

豆蔻天竺葵不同部位挥发油成分分析及在卷烟加香中的应用

Analysis of essential oil from different parts of *Pelargonium odoratissimum* and its application in cigarette

殷鸿飞¹ 陈建中² 李耀光³ 刘穗君² 赵万莹²

YIN Hong-fei¹ CHEN Jian-zhong² LI Yao-guang³ LIU Sui-jun² ZHAO Wan-ying²

陈孟起³ 袁要红² 李怀奇³ 苏同福⁴ 景延秋¹

CHEN Meng-qi³ YUAN Yao-hong² LI Huai-qi³ SU Tong-fu⁴ JING Yan-qiu¹

(1. 河南农业大学烟草学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南中烟工业有限责任公司南阳

卷烟厂, 河南 南阳 473007; 3. 河南中烟工业有限责任公司技术中心, 河南 郑州 450016;

4. 河南农业大学理学院, 河南 郑州 450002)

(1. Tobacco College of Henan Agriculture University, Zhengzhou, Henan 450002, China;

2. Nanyang Cigarette Factory of Henan China Tobacco Industry Co., Ltd., Nanyang, Henan 473007, China;

3. Technology Center of Henan China Tobacco Industry Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450016, China;

4. Science College of Henan Agriculture University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

摘要:目的: 开发新型的天然特色植物烟用香料。方法: 采用同时水蒸气蒸馏—溶剂萃取方法(SDE)分别对豆蔻天竺葵的种子、叶和茎进行挥发油提取, 使用 GC/MS 联用仪分析挥发油的化学成分, 并对比豆蔻天竺葵不同部位挥发油在卷烟加香中的效果及烟气常规成分。结果: 豆蔻天竺葵种子挥发油以 4-萜烯醇(110.54 mg/g)、肉豆蔻醚(81.81 mg/g)、*b*-水芹烯(58.33 mg/g)为主; 叶挥发油以芳樟醇(90.04 mg/g)、肉豆蔻醚(59.09 mg/g)和 4-萜烯醇(39.69 mg/g)为主; 茎挥发油以 *D*-柠檬烯(45.56 mg/g)、芳樟醇(13.26 mg/g)、二氢芳樟醇(12.11 mg/g)为主。结论: 3 种挥发油可不同程度地赋予卷烟独特的香味, 提高香气质和香气量, 降低刺激性等效果。

关键词: 豆蔻天竺葵; 挥发油; GC/MS; 感官评价

Abstract: **Objective:** Develop new natural characteristic plant tobacco flavor. **Methods:** The volatile oil from the seeds, leaves and stems of *Pelargonium odoratissimum* was extracted by simultaneous steam distillation solvent extraction (SDE). The chemical components of volatile oil were analyzed by GC/MS, and the

effects of volatile oil from different parts of *Cardamom* geranium in cigarette flavoring and conventional components of smoke were compared. **Results:** The volatile oil of *Cardamom* geranium seeds was mainly terpinen-4-ol (110.54 mg/g), myristicin (81.81 mg/g), β -phellandrene (58.33 mg/g). The main components of leaf essential oil were linalool (90.04 mg/g), myristicin (59.09 mg/g) terpinen-4-ol (39.69 mg/g). The stem essential oil was dominated by *D*-limonene (45.56 mg/g), linalool (13.26 mg/g), 3, 7-dimethyl-1, 5, 7-octatrien-3-ol (12.11 mg/g). **Conclusion:** Three kinds of volatile oils can give cigarettes unique flavor in varying degrees, improve aroma quality and aroma quantity, and reduce irritation.

Keywords: *Pelargonium odoratissimum*; essential oil; GC/MS; sense evaluation

豆蔻天竺葵 [*Pelargonium odoratissimum* (L.) L'Her.ex Ait.] 是牻牛儿苗科天竺葵属亚灌木状多年生草本植物, 原产于非洲南部, 因触碰其叶片可散发似苹果香味, 又名苹果香草、碰碰香。豆蔻天竺葵可入药, 味辛性温, 具有提神醒脑、清热解暑、消炎消肿的功效, 同时具有独特的香味, 香气甜蜜而持久稳定^[1], 其叶所提取的精油常被用于调味品、驱虫剂、香水制作以及芳香疗法^[2]。豆蔻天竺葵挥发油具有抗菌^[3]、抗真菌^[4]、杀虫和抗氧化^[5]

作者简介: 殷鸿飞, 男, 河南农业大学在读硕士研究生。

通信作者: 景延秋(1972—), 女, 河南农业大学教授, 博士生导师, 博士。E-mail: jingyanqiu72t@163.com

收稿日期: 2021-10-10 **改回日期:** 2022-03-01

等特性,Pombo 等^[6]采用水蒸气蒸馏法从豆蔻天竺葵叶和花中提取挥发油,并运用气相色谱—质谱联用技术鉴定出 32 种成分;Khalid 等^[7]研究发现土壤水分缺失可促进豆蔻天竺葵叶中挥发油含量及其主要成分的积累。目前,中国有关与豆蔻天竺葵同属的香叶天竺葵挥发油的研究较多^[8-11],而有关豆蔻天竺葵挥发油的提取及运用的研究尚未见报道。

