

# 艾叶挥发油提取实验及分析

谢志美<sup>1</sup>, 蒋玉仁<sup>2</sup>

(1. 湖南工业大学 教务处, 湖南 株洲 412007; 2. 中南大学 化学化工学院, 湖南 长沙 410083)

**摘要:** 采用异丙醇抽提结合水蒸气蒸馏技术提取艾叶中的挥发性组分, 经气相色谱-质谱联机分析, 结果表明: 采用该提取工艺获得了丁酸、邻-二甲苯、正丁醚、反式-1-丁氧基-1-丁烯、丁酸-1-甲丙酯等新的挥发油组分。实验表明, 该研究提出的方法能很好地提取艾叶中挥发性组分。

**关键词:** 异丙醇萃取; 水蒸气蒸馏; 气相色谱-质谱联机; 艾叶挥发油

**中图分类号:** R284.2; Q949.783.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1673-9833(2010)05-0027-06

## A Study on Experiment of Volatile Oil Extraction from Folium Artemisia Argyi

Xie Zhimei<sup>1</sup>, Jiang Yuren<sup>2</sup>

(1. Department of Education Management, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;  
2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** By isopropyl alcohol extraction technique and steam distillation extracted volatile oil from chinese herb-Folium Artemisiae Argyi. The GC-MS analysis showed that five new components in volatile oil including butanoic ethyl ester, 1,3-dimethyl benzene, n-butyl ether, trans-1-butoxy-butene and butanoic 2-methylpropyl ester were obtained. The result showed that the proposed method was good for extracting volatile oil of Folium Artemisiae Argyi.

**Keywords:** isopropanol extraction; steam distillation; GC-MS; Folium Artemisiae Argyi volatile oil

## 0 引言

艾 (*Artemisia Vulgars* L.), 又名野艾蒿、苦艾、艾叶, 是多年生菊科草本植物。艾叶挥发油具有明显的平喘、镇咳、去痰、消炎、抗过敏之功效, 已制成胶囊剂用于慢性支气管炎、肺气肿、小儿咳嗽、哮喘等病症<sup>[1]</sup>。据研究报告, 艾叶中含挥发油 0.45%~1%, 从挥发油中已鉴定出 60 种成分, 包括黄酮类、桉叶烷三萜类等<sup>[2]</sup>。

已报道的艾叶挥发油提取方法有: 活性离子水浸提水蒸气蒸馏法, 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法, 微波萃取法, 用乙酸乙酯为吸收剂的水蒸气蒸馏法, 直接水蒸气蒸馏法, 溶剂萃取法等<sup>[3]</sup>。超临界流体萃取法是一种新的

提取方法, 提取艾叶挥发油的能力强, 且具有防止艾叶挥发油氧化、热解及提高其品质等优点, 但该工艺需要高压设备, 技术要求高, 设备投资大, 因此应用还不普遍。水蒸气蒸馏法的提取率不高, 且由于蒸馏时温度较高, 艾叶挥发油中的热敏性组分可能分解<sup>[2]</sup>。溶剂萃取法虽投入成本较高, 但因其具有艾叶挥发油的回收率较高, 提取设备简单, 操作简便、快捷, 易于实现自动化生产等特点, 且提取艾叶挥发油通常在常温或较低温度下进行, 所以特别适用于实现大规模连续化生产<sup>[4]</sup>。

在以往的研究中, 溶剂乙醇<sup>[5]</sup>、二氯乙烷<sup>[6]</sup>、石油醚<sup>[7]</sup>已被用于艾叶挥发油的萃取。本文采用异丙醇萃

收稿日期: 2010-06-01

通信作者: 谢志美 (1968-), 女, 湖南益阳人, 湖南工业大学副教授, 硕士, 主要从事天然产物研究,

E-mail: sqhu605@sohu.com

取和水蒸气蒸馏提取相结合的方法提取艾叶挥发油,并对艾叶挥发油的组分及提取效率进行分析。

## 1 实验器材及方法

### 1.1 实验原料及仪器

1) 实验原料:艾叶,于8月份采自湖南株洲,将艾叶室温干燥后,粉碎机粉碎,过60目筛备用。

2) 仪器与试剂:异丙醇,乙酸乙酯,无水硫酸钠,均为分析纯试剂;Trace GC-MS联用仪,美国热电菲尼万能根质谱公司生产;FW-80型微型试样粉碎机,河北省黄骅市家务科学仪器厂生产;AB204-N型电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司生产;旋转蒸发仪,陕西太康生物科技有限公司生产;DB-1弹性石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.2 μm),大连日普利科技仪器有限公司生产。

