

doi:10.11937/bfyy.20165039

超临界 CO₂ 萃取温度对沙枣花精油组分的影响

黄 英^{1,2}, 冀婉妮^{1,2}, 李雅雯³, 马 玲³, 张 昱^{1,2}, 侯旭杰^{1,2}

(1. 塔里木大学 生命科学学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 新疆特色农产品深加工兵团重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300;

3. 塔里木大学 分析测试中心, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要:以沙枣花(*Elaeagnus angustifolia* L.)为试材,采用超临界 CO₂ 萃取的方法,研究不同超临界 CO₂ 萃取温度对沙枣花精油组分的影响,并结合气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术分析其精油香气成分变化。结果表明:随超临界 CO₂ 萃取温度的升高,酯类、醇类和醛类的组分和相对含量影响较小,而酚类、酮类、酸类、烯类以及其它成分受萃取温度影响较大,但不会改变沙枣花精油组分的主体结构。另外,萃取温度对沙枣花精油的主要成分影响较小,其中相对含量最高的肉桂酸乙酯的变异系数最小,为 0.06。经主成分分析得出 40、45、50、55、60、65、70 °C 萃取温度对沙枣花精油 4 个主成分无明显影响。

关键词:超临界 CO₂ 萃取;萃取温度;沙枣花;精油;气质联用

中图分类号:Q 946 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)14-0124-06

沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)属胡颓子属植物,其花呈银白色,花萼筒状钟形,长 5~7 mm,可释放出人们喜爱的特殊芳香味,主产于新疆、宁夏等西北地区^[1-2]。它被誉为沙荒和盐碱地中防风固沙和水土保持的“宝树”^[2]。《中药大辞典》记载沙枣花有止咳平喘功能,可治疗慢性气管炎^[3-4]。其水提物具有抗炎、镇痛、解热及抗福氏痢疾杆菌的作用^[5],沙枣花的抗氧化和抗菌活性均优于沙枣叶、果和果皮^[6]。沙枣花精油中相对含量最多的肉桂酸乙酯又称 β-苯基丙烯酸乙酯,具有令人愉快的类似甜橙和葡萄水果的香气,

气息清而甜润,带有粉香香荚兰花香韵的辛香味,有东方香调,是香精的主要配料^[7]。

沙枣花精油萃取方法较多,如水蒸气蒸馏法、固相微萃取法、气囊采集法^[8]和超临界 CO₂ 萃取等。其中,超临界 CO₂ 萃取是目前植物萃取应用较为广泛的萃取技术,具有萃取速度快、提取纯度高、生产率高和无溶剂残留等优点,适合于批量生产^[9-10]。杨虎等^[11]报道沙枣花精油超临界 CO₂ 萃取的最优工艺为:萃取温度 58 °C、萃取压力 23.45 MPa、萃取时间 4 h。其萃取率可达 2.41%,萃取物有 26 种成分,其中以肉桂酸乙酯含量最高,但超临界 CO₂ 萃取温度变化是否影响沙枣花精油的品质和含量还有待研究。肖艳辉等^[12]研究表明,随萃取温度的升高,蒸馏萃取法萃取茴香精油的主要成分相对含量呈先升高再降低的趋势;而不同分子蒸馏温度下的姜黄精油的成分及相对含量基本一致^[13]。该试验采用超临界 CO₂ 萃取温度萃取沙枣花精油,并结合气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术分析其精油成分变化,以期明确萃取温度对沙枣花精油组分的影响。

第一作者简介:黄英(1988-),女,硕士,讲师,研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail: huangying880712@sina.com.

责任作者:侯旭杰(1968-),男,硕士,教授,研究生导师,研究方向为农产品深加工技术及其天然产物化学。E-mail: houxujie@sina.com.

