

福建产龙眼花精油成分 GC-MS 分析

李程勋¹, 胡文舜², 李爱萍^{1*}, 徐晓俞¹, 郑开斌^{1*}

(1. 福建省农业科学院作物研究所, 福建福州 350013; 2. 福建省农业科学院果树研究所, 福建福州 350013)

摘要 [目的]研究福建地区龙眼花精油的主要化学成分。[方法]通过水蒸气蒸馏法对龙眼花精油成分进行提取,利用固相微萃取技术对样品进行采集,气相色谱-质谱(GC-MS)法和计算机谱库对样品成分进行分离分析,结合人工谱图解析对龙眼花精油成分进行鉴定。[结果]共检测出 95 种化学成分,通过面积归一化法确定了各化学成分的百分比含量,进一步归类得出:烷烃、烯烃类相对含量为 42.35%,芳香烃 40.30%,醇类 13.05%,酯类 0.61%,醛类 0.36%,酮类 0.25%。[结论]该研究结果为合理应用福建产龙眼花药材提供一定的科学依据。

关键词 龙眼花;精油;化学成分;GC-MS 分析;福建

中图分类号 R 284.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)19-0203-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.19.053



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

GC-MS Analysis of Essential Oil of Longan Flower in Fujian Province

LI Cheng-xun¹, HU Wen-shun², LI Ai-ping¹ et al (1. Crop Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013; 2. Institute of Fruit Trees, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013)

Abstract [Objective] To study the main chemical components of the essential oil of longan flower in Fujian Province. [Method] The essential oil of longan flower was extracted by water-steaming method. Then samples were collected by solid phase micro extraction. The constituent was isolated by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and the constituent was analyzed by the computer spectral database (NIST/WILEY), finally the constituent was confirmed artificially referring to data. [Result] A total of 95 chemical components were detected, and the percentage content of each chemical component was determined by the area normalization method, which was further classified: the relative content of alkanes and olefins was 42.35%, aromatic hydrocarbons were 40.30%, alcohols 13.05%, esters 0.61%, aldehydes 0.36%, ketones 0.25%. [Conclusion] The results of this study provide a certain scientific basis for the rational application of longan flower medicinal materials produced in Fujian.

Key words Longan flower; Essential oil; Chemical composition; GC-MS analysis; Fujian

龙眼是无患子科植物,在我国南部广泛种植,福建、台湾地区种植最多,广西、广东次之^[1]。龙眼生产普遍存在“花而不实”的现象,龙眼花量大,授粉受精不良加上营养消耗多^[2-3],导致小果前期发育不良而大量落花落果,因此龙眼生产中通过疏花来控制花量,提高着果率^[4-5]。龙眼花含有丰富的挥发油、酚酸、黄酮和鞣质等成分^[6-9],具有清热利水的功效,是民间传统用药^[10],其中挥发油是龙眼花的主要化学成分。梁洁等^[11]对广西不同地区产龙眼花的精油成分进行了研究,结果表明不同产地的龙眼花精油不仅同一成分的含量有较大差异,组成成分也有较大差异。目前鲜见福建产龙眼花精油的相关研究,因此该研究通过采集福建本地品种的龙眼花,提取龙眼花精油,检测其精油成分,为福建地区龙眼花的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 仪器。气相色谱质谱联用仪(GCMS-TQ8040,日本岛津公司);顶空萃取瓶(20 mL,美国 Agilent 公司);手动 SPME

