

## 不同炮制方法对路路通中挥发性成分的影响

刘杰英<sup>1</sup>, 杨长福<sup>1,2</sup>, 张明<sup>3</sup>, 张娜<sup>1</sup>, 李玮<sup>1,2</sup>, 张雪丽<sup>1</sup>, 林昶<sup>1,2\*</sup> (1. 贵州中医药大学, 贵州贵阳 550025; 2. 贵州中医药大学林下中药材研究中心, 贵州贵阳 550025; 3. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵州贵阳 550002)

**摘要** [目的] 研究路路通清炒法、砂烫法对路路通中挥发性成分的影响。[方法] 采用顶空-固相微萃取法(HS-SPME)提取路路通生品及炮制品挥发性成分, 运用气相色谱-质谱联用法(GC-MS)分析并鉴定其挥发性成分, 经峰面积归一化法计算各成分的相对质量分数。[结果] 从路路通生品、清炒品和砂烫品中分别鉴定出 65、71 和 80 种化合物, 分别占其挥发性成分总含量的 74.08%、71.45% 和 74.14%。与生品相比, 清炒品、砂烫品中烯类成分种类及相对质量分数显著增加; 清炒品、砂烫品中酮类相对质量分数显著减少。清炒后挥发油中烯类成分种类从 22 种增加到 29 种, 相对质量分数从 19.15% 增加到 40.61%; 砂烫后挥发油中烯类成分种类从 22 种增加到 36 种, 相对质量分数从 19.15% 增加到 43.62%。清炒后挥发油中酮类成分相对质量分数从 22.27% 减少到 9.10%, 砂烫后挥发油中酮类成分相对质量分数从 22.27% 减少到 6.51%。清炒路路通新产生了 7 种萜烯类成分, 砂烫路路通新产生了 14 种萜烯类成分, 砂烫法较清炒法多增加 7 种萜烯类成分。[结论] 清炒法、砂烫法炮制后, 路路通挥发油中烯类成分的种类及相对质量分数显著升高, 酮类成分相对质量分数显著降低, 砂烫品中新增萜烯类成分较清炒品多。研究结果为不同炮制方法的炮制工艺研究提供试验依据。

**关键词** 路路通; 炮制方法; 顶空-固相微萃取; 气相色谱-质谱联用; 挥发性成分

中图分类号 R 283.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)10-0152-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.10.034

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effect of Different Processing Methods on Volatile Components in *Liquidambar formosana* Hance

LIU Jie-ying<sup>1</sup>, YANG Chang-fu<sup>1,2</sup>, ZHANG Ming<sup>3</sup> et al (1. Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang, Guizhou 550025; 2. Research Center of Traditional Chinese Medicine under Forest of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang, Guizhou 550025; 3. Key Laboratory of Natural Product Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550002)

**Abstract** [Objective] To study the effect of stir-frying and sand-scorching on volatile components of *Liquidambar formosana*. [Method] Head-space solid-phase microextraction (HS-SPME) was used to extract the volatile components of *Liquidambar formosana* raw and processed products, and the volatile components were analyzed and identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and the relative mass fraction of each component was calculated by the peak area normalization method. [Result] 65, 71 and 80 components were respectively identified from *Liquidambar formosana*, the stir-fried product of *Liquidambar formosana* and the sand-scorched product of *Liquidambar formosana* accounted for 74.08%, 71.45% and 74.14% of the total content of volatile components, respectively. The types and the relative mass fraction of alkenes in the stir-fried product and the sand-scorched product of *Liquidambar formosana* were significantly higher than those in raw product; the relative mass fraction of ketones in stir-fried products and sand-scorched products of *Liquidambar formosana* were significantly reducer than those in raw product. After stir-frying, the types of alkenes increased from 22 to 29 in the volatile oil, and the relative mass fraction increased from 19.15% to 40.61%. After sand-scorching, the types of alkenes increased from 22 to 36 in the volatile oil, and the relative mass fraction increased from 19.15% to 43.62%. After stir-frying, the relative mass fraction of ketones decreased from 22.27% to 9.10% in the volatile oil, and after sand-scorching, ketones decreased from 22.27% to 6.51% in the volatile oil. Compared with *Liquidambar formosana*, 7 kinds of terpen ingredients were produced in stir-fried products, 14 kinds of terpen ingredients were produced in sand-scorched products, sand-scorched method increased 7 terpen ingredients more than stir-fried method. [Conclusion] After stir-frying and sand-scalding, the types and relative mass fractions of alkenes in the volatile oil of *Liquidambar formosana* are significantly increased, while the relative mass fractions of ketones is significantly decreased, more terpen ingredients are added in the sand-scorched product than in the stir-fried product. The results provides experimental basis for the study on processing technology of different processing methods.

