

# 黑果腺肋花楸挥发油化学成分及总黄酮含量 分析研究

李国明<sup>1</sup>, 张丽萍<sup>1</sup>, 易平<sup>2</sup>, 李守岭<sup>1\*</sup>

(1. 云南省德宏热带农业科学研究所, 瑞丽 678600; 2. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵阳 550014)

**摘要:** **目的** 研究黑果腺肋花楸挥发性化学成分的组成及质量分数, 分析其总黄酮含量。**方法** 采用超声波提取法提取黑果腺肋花楸果实中的挥发油和总黄酮, 挥发油的化学成分通过气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)进行分析鉴定, 各挥发性化学成分的质量分数采用色谱峰面积归一化法计算。以芦丁为标准品, 用紫外可见分光光度计进行总黄酮含量的分析测定。**结果** 黑果腺肋花楸挥发油经 GC-MS 分析, 共鉴定出 36 个挥发性化学成分, 占挥发油色谱总峰面积的 84.14%。芦丁标准品呈现良好线性关系( $r^2=0.9997$ ), 总黄酮类化合物的平均含量为 0.233%, 标准偏差(standard deviation, SD)为 0.01291, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 5.53%。**结论** 黑果腺肋花楸中的挥发性成分以烷烃类、酯类、羧酸类、醇类几类化合物为主, 其果实中总黄酮类化合物的含量较低。

**关键词:** 黑果腺肋花楸; 挥发油; 总黄酮; 结构鉴定; 含量分析

## Analysis of chemical constituents of volatile oils and the contents of total flavonoids in *Aronia melanocarpa* Elliott

LI Guo-Ming<sup>1</sup>, ZHANG Li-Ping<sup>1</sup>, YI Ping<sup>2</sup>, LI Shou-Ling<sup>1\*</sup>

(1. Institute for Tropical Agriculture Scientific Research of De Hong, Ruili 678600, China; 2. Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550014, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the composition and mass fraction of volatile oils in *Aronia melanocarpa* Elliott, and analyze the total flavonoids contents. **Methods** The volatile oils and total flavonoids in the fruit of the black fruit gland were extracted by ultrasonic extraction. The chemical constituents of the volatile oils were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The mass fraction of the components was calculated using the chromatographic peak area normalization method. Total flavonoids contents were detected of by UV-visible spectrophotometer with rutin as standard. **Results** Thirty-six volatile compounds of the volatile oils from *Aronia melanocarpa* Elliott were analyzed and identified by GC-MS, which accounted for 84.14% of the total peak area of volatile oils. The rutin standard showed a good linear relationship ( $r^2=0.9997$ ), the average content of total flavonoids was 0.233%, and the standard deviation (SD) was 0.01291. The relative standard deviation (RSD) was 5.53%.

基金项目: 云南省现代农业天然橡胶产业技术体系建设项目(2017KJTX008-04)

**Fund:** Supported by Technical System Construction Project of the Natural Rubber Industry on Modern Agricultural in Yunnan Province (2017KJTX008-04)

\*通讯作者: 李守岭, 副研究员, 硕士, 主要研究方向为热带作物栽培及育种。E-mail: 499917268@qq.com

\*Corresponding author: LI Shou-Ling, Associate Professor, Master, Institute for Tropical Agriculture Scientific Research of De Hong, Ruili 678600, China. E-mail: 499917268@qq.com

**Conclusion** The volatile components in *Aronia melanocarpa* Elliott are mainly composed of alkanes, esters, carboxylic acids and alcohols, and the contents of total flavonoids in the fruits are lower.

**KEY WORDS:** *Aronia melanocarpa* Elliott; volatile oils; total flavonoids; structural identification; content analysis

## 1 引言

黑果腺肋花楸(*Aronia melanocarpa* Elliott), 蔷薇科, 腺肋花楸属灌木, 具有食用、药用、生态等应用价值<sup>[1,2]</sup>。黑果腺肋花楸果实中富含膳食纤维、蛋白质、多酚、维生素、原花青素等营养物质和生物活性成分<sup>[3,4]</sup>, 具有抗氧化<sup>[5]</sup>、抗炎<sup>[6]</sup>、抗肿瘤<sup>[7]</sup>、抗病毒<sup>[8]</sup>、防治心血管疾病、降血糖、抗血小板等多种作用<sup>[9]</sup>, 可用于保肝、平衡血糖、养心、预防和治疗糖尿病<sup>[10]</sup>、癌症、治疗心血管系统和消化系统疾病等<sup>[11]</sup>。