进样器、固相微萃取头(50/30 μm DVB/CAR/PDMS,美国 Supelco 公司);挥发油提取器(100 L,福州法莫优科机械科技有限公司)。

1.1.2 试材。龙眼花,福建本地品种“红山”,取自福建省农业科学院果树研究所。

1.2 试验方法

1.2.1 龙眼花精油提取。将新鲜的龙眼花置于挥发油提取罐中,通入水蒸气蒸馏 2 h,静置一段时间待油水分离器中油和水分离完全后,将龙眼花精油分离出来。

1.2.2 SPME 萃取和 GC-MS 分析方法。①将固相萃取头置于丙酮中浸泡 30 min;②将固相萃取头接在气相色谱进样口老化 30 min(老化温度 250 $^{\circ}\text{C}$);③移取 5 mL 龙眼花精油置于 20 mL 顶空萃取瓶中,插入老化好的固相萃取头吸附 30 min(吸附温度 60 $^{\circ}\text{C}$);④将吸附完成后的固相萃取头插入气相色谱-质谱联用仪进样口中解吸附 3 min(250 $^{\circ}\text{C}$),并进行数据采集。GC 条件:Rxi-5Sil MS 色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μm);程序升温:柱温 50 $^{\circ}\text{C}$ 维持 2 min 后,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 180 $^{\circ}\text{C}$,再以 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 280 $^{\circ}\text{C}$,维持 2 min;载气为纯氦气,流量 1 mL/min,分流比 10:1;进样量 1 μL 。质谱条件:EI 源(70 eV),接口温度 280 $^{\circ}\text{C}$,离子源温度 200 $^{\circ}\text{C}$,质谱扫描范围 35~550 aum。

1.3 数据处理和分析 挥发油各成分经过气相色谱-质谱分离,通过计算机谱库(NIST/WILEY)检索和分析,结合相关文献资料进行人工谱图分析,最终确定挥发油各个化学成分,采用峰面积归一化法得到各成分的相对含量。

基金项目 福建省科技重大专项专题项目(2018NZ0003-2)。
作者简介 李程勋(1991—),男,福建南安人,研究实习员,硕士,从事作物遗传品质育种及农产品天然产物提取研究;胡文舜(1983—),男,福建莆田人,助理研究员,硕士,从事龙眼、枇杷种质资源和分子生物学研究。李程勋和胡文舜是共同第一作者。*通信作者:李爱萍,研究员,从事作物遗传品质育种及农产品天然产物提取研究;郑开斌,研究员,博士,从事作物遗传品质育种及农产品天然产物提取研究。

2 结果与分析

通过 GC-MS 法得到的龙眼花精油总离子流图见图 1; 经过计算机谱库及人工分析共检测出的龙眼花精油化学成分 95 种, 对其成分进行分类, 见图 2; 进一步对其含量进行排序, 列举化学成分, 见表 1。

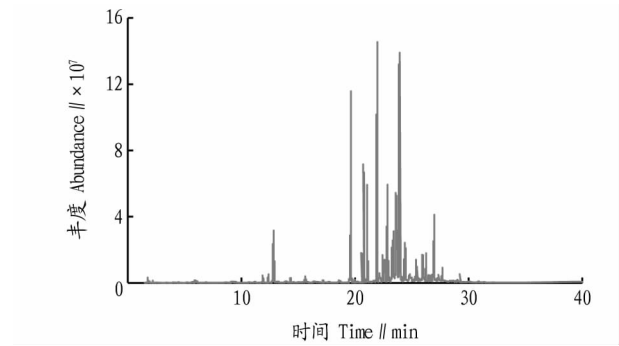


图 1 龙眼花精油总离子流图

Fig. 1 Total ionic chromatogram of essential oil in longan flower

从图 2 可以看出, 龙眼花精油的成分主要由芳香烃、烷烃、烯烃、醇类、酯类、醛类、酮类等化学物质组成, 其中烷烃、

烯烃类相对含量为 42.35%, 芳香烃 40.30%, 醇类 13.05%, 酯类 0.61%, 醛类 0.36%, 酮类 0.25%。表 1 中烷烃、烯烃类的种类最多, 有 27 种; 醇类次之, 有 24 种; 醛类 15 种; 芳香烃 13 种; 酮类 6 种; 酯类 2 种。其中石竹烯含量最高, 达 18.35%, 芳香烃类物质的含量也较高。