基金项目:新疆特色农产品深加工兵团重点实验室开放课题资助项目(API504);塔里木大学校长青年资金课题资助项目(TDZKQN201604)。

收稿日期:2017-04-06

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试沙枣花采自新疆塔里木盆地阿拉尔垦区,采后立即置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻保存;无水乙醚(天津市富宇精细化工有限公司)。

超临界 CO_2 萃取仪(Spe-ed SFE-2,美国 ASI 公司);气相色谱-质谱仪(TRACE GC 2000,北京格润得有限科技公司);有机相针式滤器(尼龙 13 mm, $0.22\text{ }\mu\text{m}$,上海安谱实验科技股份有限公司);隔膜真空泵(GM-0.5B,天津津腾实验设备有限公司);万分之一天平(CPA-125,德国 Sartortific 公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 超临界 CO_2 萃取沙枣花精油

称取 45.0 g 沙枣花(含水量 18%)自然解冻后装入 500 mL 萃取釜。萃取压强和时间分别为 25 MPa 和 5 h ,萃取温度分别为 40 、 45 、 50 、 55 、 60 、 65 、 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,萃取后将收集的精油 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻保存。

1.2.2 沙枣花精油的 GC-MS 分析

将沙枣花精油溶解在真空隔膜泵过滤后的乙醚溶液中,再用有机相针式滤器过滤。采用气相色谱-质谱仪分析:石英毛细管柱 DB-5MS($30\text{ m}\times$

0.25 mm , $0.25\text{ }\mu\text{m}$);色谱柱的升温程序:起始温度 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 3 min 后以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 1 min ,再以 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $155\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 2 min 后,再以 $1\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $156\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 1 min 后,再以 $1\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$,再以 $4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$,以 $1\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $210\text{ }^{\circ}\text{C}$,最后以 $2\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 5 min ;载气为高纯氮气,流量 $1\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$;MS 条件:接口温度 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$,汽化室温度 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$,离子源温度 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$,电离电压 70 eV ;扫描质量范围 $50\sim 650\text{ u}$ 。

1.3 数据分析

采用 SPSS 19.0 软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 超临界 CO_2 不同萃取温度对沙枣花精油成分种类和相对含量的影响

由表 1 可知,超临界 CO_2 萃取的沙枣花精油共鉴定出 88 种物质成分,酯类的种类最多,且相对含量也最高,均达到 60% 以上,其次为酸类、醇类和烷烃类,而醛类、酚类和其它成分的种类数量和相对含量均较低。

随超临界 CO_2 萃取温度的升高,萃取物质种类变化较小,在 $40\sim 48$ 种间变化,总变异系数为 0.12 。其中酚类、酮类和烯类的相对含量变化较

表 1 超临界 CO_2 不同萃取温度对沙枣花精油成分种类和相对含量的影响
Table 1 Chemical constituents and relative content of the essential oil from *E. angustifolia* owers

物质类别	精油总种类	精油成分的相对含量和种类							相对含量平均值	变异系数
Material	Essential oil	The type and relative content of essential oil/(%/种)							The average of	Coefficient of
category	type/种	40 $^{\circ}\text{C}$	45 $^{\circ}\text{C}$	50 $^{\circ}\text{C}$	55 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$	65 $^{\circ}\text{C}$	70 $^{\circ}\text{C}$	relative content/%	variation
酯类	26	60.61/16	65.99/15	70.00/16	64.62/15	67.41/16	66.63/15	70.36/16	4.28	0.05
醇类	12	4.37/6	11.41/9	9.16/6	5.31/4	8.00/6	4.83/4	4.00/4	1.22	0.20
酸类	13	12.04/9	2.53/5	1.83/2	11.59/10	5.33/7	8.05/7	2.79/6	0.90	0.38
醛类	8	0.22/4	0.24/3	0.09/1	0.35/4	0.24/3	0.31/3	0.43/4	0.09	0.20
酮类	6	2.22/2	2.54/1	1.00/1	2.00/2	1.95/3	2.23/3	2.41/5	1.13	0.61
酚类	2	0.17/1	0.17/1	0	0	0.22/1	0	0.07/1	0.09	1.06
烷烃类	10	6.78/4	4.91/6	4.53/3	8.56/4	5.64/3	5.88/3	8.41/4	1.73	0.27
烯类	5	1.14/4	1.45/3	0.38/1	1.66/2	1.00/2	3.16/3	2.96/3	0.65	0.48
其它	6	0.22/2	0.25/1	1.75/2	0.14/1	0.29/1	0.28/2	0.25/2	0.28	0.99
合计	88	48	44	32	42	42	40	45	41.86	0.12
平均值相关系数 r		0.96	0.84	0.97	0.98	1.00	0.98	0.98	0.99	
t 值		8.72**	4.17**	10.51**	14.05**	—	14.19**	14.89**	17.47**	