### 1.2 实验方法

1) 原料预处理:将株洲产艾叶于8月份采摘,艾叶室温干燥后,经粉碎机粉碎,过60目筛后,得艾叶粗粉储存备用。

2) 提取方法:第1步,取艾叶粗粉50 g,超声破壁后装入索氏提取器中,加入10 mL异丙醇,抽提2 h,倒出溶剂;再次向提取器中加入10 mL萃取溶剂,抽提4 h,过滤倒出溶剂并与前次提取的溶剂混合,用无水硫酸钠干燥后,减压蒸馏,收集馏分得样品1。第2步,经异丙醇萃取处理后的艾叶残渣于40 °C烘干,按常规进行水蒸气蒸馏1 h,用乙酸乙酯为萃取剂进行分层,再用无水硫酸钠干燥后得20 mL样品2。第3步,取50 g艾叶原料,按常规进行水蒸气蒸馏1 h,用乙酸乙酯为萃取剂进行分层,再用无水硫酸钠干燥后得20 mL样品3。

3) 分析方法:将3种样品各取0.5 μL,采用DB-1分析仪进行分析。工作条件是从50 °C以5 °C/min的升温速率,程序升温至280 °C,以流量1 mL/min的氦气为载气,分流比1:25, EI离子源温度和电压分别为200 °C和70 eV,接口温度为250 °C,加速电压2 kV,质量扫描范围30~450 u。得到艾叶挥发油的总离子流图谱,经质谱计算机数据库(NIST)检索、与标准图谱对比、并结合文献和人工解析进行定性鉴定,用归一法计算相对质量分数。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 艾叶挥发油提取率的影响因素分析