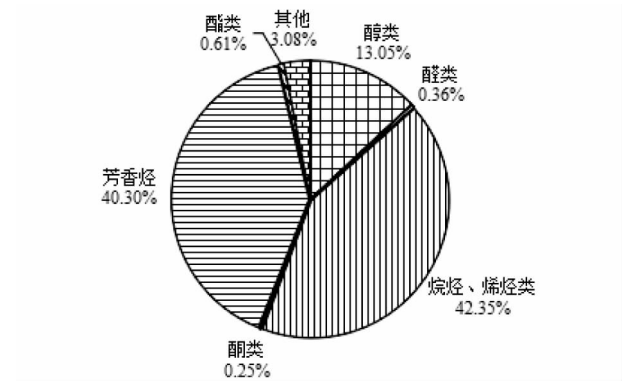


图 2 龙眼花精油化学成分分类

Fig. 2 Chemical composition classification of essential oil in longan flower

表 1 龙眼花精油化学成分

Table 1 Chemical composition of essential oil in longan flower

化学成分种类 Types of chemical composition	序号 No.	保留时间 Retention time//min	化学成分名称 Chemical composition name	相对含量 Relative content//%
醇类 Alcohol	1	26.995	绿花白千层醇 Viridiflorol	5.15
	2	12.901	二氢芳樟醇 1,5,7-Octatrien-3-ol,3,7-dimethyl-	2.22
	3	12.795	芳樟醇 Linalool	1.58
	4	26.924	6-蛇床烯-4 α -醇 Selin-6-en-4. α . -ol	0.84
	5	27.370	τ -杜松醇. tau. -Cadinol	0.64
	6	27.643	α -杜松醇 α . -Cadinol	0.38
	7	11.922	顺-A, A-5-三甲基-5-乙-烯基四氢化呋喃-2-甲醇 2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-. α . ,. α . ,5-trimethyl-, cis-	0.35
	8	25.330	橙花叔醇 Nerolidol	0.31
	9	15.675	松油醇 Terpineol < α ->	0.30
	10	26.069	蓝桉醇 (-)-Globulol	0.28
	11	27.127	γ -桉叶油醇 Eudesmol < γ ->	0.13
	12	17.222	香叶醇 Geraniol	0.13
	13	28.847	香叶基香叶醇 trans-Geranylgeraniol	0.13
	14	25.698	十氢-1,1,4,7-四甲基-4aH-环丙基[e]甘菊环-4a-醇 4aH-cycloprop[e]azulen-4a-ol, decahydro-1,1,4,7-tetramethyl-	0.11
	15	5.949	(E)-2-己烯醇 2-Hexen-1-ol, (E)-	0.10
	16	28.611	[1R-(1 α ,4 α ,8 α)]-十氢-1,4a-二甲基-7-(1-甲基亚乙基)-1-萜醇 1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R-(1. α . ,4a. β . ,8a. α .)]-	0.10
	17	6.034	n-己醇 Hexanol <n->	0.08
	18	16.499	橙花醇 2,6-Octadien-1-ol,3,7-dimethyl-, (Z)-	0.07
	19	2.229	2-甲基-3-丁烯-2-醇 Vinyldimethylcarbinol	0.05
	20	9.148	1-辛烯-3-醇 Vinyl amyl carbinol	0.05
	21	5.714	(Z)-3-己烯醇 3-Hexen-1-ol, (Z)-	0.04
	22	4.000	异戊烯醇 Prenol	0.02
	23	8.878	正庚醇 1-Heptanol	0.02
	24	1.749	乙醇 Ethanol	0.01
醛类 Aldehydes	1	30.858	(E)-2-((8R,8aS)-8,8a-二甲基-3,4,6,7,8,8a-六氢萘-2(1H)-亚基)丙醛 (E)-2-((8R,8aS)-8,8a-Dimethyl-3,4,6,7,8,8a-hexahydronaphthalen-2(1H)-ylidene)propanal	0.05

