

云南两个薰衣草品种精油分析

廖祯妮^{1,4}, 黄青^{1*}, 程启明^{1,2}, 李晓鹏³, 刘恩学³, 于晓英⁴, 于进英⁵

¹中国科学院城市环境研究所 城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021; ²广西大学农学院, 南宁 530004; ³昆明青龙景观工程有限公司, 昆明 650034; ⁴湖南农业大学 园艺园林学院, 长沙 410128; ⁵威海绿苑植物材料有限公司, 威海 264200

摘要: 采用水蒸气蒸馏法分别提取云南两个薰衣草品种(CAS07 和 CAS08) 鲜花及干花精油, 然后经 GC-MS 分析其化学成分, 并用峰面积归一法确定其相对含量。结果表明, CAS07 鲜、干花的得油率分别为 2.2% 和 2.7%, CAS08 鲜、干花的得油率分别为 3.3% 和 3.8%, 两个不同品种间的薰衣草精油得油率表现出极显著差异 ($P < 0.01$), 同一品种鲜、干花得油率无显著性差异 ($P > 0.05$); CAS07 薰衣草精油中的主要化合物有: 芳樟醇 (38.58% ~ 39.16%)、乙酸芳樟酯 (21.80% ~ 26.71%) 和乙酸薰衣草酯 (7.69% ~ 13.15%); CAS08 薰衣草精油中的主要化合物有: 桉叶油醇 (49.70% ~ 49.80%)、樟脑 (13.64% ~ 14.26%)、 α -红没药醇 (6.62% ~ 7.65%)。本研究结果发现鲜花采收后及时加工比干花加工提取精油产量更高, 精油品质更好; 可为云南薰衣草产业化发展决策提供理论科学依据, 并为建设美丽家庭农场及特色生态庄园提供参考与借鉴。

关键词: 薰衣草; 精油; 芳樟醇; 乙酸芳樟酯; 桉叶油醇

中图分类号: R949.99

文献标识码: A

Chemical Compositions of Essential Oils Extracted from Two Cultivars of *Lavandula* spp. Grown in Yunnan

LIAO Zhen-ni^{1,4}, HUANG Qing^{1*}, CHENG Qi-ming^{1,2}, LI Xiao-peng³, LIU En-xue³, YU Xiao-ying⁴, YU Jin-ying⁵

¹Key Laboratory of Urban Environment & Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China;

²Agricultural College of Guangxi University, Nanning 530004, China; ³Kunming Qinglong Landscape Project Co. Ltd, Kunming 650034, China; ⁴Horticulture and Landscape College of Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

⁵Weihai Greenland Plant Material Co. Ltd, Shandong Weihai 264200, China

Abstract: In this study, the essential oils were extracted from both fresh and dry flowers of two cultivars of Yunnan *Lavandula* spp. (CAS07 and CAS08) using steam distillation method. The chemical constituents were analyzed using GC-MS, and their contents were determined by peak area normalization method. The results showed that the yields of fresh and dry flowers of CAS07 were 2.2% and 2.7%, respectively, while the yields of fresh and dry flowers of CAS08 were 3.3% and 3.8%, respectively. A significant difference ($P < 0.01$) was observed in the yields of two cultivars but the difference was not significant ($P > 0.05$) between the fresh and dry flowers within the same cultivar. Moreover, the principal constituents of the essential oil extracted from CAS07 were linalool (38.6% - 39.2%), linalool acetate (21.80% - 26.71%) and lavandulol acetate (7.69% - 13.15%). The essential oil of CAS08 extract mainly included eucalyptol (49.70% - 49.80%), camphor (13.6% - 14.3%) and α -bisabolol (6.6% - 7.7%). We found that the yields and qualities of oils which extracted from fresh flowers were higher than dried flowers. The results of this study can provide a theoretical basis for Yunnan *Lavandula* spp. industry policy, and a reference for the construction of the ecological park and beautiful family farms.