考察了超声时间、异丙醇用量及萃取时间对艾叶挥发油提取产率的影响。图1是异丙醇添加体积为20 mL、萃取时间为2.5 h的条件下,艾叶挥发油产率与超

声时间的关系。

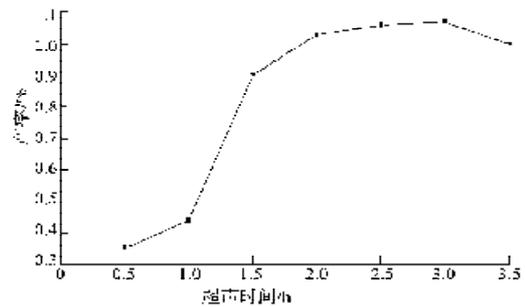


图1 产率与超声时间的关系

Fig. 1 Extraction rate changes vs the time of ultrasonic treatment

图2是萃取时间为2.5 h、超声处理时间为2 h的条件下,艾叶挥发油产率与异丙醇添加体积的关系。

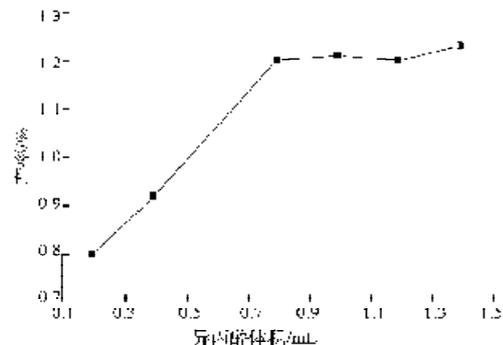


图2 产率与异丙醇添加体积的关系

Fig. 2 Extraction rate changes vs the amount of isopropanol applied

图3是异丙醇添加体积为20 mL、超声处理时间2 h的条件下,艾叶挥发油产率与萃取时间的关系。

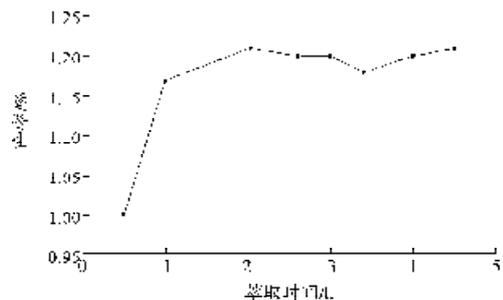


图3 产率与萃取时间的关系

Fig. 3 Extraction rate changes vs the extraction time

从图1~3可看出,超声处理艾叶的时间和异丙醇用量对艾叶挥发油的提取率有较大影响,而抽提萃取所用时间对提取率的影响较小。实验研究发现,当艾叶质量为50 g时,采用20 mL异丙醇为超声用溶剂,超声时间为2 h,对艾叶进行超声处理,然后抽提2 h,能获得较高的艾叶挥发油提取率。

### 2.2 艾叶挥发油成分分析

对提取实验中所得3个样品进行GC-MS分析,得

到相应的总离子流色谱图, 分别为图4~6。经NIST库检索并结合人工谱图解析, 对总离子流图进行分析, 结果分别列入表1。

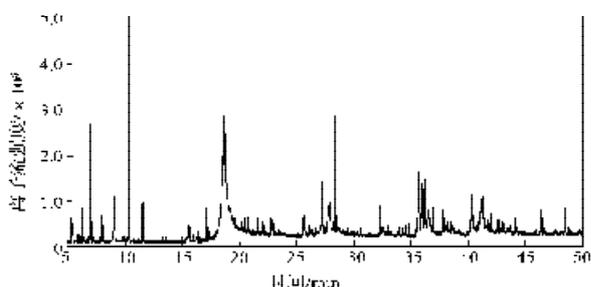


图4 样品1的总离子流色谱图

Fig. 4 Total ion chromatogram of sample 1

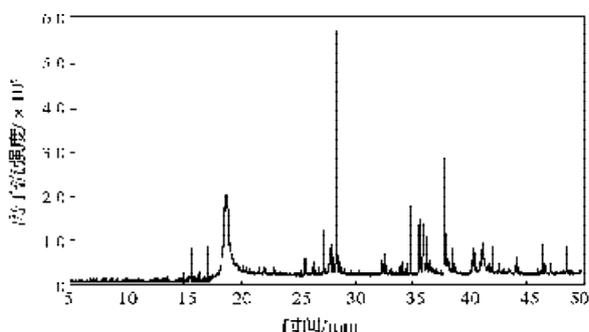


图5 样品2的总离子流色谱图

Fig. 5 Total ion chromatogram of sample 2

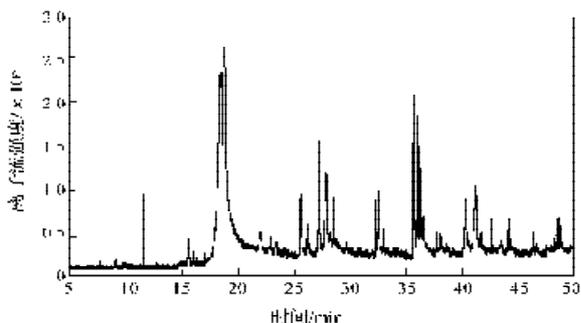


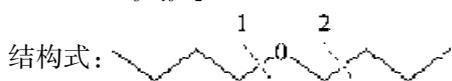
图6 样品3的总离子流色谱图

Fig. 6 Total ion chromatogram of sample 3

对上述实验中提取的艾叶挥发油的部分主要成分进行人工图谱分析, 结果如下。

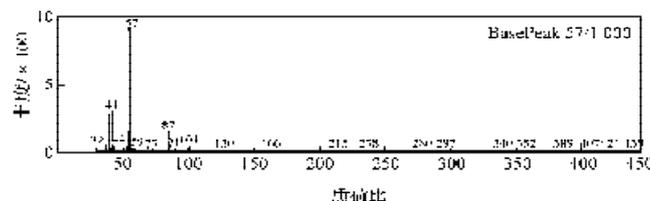
图4中保留时间为6.986 min所对应组分①的分析。由图7经标准质谱匹配, 可知此峰值对应的物质成分为正丁醚 (n-Butyl ether), 匹配度97%。