续表 1				
化学成分种类 Types of chemical composition	序号 No.	保留时间 Retention time//min	化学成分名称 Chemical composition name	相对含量 Relative content//%
	2	17. 708	柠檬醛 Citral	0. 04
	3	13. 202	7-甲基-3-亚甲基-6-辛烯醛 6-Octenal, 7-methyl-3-methylene-	0. 04
	4	15. 783	2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醛 Safranal	0. 04
	5	14. 587	(E)-2-壬烯醛 2-Nonenal, (E)-	0. 03
	6	8. 655	苯甲醛 Benzaldehyde	0. 03
	7	6. 894	庚醛 Enanthaldehyde	0. 02
	8	5. 180	糠醛 Furfural	0. 02
	9	5. 656	2-己烯醛 2-Hexenal, (E)-	0. 02
	10	16. 872	(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)-	0. 02
	11	11. 084	苯乙醛 Benzeneacetaldehyde	0. 02
	12	14. 934	反式-2-壬醛 Non-2(E)-enal	0. 01
	13	4. 186	3-甲基-2-丁烯醛 2-Butenal, 3-methyl-	0. 01
	14	15. 944	癸醛 Capraldehyde	0. 01
	15	11. 518	反-2-辛烯醛 Oct-2(E)-enal	0. 01
酯类 Esters	1	26. 525	(3S)-1,2,3,4,5,6,7,8-八氢化-3,8-四甲基-5-奥甲醇乙酸酯 Guaiacwood acetate	0. 48
	2	15. 594	水杨酸甲酯 Methyl salicylate	0. 13
酮类 Ketone	1	25. 126	1-(5,6,7,8-四氢-2,8,8-三甲基-4H-环庚烷[b]呋喃-5-基)-乙酮 Ethanone, 1-(5,6,7,8-tetrahydro-2,8,8-trimethyl-4H-cyclohepta[b]furan-5-yl)-	0. 14
	2	9. 272	甲基庚烯酮 5-Hepten-2-one, 6-methyl-	0. 05
	3	30. 160	5-异长叶烯酮 Isolongifolen-5-one	0. 03
	4	30. 978	植酮 Phytone	0. 02
	5	3. 434	4-甲基-2-戊酮 Methyl isobutyl ketone	0. 01
	6	2. 545	2-戊酮 Propyl methyl ketone	0. 01
烷烃、烯烃类 Alkanes, olefins	1	21. 985	石竹烯 Caryophyllene	18. 35
	2	20. 792	α -可巴烯 α -Copaene	5. 17
	3	21. 129	[1S-(1 α ,2 β ,4 β)]-1-乙烯基-1-甲基-2,4-双(1-甲基乙烯基)-环己烷 Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1. α . , 2. β . , 4. β .)]-	4. 95
	4	23. 405	α -古芸烯 Gurjunene <math>\alpha->	2. 61
	5	24. 402	δ -杜松萜烯 Cadinene <math>\delta->	1. 82
	6	24. 481	α -人参烯 (-)-. α -Panasinsen	1. 78
	7	25. 431	大牛儿烯 B Germacrene B	1. 32
	8	20. 618	(+)-环苜蓿烯 1,2,4-Metheno-1H-indene, octahydro-1,7a-dimethyl-5-(1-methylethyl)-, [1S-(1. α . , 2. α . , 3a. β . , 4. α . , 5. α . , 7a. β .)]-	1. 32
	9	24. 881	愈创木烯 Guaiene	1. 17
	10	22. 999	(1R,9R,E)-4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环[7.2.0]十一碳-4-烯 (1R,9R,E)-4,11,11-Trimethyl-8-methylenebicyclo[7.2.0]undec-4-ene	1. 01
	11	22. 208	(1R,2S,6S,7S,8S)-rel-8-异丙基-1-甲基-3-亚甲基三环[4.4.0.02,7]癸烷 (1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isopropyl-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.02,7]decane-rel-	0. 45
	12	23. 511	大根香叶烯 D Germacrene D	0. 41
	13	25. 009	3,7(11)-蛇床二烯 Selina-3,7(11)-diene	0. 33
	14	26. 632	环氧化蛇麻烯 II (1R,3E,7E,11R)-1,5,5,8-Tetramethyl-12-oxabicyclo[9.1.0]dodeca-3,7-diene	0. 32
	15	24. 294	γ -杜松萜烯 Cadinene <math>\gamma->	0. 30
	16	19. 566	δ -榄香烯 Elemene <math>\delta->	0. 27
	17	22. 150	榄香烯 Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)-	0. 18
	18	19. 986	α -苾澄茄油烯 α -Cubebene	0. 13
	19	18. 638	十三烷 Tridecane	0. 12
	20	26. 725	1(10),6,8-杜松三烯 Cadina-1(10),6,8-triene	0. 12
	21	11. 174	罗勒烯 异构体混合物 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	0. 05
	22	16. 682	1,7,7-三甲基-双环[2.2.1]-庚-2-烯 Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-trimethyl-	0. 04
	23	9. 446	月桂烯 Myrcene	0. 04
	24	29. 936	缬草-4,7(11)二烯 Valerena-4,7(11)-diene	0. 04
	25	4. 474	正壬烷 Nonane	0. 02
	26	10. 681	双戊烯 D-Limonene	0. 02
	27	20. 124	三环[4.4.1.0(1,6)]十一烷 Tricyclo[4.4.1.0(1,6)]undecane	0. 02

