC1)	主成分 2 (PC2)	序号	成分	主成分 1 (PC1)	主成分 2 (PC2)
1	β -甘香烯	-0.18	0.12	20	香树烯	-0.18	-0.10
2	α -甘香烯	0.09	-0.28	21	β -石竹烯	-0.17	-0.16
3	雪松烯-V6	0.19	-0.04	22	α -瑟林烯	-0.13	-0.23
4	β -人参烯	0.19	-0.04	23	β -花柏烯	0.19	-0.05
5	γ -古芸烯	-0.19	0.05	24	β -瑟林烯	-0.18	-0.13
6	β -榄香烯	0.08	-0.28	25	喇叭烯	-0.18	0.12
7	γ -丁子香萜烯	-0.02	-0.31	26	γ -榄香烯	0	-0.32
8	α -古芸烯	-0.08	0.28	27	正十五烷	-0.19	0.01
9	δ -芹子烯	-0.14	0.22	28	β -杜松烯	-0.18	-0.09
10	3,7(11)-桉叶二烯	0.18	0.12	29	广藿香醇	0.18	-0.12
11	马兜铃烯	0.18	-0.09	30	斯巴醇	-0.18	-0.12
12	檀香烯	-0.18	0.09	31	蓝桉醇	-0.19	-0.06
13	α -马榄烯	0.10	0.27	32	喇叭茶醇	0.18	0.10
14	β -古芸烯	-0.19	-0.06	33	氧化石竹烯	0.19	-0.07
15	佛手柑油烯	-0.19	0.04	34	正十六烷	0.01	-0.31
16	佛术烯	0.19	0.03	35	人参新萜醇	-0.17	-0.13
17	α -新丁香三环烯	-0.18	-0.11	36	杜松醇	0.19	0.08
18	α -石竹烯	-0.19	-0.07	37	正十七烷	0.19	-0.07
19	β -合金欢烯	-0.12	0.24	38	正十八烷烃	0	0

3 结论与讨论

中药材产地加工与炮制引起其化学成分的生物转化与积累,正是这些物质发生的化学变化导致中药炮制前后药材色泽、气味、质地等外观性状和药性、功能改变。有学者研究^[31]葶苈子经炒制后芥子苷含量明显提高增强了止咳的作用,青翘经沸水煮可抑制酶的活性从而增加连翘酯苷 A 的含量。杀青烘干的金银花中绿原酸比鲜品晒干的高 12.8%,比鲜品阴干的高 24.9%,木犀草苷比鲜品晒干的高 7.8%,比鲜品阴干的高 54.3%。茜草饮片分别以 200、220、240、260 °C 烘制 15 min,茜草生品总蒽醌含量 8.63 mg/g,炒炭后含量减少,200、220、240、260 °C 烘制后总蒽醌含量分别为 5.2、3.56、3.07、1.03 mg/g,呈现出随温度升高含量降低趋势。熏干、晒干、晾干的当归挥发油及阿魏酸的含量有明显差异,挥发油含量依次为 0.82%、0.74%、0.65%,阿魏酸含量分别为 0.56、0.27、0.15 mg/g,以熏干品中含量最高。在人参红参加工过程中,丙二酸单酰基人参皂苷 Rb1、Rb2、Rc、Rd 受热分解,脱去丙二酸形成相应的人参皂苷 Rb1、Rb2、Rc、Rd,继续分解生成次级产物,部分天然 S-构型的人参皂苷转变成 R-构型。随着对中药材质量要求的提高,产地加工与炮制已经成为中药研究的重要环节。

人参的特异性气味来源于挥发性成分,确切地说是与倍半萜类物质含量密切相关。有研究人员在红参加工时收集带有人参气味的水蒸气,冷凝后形成的蒸参露,检测发现主要含有大量 β -榄香烯、人参炔醇等为主半萜及倍半萜类物质^[32]。本研究从制备不同人参炮制品的关键工艺分析,红参需要高温加热处理数小时,模压红参是由红参再高温加热加压塑形而成,唯有生晒参是经过 30~50 °C 低温加热干燥制成。根据气相色谱-质谱法的结果可知,本研究的 3 种人参炮制品挥发性物质主要是萜烯类、萜烯醇类和烷烃类成分,物质组成一致,具体成分和含量有一定差异。人参挥发性成分变化、含量增减均与炮制方法息息相关,尤其是炮制温度的影响显著。本研究发现加热使 18 种萜烯类、3 种萜烯醇类物质含量呈现增长趋势(包含新生成物质 3 种),5 种萜烯类和 4 种烷烃类物质含量下降。质谱结果显示生晒参、红参和模压红参的 α -甘香烯、 β -人参烯、 β -古芸烯、 β -合金欢烯、 α -新丁香三环烯、 β -石竹烯、 γ -榄香烯、香树烯等共有峰明显,也同时存在差异性成分,如佛术烯、 α -马榄烯、喇叭烯、 β -花柏烯、杜松醇。