**Key words** *Liquidambar formosana* Hance; Processing method; HS-SPME; GC-MS; Volatile components

路路通为金缕梅科植物枫香树(*Liquidambar formosana* Hance)的干燥成熟果序, 主产江苏、浙江、江西、福建、广东等省, 具有利水除湿、祛风通络、明目通乳的功效<sup>[1]</sup>。路路通多用于炎症、关节痛、脑血管病、肿瘤等治疗<sup>[2]</sup>。路路通中存在大量的挥发油<sup>[3]</sup>, 具有抑制微生物作用<sup>[2]</sup>。目前, 关于路路通挥发性成分的研究主要集中在不同产地成分分析<sup>[4]</sup>、药理药效研究<sup>[2]</sup>等方面, 而关于炮制对路路通中挥发性成分的影响方面的研究鲜有报道。路路通常用炮制方法为清炒法, 砂烫法为贵州特色炮制方法<sup>[5-6]</sup>。该研究采用顶空-固相微萃取法(HS-SPME)和气相色谱-质谱联用法(GC-MS)对路路

通生品及炮制品中的挥发性成分进行分析, 探寻清炒法和砂烫法对路路通中挥发性成分的影响。

#### 1 材料与方法

**1.1 仪器** HP 6890/5975 C 气相色谱-质谱联用仪(美国安捷伦公司); HP-5 MS 弹性石英毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm); 手动固相微萃取装置(美国 Supelco 公司); 萃取纤维, 2 cm-50/30 μm DVB/CAR/PDMS Stable Flex; 电子天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司); 多功能粉碎机(永康市金穗机械制造有限公司)。

**1.2 药材** 路路通采于湖北, 由贵州同济堂有限公司提供, 经贵州中医药大学孙庆文教授鉴定为金缕梅科植物枫香树(*Liquidambar formosana* Hance)的干燥成熟果序。炮制品为实验室自制。

#### 1.3 试验方法

**1.3.1 样品制备。**

**基金项目** 贵州食品药品监督管理局项目(DBYP52524)。

**作者简介** 刘杰英(1995—), 女, 山西吕梁人, 硕士研究生, 研究方向: 中药及民族药的基础研究与开发。\* 通信作者, 副教授, 硕士, 硕士生导师, 从事中药、民族药产地加工、炮制工艺及机理研究。

**收稿日期** 2021-12-05

(1) 路路通生品。参照 2020 年版《中国药典》一部路路通炮制方法, 除去杂质即得。

(2) 路路通清炒品(以下简称清炒品)。取原药材, 除去杂质, 洗净泥沙, 干燥, 放入烧热的锅中, 用微火加热, 炒脆时取出, 用木板搓去刺尖, 簸净<sup>[5]</sup>。

(3) 路路通砂烫品(以下简称砂烫品)。取净河沙置锅内, 用武火加热至滑利状态, 投入路路通生品, 不断翻动, 炒至表面酥脆、鼓起并呈深棕色或较原色加深时, 取出, 筛去沙, 放凉, 干燥即得<sup>[6]</sup>。