注:表中 r 和 t 分别为相关系数和显著水平,**表示各萃取温度与 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的精油成分达显著差异水平($P<0.01$)。

Note: r and t denote related coefficient and significant difference respectively,** denote significant difference at ($P<0.01$) compared with $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

大,变异系数分别为 1.06、0.61 和 0.48;酯类、醇类和醛类的相对含量变化较小,分别为 0.05、0.20 和 0.20。这说明酯类、醇类和醛类受萃取温度的影响较小,而酚类、酮类、酸类、烯类和其它成分受萃取温度影响较大。另外,以最佳工艺 60℃ 为参考,对比不同温度间组分变化的相关系数,得出各物质组分的相关性显著较高,均在 0.80 以上,且均达极显著差异水平。这说明萃取温度不会引起沙枣花精油组分结构的变化。

2.2 超临界 CO₂ 萃取沙枣花精油成分分析

由表 2 可知,随超临界 CO₂ 萃取温度的升高,沙枣花精油各组分种类发生明显的变化。主

要是相对含量较低的成分变化较大,如酚类表现最为明显,甲基丁香酚在 70℃ 才被检出,其变异系数为 2.65,而对烯丙苯酚也在 40、45、60℃ 被检出,其变异系数为 1.26;萃取温度较高时,未能检测出肉桂酸异丁酯、 α -苄基苯乙醇、8-十七碳烯等 43 种物质,而萃取温度较低时,未能检测出 2-甲基丁酸、烟叶酮、1-二十烯等 40 种物质。然而,相对含量较高的成分变化却较小,如相对含量最高的肉桂酸乙酯的变异系数最小为 0.06,其次植物醇为 0.07,二者已约占沙枣花精油相对含量的一半。因此,萃取温度对沙枣花精油的主要成分影响较小。

表 2 不同超临界 CO₂ 萃取温度条件下的沙枣花精油成分分析

Table 2 Chemical constituents of the essential oil of *E. angustifolia* flowers under different extraction temperature

编号 Number	中文名称 Chinese names	不同萃取温度下沙枣花精油成分的相对含量 The relative content of essential oil under different extraction temperature/%							变异系数 Coefficient of variation
		40 ℃	45 ℃	50 ℃	55 ℃	60 ℃	65 ℃	70 ℃	
酯类(26 种)									
1	肉桂酸乙酯	48.09	49.09	57.76	52.30	51.22	54.42	53.38	0.06
2	油酸乙酯	7.23	6.44	5.94	6.40	4.56	6.19	5.75	0.13
3	反式-肉桂酸甲酯	0.98	1.14	1.00	2.06	1.31	1.57	1.36	0.28
4	十八酸乙酯	0.87	0.85	0.83	0.88	1.05	0.69	0.59	0.18
5	花生酸乙酯	0.90	0.65	0.61	0.46	0.76	0.67	0.62	0.20
6	肉桂酸异丙酯	0.50	0.60	0.67	0.76	0.63	0.74	0.71	0.14
7	11-二十烯酸甲酯	0.46	0.40	0.47	0.24	0.34	0.31	0.31	0.24
8	苯甲醇, 苄醇	0.16	0.17	0.39	0.15	0.39	0.28	0.40	0.42
9	肉桂酸丁酯	0.11	0.10	0.13	0.12	0.10	0.13	0.13	0.12
10	棕榈酸甲酯	0.38	0.20	—	0.57	0.39	0.49	0.51	0.55
11	苯乙酸乙酯	0.17	—	0.35	0.21	0.30	0.30	0.28	0.51
12	十八酸甲酯	0.08	—	—	0.10	0.08	0.10	0.12	0.71
13	二十烷酸甲酯	0.10	—	—	0.10	0.09	0.13	0.15	0.73
14	邻苯二甲酸二异丁酯	0.37	—	—	—	0.35	0.40	0.37	0.94
15	肉桂酸异丁酯	0.08	0.09	0.09	0.15	0.11	—	—	0.75
16	丁酸十八烷基酯	0.13	0.08	—	—	—	0.21	—	1.40
17	9-十六碳烯酸乙酯	—	0.31	—	—	—	—	—	2.65
18	十六酸乙酯	—	5.78	0.59	—	—	—	—	2.37
19	硬脂醇乙酸酯	—	0.09	—	—	—	—	—	2.65
20	邻苯二甲酸二丁酯	—	—	0.13	—	—	—	—	2.65
21	苯甲酸-2-苯乙酯	—	—	0.25	—	—	—	—	2.65
22	1-氨基-1-[2-(2-苯基-1,3-二氧戊环-2-乙基-过乙酸戊酯	—	—	0.58	—	—	—	—	2.65
23	2,2-二乙基-3-氧-5-苯基-4-戊烯酸乙酯	—	—	0.71	—	—	—	—	2.65
24	山嵛酸乙酯	—	—	—	0.12	—	—	—	2.65
25	L-抗坏血酸-2,6-二棕榈酸酯	—	—	—	—	5.73	—	5.48	1.71
26	戊酸苄酯	—	—	—	—	—	—	0.20	2.65
醇类(12 种)									
27	植物醇	3.39	3.65	3.43	3.03	3.24	3.27	3.06	0.07
28	苯乙醇	0.39	0.57	1.48	1.32	1.30	1.28	1.15	0.39
29	叶绿醇	0.24	0.22	0.43	0.13	0.16	0.18	0.19	0.45
30	α -苄基苯乙醇	0.17	4.35	3.14	0.83	2.95	—	—	1.10
31	反式-橙花叔醇	0.12	0.20	0.07	—	0.13	0.10	0.10	0.59
32	肉桂醇	0.06	—	—	—	—	—	—	2.65
33	甘油	—	0.04	—	—	—	—	—	2.65