Key words: *Lavandula* spp.; essential oil; linalool; linalool acetate; eucalyptol

薰衣草 (*Lavandula* spp.) 为唇形科 (Labiatae) 一年生或多年生灌木或草本植物, 原产于地中海沿岸

的国家或地区, 约有 39 个种和 483 个栽培品种, 其中精油类薰衣草主要分为三大类: 真薰衣草 (lavender)、穗薰衣草 (spike lavender) 及杂薰衣草 (lavandin)^[1]。

薰衣草及其精油在医疗、保健品、日化用品、食

收稿日期: 2013-11-12 接受日期: 2014-01-21

基金项目: 中国科学院重点部署项目 (KZZD-EW-16-02)

* 通讯作者 Tel: 86-592-6190559; E-mail: qhuang@iue.ac.cn

品香料等行业有着广泛应用^[2]。国际上依据薰衣草种类、产地不同分别有与之相对应的薰衣草精油品质的 ISO 标准^[2-5],这些标准中主要评价指标化合物有芳樟醇、乙酸芳樟酯、薰衣草醇、乙酸薰衣草酯、樟脑、1,8-桉树脑、龙脑等,以上物质都是一些简单的归类,实际上薰衣草精油是一种含有几十至上百个单体化合物构成的混合物,其中大多数化合物组分的相对含量决定着精油品质的高低与优劣。

尽管国内对薰衣草精油也有不少的研究,但主要是以新疆地区生产的薰衣草精油为主^[6,7],近年薰衣草在我国南方地区广泛引种栽培,其薰衣草精油品质究竟如何,成为了企业界和学术界关注的焦点^[8]。本研究拟采用水蒸气蒸馏法分别提取我们实验室多年选育出适合于云南昆明生长的两个薰衣草品种的鲜花、干花精油,通过 GC-MS 进行精油化学成分的分析,并用峰面积归一法确定各化合物在精油中的相对含量,以期确定云南薰衣草产业化生产过程中合适的采收加工原料类型及可能对精油品质产生的影响,为薰衣草在云贵高原上的产业化、综合开发利用和高附加值系列产品的开发提供理论科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源及处理

薰衣草 CAS07 (*Lavandula angustifolia* Mill.) 和薰衣草 CAS08 (*Lavandula angustifolia* Mill. × *Lavandula latifolia* Medik.) 均采自于云南昆明(纬度 25.04°、经度 102.73°),其中 CAS07 于 2012 年 5 月采收,CAS08 干、鲜花分别于 2012 年 5 月和 10 月两个时期采收。薰衣草鲜花采收立即提取,来不及提取的鲜花-20℃冰箱保存备用,另外一部分薰衣草鲜花置于阴凉通风处晾干,晾干后及时提取;本实验精油采用水蒸气蒸馏法蒸馏 90 min,无水硫酸钠干燥,4℃避光保存待测,每个样品三次重复。薰衣草精油得率使用公式(1)计算,运用 SPSS V18.0 软件进行试验数据处理及方差分析。

$$\text{得油率}(\%) = \frac{\text{精油产量}(\text{mL})}{\text{薰衣草质量}(\text{g})} \times 100 \quad (1)$$

1.2 仪器与试剂

水蒸气蒸馏提取装置(厦门大学定制),套式恒温器(海宁新华医疗机械厂),DLSB 低温冷却循环泵(巩义予华),超纯水机(上海和泰),Agilent 7890A-5975C 气相色谱-质谱联用仪(美国 Agilent)。

无水硫酸钠(分析纯,国药集团),芳樟醇、桉叶油醇和樟脑标准品(Sigma-Aldrich 公司)。

1.3 GC/MS 分析条件

色谱条件:色谱柱:HP-5MS(30 m × 250 μm,膜厚 0.25 μm);进样口温度:250℃;升温程序:在 45℃保持 10 min,以 3℃/min 升至 70℃,又以 1℃/min 升至 95℃,再以 8℃/min 升至 135℃,最后以 5℃/min 升至 230℃;载气:He(99.999%);进样量:1 μL;分流比:40:1。