分子式:  $C_8H_{16}O_2$ 。

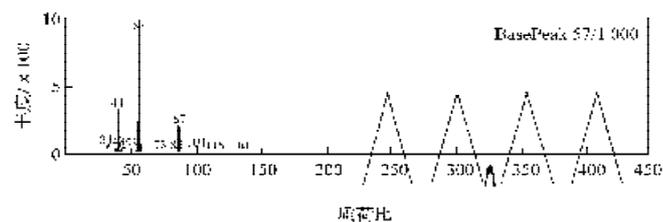


分析: 图中分子离子质荷比为130, 因而这个化合物的相对分子质量为130。质荷比为87的碎片离子可认为是分子在1处断裂 $CH_3CH_2CH_2\cdot$  (相对分子质量43) 碎片后形成的。质荷比为57的碎片离子峰丰度很高,

是标准峰, 表示这个碎片离子很稳定, 也表示这个分子的其余部分是比较容易断裂的, 它是由质荷比为87的碎片离子再次在2处断裂 $CH_2O\cdot$  (相对分子质量30) 碎片后形成的。质荷比为41的碎片离子可认为是经 $\gamma$ H重排并伴随 $\beta$ 键断裂得到的。



a) 组分①解析谱



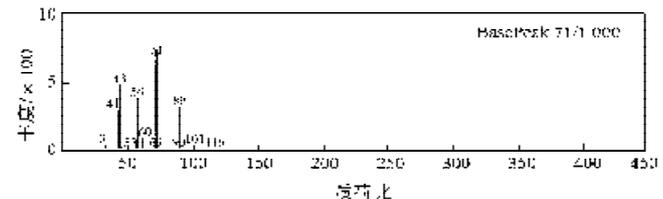
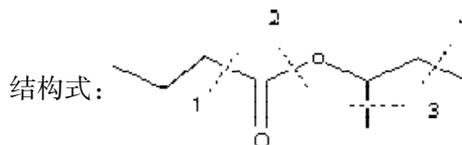
b) n-Butyl ether 标准谱

图7 n-Butyl ether 质谱图

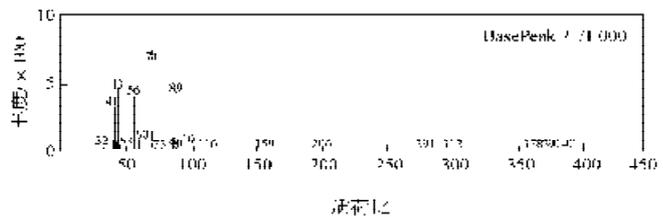
Fig. 7 Mass spectrum of n-Butyl ether

图4中保留时间为10.327 min所对应组分②的分析。据图8经标准质谱匹配, 此峰值对应的物质成分为丁酸-1-甲丙酯 (Butanoic acid, 1-methylpropyl ester), 匹配度97%。

分子式:  $C_8H_{16}O_2$



a) Butanoic acid, 1-methylpropyl ester 标准谱



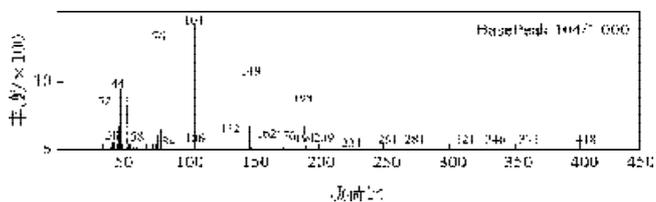
b) 组分②解析谱

图8 Butanoic acid, 1-methylpropyl ester 质谱图

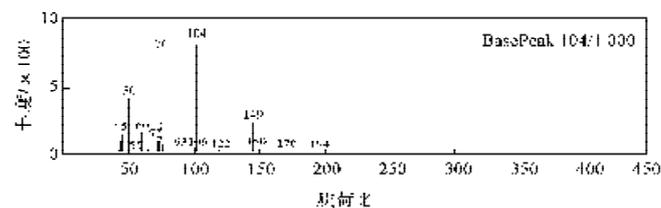
Fig. 8 Mass spectrum of Butanoic acid, 1-methylpropyl ester