接下表

续表 1

化学成分种类 Types of chemical composition	序号 No.	保留时间 Retention time//min	化学成分名称 Chemical composition name	相对含量 Relative content//%
芳香烃 Arene	1	23. 947	[1AR-(1A α ,4 α ,4 $\alpha\beta$,7b α)]-1A,2,3,4,4A,5,6,7B-八氢化-1,1,4,7-四甲基-1H-环丙烯并[E]奥 1H-Cycloprop[e] azulene, 1a,2,3,4,4a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1aR-(1a. alpha. ,4. alpha. ,4a. beta. ,7b. alpha.)]-	15. 48
	2	19. 682	1,2,4a,5,6,8a-六氢化-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基)-萘 Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	9. 15
	3	23. 658	(1 α ,4 $\alpha\beta$,8 $\alpha\alpha$)-(. +/-.)- 1,2,4a,5,8,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基)-萘 Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1. alpha. ,4a. beta. ,8a. alpha.)-(. +/-.)-	5. 05
	4	23. 733	[4aR-(4 α ,7 α ,8 $\alpha\beta$)]-十氢-4a-甲基-1-亚甲基-7-(1-甲基乙烯基)-萘 Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethenyl)-, [4aR-(4a. alpha. ,7. alpha. ,8a. beta.)]-	4. 15
	5	23. 316	4a,8-二甲基-2-(丙-1-烯-2-基)-1,2,3,4,4a,5,6,7-八氢萘 4a,8-Dimethyl-2-(prop-1-en-2-yl)-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene	2. 40
	6	22. 478	(1R,3aS,8aS)-7-异丙基-1,4-二甲基-1,2,3,3a,6,8a-六氢奥 (1R,3aS,8aS)-7-Isopropyl-1,4-dimethyl-1,2,3,3a,6,8a-hexahydroazulene	1. 33
	7	27. 734	十氢二甲基甲乙烯基萘酚 Neointermedeol	1. 11
	8	22. 616	(1S,4S,4aS)-1-异丙基-4,7-二甲基-1,2,3,4,4a,5-六氢萘 (1S,4S,4aS)-1-Iso-propyl-4,7-dimethyl-1,2,3,4,4a,5-hexahydronaphthalene	1. 03
	9	22. 322	[1S-(1A,4A,7A)]-1,2,3,4,5,6,7,8-八氢化-1,4-二甲基-7-(1-甲基乙烯基)奥 . alpha. -Guaiene	0. 22
	10	25. 593	1,1,7,7a-四甲基-1a,2,6,7,7a,7b-六氢-1H-环丙基[a] 萘 1,1,7,7a-Tetramethyl-1a,2,6,7,7a,7b-hexahydro-1H-cyclopropa[a] naphthalene	0. 19
	11	21. 631	[1S-(1 α ,4 α ,7 α)]-1,2,3,4,5,6,7,8-八氢-1,4,9,9-四甲基-亚甲基奥 4,7-Meth-anoazulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1. alpha. ,4. al-pha. ,7. alpha.)]-	0. 07
	12	30. 037	愈创奥 Azulene, 1,4-dimethyl-7-(1-methylethyl)-	0. 07
	13	21. 382	[1aS-(1 $\alpha\alpha$,3 $\alpha\alpha$,7 $\alpha\beta$,7b α)]-十氢-1,1,3a-三甲基-7-亚甲基-环丙基[a] 萘 1H-Cyclopropa[a] naphthalene, decahydro-1,1,3a-trimethyl-7-methylene-, [1aS-(1a. al-pha. ,3a. alpha. ,7a. beta. ,7b. alpha.)]-	0. 04
其他 Other	1	25. 984	石竹素 Caryophyllene oxide	1. 87
	2	29. 265	4-(2,6,6-三甲基-环己烯-1-烯基)-丁酸 4-(2,6,6-Trimethyl-cyclohex-1-enyl)-butyric acid	0. 41
	3	12. 406	反式芳樟醇氧化物(呋喃) trans-Linalool oxide (furanoid)	0. 35
	4	14. 362	3,6-二氢-4-甲基-2-(2-甲基-1-丙烯基)-2H-吡喃 2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-	0. 20
	5	1. 814	1-甲基乙基过氧化氢 Hydroperoxide, 1-methylethyl	0. 16
	6	13. 910	氰化苄 Benzyl nitrile	0. 07
	7	1. 621	(S)-L-丙氨酸乙基胺 1-Alanine ethylamide, (S)-	0. 01
	8	2. 511	甲基丙烯酸 2-氨基乙基酯盐酸盐 2-Propenoic acid, 2-methyl-, 2-aminoethyl ester, hydrochloride	0. 01