黑果腺肋花楸果实含有丰富的原花青素、类黄酮等多酚类抗氧化成分<sup>[12]</sup>, 是世界上公认的清除体内自由基最有效的天然抗氧化剂之一<sup>[13]</sup>。现阶段对黑果腺肋花楸生物活性化学成分的研究主要集中在对其多糖、花色苷、多酚类物质、花青素等几类化合物的提取分离工艺及抗氧化等生物活性方面。魏登等<sup>[14]</sup>采用微波辅助法从黑果花楸多糖抗衰老口服液中提取多糖, 对多糖的最佳提取工艺进行了研究; 朱凤妹等<sup>[15]</sup>采用超声辅助提取法, 研究了提取温度、液料比和提取时间等因素对花色苷提取率的影响, 对黑果腺肋花楸花色苷的提取条件进行了优化; 位路路等<sup>[16]</sup>采用响应面法优化了超声波辅助提取黑果腺肋花楸花色苷的条件, 测定花色苷的抗氧化能力, 通过高效液相色谱-质谱联用法鉴定了黑果腺肋花楸花色苷提取物的组成成分; 高凝轩等<sup>[17]</sup>以超声波辅助提取黑果腺肋花楸多酚, 优化了多酚提取工艺条件; 通过对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)、2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(2, 2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, ABTS)及超氧阴离子自由基清除率的测定, 证明黑果腺肋花楸多酚类物质具有较好的抗氧化活性; 贾秀娟等<sup>[18]</sup>利用紫外分光光度法测定了榨汁前后黑果花楸果实中花青素含量的分布, 并利用清除 DPPH 自由基的方法测定不同部位的抗氧化活性。

查阅文献发现黑果腺肋花楸的研究主要集中于引种栽培技术、组织培养、花青素和花色苷的提取分离及结构鉴定、多糖和多酚的提取工艺研究、果汁和果酒加工产品的研究、生物学特性及抗氧化活性研究等方面, 而对于其挥发油的提取分离及挥发性化合物分析鉴定方面的研究鲜有报道。本研究采用超声波清洗仪, 以正己烷对黑果腺肋花楸挥发油进行超声提取, 并通过气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)对挥发性化合物进行分析鉴定和含量测定, 以期更好地研究黑果腺肋花

楸挥发性化合物组成及其含量, 为进一步开发利用黑果腺肋花楸挥发油的药用价值提供科学依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料、仪器与试剂

黑果腺肋花楸果实, 由瑞丽市林业局提供, 经贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室易平博士鉴定。

Trace ISQ 气相色谱—质谱联用仪、TG-1701MS 毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm, 美国 Thermo Fisher 公司); HMF-34 中药材粉碎机(台湾弘荃机械企业有限公司); CCA-1111 循环水机、N-1200B-真空旋转蒸发仪(上海泉杰科学仪器有限公司); ML4002E 电子天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司); UV-8000ST 紫外/可见分光光度计(上海元析仪器有限公司); SB25-12DTS 超声波双频清洗仪(宁波新芝生物科技股份有限公司); GZX-9140MBE 电热鼓风干燥箱(上海博讯科学仪器有限公司)。

硝酸铝溶液(100 g/L, 分析纯, 天津市风船化学试剂科技有限公司); 乙酸钾溶液(98 g/L, 分析纯, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司); 芦丁标准品(CAS 号: 153-18-4, 标准物质, 中国食品药品检定研究院); 石英砂、脱脂棉、无水乙醇、正己烷(色谱纯, 美国西格玛有限公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 黑果腺肋花楸果实样品制备

在电热鼓风干燥箱中于 60 °C 恒温下, 将黑果腺肋花楸果实烘干至恒重, 经中药材粉碎机粉碎后过 40 目样品筛, 留存待测。

#### 2.2.2 黑果腺肋花楸果实挥发油提取

称取 4.00 g 黑果腺肋花楸果实粉末于 250 mL 具塞锥形瓶中, 加入 40 mL 正己烷, 在设定温度为 28 °C, 功率为 40 kHz, 功率比为 95% 的条件下超声提取 1 h。将提取液过滤后, 滤液经真空旋转蒸发仪浓缩, 所得的淡黄色澄清液体即为黑果腺肋花楸果实挥发油, 带有淡淡的香味。采用 2.0 mL 正己烷溶解, 转移至 10 mL 容量瓶, 定容至刻度, 摇匀静置后, 密封保存待测。