**1.3.2 顶空-固相微萃取条件。**取路路通生品、清炒品和砂烫品粗粉各 0.3 g, 置于 50 mL 顶空采样瓶中, 采用 2 cm-50/30  $\mu$ m DVB/CAR/PDMS Stable Flex 纤维头在 55  $^{\circ}$ C 的平板加热条件下顶空萃取 40 min, 在温度 250  $^{\circ}$ C 下热解析 5 min 进样。

**1.3.3 气相色谱-质谱条件。**

**1.3.3.1 气相色谱条件。**色谱柱为 HP-5MS 弹性石英毛细管柱 (60 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu$ m); 载气为高纯度 He (99.999%); 载气流速 1.0 mL/min; 汽化室温度 250  $^{\circ}$ C; 进样模式为不分流进样; 升温程序: 初始柱温 40  $^{\circ}$ C 内保持 2 min, 以 3  $^{\circ}$ C/min 升温至 208  $^{\circ}$ C, 再以 10  $^{\circ}$ C/min 升温至 268  $^{\circ}$ C, 总运行时间为 64 min。

**1.3.3.2 质谱条件。**离子源为 EI 源, 离子源温度 230  $^{\circ}$ C, 四极杆温度 150  $^{\circ}$ C, 电子能量 70 eV, 发射电流 34.6  $\mu$ A, 倍增器电压 1 894 V, 接口温度 280  $^{\circ}$ C, 质量范围 29~500 amu, 溶剂延迟 3.0 min。

## 2 结果与分析

采用 HS-SPME 技术萃取路路通生品、炒制品和砂烫品

样品中挥发性化合物, 并应用 GC-MS 对其进行分离分析, 分别得到总离子流图(图 1)。对总离子流图的各峰通过 Nist 14 和 Wiley 275 质谱数据库进行检索, 确定挥发性化学成分, 按照面积归一化法确定路路通生品及炮制品中化合物相对质量分数, 具体结果见表 1 所示。从路路通生品鉴定出 65 种成分, 占挥发性成分的 74.08%; 从清炒品中鉴定出 71 种成分, 占挥发性成分的 71.45%; 从砂烫品中鉴定出 80 种成分, 占挥发性成分的 74.14%。生品与炮制品路路通挥发油中主要含有烯类、酮类、醇类、醛类、烃类、酯类、酸类等成分, 其中烯类相对质量分数最高, 在所有组分中占比达 19.15%~43.62%; 生品及炮制品中相对质量分数大于 1% 的主要萜烯类成分有  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯和柠檬烯, 且其在炮制品中的含量高于生品。其次为酮类、醇类、醛类、烃类成分, 相对质量分数分别为 6.51%~22.27%、10.15%~16.02%、5.95%~10.21%、2.23%~7.28%。酯类、酸类成分相对质量分数最低, 分别为 0.24%~0.54%、0.03%~0.05%。

进一步分析生品、清炒品、砂烫品挥发性成分的种类和相对质量分数(图 2~3)发现, 与生品相比, 清炒品和砂烫品中烯类成分的种类及相对质量分数显著增加, 酮类成分相对质量分数显著减少。清炒品中烯类成分种类从 22 种增加到 29 种, 新增 7 种萜烯类成分, 相对质量分数从 19.15% 增加到 40.61%; 砂烫品中烯类成分种类从 22 种增加到 36 种, 新增 14 种萜烯类成分, 相对质量分数从 19.15% 增加到 43.62%, 砂烫品较清炒品多增加 7 种萜烯类成分。清炒品中酮类相对质量分数从 22.27% 减少到 9.10%, 砂烫品中酮类相对质量分数从 22.27% 减少到 6.51%。