文章拟运用同时水蒸气蒸馏—溶剂萃取法(SDE)提取豆蔻天竺葵种子、叶和茎不同部位中的挥发油,通过气质联用技术对其化学成分进行分析鉴定,并对豆蔻天竺葵挥发油在卷烟加香中的应用效果进行研究,旨在为国内特色天然烟用香料的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及仪器

豆蔻天竺葵盆栽及种子:市售;

单料烟样品烟丝:河南南阳烟站;

二氯甲烷、无水硫酸钠:分析纯,富宇精细化工有限公司;

乙酸苯乙酯:99%,阿拉丁试剂(中国)有限责任公司;

电热鼓风干燥箱:101-1AB 型,泰斯特仪器有限公司;

电子分析天平:JA2003 型,感量 0.001 g,上海衡平仪器有限公司;

电子调温电热套:98-1-B 型,天津市泰斯特仪器有限公司;

旋转蒸发器:RE-2C 型,天津市泰斯特仪器有限公司;

气相色谱/质谱联用仪:GCMS-QP2020NX 型,日本 Shimadzu 公司;

吸烟机:RM200A 型,德国 Borgwaldt 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 挥发油提取 采用同时水蒸气蒸馏—溶剂萃取法(SDE)^[12]提取豆蔻天竺葵种子、叶和茎挥发油。试验重复 3 次,结果取其平均值。

1.2.2 GC-MS 分析

(1) 色谱条件:Rtx-5ms 色谱柱,柱长 30 m,内径 0.25 mm,膜厚 0.25 μm ;进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$,分流比 10:1;柱箱温度采用程序升温,初始温度 50 $^{\circ}\text{C}$ 保持 5 min,以 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 80 $^{\circ}\text{C}$ 保持 0 min,以 3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 230 $^{\circ}\text{C}$ 保持 16 min,以 12 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 280 $^{\circ}\text{C}$ 保持 8 min;载气为氦气,流速 1.93 mL/min。

(2) 质谱条件:电子轰击离子源为 EI 源,离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$,接口温度 280 $^{\circ}\text{C}$,电子能量 70 eV,倍增器电压 0.9 kV,扫描范围 50~650 amu。

(3) 定性及定量分析:挥发性成分采用图谱库

NIST17s 检索定性,选取匹配度大于 90% 的化合物进行分析,以乙酸苯乙酯作为内标进行定量分析,计算各部位挥发油中化学成分的相对含量。

1.2.3 卷烟试验样品的制备 将已提取的不同部位的豆蔻天竺葵挥发油按照烟丝质量的 0.02%,0.04%,0.06%,0.08% 用喉头喷雾器均匀地喷洒至烟丝上。将加香烟丝和未加香烟丝(喷洒相同量的乙醇)于温度(22 $\pm$ 1) $^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度(60 $\pm$ 2)% 的环境下平衡 48 h,用卷烟器制成烟支以备评吸检测。

1.2.4 主流烟气指标测定 参照文献[13-16]的方法测定添加豆蔻天竺葵不同部位挥发油的卷烟主流烟气总粒相物、焦油、烟碱和水分等常规成分释放量,平行 3 次。

1.2.5 感官评价 参照文献[17]。

1.2.6 数据分析 挥发油成分在 NIST17s 质谱库中匹配与分析,确定化合物种类,采用内标法计算各成分相对含量。使用 Excel 2019 和 SPSS 26.0 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 豆蔻天竺葵不同部位挥发油提取率

利用 SDE 法提取豆蔻天竺葵不同部位的挥发油,其中种子、叶、茎中挥发油提取率分别为 1.15%,0.96%,0.86%,种子中挥发油提取率远高于茎和叶,而叶中挥发油提取率略高于茎。

2.2 豆蔻天竺葵不同部位香味成分

豆蔻天竺葵不同部位挥发油的总离子流色谱图见图 1。由表 1、表 2 可知,豆蔻天竺葵种子、叶和茎 3 个不同部位挥发油中共鉴定出 81 种化合物,种子、叶、茎中分

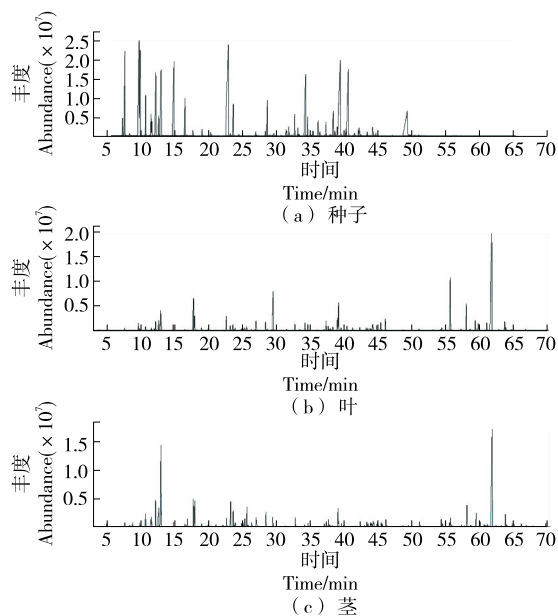


图 1 不同部位挥发油的总离子流色谱图

Figure 1 Total ion flow chromatogram of volatile oil from different parts

表 1 豆蔻天竺葵不同部位挥发油成分分析结果

Table 1 Component analysis of essential oil from different parts of *Pelargonium cardamom*