#### 2.2.3 黑果腺肋花楸果实挥发油供测试溶液的配制

准确移取 0.5 mL 黑果腺肋花楸果实挥发油于 5.0 mL 容量瓶中, 以色谱纯正己烷定容至刻度, 经旋涡混合器充分混匀静置后, 吸取 1.0 mL 待测液至进样瓶中, 待进样测试。

#### 2.2.4 气相色谱-质谱联用仪分析条件

气相色谱条件: TG-1701MS 毛细管色谱柱(30 m×

0.25 mm, 0.25  $\mu\text{m}$ ), 程序升温为初始温度为 50  $^{\circ}\text{C}$  保持 2.0 min, 以 15.0  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率升至 250  $^{\circ}\text{C}$  保持 15.0 min), 载气为高纯 He, 恒流模式, 柱流量为 1.0 mL/min, 平均线速度为 37 cm/s, 进样量 1.0  $\mu\text{L}$ , 进样口温度 250  $^{\circ}\text{C}$ , 分流比 100:1。

质谱条件: EI 电离模式, 电子倍增管电压 1917.0 V, 电子能量 70.0 eV, 离子传输管温度 250  $^{\circ}\text{C}$ , 离子源温度 250  $^{\circ}\text{C}$ , 扫描质量范围  $m/z$  为 30~550 Amu。

### 2.2.5 成分分析

按上述气相色谱-质谱联用仪分析条件, 对制备好的黑果腺肋花楸果实挥发油待测溶液通过气相色谱仪的自动进样器进样测试, 得到黑果腺肋花楸果实挥发油总离子流图。总离子流图中各色谱峰经质谱扫描后得到的挥发性化学成分色谱图由质谱工作站 Xcalibur 3.0 结合 NIST08 标准质谱图数据库对比进行检索, 并对图谱进行综合分析。

### 2.2.6 黑果腺肋花楸果实总黄酮提取

准确称取黑果腺肋花楸果实样品 1.000 g 于 150 mL 具塞锥形瓶中, 加入 30.0 mL 无水乙醇, 充分摇匀后, 置于超声波清洗仪中超声浸提 1 h, 浸提过程中每 20.0 min 摇匀溶液 1 次。提取完成后, 将浸提液过滤至 50 mL 容量瓶中, 以无水乙醇冲洗锥形瓶、漏斗及滤纸, 合并滤液, 冷却至室温, 无水乙醇定容至刻度, 摇匀静置, 待测。

### 2.2.7 标准曲线绘制

精密吸取芦丁标准品工作液 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL, 分别置于 50 mL 容量瓶中, 加无水乙醇至总体积为 15.0 mL, 依次加入硝酸铝溶液 1.0 mL, 醋酸钾溶液 1.0 mL, 加水定容至刻度, 摇匀静置 1 h, 采用紫外/可见分光光度计于 420 nm 处, 以 30% 乙醇溶液为空白对照, 测定吸光度值, 以 50 mL 标液中芦丁质量为横坐标, 吸光度值为纵坐标, 绘制吸光度值-芦丁质量标准曲线。

### 2.2.8 黑果腺肋花楸果实总黄酮含量测定

精密吸取黑果腺肋花楸果实总黄酮提取待测液 1.0 mL 置于 50 mL 容量瓶中, 加无水乙醇至总体积为 15.0 mL, 依次加入硝酸铝溶液 1.0 mL, 醋酸钾溶液 1.0 mL, 加水定容至刻度, 摇匀静置 1 h, 采用紫外/可见分光光度计于 420 nm 处, 以不加样品的空白试液为参比, 测定待测液的吸光度值。

通过查标准曲线和线性回归方程计算, 按如下公式: 求得黑果腺肋花楸果实待测液中总黄酮类化合物的含量(%), 计算结果保留到小数点后两位。

$$X = \frac{m}{W \times d \times 1000} \times 100\%$$

式中:  $X$ —总黄酮含量, %;

$m$ —由标准曲线或线性回归方程求出的样品比色液中芦丁质量, mg;

$W$ —样品质量, g;