分析：图中分子离子质荷比为 144，因而这个化合物的相对分子质量为 144。质荷比为 101 的碎片离子可认为是分子在 1 处断裂  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\cdot$ （相对分子质量 43）碎片后形成的。质荷比为 71 的碎片离子峰丰度很高，是标准峰，表示这个碎片离子很稳定，也表示这个分子的其余部分是比较容易断裂的，它是由质荷比为 89 的碎片离子再次在 2 处断裂  $\text{CO}$ （相对分子质量 28）碎片后形成的。质荷比为 56 的碎片离子可认为是由质荷比为 71 的碎片离子再次在 3 处断裂  $\text{CH}_3$ （相对分子质量 15）碎片后形成的。质荷比为 41 的碎片离子可认为是由质荷比为 56 的碎片离子再次在 4 处断裂  $\text{CH}_3$ （相对分子质量 15）碎片后形成的。

图 5 中保留时间为 28.40 min 所对应组分③的分析。其质谱图见图 9。



a) 组分③解析谱

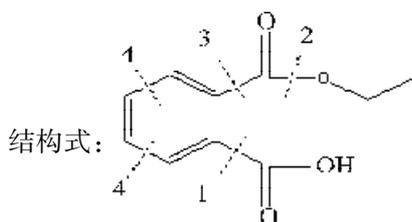
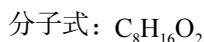


b) Phthalic acid monoethyl ester 标准谱

图 9 Phthalic acid monoethyl ester 质谱图

Fig. 9 Mass spectrum of phthalic acid monoethyl ester

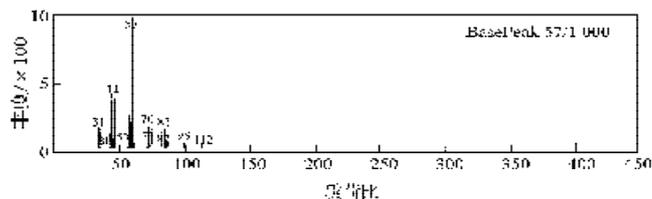
经标准质谱匹配，此峰值对应的物质成分为邻苯二甲酸单乙酯（phthalic acid monoethyl ester），匹配度为 91%。



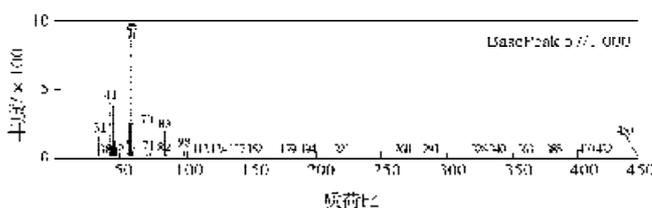
分析：图中分子离子质荷比为 194，因而这个化合物的相对分子质量为 194。其一价阳离子的相对分子质量为 193。质荷比为 149 的碎片离子可认为是分子在 1 处断裂  $\text{CO}_2\cdot$ （相对分子质量 44）碎片后形成的。质荷比为 104 的碎片离子峰丰度很高，是标准峰，表示这个碎片离子很稳定，也表示这个分子的其余部分是比较容易断裂的，它是由质荷比为 149 的碎片离子再

次在 2 处断裂  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}\cdot$ （相对分子质量 45）碎片后形成的。质荷比为 76 的碎片离子可认为是由质荷比为 104 的碎片离子在 3 处断裂  $\text{CO}\cdot$ （相对分子质量 43）碎片后形成的。质荷比为 50 的碎片离子峰是由苯环在 4 处断裂离子碎片  $\text{CHCH}$ （相对分子质量 26）后形成的。