质谱条件:离子源:EI;电离能:70 eV;离子源温度:230℃;四极杆温度:150℃;全扫描质量范围:45~550 amu。

对获取的质谱数据与 NIST2.0 质谱库检索和标准品进行解析,确定各精油样品中的化学成分,并按峰面积归一法计算各化学成分的相对含量。

2 结果与讨论

2.1 不同种类薰衣草精油得油率与理化指标

薰衣草精油均采用同一自制的水蒸气蒸馏装置蒸馏获得,实验结果表明不同品种的薰衣草精油物理性状不同,精油的产量亦有差异,两个薰衣草品种的鲜、干花精油得油率均呈极显著差异($P < 0.01$),而同一品种薰衣草间的鲜、干花精油得油率无显著性差异($P > 0.05$),结果见表 1。

表 1 不同种类薰衣草精油的理化指标比较

Table 1 physicochemical characteristics and essential oil yields of the investigated *Lavandula* spp.

样品 Samples	得油率 Yield (%)	色状 Color	香气 Odor
CAS07 鲜花	2.18 A	浅黄色	薰衣草花香
CAS07 干花	2.70 A	浅黄色	薰衣草花香
CAS08 鲜花	3.33 B	黄色	香味较小,带有樟脑气味
CAS08 干花	3.78 B	黄色	香味较小,带有樟脑气味

注:若字母相同,表明在 LSD 检测水平上 $P > 0.05$ 差异不显著。

Note: Values followed by the same letter were no significant difference at 0.05 probability level according to LSD test.

2.2 成分分析

薰衣草 CAS07 和 CAS08 各精油样品 GC-MS 测试分析结果表明:两个薰衣草品种的精油中分离出来的色谱峰其保留时间和峰面积差异显著;同一品种薰衣草鲜、干花精油中分离出来的大部分色谱峰其保留时间相近,但是色谱峰的峰面积占总峰面积比例稍有差异,如总离子流色谱图(TIC)(图 1)。

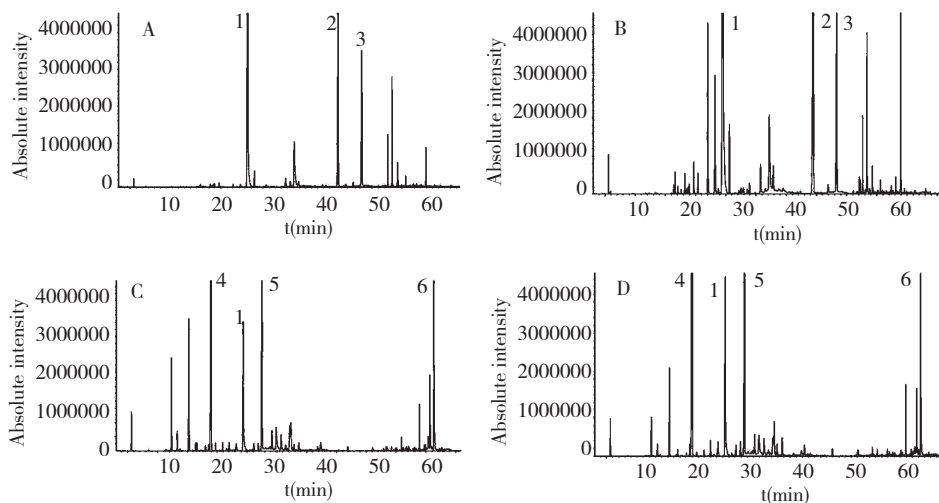


图1 CAS07 鲜花精油 (A)、CAS07 干花精油 (B)、CAS08 鲜花精油 (C) 及 CAS08 干花精油 (D) GC-MS 总离子色谱图

Fig.1 GC-MS TICs of the essential oils from the fresh flowers of the CAS07 (A), the dry flowers of the CAS07 (B), the fresh flowers of the CAS08 (C) and the dry flowers of the CAS08 (D)

注:1 芳樟醇,2 乙酸芳樟酯,3 乙酸薰衣草酯,4 桉叶油醇,5 樟脑,6 α -红没药醇。

Note:1, linalool;2, linalool acetate;3, lavandulol acetate;4, eucalyptol;5, camphor;6, α -bisabolol.