化合物	保留时间/min	相对含量/(mg·g ⁻¹)			化合物	保留时间/min	相对含量/(mg·g ⁻¹)		
		种子	叶	茎			种子	叶	茎
<i>a</i> -侧柏烯	7.402	14.35	1.01	0.13	香芹酮	26.336	—	5.43	2.41
<i>a</i> -蒎烯	7.736	38.42	8.15	2.52	乙酸龙脑酯	28.456	3.08	19.96	6.75
茨烯	8.435	2.18	2.11	1.02	黄樟素	28.769	29.16	5.59	—
<i>b</i> -水芹烯	9.835	58.33	17.09	0.15	乙酸-4-松油酯	29.157	0.72	—	—
<i>b</i> -蒎烯	9.985	29.99	5.82	—	百里酚	29.697	—	0.79	—
月桂烯	10.803	26.58	—	—	<i>a</i> -葑烯茄油烯	31.503	2.12	4.01	0.19
<i>a</i> -水芹烯	11.583	13.28	—	—	<i>a</i> -乙酸松油酯	31.603	0.86	—	—
3-蒎烯	11.709	7.17	—	—	(-)- <i>a</i> -蒎烯	32.801	13.80	14.81	4.25
松油烯	12.296	30.83	21.68	11.93	乙酸香叶酯	33.262	4.13	0.36	—
异丁酸异戊酯	12.400	—	—	0.20	<i>b</i> -榄香烯	33.480	0.65	2.64	0.12
邻伞花烃	12.679	—	23.15	—	(-)- <i>a</i> -古芸烯	34.154	—	—	1.08
4-异丙基甲苯	12.713	14.90	—	—	甲基丁香酚	34.414	42.91	14.70	—
<i>D</i> -柠檬烯	12.957	—	33.86	45.56	石竹烯	34.654	12.17	15.58	1.74
伪柠檬烯	13.071	40.06	—	—	毕澄茄烯	35.156	0.34	0.91	0.03
(<i>E</i>)- <i>b</i> -罗勒烯	13.672	—	—	0.12	丁香酚	36.205	12.41	—	—
(<i>Z</i>)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	14.300	0.24	—	0.18	<i>a</i> -律草烯	36.215	0.25	1.54	0.03
γ -松油烯	14.961	46.27	15.54	2.51	反式- <i>b</i> -金合欢烯	36.483	1.78	—	—
蒎品油烯	16.596	29.83	3.32	1.56	丙位依兰油烯	37.199	0.37	1.12	0.30
2,6-二甲基苯乙烯	16.858	—	—	4.42	大牛儿烯 D	37.383	8.46	22.89	2.45
2-甲基-1-苯基丙烯	16.913	—	2.85	—	<i>b</i> -芹子烯	37.657	0.07	9.58	3.20
1-甲基-4-(1-甲基乙烯基)苯	16.945	1.01	—	—	(+)-喇叭烯	37.807	—	—	0.91
芳樟醇	17.769	4.58	90.04	13.26	大根香叶烯 B	37.970	—	4.20	—
二氢芳樟醇	17.965	—	33.34	12.11	<i>a</i> -衣兰油烯	38.205	0.49	2.14	0.64
对薄荷-1,3,8-三烯	18.381	0.20	1.42	—	异丁香酚甲醚	38.466	29.15	10.39	—
萜醇	18.700	0.42	—	0.12	γ -杜松烯	38.742	0.38	0.89	0.18
1-甲基-4-(1-甲基乙烯基)环己-2-烯-1-醇	18.982	—	6.64	2.09	<i>b</i> -杜松烯	39.032	4.72	24.64	6.78
(<i>Z</i>)-对薄荷-2,8-二烯-1-醇	19.975	—	6.49	1.93	肉豆蔻醚	39.506	81.81	59.09	0.08
1-甲基-4-(1-甲基乙基)-3-环己烯-1-醇	20.036	0.44	—	—	榄香素	40.678	54.78	11.34	0.24
樟脑	20.328	—	—	0.31	喇叭茶醇	40.960	—	0.69	0.37
松果香酮	21.417	0.11	0.88	—	桉油烯醇	41.255	0.43	6.33	0.47
2-茨醇	22.278	0.47	—	0.39	氧化石竹烯	41.396	—	0.96	—
4-萜烯醇	23.024	110.54	39.69	4.68	月桂酸	41.605	1.79	—	—
<i>a</i> -松油醇	23.734	27.84	13.22	7.21	愈创醇	42.187	3.60	—	—
反式-6-(异丙基)-3-甲基环己-2-烯-1-醇	24.546	1.54	—	—	4-烯丙基-2,6-二甲氧基苯酚	42.299	5.04	—	—
乙酸小茴香酯	24.868	—	3.59	1.26	γ -桉叶醇	43.470	2.20	—	—
(1 <i>R</i> ,5 <i>R</i>)-rel-香芹醇	25.102	—	—	1.65	<i>b</i> -桉叶醇	44.223	—	8.12	1.10
2-甲基-5-(1-甲基乙烯基)-2-环己烯-1-醇	25.116	—	4.38	—	肉豆蔻酸	49.378	36.07	—	—
香芹醇	25.896	—	0.68	—	异植醇	54.676	—	1.03	—
					棕榈酸	55.433	—	—	1.82
					泪柏醚	56.415	0.11	—	—
					叶绿醇	59.774	—	14.67	—
					亚油酸	60.546	—	—	0.58
					亚麻酸甲酯	60.705	—	—	0.36