图 5 中保留时间为 11.5 min 所对应组分④的分析。其质谱图见图 10。



a) 1-Hexanol, 2-ethyl- 标准谱

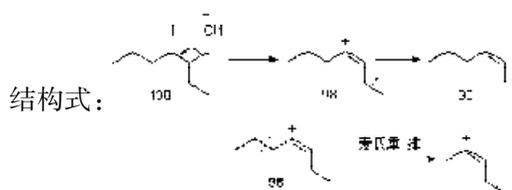
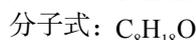


b) 组分④解析谱

图 10 1-Hexanol, 2-ethyl- 质谱图

Fig. 10 Mass spectrum of 1-Hexanol, 2-ethyl-

经标准质谱匹配，此峰值对应的物质成分为 2-乙基-1-己醇（1-Hexanol, 2-ethyl-），相似度 93%。



分析： $\text{M}_r-130$ 失去 1 个分子  $\text{H}_2\text{O}$ 后变成  $\text{M}_r-112$ ， $\text{M}_r$ 经  $\gamma\text{H}$ 重排并伴随  $\beta$ 键断裂得到离子碎片  $\text{M}_r-98$ ，而断掉的离子碎片  $\text{M}_r-31$  为。依次类推得挥发油定性定量结果见表 1。

从表 1 可看出：经超声波辐射-异丙醇抽提后艾叶的挥发性成分较多，主要有：丁酸-1-甲丙酯（Butanoic acid, 1-methylpropyl ester, 4.5%）、邻苯二甲酸酐（Phthalic anhydride, 18.2%）、正丁醚（n-Butyl ether, 3.7%）、邻苯二甲酸（2.9%）、（螺）Spiro[isobenzofuran-1(3H), 2'-oxiran]-3-one, 3'-（27.6%）、床烷-6-烯-4-醇（3.35%）、二环大根香叶烯（bicyclgermacrene, 3.5%）、 $\alpha$ -巴草烯（ $\alpha$ -humulene, 2.8%）、2-乙基-1-己醇（3.0%）、 $\beta$ -萜烯（ $\beta$ -terpinene, 2.2%）等。

样品 2 的主要成分有：邻苯二甲酸酐（Phthalic anhydride, 57.6%）、苯二甲酸（6.3%）、氢-萜-1,2,3-三酮（5.9%）、3,4-二甲基环己醇（5.0%）、双环[2,2,1]-2-

庚醇 (2.1%)、甲基-5(1-甲基乙基)-2-环己醇 (2.1%) 等。

样品3的主要成分有: 1-乙基-1-己醇 (3.5%)、邻苯二甲酸酐 (Phthalic anhydride, 61.5%)、(螺)Spiro [isobenzofuran-1(3H),2'-oxiran]-3-one,3'- (2.6%)、邻

苯二甲酸 (4.9%)、 $\beta$ -萜烯 ( $\beta$ -terpinene, 3.1%)、 $\beta$ -桉澄茄烯 ( $\beta$ -cubebene, 3.5%)、二环大根香叶烯 (bicyclogermacrene, 5.2%)、 $\alpha$ -巴草烯 ( $\alpha$ -humulene, 2.1%) 等。

表1 不同方法提取的艾叶挥发油中化学成分<sup>[8-12]</sup>及含量的分析比较

Table 1 Comparison on chemical components of volatile oils extracted by semi-bionic-steam distillation and steam distillation extraction