3 讨论与结论

梁洁等^[11]研究指出,龙眼花挥发油主要含有石竹烯、榄香烯、大根香叶烯 D 和愈创木烯,其中具有平喘和抗菌活性的石竹烯相对含量为 13. 67%~20. 67%,具有抗癌活性的榄香烯相对含量为 3. 21%~6. 14%,具有抗菌作用的大根香叶烯 D 相对含量为 0. 78%~4. 56%,愈创木烯相对含量为 1. 50%~2. 34%。该研究指出,福建地区的龙眼花精油也含有石竹烯、榄香烯、大根香叶烯 D 和愈创木烯这 4 种化学成分,其中石竹烯相对含量为 18. 35%,榄香烯相对含量为 0. 27%,大根香叶烯 D 相对含量为 0. 41%,愈创木烯相对含量为 1. 17%,石竹烯的相对含量与广西地区的龙眼花结果相当,榄香烯、大根香叶烯 D 和愈创木烯的相对含量低于广西地区的龙眼花结果。福建产龙眼花精油中绿花白千层醇、 α -可巴烯和芳香烃类化合物的相对含量较高,其中绿花白千层醇是倍半萜烯醇类化合物,具有较好的抗菌能力。

该研究结果表明福建产龙眼花精油主要由烷烃、烯烃、芳香烃和醇类化合物组成。由于品种、生长环境、栽培技术等不同,不同产地龙眼花精油的成分和含量均有一定差异,因此深入研究龙眼花精油成分可以为开发龙眼花药用产品和选育优良品种提供理论依据。

参考文献

[1] 邓家刚,韦松基. 广西道地药材(精)[M]. 北京:中国中医药出版社, 2007.

[2] 卢美英,欧世金,徐炯志,等. 大乌圆龙眼果实生长发育特性和生理落果规律观察[J]. 中国南方果树,2004,33(4):28-29.

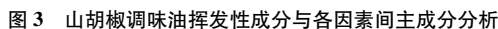
[3] 朱建华,欧世金,徐宁,等. 花期温湿度条件对储良龙眼生理落果的影响[J]. 热带作物学报,2010,31(6):936-941.

[4] 潘学文,李建光,李荣,等. 控制龙眼花量的壮花保果试验[J]. 中国南方果树,2000,29(1):25-26.

[5] 庄英英. 龙眼疏花疏果和保花保果的技术措施[J]. 果农之友,2007(2):30.

[6] 柳贤福,孙正伊,梁洁,等. 广西产龙眼花的 HPLC 指纹图谱研究[J]. 华西药杂志,2014,29(1):102-104.

呈香效应机制与追溯各单体物质的异变转化过程的研究。



3 结论与展望

采用 HS-SPME-GC-MS 技术分离鉴定了相同配方不同加热条件蒜香味山胡椒调味油中 13 种挥发性成分,并通过 PCA 模型明晰了各挥发性成分与加热时间及加热温度间的内在联系,最终确定 5 种受加热时间及温度影响最大的挥发性成分,分别为桉烯、甲基庚烯酮、芳樟醇、香茅醛、 α -松油醇。后期优化加工工艺及监测风味品质可以以这 5 种易受影响物质的含量作为目标,为今后蒜香味山胡椒调味油标准化、可控化生产提供理论基础,也为其他调味油的产业化优化提供理论参考,具有一定的应用价值。在对蒜香味山胡椒调味油中挥发性成分分离与鉴定的基础上,后期将结合 GC-MS-O 及电子鼻等更进一步开展关于蒜香味山胡椒油整体