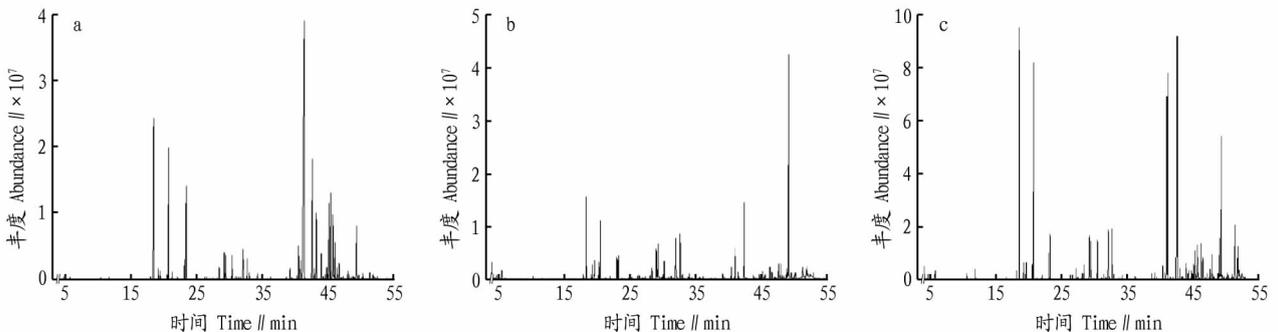


图 1 路路通生品(a)、清炒品(b)和砂烫品(c)总离子流图

Fig.1 Total ion flow diagram of volatile components of raw product (a), stir-frying product (b) and sand-scorching (c) of *Liquidambar formosana*

表 1 路路通及其炮制品挥发性成分

Table 1 The volatile components of *Liquidambar formosana* and its processed products

序号 No.	保留时间 Retention time//min	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula	相对质量分数 Relative mass fraction//%		
				生品 Raw product	清炒品 Stir-fried product	砂烫品 Sand-scorched product
1	5.80	3-甲基丁醛 3-methyl-butanal	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	0.03	0.17	0.20
2	7.01	3-甲基-2-丁酮 3-methyl-2-butanone	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	0.07	0.12	0.06
3	7.97	戊醛 Pentanal	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	0.02	0.06	0.15
4	9.36	4-甲基-2-戊酮 4-methyl-2-pentanone	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0.06	0.14	—