保留时间/ min	成分	分子式	相对质量分数/%			保留时间/ min	成分	分子式	相对质量分数/%		
			异丙醇	乙酸 乙酯	水蒸气				异丙醇	乙酸 乙酯	水蒸气
5.50	丁酸乙烯酯	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	1.5	-	-	28.40	邻苯二甲酸单乙酯 / phthalic acid monoethyl ester	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	3.1	6.7	1.7
6.20	邻二甲苯	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	1.85	-	-	29.80	菊槐酮 /chrysanthenone	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.1	-	-
6.95	正丁醚	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	3.7	-	-	32.20	$\beta$ -桉澄茄烯 $\beta$ -cubebene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.5	0.4	3.5
7.73	2,2-二甲氧基乙醇	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0.1	-	-	32.40	$\beta$ -石竹烯 / $\beta$ -caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.5	0.4	1.7
7.95	反式-1-丁氧基-1-丁烯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	3.0	-	-	32.93	顺-异丁子香酚 /cis-isoeugenol	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	-	-	0.3
9.10	丁酸-1-甲丙酯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	3.0	-	-	34.66	1-氢-蒎-1,2,3-三酮	C <sub>9</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	-	5.9	-
10.25	丁酸-1-甲丙酯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	4.5	-	-	35.85	二环大根香叶烯 / bicyclogermacrene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	3.5	3.5	5.2
11.50	2-乙基-1-己醇	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	3.0	-	3.5	36.03	$\beta$ -蛇床烯 / $\beta$ -selinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	2.2	2.1	1.7
15.55	双环[2,2,1]-2-庚醇	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	0.7	2.1	0.2	36.25	$\alpha$ -巴草烯 / $\alpha$ -humulene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	2.8	1.7	2.1
17.15	2-甲基-5(1-甲基乙基)- 2-环己醇	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.7	2.1	-	36.35	$\alpha$ -紫穗槐烯 / $\alpha$ -amorphene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.6	-	0.3
18.55	邻苯二甲酸酐	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	18.2	57.6	61.5	37.75	3,4-二甲基环己醇	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	0.4	5.0	0.5
25.75	(螺)Spiro[isobenzofuran- 1(3H),2'-oxiran]-3-one,3'-	C <sub>11</sub> H <sub>8</sub> O <sub>5</sub>	27.6	1.7	2.6	38.85	$\delta$ -杜松烯 / $\delta$ -cardenen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.2	0.4	0.08
26.03	二环榄香烯 / bicycloelemene	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub>	-	-	0.9	40.59	3-(苯甲酰硫)-2-甲酸丙酯	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	1.4	0.4	1.4
27.25	邻苯二甲酸	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	2.9	6.3	4.9	41.18	Hydrindantin	C <sub>18</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>	2.4	0.7	1.7
27.76	$\beta$ -萜烯 / $\beta$ -terpinene 1,3-(2-氢)-二酮-2-氨基-	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	2.2	1.1	3.1	42.10	胆甾烯醇 3-胆甾烷酮 /	C <sub>34</sub> H <sub>52</sub> O <sub>3</sub>	1.1	0.7	-
27.95	1-氢-1-吡啶	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.3	-	-	46.45	Cholestan-3-one	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	1.3	0.6	1.4
28.30	蛇床烷-6-烯-4-醇	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	3.35	-	-	49.46	2-(亚胡椒基氨)安替比林	C <sub>19</sub> H <sub>17</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1.5	0.6	1.7

经超声波辐射-异丙醇抽提对艾叶高挥发性组分的提取效率较高,如邻二甲苯、正丁醚 n-Butyl ether、2,2-二甲氧基乙醇、反式-1-丁氧基-1-丁烯、丁酸-1-甲丙酯是采用直接水蒸气蒸馏法没有得到的。但此法对一些低挥发性成分的提取效率不高,要更好地提取艾叶的挥发性成分,采用水蒸气蒸馏提取技术能提高对低挥发性成分的提取效率。

比较经异丙醇萃取处理后的艾叶和原料艾叶进行水蒸气蒸馏后得到的组分的图谱,可知采用原料艾叶进行水蒸气蒸馏后得到的组分的图谱中仅含有1个保留时间小于15 min的组分,即水蒸气蒸馏技术不能有效地提取艾叶中所含的保留时间较短的组分;而比较图2和图3知,经异丙醇萃取处理后的艾叶进行水

蒸气蒸馏后得到的组分邻苯二甲酸单乙酯、1-氢-蒎-1,2,3-三酮、3,4-二甲基环己醇,在利用原料艾叶进行水蒸气蒸馏后的离子流总图中并没有出现。造成这些差异的原因可能是:大多数保留时间较短的组分的水溶性较好或组分在水蒸气蒸馏操作温度条件下易分解,因而不能直接通过水蒸气蒸馏技术有效地提取这些组分。

### 3 结语

本文对经超声波辐射-异丙醇抽提,再结合水蒸气蒸馏技术所提取的艾叶的挥发性成分进行了分析,发现其较直接用水蒸气蒸馏提取的艾叶挥发性成分多,而多出的这些组分是以前研究工作没有报道过

的。另外,采用该提取方案能获得较高提取率的组分:邻苯二甲酸单乙酯、1-氢-茛-1,2,3-三酮、3,4-二甲基环己醇,这为高效提取艾叶挥发油及充分开发艾叶的药用价值提供了较有价值的工艺路线。

