

康专苗,范建新,何凤平,等. 澳洲坚果露酒香气成分 GC-MS 分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):218-223.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.051

# 澳洲坚果露酒香气成分 GC-MS 分析

康专苗, 雷朝云, 范建新, 何凤平, 李向勇, 刘小翠, 刘凡值

(贵州省农业科学院亚热带作物研究所, 贵州兴义 562400)

**摘要:** 为了解澳洲坚果露酒及浸泡基酒的香气成分, 采用顶空固相微萃取 (HS-SPME) 与气相色谱质谱 (GC-MS) 相结合的方法定性分析这 2 种样品的香气成分。结果表明, 2 个样品依次检测出 67、79 种香气成分, 香气成分本质的差异决定了其特有的风味和口感。其中, 浸泡基酒当中的主要香气成分棕榈酸乙酯, 为 17.21%; 癸酸乙酯, 为 7.38%; 十二酸乙酯, 为 4.40%; 辛酸乙酯, 为 4.16%; 丁酸乙酯, 为 2.59%; 己酸乙酯, 为 1.75%; 十四酸乙酯, 为 1.47%; 苯乙醇, 为 6.61%; 乙酸异戊酯, 为 3.27%; 丁二酸二乙酯, 为 2.42%; 澳洲坚果露酒当中的主要香气成分棕榈酸乙酯, 为 16.72%; 癸酸乙酯, 为 7.58%; 十二酸乙酯, 为 3.57%; 辛酸乙酯, 为 4.01%; 丁酸乙酯, 为 3.09%; 己酸乙酯, 为 1.58%; 十四酸乙酯, 为 1.01%; 苯乙醇, 为 10.18%; 异戊醇, 为 9.10%; 油酸乙酯, 为 3.60%; 琥珀酸二乙酯, 为 2.34%; 香草醛, 为 2.20%。研究结果可为澳洲坚果露酒的进一步开发利用提供科学依据和数据参考。

**关键词:** 澳洲坚果露酒; 浸泡基酒; 挥发成分; 香气成分; GC-MS

**中图分类号:** TS262.7      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0218-06

澳洲坚果 (*Macadamia* spp.) 又被称作昆士兰栗、澳洲胡桃、夏威夷果、昆士兰果, 属山龙眼科 (Proteaceae) 多年生常绿果树<sup>[1]</sup>, 原产于澳大利亚昆士兰东南部和新南威尔士东北部的热带、亚热带雨林, 目前, 主要生产国有中国、澳大利亚、美国、南非、巴西、哥斯达黎加、肯尼亚、危地马拉等<sup>[2]</sup>。由于澳洲坚果具有很高的营养价值、良好的保健功能以及特有的香气、质地和极佳的口感, 在国际市场备受青睐<sup>[3]</sup>。澳洲坚果含油量达 70%~79%, 尤其富含不饱和脂肪酸, 同时还含有丰富的钙、磷、铁、维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、 $\omega$ -3、 $\omega$ -7 及人体必需的 8 种氨基酸, 享有“世界坚果之王”“干果皇后”的美誉<sup>[4-5]</sup>。

目前, 全世界澳洲坚果种植面积达 26 万 hm<sup>2</sup> 以上, 而中国种植面积达 18 万 hm<sup>2</sup>, 且还在逐步扩大。澳洲坚果食用部分为果仁, 深加工后针对果壳的利用研究一直处于探索阶段。澳洲坚果的果壳约占总质量 50% 以上, 每年产生的澳洲坚果果壳达数万吨, 目前对澳洲坚果壳的利用主要是加工成肥料、

活性炭、滤料等产品。大量研究表明, 坚果果壳包含烯烃、酸类、醛类、酮类、内酯类等物质, 且澳洲坚果果壳乙醇提取物具有令人愉悦的香味, 其香气风格与原样迥异, 具有成为香精香料来源的潜质<sup>[6]</sup>。通常澳洲坚果果壳色素色泽呈棕褐色, 是食用色素的良好来源之一, 并且使用性能较为稳定, 具有较好的抗氧化以及抑菌性能。但是针对澳洲坚果露酒的研究尚未见报道, 因此, 笔者通过利用澳洲坚果及其果壳的香味和色素特性进行澳洲坚果露酒的制作, 并对其香味成分进行 GC-MS 分析, 旨在了解澳洲坚果露酒香气特征, 为其进一步开发利用等提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