$d$ —稀释比率。

## 3 结果与分析

### 3.1 黑果腺肋花楸果实挥发油结果分析

黑果腺肋花楸果实挥发油经 GC-MS 进行挥发性化学成分的分析鉴定, 得到的挥发油总离子流图如图 1 所示。采用 Xcalibur 3.0 质谱工作站, 结合 NIST08 标准质谱图数据库进行综合对比分析, 由色谱峰面积归一化法计算各化学成分的质量分数, 共鉴定出 36 种主要的挥发性化学成分, 质量分数占挥发油总成分的 84.14%。黑果腺肋花楸果实挥发油化学成分的 GC-MS 分析结果见表 1, 质量分数大于 1.00% 的化合物见图 2, 挥发性化合物类属及质量分数见图 3。

由表 1 可知, 从黑果腺肋花楸果实挥发油中分析鉴定出 36 种挥发性化学成分, 质量分数占挥发油色谱总峰面积的 84.14%。其中, 质量分数大于 1.00% 的挥发性化合物共有 9 种(见图 2), 占挥发油色谱总峰面积的 70.60%。由图 3 可知, 分析鉴定出的 36 种挥发性化学成分按化合物类型分类, 分属于酯类(8 种)、烯醇类(4 种)、醛类(2 种)、羧酸类(7 种)、烷烃类(6 种)、芳香酚类(1 种)、醇类(2 种)、酮类(1 种)、芳香烃类(1 种)、芳香酸类(1 种)、芳香酯类(2 种)和烯炔类(1 种)等 12 类化合物。其中烷烃类化合物的含量最高, 质量分数高达 51.83%。烷烃类化合物中, 质量分数较高的化合物为正二十四烷和正二十一烷, 质量分数分别为 43.84% 和 5.59%。芳香酚、芳香烃、芳香酸和芳香酯四类芳香化合物总的质量分数仅有 2.61%, 含量相对较低。这些化合物中酯类、醛类、酮类、醇类、芳香酚、芳香烃、芳香酸和芳香酯等化合物在黑果腺肋花楸果实挥发油中的质量分数差异, 形成了挥发油特殊的气味。

本研究中提取黑果腺肋花楸果实挥发油的提取剂为弱极性的挥发性有机溶剂正己烷, 通过超声波清洗仪的超声提取, 可以最大程度地将黑果腺肋花楸果实挥发油中的弱极性和无极性部分的挥发性化合物提取出来。气相色谱质谱联用仪用于分离分析的毛细管色谱柱也为弱极性的色谱柱, 因此, 本研究分析鉴定的黑果腺肋花楸果实挥发油以弱极性的烷烃类和酯类等化合物为主。

### 3.2 黑果腺肋花楸果实总黄酮结果分析

#### 3.2.1 标准曲线绘制实验结果

以 50.0 mL 标液中芦丁质量为横坐标, 吸光度值为纵坐标, 绘制吸光度-芦丁质量标准曲线如图 4 所示。由图 4 可知, 吸光度与芦丁质量具有较好的线性关系, 线性回归方程为  $Y = 0.6288X + 0.0314$ , 相关系数  $r^2 = 0.9997$ 。

#### 3.2.2 黑果腺肋花楸果实总黄酮含量测定结果分析

采用紫外/可见分光光度计于 420 nm 处, 以不加样品的空白试液为参比, 平行测定了 6 份黑果腺肋花楸果实总黄酮提取待测液的吸光度值, 通过标准曲线和线性回归方程计算得到黑果腺肋花楸果实中总黄酮类化合物的含量(%)如表 3 所示。