表 2 豆蔻天竺葵不同部位精油成分的相对含量

Table 2 Comparison of the relative contents of essential oils from different parts of *Pelargonium cardamom*

类别	种子		叶		茎	
	数量	相对含量/(mg · g ⁻¹)	数量	相对含量/(mg · g ⁻¹)	数量	相对含量/(mg · g ⁻¹)
烯烃类	28	384.34	25	218.76	24	89.54
醇类	10	152.06	13	225.33	13	46.00
酯类	4	8.80	3	23.90	4	8.56
酮类	—	—	2	6.31	2	2.73
酚类	3	60.36	3	25.88	—	—
醚类	3	111.07	1	59.09	1	0.08
酸类	2	37.86	—	—	2	2.40
其他	3	98.84	3	40.07	1	0.24
总和	53	853.32	50	599.34	47	149.55

别为 53,50,47 种,其中种子、叶和茎三者中共有化合物 25 种。豆蔻天竺葵种子中挥发油成分及含量与茎、叶中的存在较大差异,种子中挥发油成分以烯烃类、醇类、醚类为主,酚类、酯类、酸类相对含量较少。种子挥发油中相对含量较高的成分有 4-萜烯醇(110.54 mg/g)、肉豆蔻醚(81.81 mg/g)、b-水芹烯(58.33 mg/g)、榄香素(54.78 mg/g)、 γ -松油烯(46.27 mg/g)、甲基丁香酚(42.91 mg/g)、伪柠檬烯(40.06 mg/g)、 α -蒎烯(38.42 mg/g)、肉豆蔻酸(36.07 mg/g)、松油烯(30.83 mg/g)、 β -蒎烯(29.99 mg/g)及萜品油烯(29.83 mg/g),黄樟素(29.83 mg/g)占挥发性成分总量的 80%。伪柠檬烯和肉豆蔻酸是种子挥发油中的独有成分,在叶、茎中均未检出。

豆蔻天竺葵叶、茎中挥发油成分种类相似,均以醇类、烯烃为主,但相对含量存在较大差异。叶挥发油中相对含量最高成分有芳樟醇(90.04 mg/g)、肉豆蔻醚(59.09 mg/g)、4-萜烯醇(39.69 mg/g)和 D-柠檬烯(33.86 mg/g),与文献[6]相比,叶中挥发油主要成分相似但含量有所不同,可能是由于所选豆蔻天竺葵样品的温度、相对湿度、采收时间、土壤等环境条件不同造成的。茎挥发油中鉴定出 47 种成分,有 33 种成分与叶相同,共有成分含量占茎挥发油物质总量的 90%,其中茎挥发油成分以 D-柠檬烯(45.56 mg/g)、芳樟醇(13.26 mg/g)、二氢芳樟醇(12.11 mg/g)和松油烯(11.93 mg/g)为主。茎、叶挥发油共有成分中,除 D-柠檬烯(叶 33.86 mg/g;茎 45.56 mg/g)在叶挥发油中含量低于茎外;其余芳樟醇(叶 90.04 mg/g;茎 13.26 mg/g)、肉豆蔻醚(叶 59.09 mg/g;茎 0.08 mg/g)、4-萜烯醇(叶 13.23 mg/g;茎 4.68 mg/g)、二氢芳樟醇(叶 33.34 mg/g;茎 12.11 mg/g)、 β -杜松烯(叶 24.64 mg/g;茎 6.78 mg/g)、松油烯(叶 21.68 mg/g;茎 11.93 mg/g)、乙酸龙脑酯(叶 21.68 mg/g;茎 11.93 mg/g)等成分在叶挥发油中的含量均远高于茎。

此外,邻伞花烃(23.15 mg/g)、大牛儿烯 D(22.89 mg/g)、甲基丁香酚(14.70 mg/g)、叶绿醇(14.67 mg/g)和异丁香酚甲醚(10.39 mg/g)等主要成分在叶挥发油中相对含量较高,而在茎挥发油中未检出。