表 2(续)
Table 2(Continued)

编号 Number	中文名称 Chinese names	不同萃取温度下沙枣花精油成分的相对含量 The relative content of essential oil under different extraction temperature/%							变异系数 Coefficient of variation
		40 ℃	45 ℃	50 ℃	55 ℃	60 ℃	65 ℃	70 ℃	
34	2-己基-1-癸醇	—	0.20	—	—	—	—	—	2.65
35	1-二十醇	—	1.42	—	—	—	—	—	2.65
36	1-十七烷醇	—	0.76	—	—	—	—	—	2.65
37	(2R,3R)-(-)-2,3-丁二醇	—	—	0.61	—	—	—	—	2.65
38	6,00,14-三甲基十五烷-2-醇	—	—	—	—	0.22	—	—	2.65
酸类(13 种)									
39	Z-11-十六烯酸	0.61	0.41	—	0.56	0.54	0.66	0.59	0.47
40	亚油酸	0.29	0.38	—	0.24	0.28	0.28	0.28	0.47
41	苯乙酸	0.84	1.40	0.29	1.05	—	0.85	—	0.86
42	苯甲酸	0.47	0.25	—	0.50	—	0.05	—	1.24
43	1-二十一烷基甲酸	2.74	—	1.54	1.45	2.03	—	—	1.01
44	庚酸	0.09	—	—	0.11	—	—	—	1.72
45	己酸	0.10	—	—	0.17	0.14	0.12	0.12	0.72
46	十四烷酸,肉豆蔻酸	0.18	—	—	0.47	—	—	—	1.93
47	棕榈酸	6.72	—	—	5.84	—	6.04	—	1.25
48	2-氧代-4-苯基-3-丁烯酸	—	—	—	1.20	—	—	0.76	1.77
49	2-甲基丁酸	—	—	—	—	0.09	0.05	0.08	1.30
50	苯丙二酸	—	—	—	—	1.08	—	0.96	1.71
51	油酸	—	0.09	—	—	1.17	—	—	2.43
醛类(8 种)									
52	庚醛	0.05	—	—	0.04	0.04	—	0.02	1.02
53	十二烷醛	0.02	—	—	—	—	—	0.16	2.32
54	香草醛	0.10	—	0.09	0.16	—	0.12	0.10	0.74
55	正十四烷醛	0.05	—	—	0.06	0.06	0.15	0.15	0.92
56	十八醛	—	0.15	—	—	—	—	—	2.65
57	十六醛	—	0.03	—	—	—	—	—	2.65
58	3-羟基-4-甲氧基苯甲醛	—	—	—	—	0.14	0.04	—	2.04
59	壬醛	—	0.06	—	0.09	—	—	—	1.75
酮类(6 种)									
60	植酮	2.06	2.54	1.20	2.22	1.71	1.89	1.78	0.22
61	苯亚甲基丙酮	0.16	—	—	—	—	—	—	2.65
62	5-羟基-4-戊基-1-苯基-1-烯-3-酮	—	—	—	0.08	—	0.13	0.14	1.30