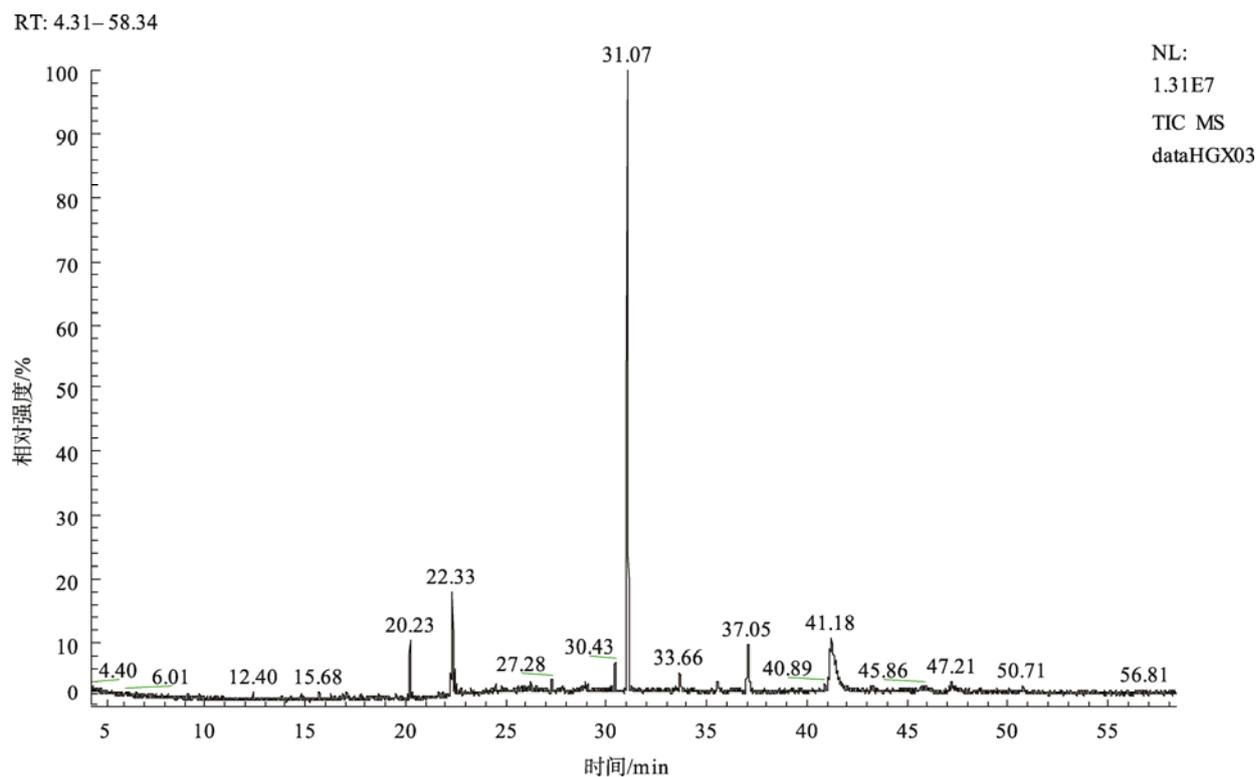


图 1 黑果腺肋花楸挥发油 GC/MS 分析总离子流图

Fig.1 Total ion current chromatogram of volatile oils from the *Aronia melanocarpa* Elliott

表 1 黑果腺肋花楸挥发油化学成分 GC-MS 分析结果

Table 1 Determination result of volatile oils from the *Aronia melanocarpa* Elliott by GC-MS

序号	保留时间/min	化合物名称	CAS 号	分子式	分子量	质量分数/%
1	3.08	$\gamma$ -戊内酯	108-29-2	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	100.12	0.42
2	3.13	(E)-2-己烯-1-醇	928-95-0	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	100.16	0.46
3	12.40	羟基乙醛	141-46-8	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	60.05	0.29
4	15.68	顺-9-十四碳烯醇	35153-15-2	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O	212.37	0.58
5	16.87	十八碳烷酸	57-11-4	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284.48	0.33
6	17.00	正十五烷	629-62-9	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212.41	0.37
7	17.08	正二十烷	112-95-8	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	282.55	0.52
8	20.23	十五烷酸	1002-84-2	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242.40	2.23
9	22.28	油酸甲酯	112-62-9	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296.49	2.61
10	22.34	蓖麻油酸	141-22-0	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>3</sub>	298.46	3.69
11	22.44	辛酸乙酯	106-32-1	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172.26	0.81
12	22.79	棕榈酸异丙酯	142-91-8	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298.50	0.46
13	24.53	4-甲基辛酸	54947-74-9	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158.24	0.46
14	25.57	十八碳酸甲酯	112-61-8	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298.50	0.43
15	25.97	肉豆蔻酸	544-63-8	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228.37	0.55
16	27.28	正二十六烷	630-01-3	C <sub>26</sub> H <sub>54</sub>	366.71	0.69