1.1.1 供试原材料 澳洲坚果露酒, 由笔者所在的实验室制备保存。浸泡基酒为贵州兴义产的包谷酒 (可用于药酒、果酒浸泡), 浓香型白酒, 度数为 52%。

1.1.2 主要仪器 岛津 GCMS-QP2010 Plus 气质联用仪; 顶空固相微萃取 (HS-SPME) 装置 SPME 手动进样手柄及 PDMS 萃取头 (50/30  $\mu$ m), 美国 SUPELCO 公司生产。

### 1.2 澳洲坚果露酒制备方法

选取含水量  $\leq 3\%$  开口好的优质果澳洲坚果 0.5 kg 和烘干好的坚果壳 2 kg 分别用纱袋装好, 加入到盛有 10 kg 的 52 度浓香型白酒的酒坛当中, 然后将酒坛密封后放于温度为 15~17  $^{\circ}$ C 的地窖当中; 浸泡 1 个月后将装有开口的坚果纱袋

收稿日期: 2019-05-06

基金项目: 黔农科合院产业扶贫 (编号: [2019]50 号); 贵州省科研机构服务企业行动计划 (编号: 黔科合企企 [2015]4002 号); 黔农业科学院种质资源项目 (编号: [2018]02 号)。

作者简介: 康专苗 (1989—), 男, 湖南娄底人, 硕士, 助理研究员, 从事热带果树栽培管理及深加工研究。E-mail: 354921716@qq.com。  
通信作者: 范建新, 博士, 副研究员, 从事热带果树研究。E-mail: 2658304@qq.com。

[8] 刘 慧, 钱 强. 微波消解-电感耦合等离子质谱 (ICP-MS) 法测定食品中汞的研究[J]. 农产品加工 (下半月), 2016(6): 55-56, 60.

[9] 冯永明, 邢应香, 刘洪青, 等. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定生物样品中微量硒的方法研究[J]. 岩矿测试, 2014, 33(1): 34-39.

[10] Pinheiro F C, Amaral C D B, Schiavo D A. Determination of arsenic in fruit juices using inductively coupled plasma tandem mass spectrometry (ICP-MS/MS) [J]. Food Analytical Methods, 2017, 10(4): 992-998.

[11] 李 刚, 曹小燕. 电感耦合等离子体质谱法测定地质样品中锆和镉的干扰及校正[J]. 岩矿测试, 2008, 27(3): 197-200.

取出,继续密封窖藏 1 年;然后澄清,过滤,灭菌,装瓶<sup>[7-8]</sup>。

1.3 样品前处理

顶空固相微萃取法取澳洲坚果露酒 5 mL 于 20 mL 顶空样品瓶中,超声波下平衡 5 min 后将其老化(经过 250 ℃ 下老化 1 h)的 PDMS 萃取头穿过封垫置于顶空瓶的上部顶空处,在 65 ℃ 下吸附 25 min,结束后直接接入 GC-MS(SHIMADZU QP2010-Plus)进样口。

1.4 试验方法

采用 GS-MS 对样品提取的香气成分进行分析,经过 3 次重复试验,得到 GS-MS 分析的最佳试验条件。

1.4.1 色谱条件 色谱柱为 Rtx-WAX 石英毛细柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm);升温程序:初始温度 60 ℃ 保持 2 min,以 8 ℃/min 升至 230 ℃,以 20 ℃/min 升至 250 ℃,保持 2 min;载气(He)流速 1.0 mL/min;压力 57.4 kPa,进样量 1 μL,进样口温度 250 ℃;分流比 10:1。