63	烟叶酮	—	—	—	—	0.19	0.21	0.35	1.33
64	氧杂环十七烷-2-酮	—	—	—	—	0.05	—	0.06	1.72
65	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮	—	—	—	—	—	—	0.08	2.65
酚类(2 种)									
66	对烯丙苯酚	0.17	0.17	—	—	0.22	—	—	1.26
67	甲基丁香酚	—	—	—	—	—	—	0.07	2.65
烷烃类(10 种)									
68	正二十一烷	2.25	1.91	3.47	5.49	1.90	4.52	—	0.66
69	正十七烷	0.19	0.23	0.14	0.21	—	0.19	0.19	0.47
70	正十九烷	1.39	1.49	0.92	—	1.45	1.17	—	0.72
71	二十八烷	2.95	1.12	—	—	2.29	—	5.03	1.18
72	正二十七烷	—	0.08	—	—	—	—	—	2.65
73	正三十一烷	—	0.08	—	—	—	—	—	2.65
74	3-甲基-3-乙基戊烷	—	—	—	0.09	—	—	—	2.65
75	四十四烷	—	—	—	2.77	—	—	—	2.65
76	正十八烷	—	—	—	—	—	—	1.12	2.65
77	2,6,00-三甲基十四烷	—	—	—	—	—	—	2.07	2.65
烯烃类(5 种)									
78	9-十九碳烯	0.62	0.89	0.38	1.11	0.53	0.59	0.58	0.37
79	反式肉桂酸乙烯	0.34	0.37	—	0.55	0.47	0.52	0.53	0.49
80	8-十七碳烯	0.12	0.19	—	—	—	—	—	1.61
81	反式角鲨烯	0.06	—	—	—	—	—	—	2.65
82	1-二十烯	—	—	—	—	—	2.05	1.85	1.71
其它(6 种)									
83	异橐香脂素	0.14	0.25	—	—	0.29	0.24	0.23	0.74
84	异丁香酚甲醚	0.08	—	—	—	—	—	—	2.65
85	橐香素	—	—	0.29	0.14	—	—	—	1.85
86	甲氧基甲基胺	—	—	1.46	—	—	—	—	2.65
87	6,7,8,9-四甲基茛	—	—	—	—	—	—	0.02	2.65
88	2-苯氧基萘	—	—	—	—	—	0.04	—	2.65

此外,沙枣花精油的主要成分为酯类、酸类、醇类和烷烃,其代表成分分别为肉桂酸乙酯(48.09%~57.76%),棕榈酸(5.84%~6.72%),植物醇(3.03%~3.65%)和正二十一烷(1.90%~5.49%);而醛类、酮类、酚类、烯炔类和其它成分的种类数量和相对含量均较少。

2.3 不同超临界 CO₂ 萃取温度下沙枣花精油主成分分析

采用 SPSS 19.0 软件对不同超临界 CO₂ 萃取温度下的沙枣花精油的相对含量进行主成分分析。按照剔除最小特征值的主成分中对应的最大特征向量的变量原则^[14],一次剔除一个变量,然后再对剩余变量进行主成分分析,经过有限次剔除,得到主成分的特征值和特征向量值。