接下表

续表 1

序号 No.	保留时间 Retention time//min	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula	相对质量分数 Relative mass fraction//%		
				生品 Raw product	清炒品 Stir-fried product	砂烫品 Sand-scorched product
5	9.69	异丁酸 isobutyric acid	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0.05	0.03	0.03
6	9.78	2-甲基-3-戊酮 2-methyl-3-pentanone	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0.02	—	—
7	11.12	3-甲基-2-丁醛 3-methyl-2-butanal	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O	0.02	—	—
8	11.68	乙醛 Hexanal	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0.26	0.45	1.04
9	13.18	5-甲基 5-乙烯-2 酮 5-methyl-5-hexen-2-one	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O	0.20	0.07	0.09
10	14.93	己醇 1-hexanol	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	0.05	0.07	0.08
11	16.02	2-戊酮 2-heptanone	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	—	0.04	0.07
12	16.55	庚醛 Heptanal	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	—	0.08	0.45
13	17.71	三环烯 Tricyclene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.05	0.10	0.06
14	17.94	α-崖柏烯 α-thujene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.07	0.12	0.23
15	18.33	α-蒎烯 α-pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	5.30	14.78	16.13
16	19.03	α-茴香烯 α-fenchene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.03	0.09	0.05
17	19.12	莜烯 Camphene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.75	1.65	0.75
18	19.32	6-甲基 2-戊酮 6-methyl-2-heptanone	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	0.57	0.24	0.12
19	19.71	苯甲醛 benzaldehyden	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	0.30	0.13	0.26
20	20.49	香桉烯 Sabinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	—	0.08	0.16
21	20.60	β-蒎烯 β-pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	2.23	4.98	8.33
22	21.02	6-甲基 5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-hepten-2-one	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	0.05	—	0.15
23	21.25	β-月桂烯 β-myrcene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	—	—	0.15
24	21.84	辛醛 Octanal	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	0.05	0.13	0.36
25	22.03	α-水芹烯 α-Phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	0.39	0.44	1.21
26	22.34	δ-3-萜烯 δ-3-carene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	—	0.04	0.15
27	22.66	α-松油烯 α-terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	—	—	0.13
28	22.93	m-伞花烃 m-cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	0.22	0.07	0.06
29	23.08	p-伞花烃 p-cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	5.40	1.45	1.76
30	23.16	2-乙基己醇 2-Ethylhexanol	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	—	0.15	0.22
31	23.31	柠檬烯 Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.06	1.12	1.24
32	24.22	(z)-罗勒烯(Z)-ocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	—	—	0.12
33	24.43	6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮 6-methyl-3,5-heptadien-2-one	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	0.09	—	—
34	24.86	γ-松油烯 γ-terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	—	—	0.06
35	25.32	水合桉烯 Sabinene hydrate	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	—	0.17	0.17
36	26.46	对-伞花烃 p-Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>	1.66	0.71	0.77
37	26.90	芳樟醇 Linalool	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.10	0.12	0.22
38	27.10	壬醛 Nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	0.20	0.43	2.71
39	28.38	α-龙脑烯醛 α-campholene aldehyde	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	1.42	0.98	0.86
40	29.03	诺蒎酮 Nopinone	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	1.80	0.57	0.31
41	29.10	反式松香芹醇 trans-Pinocarveol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	5.04	3.09	3.28
42	29.36	反式马鞭草烯醇 trans-Verbenol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	4.21	2.96	2.15
43	30.30	松香芹酮 Pinocarvone	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	5.83	2.74	1.90
44	30.43	冰片 Borneol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.11	0.27	0.25
45	30.75	伞形酮 Umbellulone	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.14	0.04	—
46	30.98	4-萜品醇 4-terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.15	0.12	0.25
47	31.29	p-甲基异丙基-8-醇 p-cymen-8-ol	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	1.63	0.28	0.31
48	31.63	α-萜品醇 α-terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.17	0.11	0.21
49	31.95	桃金娘烯醇 Myrtenol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	2.35	0.71	0.59
50	31.98	桃金娘烯醛 Myrtenal	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	5.50	3.11	3.48
51	32.15	癸醛 Decanal	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	—	0.19	0.43
52	32.61	马苳烯酮 Berbenone	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	12.64	4.97	3.53
53	32.94	马苳烯酮(E)-Carveol 马苳烯酮	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.61	0.21	0.23
54	34.04	枯茗醛 Cuminal	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	0.53	0.11	0.17
55	34.20	香芹酮 Carvone	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.63	0.17	0.19
56	34.41	(+)-香芹薄荷酮(+)-carvotanacetone	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.17	—	—
57	35.67	紫苏醛 Perillal	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.11	0.11	0.10