续表 1

序号	保留时间/min	化合物名称	CAS号	分子式	分子量	质量分数/%
17	27.64	10-十一烯酸	112-38-9	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	184.28	0.40
18	27.81	2-烯丙基-6-甲基苯酚	3354-58-3	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	148.20	0.47
19	28.95	正二十八烷	630-02-4	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	394.76	0.82
20	29.10	十三醇	112-70-9	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub> O	200.36	0.46
21	30.43	(Z)-9-十六碳烯-1-醇	10378-01-5	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	240.42	2.25
22	31.07	正二十四烷	646-31-1	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	338.65	43.84
23	33.46	十七酸甲酯	1731-92-6	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284.48	0.59
24	33.66	2-壬酮	821-55-6	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142.24	1.94
25	34.30	对伞花烃	99-87-6	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134.22	0.44
26	35.26	对醛基苯甲酸	619-66-9	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	150.13	0.44
27	35.54	十一醛	112-44-7	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O	170.30	1.06
28	37.06	正二十一烷	629-94-7	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296.57	5.59
29	37.91	山梨酸	110-44-1	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	112.13	0.43
30	39.25	豆蔻酸酯	3234-85-3	C <sub>28</sub> H <sub>56</sub> O <sub>2</sub>	424.74	0.46
31	41.18	十八醇	112-92-5	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub> O	270.49	7.39
32	43.24	(Z)-11-十六碳烯-1-醇	56683-54-6	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	240.42	0.48
33	43.27	1-十九碳烯	18435-45-5	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub>	266.51	0.41
34	43.34	十二烷二酸二甲酯	1731-79-9	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub> O <sub>4</sub>	258.35	0.51
35	47.18	乙酸丁香酚酯	93-28-7	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	206.24	0.43
36	47.21	乙酰基异丁香酚	93-29-8	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	206.24	0.83

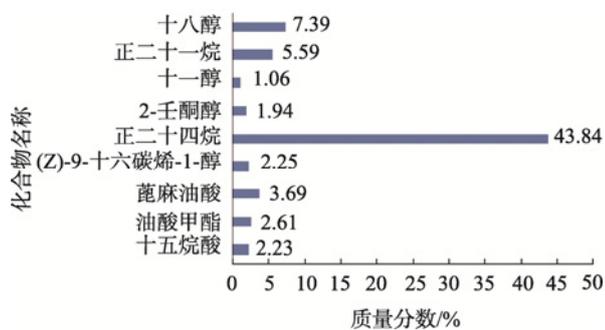


图2 质量分数大于1.00%的化合物

Fig.2 Compounds with a mass fraction greater than 1.00%

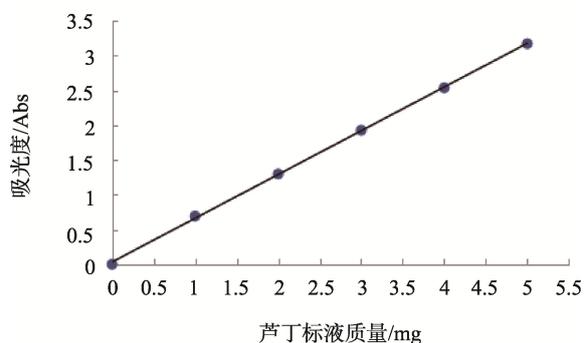


图4 吸光度—芦丁质量标准曲线

Fig.4 Standard curve of the Absorbance and the mass of Rutin

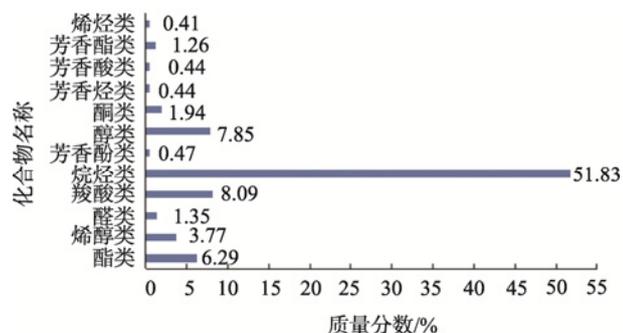


图3 挥发性化合物类属及质量分数

Fig.3 Category and mass fraction of volatile compounds

由表3可知,6份黑果腺肋花楸果实中总黄酮类化合物的平均含量为0.233%,测定标准偏差(standard deviation, SD)为0.01291,相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为5.53%,结果满足精密度的要求。显色反应时,黑果腺肋花楸待测液的颜色较淡,表明总黄酮含量较低,分析测定结果也证实了这一点。

## 4 结论

本研究主要采用色谱纯正己烷为提取剂,通过超声波清洗仪在适宜的温度及超声功率下,控制超声功率比来充分提取黑果腺肋花楸果实中的挥发油。正己烷作为一种

表 3 黑果腺肋花楸总黄酮类化合物的含量(n=6)  
Table 3 Contents of total flavonoids in *Aronia melanocarpa* Elliott (n=6)