虽然本研究中的生晒参、红参和模压红参的原料都是同一批鲜园参,因人参挥发性成分的特征性成分倍半萜类物质的分布受炮制方法、人参品种和参龄及产地^[33-36]等因素影响,其成分组成和含量发生变化,在临床应用也不同,不能相互替代。目前还缺乏对人参挥发性成分转化的机制研究和转化路径的研究,因此,未来的发展与研究方向应该对人参炮制工艺的规范化、标准化、规模化研究,从化

学角度探索炮制对其影响,统一人参炮制品质量以适应现代的市场需求。

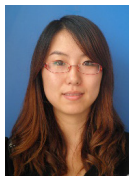
参考文献

- [1] DONG LM, WANG Y, LV JW, *et al.* Memory enhancement of fresh ginseng on deficits induced by chronic restraint stress in mice [J]. *Nutr Neurosci*, 2017, 22(2): 1-8.
- [2] KANG OH, SHON MY, KONG R, *et al.* Anti-diabetic effect of black ginseng extract by augmentation of AMPK protein activity and upregulation of GLUT2 and GLUT4 expression in db/db mice [J]. *BMC Comp Altern M*, 2017, 17(1): 341-351.
- [3] AYAZ NO, ALNAHDI HS. Potential impact of *Panax ginseng* against ethanol induced hyperlipidemia and cardiac damage in rats [J]. *Pak J Pharm Sci*, 2018, 31(3): 927-932.
- [4] 刘飞祥, 林子璇, 张怀亮, 等. 人参抗疲劳的作用机制和潜在靶点研究 [J]. *中国中药杂志*, 2019, 44(24): 5479-5487.
LIU FX, LIN ZX, ZHANG HL, *et al.* Analysis of anti-fatigue mechanism and potential targets of ginseng [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2019, 44(24): 5479-5487.
- [5] FENG L, LIU XM, CAO FR, *et al.* Anti-stress effects of ginseng total saponins on hindlimb-unloaded rats assessed by a metabolomics study [J]. *J Ethnopharmacol*, 2016, 188: 39-47.
- [6] 于学涛, 王淑萍. 人参皂苷 Rg3 联合化疗治疗对胃癌术后患者的临床观察 [J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2010, 17(10): 779-781.
YU XT, WANG SP. Clinical observation on treatment for postoperative gastric cancer by ginseno-side Rg3 combined with chemotherapy [J]. *Chin J Cancer Prev Treat*, 2010, 17(10): 779-781.
- [7] VAYGHAN HJ, GHADIMI SS, NOURAZARIAN AR. Preventive and therapeutic roles of ginseng-focus on colon cancer [J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2014, 15(2): 585-588.
- [8] 宋奇. 人参化学成分和药理作用研究进展 [J]. *人参研究*, 2017, 29(2): 47-54.
SONG Q. Research progress on chemical constituents of *Panax ginseng* and their pharmacological effects [J]. *Ginseng Res*, 2017, 29(2): 47-54.
- [9] 张彩, 史磊. 人参化学成分和药理作用研究进展 [J]. *食品与药品*, 2016, 18(4): 300-304.
ZHANG C, SHI L. Progress on chemical constituents and pharmaceutical effects of ginseng [J]. *Food Drug*, 2016, 18(4): 300-304.
- [10] 王微, 郑飞, 葛岩, 等. 气相色谱-三重四极杆质谱分析人参炮制品中的挥发性成分 [J]. *应用化学*, 2017, 34(8): 965-970.
WANG W, ZHENG F, GE Y, *et al.* Analysis of volatile components in processed ginseng by GC-MS/MS [J]. *Chin J Appl Chem*, 2017, 34(8): 965-970.
- [11] ZHAO Y, SUN X, ZHANG T, *et al.* Study on the antidepressant effect of panaxynol through the I κ B- α /NF- κ B signaling pathway to inhibit the excessive activation of BV-2 microglia [J]. *Biomed Pharmacoth*, 2021, 138: 111387.
- [12] CHAPARALA A, POUDYAL D, TASHKANDI H, *et al.* Panaxynol, a bioactive component of American ginseng, targets macrophages and suppresses colitis in mice [J]. *Oncotarget*, 2020, 11(22): 2026-2036.
- [13] KIM YS, JUNG WS, PARK SU, *et al.* The anti-hypertensive effect of ginseng in patients with mild hypertension [J]. *Oriental Pharm Exp M*, 2008, 7(5): 494-500.
- [14] 黄超. 人参及其炮制品对小鼠耐缺氧和抗疲劳能力的作用分析 [J]. *临床合理用药杂志*, 2019, 12(4C): 101-102.