2.3 豆蔻天竺葵不同部位挥发油对卷烟感官品质的影响

由表 3 可知,当种子、叶、茎挥发油添加量分别为 0.04%,0.06%,0.06%时,卷烟的感官质量改善最佳,说明添加豆蔻天竺葵不同部位的挥发油可不同程度地改善和修饰烟气,提高香气质和香气量,降低刺激性和杂气等。适量的种子挥发油能够赋予卷烟药草香和辛香,增加卷烟的香气质和香气量,但在一定程度上掩盖了卷烟本身的烟香。叶和茎挥发油在卷烟应用中表现的香韵类型比较一致,均赋予卷烟清香、果香和木香,但两者香韵表现力存在较大差别,叶挥发油香韵更为丰富,能够赋予卷烟较好的清甜感,提升烟气细腻程度,明显改善卷烟的香气和刺激性,有效抑制了杂气。而茎挥发油对改善卷烟香气的效果较为薄弱,只有添加量>0.06%时才显现出清香和木香,且对烟气、刺激性、杂气的改善效果较弱。

2.4 豆蔻天竺葵不同部位挥发油对卷烟烟气化学成分的影响

由表 4 可知,添加种子、叶、茎挥发油的卷烟烟气中总粒相物较空白对照均显著增加($P<0.05$);烟气中的焦油含量只有种子挥发油显著高于对照,茎、叶挥发油与空白对照无显著差异;添加种子挥发油与茎挥发油的卷烟烟气中水分含量与对照呈显著差异($P<0.05$),而其他烟气指标烟碱和一氧化碳含量与对照相比变化幅度均较小,皆在正常卷烟烟气变化幅度之内^[18-19]。总粒相物和焦油含量增加主要是因为样品卷烟在抽吸时,添加的挥发油通过自身香味物质挥发和烟气洗脱等方式将香味成分带到烟气中,使烟气中的挥发性粒相物和焦油含量增加^[20]。虽然添加种子挥发油的卷烟烟气中总粒相物含量高于叶和茎,但其焦油含量也高于茎和叶,从而使得感官

表 3 豆蔻天竺葵不同部位挥发油在卷烟中的感官评吸结果

Table 3 Sensory evaluation of volatile oil from different parts of *Cardamom pelargonium* in cigarette

添加量/ %	感官评吸结果		
	种子	叶	茎
空白	烟气充足,香气质中等,香气量低,刺激性大,杂气重,余味尚舒适	烟气充足,香气质中等,香气量低,刺激性大,杂气重,余味尚舒适	烟气充足,香气质中等,香气量低,刺激性大,杂气重,余味尚舒适
0.02	烟气、香气量、余味无明显变化,香气质好,刺激性、杂气略降低	赋予卷烟少量的清香,烟气和余味无明显变化,香气质香气量略有提高,杂气、刺激性稍减	无明显变化
0.04	赋予卷烟药草香和辛香,烟气细腻,香气质好,刺激性和杂气明显减弱,余味舒适	赋予卷烟清香,并具有一定的果香和木香,烟气丰满,香气质一般,刺激性明显,杂气减弱,余味舒适	烟气充足,香气质和香气量无明显变化,刺激性和杂气略有降低,余味尚舒适
0.06	赋予卷烟药草香和辛香,烟气丰满,香气质一般,刺激性明显,杂气减弱,余味尚舒适	赋予卷烟清香,并具有一定的果香和木香以及清甜感,烟气细腻,香气质好,刺激性减弱,杂气减弱,余味舒适	赋予卷烟一定的清香和木香以及少量的果香,烟气丰满,香气质一般,刺激性略降低,杂气减弱,余味舒适
0.08	赋予卷烟药草香和辛香,烟气充足,香气质差,刺激性明显,杂气重,余味尚舒适	赋予卷烟清香,烟气充足,香气质中等,刺激性大,杂气减弱,余味尚舒适	赋予卷烟清香,烟气充足,香气质中等,刺激性大,杂气减弱,余味尚舒适

表 4 豆蔻天竺葵不同部位挥发油在卷烟中加香后主流烟气成分[†]

Table 4 Mainstream smoke components of volatile oil from different parts of *Geranium myristica* after flavoring in cigarettes

样品	主流烟气成分含量/(mg·支 ⁻¹)				
	总粒相物	焦油	烟碱	水分	CO
空白	16.17 ^c	13.01 ^b	0.99	2.18 ^c	12.66
种子	20.48 ^a	15.75 ^a	1.04	2.89 ^a	12.00
叶	18.33 ^b	14.53 ^{ab}	1.05	2.15 ^c	11.68
茎	18.18 ^b	13.86 ^{ab}	1.02	2.42 ^b	12.46