薰衣草 CAS07 鲜、干花精油中物质总数分别为 45 和 55 种,鉴定出的化合物总数为 41 和 46 个化合物,占总量的 99.66% 和 98.52%;薰衣草 CAS08 鲜、干花精油中物质总数均为 56 种,鉴定出的化合

物总数分别为 50 和 51 个化合物,占总量的 99.24% 和 99.18%;各精油样品中的主要化学成分及其相对含量如表 2。

表 2 云南薰衣草精油主要化学成分及相对含量

Table 2 Constituents and relative content of essential oils from two spices of *Lavandula* spp. grown in Yunnan

编号 No.	化合物 Compound	相对含量 Relative content (%)			
		CAS07 FO	CAS07 DO	CAS08 FO	CAS08 DO
1	三聚甲醛缩乙二醇 1,3,5-trioxepane	0.29	0.56 ↗	0.73	0.68 ↘
2	α -蒎烯 α -pinene	-	-	2.76	1.15 ↘
3	莰烯 camphene	-	-	0.60	0.36 ↘
4	β -蒎烯 β -pinene	-	-	4.53	2.82 ↘
5	3-辛酮 3-octanone	-	0.19	-	-
6	1,8-桉叶素 1,8-cineole	-	-	0.24	0.07 ↘
7	月桂烯 β -myrcene	0.15	0.44 ↗	0.21	0.18 ↘
8	丁酸丁酯 butanoic acid, butyl ester	0.05	0.15 ↗	-	-
9	异松油烯 terpinolene	-	-	0.14	0.09 ↘
10	乙酸己酯 hexyl acetate	0.14	0.44 ↗	-	-
11	邻异丙基甲苯 benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)	0.07	0.11 ↗	0.21	0.42 ↗
12	蒎烯 limonene	0.14	0.14	-	-
13	桉叶油醇 eucalyptol	0.20	0.23 ↗	49.80	49.70 ↘
14	顺式-罗勒烯 cis- β -ocimene	-	-	0.22	-
15	反式-罗勒烯 trans- α -ocimene	0.23	0.70 ↗	-	0.11
16	罗勒烯 ocimene	-	0.46 ↗	-	-