接下表

续表 1

序号 No.	保留时间 Retention time//min	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula	相对质量分数 Relative mass fraction//%		
				生品 Raw product	清炒品 Stir-fried product	砂烫品 Sand-scorched product
58	36.15	乙酸冰片酯 bornyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.51	0.24	0.23
59	36.30	2-十一烷酮 2-undecanone	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O	—	—	0.09
60	38.59	δ-榄香烯 δ-elemene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	0.08	0.14
61	38.96	甲酸香茅酯 citronellyl formate	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	—	—	0.12
62	39.14	δ-桉油烯 α-cubebene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.36	0.28	0.59
63	40.20	α-依兰烯 α-ylangene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.18	0.22	—
64	40.31	橙花醇乙酸酯 neryl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	—	—	0.19
65	40.39	α-胡椒烯 α-copaene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.02	0.94	0.94
66	41.03	β-榄香烯 β-elemene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.94	5.44	3.59
67	42.39	β-石竹烯 β-caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.19	1.66	1.64
68	42.77	γ-榄香烯 γ-Elemene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.11	0.13	0.44
69	43.06	α-俞创木烯 α-guaiene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	0.10	0.15
70	43.85	α-蛇麻烯 α-humulene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.10	0.17	0.35
71	44.17	别香树烯 Alloaromadendrene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.98	1.49	0.31
72	44.69	γ-衣兰油烯 γ-Murolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.83	0.94	0.46
73	44.77	δ-蛇床烯 δ-selinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	—	0.13
74	44.84	α-紫穗槐烯 α-amorphene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.67	0.43	—
75	45.09	大根香叶烯 DgermacreneD	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	—	0.30
76	45.23	β-蛇床烯 β-selinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.26	1.43	1.28
77	45.57	α-蛇床烯 α-selinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	0.50	0.38
78	45.65	摩勒烯 α-murolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	—	0.48
79	46.29	γ-杜松烯 γ-cadinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.24	0.65	0.78
80	46.49	β-倍半菲兰烯 β-sesquiphellandrene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	—	0.32
81	46.59	δ-杜松烯 δ-cadinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	1.26	0.64
82	46.62	卡拉烯 Calamenene	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub>	2.81	0.97	0.60
83	47.19	α-杜松烯 α-cadinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	—	—	0.85
84	47.46	α-白菖考烯 α-calacorene	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub>	0.58	0.35	0.31
85	47.60	榄香醇 Elemol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.36	1.36	1.19
86	47.93	橙花叔醇 Nerolidol	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	0.49	0.94	0.56
87	48.91	(+)-斯巴醇(+)-spathulenol	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	0.86	2.38	0.86
88	50.20	蛇麻烯环氧化物II humulene epoxideII	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	0.25	0.52	0.24

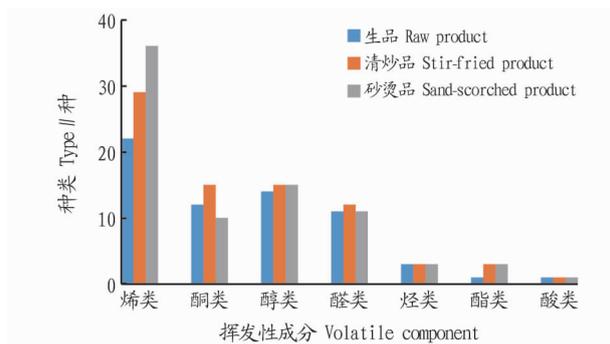


图 2 路路通生品及炮制品各类挥发性成分的种类

Fig.2 Types of various volatile components in raw and processed products of *Liquidambar formosana*

### 3 结论与讨论

该研究发现,炒制前后显著增加的烯类成分变化为清炒后烯类相对质量分数从 19.15%增加到 40.61%,砂烫后烯类相对质量分数从 19.15%增加到 43.62%;清炒后酮类相对质量分数从 22.27%减少到 9.10%,砂烫后酮类相对质量分数从 22.27%减少到 6.51%,路路通清炒品和砂烫品中烯类成分相

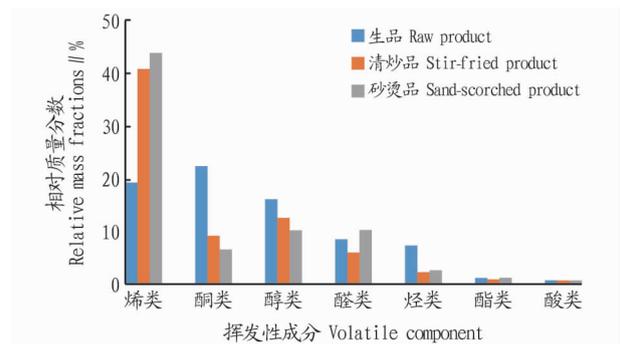


图 3 路路通生品及炮制品挥发性成分的相对质量分数

Fig.3 Relative mass fractions of volatile components in raw and processed products of *Liquidambar formosana*