[†] 小写字母不同表差异显著($P<0.05$)。

不如叶挥发油,这可能是由于豆蔻天竺葵种子挥发油与茎、叶挥发油的成分差异较大。

豆蔻天竺葵种子、叶、茎挥发油添加入卷烟后由于其自身所具有的不同的香味物质挥发进入烟气中,从而赋予卷烟独特的香味气息和抽吸感官,如在种子挥发油中含有肉豆蔻醚、榄香素、甲基丁香酚、黄樟素、月桂烯、异丁香酚甲醚等重要的致香成分^[21-23],这些成分综合作用形成了种子挥发油独特的药草香。*D*-柠檬烯是茎挥发油中相对含量最高的成分,其本身具有清新的柠檬果香^[24];叶挥发油中的主要成分芳樟醇具有典型的花香香气和淡弱的柑橘类果香韵^[25];叶和茎挥发油中共有成分中还存在 α -乙酸松油酯、乙酸龙脑酯、叶绿醇、 β -蒎烯、石竹烯、甲基丁香酚等众多致香物质^[26-29],这些物质共同作用最

终使茎、叶挥发油赋予卷烟独特的清香。

3 结论

对豆蔻天竺葵不同部位提取的挥发油成分进行分析,结果表明,种子挥发油的提取率远高于茎和叶,但从香味成分和卷烟加香方面看,叶挥发油相比于种子和茎挥发油对卷烟增香、降低刺激性和杂气、改善吃味有更为显著的效果,是一种理想的天然烟用香料。但其挥发油的提取效率较低,不能满足目前工业生产的需求。后续可针对提取方法进行选择和优化,确定最佳提取方式和提取条件。

参考文献

[1] 廖苏梅,周巍,郝冰,等. 豆蔻天竺葵的组织培养[J]. 浙江农业科学, 2006, 42(3): 472.
LIAO S M, ZHOU W, HAO B, et al. Tissue culture of *Pelargonium odoratissimum* (L.) L'Hér. ex Ait[J]. Plant Physiol Comm, 2006, 42 (3): 472.
[2] EBRAHIMZADEH A, FATHOLLAHZADEH M, HASSANPOUR-AGHDAM M B, et al. Micropropagation of *Pelargonium odoratissimum* (L.) L'Her. through petioles and leaves[J]. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, 2021, 38: 261-278.
[3] ANDRADE M A, CARDOSO M G, BATISTA L R, et al. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil of *Pelargonium odoratissimum* [J]. Revista Brasileira de Farmacognosia, 2011, 21(1): 47-52.
[4] MATUSINSKY P, ZOUHAR M, PAVELA R, et al. Antifungal effect of five essential oils against important pathogenic fungi of cereals[J]. In-