17	γ -松油烯 γ -terpinene	-	-	0.26	0.19 \
18	顺式-松油醇 cis- α -terpineol	-	-	0.12	-
19	顺式芳樟醇氧化物 cis-linalool oxide	0.22	4.82 ↗	0.31	0.58 ↗
20	反式芳樟醇氧化物 trans-linalool oxide	0.19	3.66 ↗	0.29	0.65 ↗
21	芳樟醇 linalool	38.58	39.16 ↗	5.83	8.29 ↗
22	1-辛烯-3-醇乙酸酯 1-octen-3-yl-acetate	1.09	1.88 ↗	-	-
23	(1 <i>R</i>)-(+) -诺蒎酮 (+) -nopinone	-	-	0.31	0.59 ↗
24	樟脑 camphor	0.17	0.20 ↗	14.26	13.64 \
25	祁连酮 sabina ketone	-	-	-	0.13
26	松香芹酮 pinocarpone	-	-	0.77	0.82 ↗
27	丁香醛 A lilac aldehyde A	-	0.12 ↗	-	0.06
28	丁香醛 B lilac aldehyde B	-	0.15 ↗	-	-
29	橙花醇氧化物 neroloxide	-	0.34 ↗	-	-
30	4-松油醇 terpinene-4-ol	0.86	1.13 ↗	0.84	0.91 ↗
31	α -松油醇 α -terpineol	-	3.88 ↗	1.61	1.35 \
32	隐品酮 crypton	0.53	-	0.21	-
33	α -松油醇 α -terpineol	6.12	-	1.41	0.97 \
34	桃金娘烯醛 myrtenal	-	-	-	1.56
35	丁酸己酯 butanoic acid, hexyl ester	0.35	0.84 ↗	0.26	0.49 ↗
36	马鞭草烯酮 verbenone	0.05	-	0.34	0.80 ↗
37	枯茗醛 cuminaldehyde	0.22	-	0.16	0.27 ↗
38	右旋香芹酮 D(+) -carvone	-	-	0.37	0.47 ↗
39	乙酸芳樟酯 linalool acetate	26.71	21.80 \	-	-
40	顺式柠檬醛 cis-citral	0.25	-	-	-
41	乙酸冰片酯 bornyl acetate	0.43	0.30 \	0.23	0.40 ↗
42	乙酸薰衣草酯 lavandulol acetate	13.15	7.69 \	0.06	-
43	顺式苾烯氧化物 cis-limonene oxide	-	0.06 ↗	-	-
44	α -苾烯二环氧化物 α -limonene diepoxide	0.07	0.24 ↗	-	-
45	橙花乙酸酯 neryl acetate	2.06	1.16 \	-	-
46	乙酸香叶酯 geranyl acetate	3.72	0.24 \	-	-
47	己酸己酯 acetic acid, hexyl ester	-	0.24	0.08	0.15 ↗
48	石竹烯 1-caryophyllene	0.88	0.41 \	0.08	0.12 ↗
49	檀香萜 santalene	0.23	0.08 \	-	-
50	顺式法尼烯 (<i>Z</i>)- α -farnesene	0.36	0.19 \	-	-
51	反式-薄荷基-2,8-二烯-1-trans-p-mentha-2,8-dienol	-	-	0.28	0.14 \
52	大根香叶烯 germacrene D	-	-	0.07	0.09 ↗
53	乙酸橙花酯 nerolidyl acetate	-	-	-	0.10
54	α -依兰油烯 α -muurolene	-	-	0.15	-
55	对檀香醇 teresantalol	0.20	0.23 ↗	-	-
56	石竹烯氧化物 caryophyllene oxide	1.40	3.70 ↗	0.87	1.27 ↗
57	异法尼烯环氧化物 E-farnesene epoxide	-	-	0.09	0.11 ↗
58	杜松醇. tau. -cadinol	0.09	-	0.44	0.20 \

59	红没药醇氧化物 bisabolol oxide B	-	-	1.70	1.58 ↘
60	异香树烯环氧化物 isoaromadendrene epoxide	-	-	0.07	0.12 ↗
61	α -红没药醇 α -bisabolol	-	-	7.65	6.62 ↘

注:“FO”表示鲜花提取的精油,“DO”表示干花提取的精油。

Note:“FO” means fresh flower sample,“DO” means dried flower sample.

在四个薰衣草精油样品中共有 13 种相同物质成分,但同一个化合物在各精油样品中的相对含量差异显著。CAS07 干花精油中有 23 种化合物相对含量高于鲜花精油中的,其中主要以单萜及其氧化物为主,而有 8 种化合物在干花精油中的相对含量比在鲜花精油中低,主要以半倍萜及其氧化物为主;CAS08 干花精油中有 23 种化合物的相对含量高于鲜花精油的,有 21 种化合物的相对含量要低于鲜花精油的,在 CAS08 精油中并未发现鲜、干花精油中相同化合物相对含量的变化规律(表 2)。