由表 3 可得,第 1、2、3、4 主成分的贡献率分别为 35.75%、28.89%、20.79% 和 13.31%。4 个主成分的累计贡献率已达 98.75%,可代表所有数据的变化趋势。经主成分载荷矩阵分析,第 1 主成分反应的指标主要有肉桂酸乙酯、苯乙酸乙酯、十六酸乙酯、9-十六碳烯酸乙酯、硬脂醇乙酸酯、正二十一烷、正二十七烷、正三十一烷;第 2 主成分反应的指标主要有植物醇、叶绿醇、(2R,3R)-(-)-2,3-丁二醇、Z-11-十六烯酸、亚油酸,指向醇类和酸类;第 3 主成分反应的指标主要有 9-十九碳烯、反式角鲨烯、壬醛;第 4 主成分反应的指标主要有烟叶酮、苯亚甲基丙酮。将 4 个主成分物质的相对含量进行差异显著性分析,不同萃取温度对沙枣花精油 4 种主成分影响较小,均未达显著性差异($P>0.05$)。

表 3 4 个主成分的贡献率

Table 3 The contribution rate of 4 selected principal components

主成分 The principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率 The contribution rate/%	累计贡献率 The accumulative contribution rate/%
1	15.73	35.75	35.75
2	12.71	28.89	64.65
3	9.15	20.79	85.44
4	5.86	13.31	98.75

3 结论与讨论

超临界 CO₂ 萃取温度在 40~70 °C 萃取的沙

枣花精油均表现为酯类的种类数量最多,且相对含量也最高,均达到 60% 以上,其次为酸类、醇类和烷烃。其代表成分分别为肉桂酸乙酯(48.09%~57.76%),棕榈酸(5.84%~6.72%),植物醇(3.03%~3.65%)和正二十一烷(1.90%~5.49%)。其中肉桂酸乙酯相对含量最高,为沙枣花精油的主要成分。这与杨虎等^[11]、乔海军等^[15]、TORBATI 等^[16]、MALEK 等^[17]、LAURA 等^[18]报道结果一致,但与阿衣努尔·热合曼等^[19]报道不同,肉桂酸乙酯相对含量仅为 0.46%,而正二十烷(29.48%)和 9-辛基十七烷(29.48%)的含量却最高,这可能与沙枣花预处理有关。

随超临界 CO₂ 萃取温度的升高,酯类、醇类和醛类受到的影响较小,而酚类、酮类、酸类、烯类和其它成分受萃取温度影响较大。如一些成分(如 8-十七碳烯等)在温度较高时无法检测出,同样另一些成分(如 1-二十烯等)在温度较低时也无法检测出。这可能是由于这些成分的相对含量较低,不易检测或发生物质变化,如某些单萜类物质由于与气态 CO₂ 未完全分离而含量较低,以及某些烯类发生水解程度不同^[20]。但萃取温度对沙枣花精油的主要成分影响较小。这主要是由于相对含量最多的肉桂酸乙酯的变化最小,其变异系数仅为 0.06。此外,经主成分分析得出不同萃取温度对沙枣花精油 4 种主成分无明显影响。综上所述,超临界 CO₂ 萃取温度对沙枣花精油的品质和含量影响不明显,也证实超临界 CO₂ 萃取技术对萃取鲜花精油具有较强的稳定性,能更真实地保留花草植物的天然香气^[21]。

参考文献

- [1] 张峻豪,何云中. 新疆沙枣蜜源植物及利用价值[J]. 中国蜂业,2016,67(4):41-42.
- [2] 黄馨瑶,马晖,王小明,等. 沙枣花香气的香气调查及化学成分分析[J]. 天然产物研究与开发,2009,21(3):480-488.
- [3] 王基云,姚遥,肖旭,等. 沙枣花黄酮成分的含量测定及其药理作用的初步研究[J]. 时珍国医国药,2010,21(4):812-814.
- [4] 南京中医药大学. 中药大辞典第二版(上册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2006:1630.
- [5] 买尔旦·马合木提,阿孜古力·吾司曼,古丽仙·胡加. 沙枣水提物抗炎、镇痛、解热及抗菌作用研究[J]. 西北药学杂志,2011,26(1):43-46.
- [6] INCILAY G. Volatile composition, antimicrobial and an-

tioxidant properties of different parts from *Elaeagnus angustifolia* L. [J]. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2014, 17(6): 1187-1202.

[7] 俞善信,文瑞明,游沛清. 合成肉桂酸乙酯的研究进展[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2011, 23(1): 48-51.