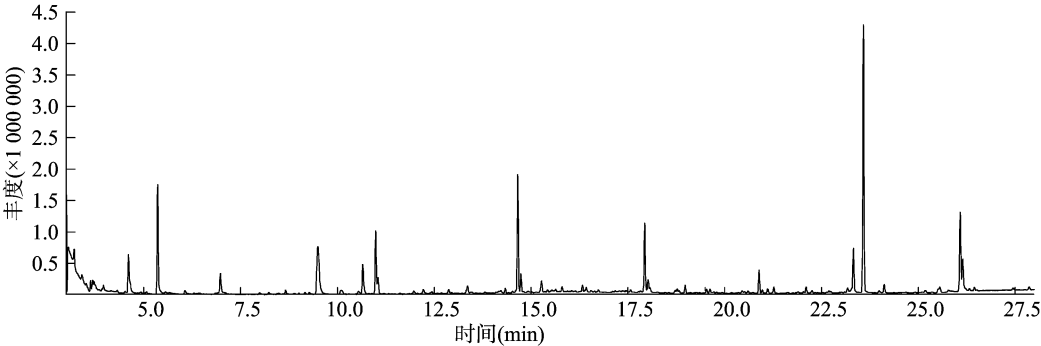


图1 浸泡基酒香气成分的 GC-MS 总离子流

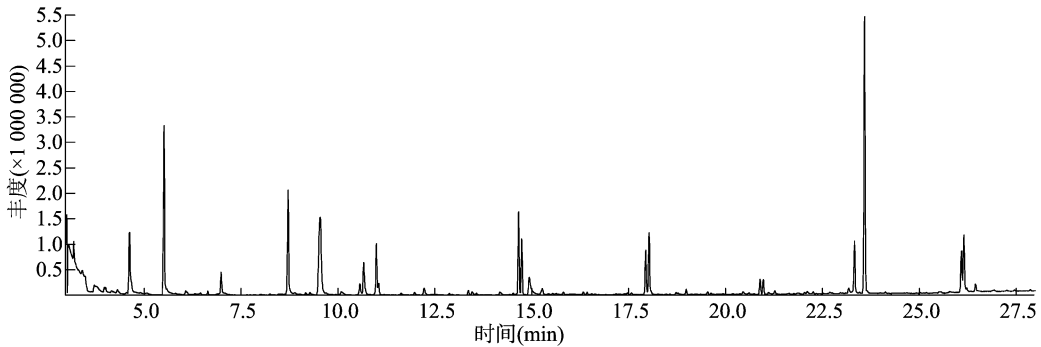


图2 澳洲坚果露酒香气成分的 GC-MS 总离子流

表 1 浸泡基酒香气成分 GC-MS 鉴定结果

序号	中文名称	分子式	相对分子量	相对含量 (%)
1	丁酸乙酯	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	2.59
2	二甲氧基乙酸甲酯	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	134	0.82
3	2-丁烯-1-醇丙酸酯	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	128	0.39
4	2-甲基丁酸乙酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	0.12
5	乙酸异戊酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	3.27
6	4-羟基丁酸内酯	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	86	0.14
7	己酸乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	1.75
8	DL-2-己酸乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub>	160	0.14
9	4-乙基苯甲酸环己酯	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	232	0.34
10	丁二酸二乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	174	2.42
11	辛酸乙酯	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	4.16
12	乙酸苯乙酯	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	164	0.47
13	壬酸乙酯	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	186	0.30

表 1(续)

序号	中文名称	分子式	相对分子量	相对含量 (%)
14	2-甲基环己基丙酸乙酯	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	184	0.17
15	癸酸乙酯	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	7.38
16	壬基烯基碳酸酯	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	214	0.13
17	3-甲基辛酸丁酯	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0.34
18	己基亚硫酸辛酯	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub> S	278	0.12
19	10-十一烯酸乙酯	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	212	0.19
20	十二酸乙酯	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	4.40
21	邻苯二甲酸二乙酯	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	222	0.31
22	3-甲基癸酸丁酯	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	0.22
23	2-乙基己基亚硫酸壬酯	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O <sub>3</sub> S	320	0.31
24	10-十一烯酸乙酯	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	212	0.16
25	十四酸乙酯	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	1.47
26	10-十一烯酸乙酯	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	212	0.13
27	邻苯二甲酸二异丁酯	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	278	0.12
28	15-甲基十六酸甲酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	0.16
29	<i>E</i> -11-十六碳烯酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	3.44
30	棕榈酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	17.21
31	7-十六碳烯酸甲酯	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	268	0.19
32	十八碳酸甲酯	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	0.42
33	反油酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	2.72
34	13-甲基十四烷酸乙酯	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	0.28
35	1,1-二乙氧基-3-甲基丁烷	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	160	0.28
36	十二烷	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	1.10
37	2,3,7-三甲基辛烷	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0.28
38	1-己基-3-甲基环戊烷	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	0.13
39	3,8-二甲基癸烷	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0.25
40	4,6-二甲基十二烷	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0.29
41	正十三烷	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1.33
42	3-乙基-4-甲基己烷	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128	0.13
43	(1,3-二甲基丁基)环己烷	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	0.28
44	2,6,10-三甲基-十三烷	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	0.51
45	十二烷	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0.40
46	2-甲基二十四烷	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	352	0.16
47	十五烷	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	0.92
48	2,6,10-三甲基十三烷	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	0.30
49	十四烷	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0.27
50	2,6,10,15-四甲基十七烷	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	295	0.16
51	十五烷	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	0.21
52	2,6,10,15-四甲基十七烷	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296	0.34
53	二十烷	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	282	0.25
54	2-甲基-1-丁硫醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> S	104	9.88
55	1-戊醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	0.77
56	3-丁烯-2-醇	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	1.10
57	3,5-二甲基-3-庚醇	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O	114	0.19
58	(1-烯丙基环丙基)甲醇	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O	112	0.23
59	苯乙醇	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	6.61
60	反式-2-十一烯醇	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O	170	0.25
61	<i>E</i> -2-十四烷-1-醇	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O	212	0.16
62	4-甲基壬酸	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	0.12
63	十四酸	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	0.17
64	正十五酸	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	0.45
65	9-二十碳烯酸	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	0.21
66	亚麻酸	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280	5.43
67	3-糠醛	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	96	0.16
68	糠醛	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	96	0.53
69	异丁醛二乙缩醛	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	146	0.12