薰衣草 CAS07 精油的主要化学组分是芳樟醇(38.58% ~ 39.16%)、乙酸芳樟酯(21.80% ~

26.71%) 和乙酸薰衣草酯(7.69% ~ 13.15%);薰衣草 CAS08 精油的主要化学组分为桉叶油醇(49.70% ~ 49.80%)和樟脑(13.64% ~ 14.26%)、 α -红没药醇(6.62% ~ 7.65%),这两个薰衣草品种精油的主要化学组分不同,我们推测这主要是品种差异而导致精油成分的差异,路喆等^[6]和 Charles 等^[2]检测分析的研究结果与我们相似。但是,CAS07 薰衣草精油中的顺式芳樟醇氧化物(0.22% ~ 4.82%)和反式芳樟醇氧化物含量(0.19% ~ 3.66%)与张春玲等^[8]的报道有差异,我们推测除品种因素之外,还可能与薰衣草生产的提取工艺条件或生长的气候条件有关。

表 3 云南薰衣草精油中主要化学组分与法国、中国、西班牙薰衣草精油标准比较

Table 3 Comparison of essential components of Yunnan *Lavandula* spp. with lavender oil standards of French (ISO 3515-2002), China (GB/T 12653-2008) and Spain (UNE 84301-2006)

化合物 Compound	CAS07 FO	CAS07 DO	CAS08 FO	CAS08 DO	ISO 3515	GB/T 12653	UNE 84301
3-辛酮 3-Octanone	-	0.19	-	-	1.0-2.5	≤3.0	
蒾烯 Limonene	0.14	0.14	-	-	≤0.5		0.5-3.0
桉叶油醇 Eucalyptol	0.20	0.23	49.8	49.7	≤1.0	≤3.0	16.0-39.0
顺式-罗勒烯 cis- β -Ocimene	-	-	0.22	-	4.0-10.0	1.0-10.0	
反式-罗勒烯 trans- α -Ocimene	0.23	0.70	-	0.11	1.5-6.0	0.5-6.0	
芳樟醇 Linalool	38.58	39.16	5.83	8.29	25.0-38.0	20.0-43.0	34.0-50.0
樟脑 Camphor	0.17	0.20	14.26	13.64	≤0.50	≤1.5	8.0-16.0
4-松油醇 Terpinene-4-ol	0.86	1.13	0.84	0.91	2.0-6.0	≤8.0	
α -松油醇 α -Terpineol		3.88	1.61	1.35	≤1.0	≤2.0	0.2-2.0
乙酸芳樟酯 Linalool acetate	26.71	21.8	-	-	25.0-45.0	25.0-47.0	≤1.6
乙酸薰衣草酯 Lavandulol acetate	13.15	7.69	0.06	-	≥2.0	≤8.0	

云南薰衣草 CAS07 精油中的主要物质组分相对含量大部分都在 ISO 标准^[2]和中国标准^[4]规定的范围内,其中干花精油中的芳樟醇含量比鲜花的高 0.58%,但是樟脑的相对含量在鲜花精油中较低,根据标准规定真薰衣草精油中樟脑含量越低品质越好,且在我们前期的实验中测得结果显示 8 ~ 14 kg 鲜花才能阴晾干成 1 kg 干花,即鲜干花比为 8 ~ 14:1,结合本研究结果同一薰衣草品种鲜花与干花得油率并无显著差异,即结果表明薰衣草鲜花采

收后立即加工提取精油,除能获得更高的产量,同时其精油品质更高,更有利于高品质、高价值芳香产品、药材等的开发与应用。

云南薰衣草 CAS08 精油中的桉叶油醇、芳樟醇的相对含量指标都在薰衣草(spike lavender)精油 UNE 标准要求范围之外^[3],只有樟脑和 α -松油醇符合此标准,这表明在薰衣草精油中的化学组分存在着多变性,我们推测这与云南特殊地理环境、采收时间有关;本实验由于第一批 CAS08 材料的采集未及