[8] 丁嘉文,陈易彤,谢晓,等. 四种不同方法提取沙枣花挥发物的成分分析[J]. 植物科学学报, 2015, 33(1): 116-125.

[9] 黄英,刘晓博,司辉清. 腊梅花精油的提取方法与应用前景[J]. 北方园艺, 2013(4): 188-191.

[10] 廉宜君,李元元,李敏,等. 超临界 CO₂ 萃取和水蒸气蒸馏法萃取沙枣花挥发油工艺的比较研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2010, 17(1): 51-53.

[11] 杨虎,高国强. 超临界 CO₂ 萃取及气质联用分析沙枣花精油成分[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 152-156.

[12] 肖艳辉,何金明,吴兴,等. 高温处理对茴香精油含量及其成分组成比例的影响[J]. 韶关学院学报(自然科学), 2006, 27(12): 83-86.

[13] 黄惠芳,陈跃新,梁立娟,等. 不同温度条件下分子蒸馏姜黄精油收率及其成分的 GC-MS 分析[J]. 食品工业科技, 2012, 33(1): 265-267.

[14] 王伟,赵利飞,林命邈,等. 一种优化地震前兆观测点布设的方法[J]. 地震, 2006, 26(4): 22-28.

[15] 乔海军,杨继涛,杨晰,等. 沙枣花挥发油化学成分的 GC-MS 分析[J]. 食品科学, 2011, 32(16): 233-235.

[16] TORBATI M, ASNAASHARI S, HESHMATI AFSHAR F. Essential oil from flowers and leaves of *Elaeagnus angustifolia* (Elaeagnaceae): composition, radical scavenging and general toxicity activities[J]. Advanced Pharmaceutical Bulletin, 2016, 6(2): 163-169.

[17] MALEK T M, NASRIN K, ROHALLAH J, et al. Essential oil composition of *Elaeagnus angustifolia* and *Elaeagnus orientalis* from Sistan and Baluchestan Iran[J]. Palabra Clave, 2012, 5: 252-279.

[18] LAURA B, GABRIELA S, VIORICA I, et al. The GC-MS analysis of *Elaeagnus angustifolia* L. flowers essential oil[J]. Revista de Chimie, 2006, 71(12): 2007-2015.

[19] 阿衣努尔·热合曼,努尔买买提·艾买提,麦合素木·艾克木,等. 沙枣花挥发油及其超临界 CO₂ 萃取物的 GC-MS 分析[J]. 西北药学杂志, 2015, 30(1): 9-14.

[20] BOCEVSKA M, SOVOVA H. Supercritical CO₂ extraction of essential oil from yarrow[J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2007, 40(3): 360-367.

[21] 石文华,银建中,徐巧莲. 鲜花精油和浸膏的超临界 CO₂ 萃取进展[J]. 精细化工, 2004, 21(1s): 103-107.

Effect of Extraction Temperature of Supercritical CO₂ on the Essential Oil Components From Flowers of *Elaeagnus angustifolia* L.

HUANG Ying^{1,2}, JI Wann^{1,2}, LI Yawen³, MA Ling³, ZHANG Yu^{1,2}, HOU Xujie^{1,2}

(1. College of Life Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300; 2. Key Laboratory of Agricultural Products Processing in Xinjiang Production & Construction Group, Alar, Xinjiang 843300; 3. Analysis and Test Center, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

Abstract: The effects of extraction temperature of supercritical CO₂ on the essential oil components from flowers of *Elaeagnus angustifolia* L. were studied. Changes of essential oil components were analyzed by the methods of gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that esters, alcohols and aldehydes of the essential oil were less influenced than phenols, ketones, acids, alkenes and others, but the major structural compositions of the essential oil were not changed. Besides, the main components of the essential oil were less influenced. For instance, the smallest of variable coefficient of ethyl cinnamate that was the most relative content of the essential oil was 0.06. Then the extraction temperature of 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 °C had no significant influence on the four principal component of essential oil by the principal component analysis (PCA).

Keywords: supercritical CO₂ extraction; extraction temperature; flowers of *Elaeagnus angustifolia* L.; essential oil; GC-MS