对质量分数均增加,酮类成分相对质量分数均减少,可能与酮类成分高温分解为烯类成分相关<sup>[7]</sup>。清炒路路通新产生了 7 种烯类成分;砂烫路路通新产生了 14 种萜烯类成分,砂烫法较清炒法多增加 7 种萜烯类成分;唐文文等<sup>[8]</sup>研究发现,升高温度可使当归萜烯类成分的种类较生品显著升高,这与该研究的结果相类似。砂烫温度较清炒温度高<sup>[9]</sup>、受热

更加均匀,是导致砂烫品萜烯类成分的种类较清炒品显著增加的原因,推测在路路通的炮制中,砂烫法因受热均匀,又因火力强,温度高,质地变为酥脆,以便于粉碎和有效成分的溶出<sup>[10]</sup>。

生品及炮制品中相对质量分数大于1%的主要萜烯类成分有 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯和柠檬烯,且其在炮制品中的含量高于生品。 $\alpha$ -蒎烯具有镇咳、抗炎、祛痰的作用<sup>[11-12]</sup>, $\beta$ -蒎烯具有抑菌、抗炎、抗癌的作用<sup>[13]</sup>,柠檬烯具有抗菌、消炎和抗肿瘤等生物功能<sup>[14]</sup>,炮制后新增成分中香桉烯具有消炎、镇痛、抑菌、驱虫等功效<sup>[15]</sup>;3-萜烯对铜绿假单胞菌有抑制作用<sup>[16]</sup>。这些结果说明炮制品比生品具有更强的抑菌、抗炎作用,陈婧<sup>[17]</sup>研究发现挥发性成分的抗炎活性随给药剂量的增加而增强,该试验为路路通及炮制品的抗炎活性研究提供研究思路。

该研究采用HS-SPME和GC-MS对路路通不同炮制品的挥发性成分进行分析,路路通生品、清炒品、砂烫品中分别鉴定出65、71和80种成分,分别占挥发性成分的74.08%、71.45%和74.14%。清炒法、砂烫法炮制后,路路通挥发油中萜烯类成分的种类及相对质量分数显著升高,酮类成分相对质量分数显著降低,砂烫品中新增萜烯类成分较清炒品多。研究结果为不同炮制方法的炮制工艺研究提供试验依据。

#### 参考文献

[1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[S].北京:人民卫生出版社,

2020;382.

- [2] 封若雨,朱新宇,邢峰丽,等.路路通的药理作用研究概述[J].中国中医基础医学杂志,2019,25(8):1175-1178.
- [3] 王志伟,张兰年,程务本,等.中药路路通挥发油化学成分的鉴定[J].上海第一医学院学报,1984,11(2):147-150.
- [4] 杨艳芹,周国俊,储国海,等.HS-SPME/GC-MS结合化学计量学分析不同产地路路通中的挥发性成分[J].分析测试学报,2016,35(4):406-413.
- [5] 贵州省卫生计生.贵州省中药饮片炮制规范[M].贵阳:贵州人民出版社,1986:151.
- [6] 贵阳市卫生局,中国药学会贵阳分会.常用中药饮片炮制手册[M].贵阳:贵阳市卫生局,1983:103.
- [7] 韩蔓,江汉美.HS-SPME-GC-MS结合化学计量法分析陈皮生品及其炮制品挥发性成分[J].中华中医药杂志,2021,36(5):2915-2922.
- [8] 唐文文,李国琴,晋小军,等.不同干燥方法对当归挥发油成分的影响[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(3):9-12.
- [9] 杨磊,黄立辉,张曼华,等.清炒法与砂烫法炮制川楝子的比较研究[J].中国药业,2016,25(18):29-31.
- [10] 金珍钱,姚玉嫦,姚明全.略谈部分种子及果实类药物清炒改砂烫必要性[J].时珍国医国药,2000,11(10):890.
- [11] 李冬妹,伍成厚.美花红千层挥发油的化学成分分析[J].顺德职业技术学院学报,2013,11(3):16-18.
- [12] 隋利强,曹冬英,黄婷婷,等.SPME-GC-MS法分析薏苡仁砂烫前后挥发性成分变化[J].中国民族民间医药,2021,30(10):26-32.
- [13] 卢化,张义生,梅珍珍,等.顶空固相微萃取结合气质联用分析升麻蜜炙前挥发油成分[J].中国医院药学杂志,2018,38(12):1281-1284.
- [14] 刘洋,吉燕华,雒珂昕,等.柠檬烯应用的研究现状[J].中药药理与临床,2021,37(5):244-248.
- [15] 杨素华,安家成,谭桂菲,等.樟树挥发油成分分析[J].广西林业科学,2018,47(3):350-353.
- [16] 刘雪,何英兰,胡月英,等.3-萜烯对铜绿假单胞菌的抑菌活性及机理初探[J].热带作物学报,2019,40(3):601-608.
- [17] 陈婧.基于鱼腥草抗炎活性的质量评价及其作用机制研究[D].武汉:华中科技大学,2014.