- dustrial Crops and Products, 2015, 67: 208-215.
- [5] LIS-BALCHIN M, ROTH G. Composition of the essential oils of *Pelargonium odoratissimum*, *P. exstipulatum*, and *P. × fragrans* (Geraniaceae) and their bioactivity [J]. *Flavour & Fragrance Journal*, 2000, 15(6): 391-394.
- [6] POMBO L M, MATULEVICH J, BORREGO P. Composicin quimicay actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Pelargonium odoratissimum* (L.) L'Hér (Geraniaceae)[J]. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 2016, 12(1): 74-83.
- [7] KHALID K A, SILVA J, CAI W. Water deficit and polyethylene glycol 6000 affects morphological and biochemical characters of *Pelargonium odoratissimum* (L.) [J]. *Scientia Horticulturae*, 2010, 125(2): 159-166.
- [8] 段曰汤, 黄文英, 刘海刚, 等. 不同施肥及采剪措施对香叶天竺葵出油率及生物产量的影响[J]. *热带作物学报*, 2013, 34(1): 37-40.
- DUAN Y T, HUANG W Y, LIU H G, et al. The impact of fertilization measures and harvest times on oil extraction rate and biomass yield of *Pelargonium graveolens* L.[J]. *Chin J Trop Crops*, 2013, 34(1): 37-40.
- [9] 易清元, 江明, 杨艳琼, 等. 香叶天竺葵多倍体精油的化学成分研究[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(3): 244-249.
- YI Q Y, JIANG M, YANG Y Q, et al. The analysis of chemical constituents of essential oil in *Pelargonium graveolens* polyloid seedlings[J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2014, 30(3): 244-249.
- [10] 刘晓生, 庄东红, 吴清韩, 等. 固相微萃取技术分析两种芳香植物精气成分及与其精油成分的比较[J]. *西北师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 51(2): 58-65, 84.
- LIU X S, ZHUANG D H, WU Q H, et al. Chemical composition of phytonciders from two aromatic plants by HS-SPME and comparison with their essential oil[J]. *J Northwest Nor Univ(Nat Sci Ed)*, 2015, 51(2): 58-65, 84.
- [11] 任洪涛, 周斌. 香叶天竺葵精油和纯露的挥发性成分分析及抗氧化活性评价[J]. *日用化学工业*, 2017, 47(8): 463-467.
- REN H T, ZHOU B. Analysis of volatile components and antioxidant activity evaluation of essential oil and aqueous extract from *Pelargonium graveolens* L. Herit[J]. *China Surfactant Deterg Cosmet*, 2017, 47(8): 463-467.
- [12] 闫克玉, 高远翔, 李卫, 等. 满山红挥发油的分析及在卷烟中的应用[J]. *烟草科技*, 2009(7): 31-37.
- YAN K Y, GAO Y X, LI W, et al. Analysis of essential oil from *rhododendron dauricum* and its application in cigarette[J]. *Tobacco Sci Tech*, 2009(7): 31-37.
- [13] 全国烟草标准化技术委员会. 卷烟用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油: GB/T 19609—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004: 1-5.
- National Tobacco Standardization Technical Committee. Cigarette: Determination of total and nicotine-free dry particulate matter using a routine analytical smoking machine: GB/T 19609—2004[S]. Beijing: China Quality and Standards Press, 2004: 1-5.
- [14] 全国烟草标准化技术委员会. 卷烟总粒相物中烟碱的测定气相色谱法: GB/T 23355—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009: 1-4.
- National Tobacco Standardization Technical Committee. Cigarettes: Determination of nicotine in smoke condensates: Gas-chromatographic method: GB/T 23355—2009[S]. Beijing: China Quality and Standards Press, 2009: 1-4.
- [15] 全国烟草标准化技术委员会. 卷烟总粒相物中水分的测定第1部分: 气相色谱法: GB/T 23203.1—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-3.
- National Tobacco Standardization Technical Committee. Cigarettes: Determination of water in smoke condensates: Part 1: Gas-chromatographic method: GB/T 23203.1—2008[S]. Beijing: China Quality and Standards Press, 2008: 1-3.
- [16] 刘琪, 马梦婕, 龚珍林, 等. 烤烟型细支与常规卷烟烟气中9种主要成分的逐口释放量比较[J]. *食品与机械*, 2020, 36(7): 39-44.
- LIU Q, MA M J, GONG Z L, et al. Analysis of puff-by-puff release of nine main components in mainstream smoke of typical flue-cured slim and normal cigarettes[J]. *Food & Machinery*, 2020, 36(7): 39-44.
- [17] 全国烟草标准化技术委员会. 卷烟 中式卷烟风格感官评价方法: YC/T 497—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014: 1-7.
- National Tobacco Standardization Technical Committee. Cigarette: The sensory evaluation methods for Chinese-stylistic features: YC/T 497—2014[S]. Beijing: China Quality and Standards Press, 2014: 1-7.
- [18] 刘春奎, 贾琳, 闫启峰, 等. 卷烟烟气主要化学成分适宜性指数研究[J]. *南方农业学报*, 2019, 50(10): 2 149-2 159.
- LIU C K, JIA L, YAN Q F, et al. Suitability index of main smoke chemical components of cigarette[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2019, 50(10): 2 149-2 159.
- [19] 喻赛波, 谭超, 王诗太, 等. 烟丝含水率对细支卷烟的影响[J]. *食品与机械*, 2018, 34(5): 216-220.
- YU S B, TAN C, WANG S T, et al. Influence of the moisture content of the tobacco blend on the slim cigarette[J]. *Food & Machinery*, 2018, 34(5): 216-220.
- [20] 刘凌璇, 朱杰, 邹泉. 爆珠对细支卷烟物理指标及烟气舒适性的影响[J]. *轻工科技*, 2021, 37(1): 6-8, 14.
- LIU L X, ZHU J, ZOU Q. Effect of bead explosion on physical indexes and smoke comfort of fine cigarettes[J]. *Light Industry Science and Technology*, 2021, 37(1): 6-8, 14.
- [21] 黄盼, 周改莲, 王倩, 等. 基于主成分和聚类分析评价国产不同批次肉豆蔻挥发油的质量[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(5): 316-324.
- HUANG P, ZHOU G L, WANG Q, et al. Evaluation of the quality of domestically produced different batches of nutmeg volatile oil based on principal component and cluster analysis[J]. *Mod Food Sci Tech*, 2020, 36(5): 316-324.