(上接第 206 页)

- ## 参考文献

- [1] 王羽梅, 肖艳辉, 任安祥, 等. 中国芳香植物[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [2] 张朝凤, 王峥涛. 山胡椒属药用植物的研究进展[J]. 沈阳药科大学学报, 2000, 17(3): 230-234.
- [3] 刘晓棠, 张卫明, 张玫. 山柰子资源开发利用的研究[J]. 中国野生植物资源, 2008, 27(4): 20-22, 28.
- [4] 李芳, 游玉明. 山胡椒成熟过程中挥发油成分的变化[J]. 中国调味品, 2016, 41(4): 66-69, 81.
- [5] 游玉明, 颜士英. 山胡椒果实挥发油化学成分的 GC-MS 分析[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(8): 81-83.
- [6] 周书来, 刘学文, 吴丽. 山胡椒调味油加工工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(1): 98-101.
- [7] 孙慧玲, 王俊霞, 顾雪竹, 等. 山胡椒叶及果实挥发性成分分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(7): 94-97.
- [8] 杨帅, 杨文代, 吕青涛, 等. GC-MS 结合保留指数分析半枝莲挥发性成分[J]. 现代仪器, 2012, 18(3): 47-50.
- [9] SONG S Q, ZHANG X M, HAYAT K, et al. Coordinating fingerprint determination of solid-phase microextraction/gas chromatography-mass spectrometry and chemometric methods for quality control of oxidized tallow [J]. Journal of chromatography A, 2013, 1278: 145-152.
- [10] STEVENES K L, JURD L, KING A D, JR, et al. The antimicrobial activity of citral[J]. Experimentia, 1971, 27(5): 600-602.
- [11] 陈海涛, 李萌, 孙杰, 等. 新鲜大蒜与炸蒜油挥发性风味物质的对比分析[J]. 精细化工, 2018, 35(8): 1355-1362.
- [12] 李新蕊. 主成分分析、因子分析、聚类分析的比较与应用[J]. 山东教育学院学报, 2007, 22(6): 23-26.
- [13] ZHU X L, GAO Y, CHEN Z Y, et al. Development of a chromatographic fingerprint of tobacco flavor by use of GC and GC-MS [J]. Chromatographia, 2009, 69(7/8): 735-742.
- [14] SPADONI A, CAPPELLIN L, NERI F, et al. Effect of hot water treatment on peach volatile emission and *Monilinia fructicola* development [J]. Plant pathology, 2015, 64(5): 1120-1129.
- [15] 张丽, 丁安伟, 施月芹. 荆芥穗挥发油中薄荷酮、胡薄荷酮的含量测定[J]. 南京中医药大学学报, 2008, 24(1): 45-47, 74.
- [16] 管骁, 古方青, 刘静, 等. 基于 NIRS 的食用醋品牌溯源模型的建立与优化[J]. 现代食品科技, 2014, 30(11): 200-203.
- [17] ROUSEFF R, BAZEMORE R, GOODNER K, et al. GC-olfactometry with solid phase microextraction of aroma volatiles from heated and unheated orange juice[J]. Oxygen transport to tissue, 2001, 488(4): 101-112.
- [18] HEMPFLING K, FASTOWSKI O, KOPP M, et al. Analysis and sensory evaluation of gooseberry (*Ribes uva crisa* L.) volatiles[J]. Journal of agricultural & food chemistry, 2013, 61(26): 6240-6249.

- [9] 许秀淡, 黄金松, 郑少泉, 等. 焦核龙眼花药内游离脯氨酸及其育性[J]. 福建果树, 1994(4): 9-11.
- [10] 梁洁, 余靛, 柳贤福, 等. HPLC 法同时测定龙眼花中 3 种黄酮类化合物含量[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2013, 15(7): 1576-1580.
- [11] 梁洁, 王慧雯, 李耀华, 等. 广西产龙眼花挥发油成分 GC-MS 分析[J]. 中药材, 2010, 33(8): 1270-1273.