(上接第151页)

- [4] 沈舒,王琼,李友宾.牛膝的化学成分和药理作用研究进展[J].海峡药学,2011,23(11):1-6.
- [5] TAN F, DENG J. Analysis of the constituents and antisenile function of *Achyranthes bidentata* polysaccharides [J]. Acta botanica sinica, 2002, 44(7):795-798.
- [6] LI Q J, ZHENG Z J, PENG Y, et al. Opposite effects on tumor growth depending on dose of *Achyranthes bidentata* polysaccharides in C57BL/6 mice [J]. International immunopharmacology, 2007, 7(5):568-577.
- [7] 张万芹,邱国俊,房保柱,等.黔西南薏苡内生真菌多样性及其抗菌活性研究[J].生物资源,2020,42(4):428-436.
- [8] 王红霞,余亚茹,黄宝康.构树可培养内生真菌的多样性初探[J].菌物学报,2020,39(12):2399-2408.
- [9] 胡世林.中国道地药材[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1989.
- [10] 韩邦兴,彭华胜,黄璐琦.中国道地药材研究进展[J].自然杂志,2011,33(5):281-285.
- [11] 马昭,唐承晨,张纯,等.内生菌与宿主植物关系对中药材道地性研究的启示[J].上海中医药大学学报,2015,29(6):4-11.
- [12] 刘增亮,周双云,梁桂东,等.量天尺根部内生真菌的多样性[J].菌物学报,2020,39(4):723-730.

- [13] SUN S S, ZENG X, ZHANG D W, et al. Diverse fungi associated with partial irregular heartwood of *Dalbergia odorifera* [J]. Scientific reports, 2015, 5:1-7.
- [14] SUTTON B C. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata [M]. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1980.
- [15] HANLIN R T. Illustrated genera of ascomycetes: Vol I and II [M]. St. Paul: The American Phytopathology Society, 1998.
- [16] KIFFER E, MORELET M. The Deuteromycetes-mitosporic fungi: Classification and generic keys [M]. Enfield: Science Publishers Inc, 1999.
- [17] 魏景超. 真菌鉴定手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982: 487-645.
- [18] SUÁREZ J P, WEIß M, ABELE A, et al. Members of Sebaciales subgroup B form mycorrhizae with epiphytic orchids in a neotropical mountain rain forest [J]. Mycological progress, 2008, 7(2):75-85.
- [19] SUN B D, CHEN A J, GAO W W, et al. Endophytic fungi associated with the medicinal plant, *Achyranthes bidentata* Blume (Amaranthaceae) [J]. African journal of microbiology research, 2013, 7(15):1357-1365.
- [20] MAHDIEH S H M, JALAL S. Psychrophilic endophytic fungi with biological activity inhabit Cupressaceae plant family [J]. Symbiosis, 2014, 63(2):79-86.
- [21] 王景仪,李梦秋,李艳茹,等.药用植物内生真菌的多样性及生物功能研究进展[J].生物资源,2020,42(2):164-172.