样品编号	吸光度(Abs)	芦丁浓度/(mg/mL)	芦丁质量/mg	样品质量/g	总黄酮含量/%	总黄酮平均含量/%	SD	RSD/%
hgxlhq01	0.0289	0.0010	0.05	1.0001	0.250			
hgxlhq02	0.0286	0.0009	0.045	1.0001	0.225			
hgxlhq03	0.0287	0.0009	0.045	1.0002	0.225	0.233	0.01291	5.53
hgxlhq04	0.0288	0.0010	0.050	1.0001	0.250			
hgxlhq05	0.0286	0.0009	0.045	1.0002	0.225			
hgxlhq06	0.0287	0.0009	0.045	1.0001	0.225			

非极性溶剂, 在提取挥发油的过程中, 对挥发油中各化合物的性质影响较小, 可以较好地呈现挥发油中各化合物的真实存在状态。

通过调研文献可知, 对黑果腺肋花楸挥发油化学成分的分析研究鲜有报道, 具体化合物的分析鉴定缺少相应的参考文献。本研究通过 GC-MS 的 Xcalibur3.0 质谱工作站, 结合 NIST 标准谱库的搜索功能对黑果腺肋花楸挥发油中的化学成分进行对比分析鉴定, 采用峰面积归一化法计算各挥发性化学成分的质量分数, 分析鉴定出了 36 种相对含量较高的挥发性化学成分, 这些化学成分按化合物类型分类, 分属于以下 12 类: 酯类 8 种(6.29%), 烯醇类 4 种(3.77%), 醛类 2 种(1.35%), 羧酸类 7 种(8.09%), 烷烃类 6 种(51.83%), 芳香酚类 1 种(0.47%), 醇类 2 种(7.85%), 酮类 1 种(1.94%), 芳香烃类 1 种(0.44%), 芳香酸类 1 种(0.44%), 芳香酯类 2 种(1.26%), 烯炔类 1 种(0.41%)。其中以烷烃类、酯类、羧酸类、醇类几类化合物为主, 使得黑果腺肋花楸挥发油呈现出令人愉悦特殊的芳香气味。

实验分析测定得到黑果腺肋花楸果实中总黄酮类化合物的平均含量为 0.233%, 相对含量较低, 显色反应后待测液几乎看不出黄酮类化合物特有的黄色, 显色反应的时间, 提取分离的温度及时间都可能会对实验结果产生影响。

### 参考文献

- [1] 王鹏, 姜镇荣, 张平, 等. 黑果腺肋花楸果实的经济价值及其开发前景[J]. 农产品加工, 2009, 133(9): 55-57.  
Wang P, Jiang ZR, Zhang P, et al. Economic value and development prospect on the fruit of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. Farm Prod Process, 2009, 133(9): 55-57.
- [2] 韦庆翠, 陈立冬, 刘玉婷, 等. 黑果腺肋花楸化学功效及产业开发的研究进展[J]. 林业科技通讯, 2018, 21(5): 64-69.  
Wei QC, Chen LD, Liu YT, et al. Research progress on chemical efficiency and industrial development of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. For Sci Technol, 2018, 21(5): 64-69.
- [3] 于雪, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸营养物质与功效的研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(10): 396-400.

Yu X, Hu WZ, Jiang AL, et al. Research progress on nutrient substance and efficacy of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. Sci Technol Food Ind, 2016, 37(10): 396-400.