时储存鲜花,则在同年的10月份第二次开花期及时收集,有报道指出不同的开花阶段对精油的产油量及其精油物质成分的相对含量有一定影响^[9],或许,这个实验上的不足对于本实验结果有一定的影响。有关CAS08不同开花时期其精油中物质成分相对含量的变化有待进一步研究。最近有报道研究发现薰衣草精油可用作驱虫^[10]、除草^[11]、保鲜剂^[12]等,为此,由于薰衣草CAS08存在着较高含量桉叶油醇、樟脑及一年多次开花的特性,可基于此开发出与樟脑相关的系列抑菌、灭虫剂等系列天然环保产品。

综上所述,无论是我们选育的CAS07还是CAS08薰衣草品种,除适合于昆明及云贵高原独特的气候外,还为个性化产品开发提供了基础,唯此,我们推测昆明及云贵高原上必将实现薰衣草的巨大产业,未来产值并将有望超越新疆伊犁成为我国薰衣草产业的又一面新的旗帜。

3 结论

相同品种的薰衣草鲜花与干花精油中的主要物质成分大致相同,且鲜花精油的品质更优于干花精油,但不同品种间的薰衣草精油中不仅物质成分有所不同,共有物质成分的相对含量也差异显著;云南薰衣草CAS07与CAS08因品种的不同,精油所含的物质成分及相对含量都不同,为系列个性化产品开发提供了基础。有关提高云南薰衣草精油产量、品质及综合开发薰衣草附加值产品有待进一步研究。

参考文献

- 1 Upson T, Andrews S. The Genus *Lavandula*. UK: The Royal Botanic Gardens, Kew, 2004. 1-86.
- 2 Lis-Balchin M. Lavender-The Genus *Lavandula*. London and New York: Taylor & Francis Inc, 2002. 57-262.
- 3 Aenor, Essential oil of lavender [*Lavandula latifolia* (Linnaeus fil.) Medikus] of Spain. Madrid: Spanish Association for Standardization and Certification. UNE 84301, 2006.
- 4 Jin QZ(金其璋), Xu Y(徐易), Cao Y(曹怡). Oil of lavender, China (*Lavandula angustifolia* Mill.). Standardization of the People's Republic of China (中华人民共和国国家标准). GB/T 2008-12653, 2008.
- 5 Southwell I. Australian standards for oil of Australian lavender cultivars. RIRDC, 2012, 11(133): 1-34.
- 6 Lu Z(路喆), Wang P(王朴), Jiang XM(蒋新明), et al. Study on composition and content of essential oil from three lavender varieties in Xinjiang province. *J Anhui Agri Sci* (安徽农业科学), 2013, 41: 1736-1737.
- 7 Wang Q(王强), Shi YG(施玉格), Xu F(徐芳), et al. Comparative analysis on compositions of essential oil extracted from different parts of *Lavandula angustifolia* grown in Xinjiang. *Chin J Pharm Anal* (药物分析杂志), 2013, 33: 404-413.
- 8 Zhang CL(张春玲), Zhao JB(赵继飏), Zhang CY(张朝英), et al. Study on the chemical components of Yunnan lavender volatile oil by GC / MS. *Henan Sci* (河南科学), 1999, 17: 388-391.
- 9 Najafian SH, Rowshan V, Tarakemeh A, Comparing essential oil composition and essential oil yield of *Rosmarinus officinalis* and *Lavandula angustifolia* before and full flowering stages. *IJABPT*, 2012 (3): 212.
- 10 Yazdani E, Sendi JJ, Aliakbar A, et al. Effect of *Lavandula angustifolia* essential oil against lesser mulberry pyralid *Glyphodes pyloalis* Walker (Lep: Pyralidae) and identification of its major derivatives. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2013, 107: 250-257.
- 11 Timothy JH, Terry JH, Alexa NS, et al. Lavender as a source of novel plant compounds for the development of a natural herbicide. *J Chem Ecol*, 2009, 35: 1129-1136.
- 12 Miao YL(缪应林). Fresh keeping and antiseptic activity screening of ninety essential oils. Shanxi: Northwest A & F University(西北农林科技大学), MSc. 2010: 11-48.