表 1(续)

序号	中文名称	分子式	相对分子量	相对含量 (%)
70	苯乙醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	0.14
71	壬醛	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142	0.14
72	环辛四烯	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	104	0.12
73	5-甲基-1-庚烯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112	0.16
74	(+)- $\alpha$ -柏木萜烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	1.03
75	(+)- $\beta$ -柏木萜烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.24
76	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	268	0.12
77	甲氧基苯基肼	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	151	6.93
78	2-戊基呋喃	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138	0.16
79	3,5-二叔丁基苯酚	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	206	0.21

表 2 澳洲坚果露酒香气成分 GC-MS 鉴定结果

序号	中文名称	分子式	相对分子量	相对含量 (%)
1	丁酸乙酯	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	3.09
2	硫代苯甲酸 S-羟甲酯	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> S	168	1.29
3	二丙酸-2-呋喃甲二酯	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>	226	0.27
4	戊酸丁酯	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158	0.18
5	甲酸己酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	130	0.09
6	3-甲基-1-丁醇乙酸酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	5.31
7	己酸乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	1.58
8	庚酸乙酯	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158	0.09
9	4-乙基苯甲酸 2-甲基丙酯	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	206	0.81
10	琥珀酸二乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	174	2.34
11	辛酸乙酯	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	3.01
12	乙酸苯乙酯	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	0.56
13	壬酸乙酯	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	186	0.10
14	10-十一烯酸乙酯	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	212	0.09
15	癸酸乙酯	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	4.58
16	辛酸戊酯	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	0.06
17	壬酸-9-氧代乙酯	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	200	0.06
18	十二酸乙酯	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	2.57
19	癸酸 3-甲基丁酯	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	0.15
20	4-十一烯酸乙酯	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	212	0.14
21	十四烷酸乙酯	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	0.91
22	亚硫酸十二烷基 2-丙酯	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> O <sub>3</sub> S	292	0.07
23	10-十一烯酸乙酯	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	212	0.07
24	邻苯二甲酸二异丁酯	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	278	0.12
25	十三烷酸乙酯	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	0.16
26	十六碳烯酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	3.31
27	棕榈酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	16.72
28	环戊十一酸甲酯	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	268	0.11
29	十八烯酸乙酯(油酸乙酯)	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	3.60
30	油酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	0.23
31	硬脂酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	0.45
32	1,2-苯二甲酸双十三烷基酯	C <sub>34</sub> H <sub>58</sub> O <sub>4</sub>	530	0.16
33	1,1-二乙氧基-3-甲基丁烷	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	160	0.22
34	1-(1-乙氧基乙氧基)戊烷	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	160	0.14
35	十二烷	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	0.65
36	十四烷	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	3.04
37	2-甲基二十四烷	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	352	0.11
38	十六烷	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	3.63
39	2,3,5,8-四甲基癸烷	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	0.11

表 2(续)

序号	中文名称	分子式	分子量	相对含量 (%)
40	十五烷	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	0.14
41	2-甲基癸烷	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	0.06
42	十三烷	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	0.14
43	十六烷	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	0.85
44	2,6,10,15-四甲基十七烷	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296	0.18
45	二十二烷	C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	310	0.07
46	戊醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	9.10
47	苯乙醇	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	10.18
48	1-十一醇	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> O	172	0.06
49	糠醛	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	96	0.29
50	异丁醛二乙缩醛	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	146	0.27
51	苯甲醛	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	106	0.07
52	壬醛	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142	0.16
53	香草醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	152	2.20
54	壬酸	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158	0.06
55	癸酸	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	0.28
56	正十六酸	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	0.12
57	十八酸	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	0.25
58	十六酸	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	0.43
59	9-二十碳烯酸	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	0.11
60	亚麻油酸	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280	2.74
61	甲氧基苯基肪	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	151	10.74
62	(2-乙硫基)乙基苯	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> S	166	0.14
63	异丙基十四烷基醚	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256	0.27
64	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	268	0.09
65	环十五酮肪	C <sub>15</sub> H <sub>29</sub> NO	239	0.21
66	(+)-α-柏木萜烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.54
67	(+)-β-柏木萜烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.07