- HUANG C. 人参及其炮制品对小鼠耐缺氧和抗疲劳能力的作用分析[J]. Chin J Clin Rational Drug Use, 2019, 12(4C): 101–102.
- [15] 赵远, 戴佳丽, 吕佳, 等. 人参及其炮制品对小鼠耐缺氧抗疲劳作用的研究[J]. 辽宁中医杂志, 2014, 41(5): 1040–1042.
- ZHAO Y, DAI JL, LV J, *et al.* Compare ginseng and its processed products effect on mice hypoxia and antifatigue function [J]. Liaoning J Tradit Chin Med, 2014, 41(5): 1040–1402.
- [16] SOHN J, LEE CH, CHUNG DJ, *et al.* Effect of petroleum ether extract of *Panax ginseng* roots on proliferation and cell cycle progression of human renal cell carcinoma cells [J]. Exp Mol Med, 1998, 30(1): 47–51.
- [17] 樊伟旭, 詹志来, 侯芳洁, 等. 红参的化学成分及药理作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33: 137–149.
- FAN WX, ZHAN ZL, HOU FJ, *et al.* Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Ginseng radix et Rhizoma Rubra* [J]. Nat Prod Res Dev, 2021, 33: 137–149.
- [18] 杨玲, 但丹, 朱锐, 等. β -榄香烯抑制肝星状细胞表达 ANGII 及 RhoA/ROCK 信号[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(4): 458–462.
- YANG L, DAN D, ZHU R, *et al.* β -elemene inhibits expression of ANG and RhoA/ROCK signaling in hepatic stellate cells [J]. China J Chin Mater Med, 2009, 34(4): 458–462.
- [19] 徐莉英, 张兴忠, 杜惠莲, 等. β -榄香烯氨基酸衍生物的合成及抗肿瘤活性[J]. 中国药物化学杂志, 2013, 23(3): 169–175.
- XU LY, ZHANG XZ, DU HL, *et al.* Synthesis and antitumor activity of β -elemene derivatives bearing amino acid moiety [J]. Chin J Mater Med Chem, 2013, 23(3): 169–175.
- [20] GHELARDINI C, GALEOTTI N, DI CML, *et al.* Local anaesthetic activity of beta-caryophyllene [J]. Farmaco, 2001, 56(5–7): 387–389.
- [21] YUKIHIRO T, HITOMI T, GISHO H, *et al.* Gastric cytoprotection of the non-steroidal anti-inflammatory sesquiterpene, β -caryophyllene [J]. Planta Med, 1996, 62(5): 469–470.
- [22] CHO JY, CHANG HJ, LEE SK, *et al.* Amelioration of dextran sulfate sodium-induced colitis in mice by oral administration of beta-caryophyllene, a sesquiterpene [J]. Life Sci, 2007, 80(10): 932–939.
- [23] 李然然, 董志, 曹光秀, 等. β -石竹烯对脑缺血再灌注大鼠血脑屏障的保护作用[J]. 中国新药与临床杂志, 2016, 35(3): 204–209.
- LI RR, DONG Z, CAO GX, *et al.* Protective effects of β -caryophyllene on blood- brain barrier of rats following cerebral ischemia and reperfusion injury [J]. Chin J New Drug Clin Remed, 2016, 35(3): 204–209.
- [24] 李铁纯, 侯冬岩, 回瑞华, 等. 两种方法提取人参花蕾中挥发性化学成分的分析[J]. 鞍山师范学院学报, 2021, 23(4): 39–42.
- LI TC, HOU DY, HUI RH, *et al.* Analysis of volatile chemical constituents from ginseng flower buds by two methods [J]. J Anshan Normal Univ, 2021, 23(4): 39–42.
- [25] 陈杨胜. 红参复合提取工艺研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- CHEN YS. Study on comprehensive extraction technologies for utilization of red ginseng [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2010.
- [26] 刘婷婷, 刘鸿铖, 樊红秀, 等. 人参脂溶性成分提取工艺优化及其 GC-MS 分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 239–243.