#### 参考文献:

- [1] 姚发业,邱琴,刘廷礼,等.艾叶挥发油的化学成分[J].分析测试学报,2001,20(3):42-45.  
Yao Faye, Qiu Qin, Liu Tingli, et al. Chemical Components of Essential Oils from Folium Artemisiae Argyi[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2001, 20(3): 42-45.
- [2] 李炎强,胡军,张晓兵,等.艾叶及其烟气颗粒物挥发性成分的分析[J].烟草化学,2005(10):15-21.  
Li Yanqiang, Hu Jun, Zhang Xiaobing, et al. Analysis of Volatile Components in Folium Artemisiae Argyi and Its Smoke Particulate Matter[J]. Tobacco Science & Technology, 2005 (10): 15-21.
- [3] 周峰,秦路平,连佳芳,等.艾叶的化学成分、生物活性和植物资源[J].药学实践杂志,2000(2):96-98.  
Zhou Feng, Qin Luping, Lian Jiafang, et al. Chemical Ingredients, Biological Activity and Plant Resource of Folium Artemisiae Argyi[J]. Journal of Pharmaceutical Practice, 2000 (2): 96-98.
- [4] 尹庚明,孙宁,朱锦瞻,等.艾叶挥发油成分的提取及其化学成分的气相色谱/质谱分析[J].分析化学,1999,27(1):55-58.  
Yin Genming, Sun Ning, Zhu Jinzhan, et al. Extraction of Volatile Components of Folium Artemisiae Argyi and Analysis by Gas Chromatography/Mass Spectrometry[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 1999, 27(1): 55-58.
- [5] 曾虹燕,张晓云,冯波,等.超临界CO<sub>2</sub>和微波辅助萃取艾叶挥发油工艺的研究[J].广西植物,2005,25(3):285-288.  
Zeng Hongyan, Zhang Xiaoyun, Feng Bo, et al. Extraction Technology of the Volatile Oils from Artemisiae Argyi Leaves by Supercritical CO<sub>2</sub> and Microwave[J]. Guihaia, 2005, 25 (3): 285-288.
- [6] 周燕芳,丁利君.超声波辅助提取艾叶黄酮的工艺研究[J].食品与机械,2006,22(4):39-41.  
Zhou Yanfang, Ding Lijun. Research on the Extraction of Flavone from Artemisiae Argyi with Ultrasonic Wave Cooperated Method[J]. Food and Machinery, 2006, 22(4): 39-41.
- [7] 邹菁,刘安昌,张平,等.活性离子水提取艾叶挥发油的研究[J].武汉化工学院学报,2006,28(4):27-30.  
Zou Jin, Liu Anchang, Zhang Ping, et al. A Study of Essential Oil Extracted by Active Ion Water from Folium Artemisiae Argyi[J]. Journal of Wuhan Institute of Chemical Technology, 2006, 28(4): 27-30.
- [8] 谢志美.半仿生法提取艾叶挥发油的研究[J].天然产物研究与开发,2009(1):278-282.  
Xie Zhimei. Study on the Extraction of Volatile Oil from Folium Artemisiae Argyi by Using the Semi-Bionic Extraction Technology[J]. Nature Product Research and Development, 2009(1): 278-282.
- [9] 任仁安.中药鉴定学[M].上海:上海科学技术出版社,1986:333-348.  
Ren Renan. Science of Chinese Medicine Identification (TCD) [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1986: 333-348.
- [10] 中国质谱学会有机专业委员会.香料质谱图集[M].北京:化学工业出版社,1992:12-45.  
Organice Branch of China Mass Spectrometry Association. Atlas of Mass Spectrum for Condiments[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1992: 12-45.
- [11] 丛浦珠.质谱学在天然有机化学中的应用[M].北京:科学出版社,1987.  
Cong Puzhu. Applications of Mass Spectrometry in Natural Organic Chemistry[M]. Beijing: Science Press, 1987.
- [12] 刘成梅,游海.天然产物有效成分的分离与应用[M].北京:化学工业出版社,2003:88-92.  
Liu Chengmei, You Hai. The Application & Separation of Natural Products[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 88-92.

(责任编辑:李玉珍)