- [18] 李冬玲. 不同来源药用菊花挥发油和总黄酮含量的比较分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(7): 3 444-3 446.
- LI D L. Comparative analysis on essential oil and total flavonoids of medicinal chrysanthemum from different original locations and species[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2010, 38(7): 3 444-3 446.
- [19] 张星海. 不同来源菊花化学成分、抗炎作用及其机理的研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2014: 24-31.
- ZHANG X H. Study on the changes of chemical composition, anti-inflammatory efficacy and mechanism of different cultivars of flos chrysanthemi[D]. Nanjing: Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, 2014: 24-31.
- [20] 姚文生, 蔡莹喧, 刘登勇, 等. 不同材料熏制鸡腿肉挥发性物质 GC-IMS 指纹图谱分析[J]. 食品科学技术学报, 2019, 37(6): 37-45.
- YAO W S, CAI Y X, LIU D Y, et al. Volatile compounds analysis in chicken thigh smoked with different materials by GC-IMS fingerprint[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 37(6): 37-45.
- [21] 尹晓燕, 王燕燕. 1,8-桉叶素药理作用及其机制研究进展[J]. 生命的化学, 2020, 40(11): 2 026-2 034.
- YIN X Y, WANG Y Y. Research progress on pharmacological activities and mechanism of 1,8-cineole[J]. Chemistry of Life, 2020, 40(11): 2 026-2 034.
- [22] JIANG H D, CAI J, XU J H, et al. Endothelium-dependent and direct relaxation induced by ethyl acetate extract from flos chrysanthemi in rat thoracic aorta[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2005, 101(1/2/3): 221-226.
- [23] 唐钢锋, 雷杰, 张晋芬. 微波提取-GC/MS-SCAN/SIM 法定量检测野菊花挥发油中 1,8-桉叶素, 樟脑, 异龙脑, 龙脑[J]. 分析试验室, 2010, 29(S1): 357-360.
- TANG G F, LEI J, ZHANG J F. Quantitative determination of 1,8-cineole, camphor, isoborneol and borneol in the volatile oil of wild chrysanthemum by microwave extraction GC/MS-SCAN/SIM[J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2010, 29(S1): 357-360.
- [24] 李晓颖, 曹翠玲, 武军凯, 等. 顶空气相色谱-质谱联用法分析两种玉兰花挥发性成分[J]. 食品科学技术学报, 2017, 35(5): 53-60.
- LI X Y, CAO C L, WU J K, et al. Analysis on volatile components of two kinds of Magnolia flowers by headspace gas chromatography-mass spectrometry [J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 35(5): 53-60.
- [25] 周根, 张四杰, 钱正, 等. 杭白菊 4 个品种挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 分子植物育种, 2018, 16(11): 3 718-3 726.
- ZHOU G, ZHANG S J, QIAN Z, et al. GC-MS analysis of volatile components in four species of chrysanthemum morifolium[J]. Molecular Plant Breeding, 2018, 16(11): 3 718-3 726.
- [26] YANG L, CHENG P, WANG J H, et al. Analysis of floral volatile components and antioxidant activity of different varieties of chrysanthemum morifolium[J]. Molecules, 2017, 22(10): 1 790-1 803.
- (上接第 51 页)
- [22] 齐富友, 蹇顺华, 刘吟, 等. 白苏叶挥发油超临界 CO₂ 萃取工艺优化、成分分析及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2021, 37(12): 142-148.
- QI F Y, JIAN S H, LIU Y, et al. Extraction process optimization, composition analysis of volatile oil from *Perilla frutescens* leaf and its antioxidant activity[J]. Food & Machinery, 2021, 37(12): 142-148.
- [23] 田思慧, 董春萍, 王车礼. 干燥工艺对姜黄中姜黄素类化合物和挥发油的影响[J]. 食品与机械, 2021, 37(5): 169-175.
- TIAN S H, DONG C P, WANG C L. Effect of drying technology on curcumin compounds and volatile oil in *Curcuma longa* L.[J]. Food & Machinery, 2021, 37(5): 169-175.
- [24] 饶先立, 郭宏霞, 孙胜南. 巴西苦橙精油和苦橙花精油的挥发性成分分析及卷烟应用效果[J]. 化工技术与开发, 2019, 48(4): 34-39.
- RAO X L, GUO H X, SUN S N. Analysis of volatile components of essential oil from Brazil bitter orange and bitter orange flower and its application in cigarette[J]. Tech Dev Chem Ind, 2019, 48(4): 34-39.
- [25] 姬小明, 李冰洁, 于建军, 等. 金莲花挥发油成分分析及其在卷烟加香中的应用[J]. 精细化工, 2011, 28(10): 982-986.
- JI X M, LI B J, YU J J, et al. Analysis of the essential oil from *troilus chinensis bunge* and its application in cigarette flavoring[J]. Fine Chemicals, 2011, 28(10): 982-986.
- [26] 张峰, 操晓亮, 伊勇涛, 等. 茶树花纯露的制备及其在卷烟中的应用[J]. 中国烟草学报, 2020, 26(5): 27-33.
- ZHANG F, CAO X L, YIN Y T, et al. Preparation of tea flower hydrolats and its application in cigarette[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2020, 26(5): 27-33.
- [27] 孙兰茜, 周维, 黎洪利, 等. 珠兰精油挥发性成分及其加香方式对卷烟评吸效果的影响[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(10): 133-136.
- SUN L X, ZHOU W, LI H L, et al. Effect of volatile components in *Chloranthus spicatus* essential oil and its flavor adding pattern on smoking evaluation of cigarette[J]. Guizhou Agric Sci, 2020, 48(10): 133-136.
- [28] 李佳楠, 陈小华, 郝毫, 等. 罗文莎叶挥发油的化学成分及抑菌与酶抑制作用[J]. 食品与机械, 2021, 37(1): 34-39.
- LI J N, CHEN X H, HAO H, et al. Chemical composition, bacteriostasis and enzyme inhibition of *Cinnamomum camphora* ct.cineole volatile oil[J]. Food & Machinery, 2021, 37(1): 34-39.
- [29] 张凤梅, 唐石云, 刘哲, 等. 玫瑰精油香味成分分析及在卷烟加香中的应用[J]. 烟草科技, 2020, 53(5): 47-56.
- ZHANG F M, TANG S Y, LIU Z, et al. Aroma component analysis on mainstream cigarette smoke flavored with rose essential oil[J]. Tobacco Sci Tech, 2020, 53(5): 47-56.