- [4] 王柳, 许一鸣, 牟贺, 等. 黑果腺肋花楸功效及药用食用研究进展[J]. 现代食品, 2018, 4(7): 53-56.  
Wang L, Xu YM, Mou H, et al. Research progress on efficacy and medicinal edible of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. Mod Food, 2018, 4(7): 53-56.
- [5] 陈妍竹, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸功能作用及食品加工研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 397-400.  
Chen YZ, Hu WZ, Jiang AL, et al. Research progress on function and food processing of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. Sci Technol Food Ind, 2016, 37(9): 397-400.
- [6] 刘珈铭, 刘欣. 黑果腺肋花楸果的功能与应用价值[J]. 食品安全导刊, 2018, 29(18): 130.  
Liu JM, Liu X. Function and application value on the fruit of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. China Food Saf Magaz, 2018, 29(18): 130.
- [7] 玄永浩, 金英善. 黑果腺肋花楸化学成分及药理活性研究进展[J]. 现代农业科技, 2009, 34(20): 101-104.  
Xuan YH, Jin YS. Research progress on chemical composition and pharmacological activity of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. Mod Agric Sci Technol, 2009, 34(20): 101-104.
- [8] 苗妙, 刘宇璇, 胡苗苗, 等. 黑果腺肋花楸多酚的抑菌活性研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(12): 56-60.  
Miao M, Liu YX, Hu MM, et al. Study on antibacterial activity on polyphenol of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. Mod Food Sci Technol, 2017, 33(12): 56-60.
- [9] 刘佳, 王莹, 陈晰晰, 等. 黑果腺肋花楸总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2017, 34(4): 267-272.  
Liu J, Wang Y, Chen XX, et al. Study on optimization of extraction process and antioxidant activity on total flavonoids of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. J Qingdao Agric Univ (Nat Sci Ed), 2017, 34(4): 267-272.
- [10] 孙智谋, 张佳霖, 周旭. 黑果腺肋花楸多酚类物质抗氧化功效的研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 39(9): 396-400.  
Sun ZM, Zhang JL, Zhou X. Research progress on antioxidant efficacy of polyphenols of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. Sci Technol Food Ind, 2017, 39(9): 396-400.
- [11] 朱月, 李奋梅, 王艳丽, 等. 黑果腺肋花楸原花青素的提取及抑菌性研究[J]. 食品工业科技, 2017, 36(5): 302-306.

- Zhu Y, Li FM, Wang YL, *et al.* Study on extraction and bacteriostasis on procyanidins of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 36(5): 302–306.
- [12] 孙智谋, 周旭, 张佳霖. 黑果腺肋花楸花青素抗氧化功能的研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2017, 36(11): 220–224.
- Sun ZM, Zhou X, Zhang JL. Research progress on antioxidant function of anthocyanin of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. *Food Res Dev*, 2017, 36(11): 220–224.
- [13] 刘静, 徐莉莉. 黑果腺肋花楸黄酮提取工艺优化及体外抗氧化研究[J]. *食品研究与开发*, 2017, 28(3): 60–65.
- Liu J, Xu LL. Study on antioxidant activity *in vitro* and optimization of extraction process on flavone of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. *Food Res Dev*, 2017, 28(3): 60–65.
- [14] 魏登, 王柳, 许一鸣, 等. 黑果花楸多糖抗衰老口服液提取工艺研究[J]. *中国食品添加剂*, 2018, 174(8): 174–179.
- Wei D, Wang L, Xu YM, *et al.* Study on extraction technology of polysaccharide anti-aging oral liquid of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. *China Food Addit*, 2018, 174(8): 174–179.
- [15] 朱凤妹, 李佳璇, 张海娟, 等. 黑果腺肋花楸中花色苷超声辅助提取工艺优化研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(11): 2780–2786.
- Zhu FM, Li JX, Zhang HJ, *et al.* Study on process optimization of ultrasound-assisted extraction on anthocyanins of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(11): 2780–2786.
- [16] 位路路, 林杨, 王月华, 等. 黑果腺肋花楸花色苷提取工艺优化及其抗氧化活性和组成鉴定[J]. *食品科学*, 2018, 39(12): 239–246.
- Wei LL, Lin Y, Wang YH, *et al.* Antioxidant activity and composition identification and optimization of extraction process on anthocyanins of *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. *Food Sci*, 2018, 39(12): 239–246.
- [17] 高凝轩, 李斌, 刘辉, 等. 基于 RSM 法优化黑果腺肋花楸多酚提取工艺及抗氧化活性研究[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(19): 249–254.
- Gao NX, Li B, Liu H, *et al.* Study on antioxidant activity and optimization of extraction process on polyphenol of *Aronia melanocarpa* Elliott based on the method of RSM [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(19): 249–254.
- [18] 贾秀娟, 魏晓瑶, 赵艳敏, 等. 黑果花楸果实中花青素含量分布及抗氧化活性[J]. *食品研究与开发*, 2017, 33(8): 33–37.
- Jia XJ, Wei XY, Zhao YM, *et al.* Content distribution and antioxidant activity of anthocyanin in the *Aronia melanocarpa* Elliott [J]. *Food Res Dev*, 2017, 33(8): 33–37.

(责任编辑: 陈雨薇)

### 作者简介



李国明, 助理研究员, 主要研究方向为农产品农药残留检测及植物功能性化学成分分析。

E-mail: liguoming654200@163.com



李守岭, 副研究员, 主要研究方向为热带作物栽培及育种。

E-mail: 499917268@qq.com