- LIU TT, LIU HC, FAN HX, *et al.* Optimization of extraction process for lipid-soluble components in ginseng and its GC-MS analysis [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(9): 239–243.
- [27] NACÉRA B, HAMDI B, PERON G, *et al.* Composition and profiling of essential oil, volatile and crude extract constituents of *Micromeria inodora* growing in western Algeria [J]. J Pharm Biomed Anal, 2021, 195: 1–10.
- [28] LI HH, GENG WH, SULEIMAN AH, *et al.* Identification of characteristic volatiles and metabolomic pathway during pork storage using HS-SPME-GC/MS coupled with multivariate analysis [J]. Food Chem, 2022, 373: 1–10.
- [29] MIAO Q, ZHAO XS, YANG MH, *et al.* Research progress in chemical constituents and harmful substances in aromatic plants [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2013, 44(8): 1062–1068.
- [30] AKHTER KF, MUMIN MA, LUI EMK, *et al.* Fabrication of fluorescent labeled ginseng polysaccharide nanoparticles for bioimaging and their immunomodulatory activity on macrophage cell lines [J]. Int J Biol Macromol, 2017, 109(1): 254–262.
- [31] 孙嘉辰, 李霞, 王莹, 等. 中药加工炮制过程中质量标志物的研究进展[J]. 中草药, 2020, 51(10): 2593–2602.
- SUN JC, LI X, WANG Y, *et al.* Research progress of quality marker during Chinese materia medica processing [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2020, 51(10): 2593–2602.
- [32] 谢丽娟, 李健豪, 苑冰冰, 等. 红参加工副产物蒸露主要化学成分分析[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(2): 153–159.
- XIE LJ, LI JH, YUAN BB, *et al.* Analysis of main chemical components of steamed ginseng dew a by-product of red ginseng processing [J]. Food Res Dev, 2021, 42(2): 153–159.
- [33] 朱丽娟. 不同原料参和加工方法对其加工品红参品质的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- ZHU LJ. Study on the raw materials and processing method of red ginseng [D]. Nanjing: Najing Agriculture University, 2013.
- [34] 王庆喜. 人参有效成分糖类, 挥发油及无机元素的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- WANG QX. Study on bioactive ingredients of saccharides, volatile oils and inorganic elements from *Panax ginseng* C. A. Mayer [D]. Changchun: Jilin University, 2016.
- [35] 吴雪松, 叶正良, 郭巧生, 等. 东北不同产地人参及其加工品外观性状及非皂苷类成分比较分析[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(16): 2383–2387.
- WU XS, YE ZL, GUO QS, *et al.* Comparison on appearance and non-ginsenoside composition in *Panax ginseng* and its products processed from different producing areas in northeast China [J]. China J Chin Mater, 2012, 37(16): 2383–2387.
- [36] 赵锦花, 杨翠, 王娟, 等. 长白山不同区域人参中挥发性、半挥发性成分的研究[J]. 延边大学学报(自然科学版), 2014, 40(1): 85.
- ZHAO JH, YANG C, WANG J, *et al.* Study on volatile and semi-volatile compounds of ginseng in different area of Changbai Mountain [J]. J Yanbian Univ (Nat Sci Ed), 2014, 40(1): 85.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



赵 卉, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为检测分析。

E-mail: 308297222@qq.com



崔丽丽, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为药用植物资源与质量评价。

E-mail: cbscui@126.com