从表 1 可以看出,基酒共检测出 79 种组分,浸泡基酒组分中酯类化合物 34 种,占 56.78%;烷烃类化合物 19 种,占 7.59%;醇类化合物 8 种,占 19.19%;酸类化合物 5 种,占 6.38%;醛类 5 种,占 1.09%;烯烃类化合物 4 种,占 1.55%;肪类 1 种,占 6.93%;酮类 1 种,占 0.12%;呋喃类 1 种,占 0.16%;苯酚类 1 种,占 0.21%。

从表 2 可以看出,浓香型坚果露酒共检测出 67 种组分,其中酯类化合物 32 种,占 52.28%;醇类化合物 3 种,占 19.34%;烷烃类化合物 13 种,占 9.34%;酸类化合物 7 种,占 3.99%;醛类化合物 5 种,占 2.99%;肪类 1 种,占 10.74%;酮类 2 种,占 0.30%;苯类 1 种,占 0.14%;醚类 1 种,占 0.27%;烯烃类化合物 2 种,占 0.61%。

2.2 浸泡基酒和澳洲坚果露酒主要挥发成分分析

通过对浸泡基酒和澳洲坚果露酒 1% 以上的挥发成分进行分析,结果表明,浸泡基酒中共检测出 1% 以上的挥发成分 18 种,占总成分的 83.19%,其中酯类化合物 11 种,醇类化合物 3 种,烷烃类 2 种,酸类 1 种,肪类 1 种。其主要香气成分包括棕榈酸乙酯,为 17.21% (峰面积相对含量,下同);癸酸乙酯,为 7.38%;十二酸乙酯,为 4.40%;辛酸乙酯,为 4.16%;E-11-十六碳烯酸乙酯,为 3.44%;乙酸异戊酯,为 3.27%;反油酸乙酯,为 2.72%;丁酸乙酯,为 2.59%;丁二酸二乙酯,为 2.42%;己酸乙酯,为 1.75%;十四酸乙酯,为

1.47%;2-甲基-1-丁硫醇,为 9.88%;苯乙醇,为 6.61%;3-丁烯-2-醇,为 1.10%;十二烷,为 1.10%;正十三烷,为 1.33%;亚麻酸,为 5.43%;甲氧基苯基肪,为 6.93%。

澳洲坚果露酒中 1% 以上的挥发成分共 19 种,占总成分的 90.63%,其中酯类化合物 12 种,醇类化合物 2 种,烷烃类 2 种,酸类 1 种,醛类 1 种,肪类 1 种。其主要香气成分包括棕榈酸乙酯,为 16.72%;癸酸乙酯,为 7.58%;十二酸乙酯,为 3.57%;辛酸乙酯,为 4.01%;E-11-十六碳烯酸乙酯,为 3.60%;丁酸乙酯,为 3.09%;己酸乙酯,为 1.58%;十四酸乙酯,为 1.01%;3-甲基-1-丁醇乙酸酯,为 5.31%;油酸乙酯,为 3.60%;琥珀酸二乙酯,为 2.34%;硫代苯甲酸 S-羟甲酯,为 1.29%;苯乙醇,为 10.18%;异戊醇,为 9.10%;十四烷,为 1.04%;十六烷,为 1.03%;亚麻酸,为 7.74%;香草醛,为 2.20%;甲氧基苯基肪,为 5.64%。

2.3 浸泡基酒和澳洲坚果露酒主要香气成分

从表 3 可以看出,基酒当中含量在 1% 以上且具有特殊香味的组分共有 10 种,澳洲坚果露酒当中主要香气组分共有 12 种,二者共有的香气组分为棕榈酸乙酯、癸酸乙酯、十二酸乙酯、辛酸乙酯、丁酸乙酯、己酸乙酯、十四酸乙酯、苯乙醇;坚果露酒当中减少的香气组分有乙酸异戊酯、丁二酸二乙酯,新增的香气组分为异戊醇(为 9.10%)、油酸乙酯(为 3.60%)、琥珀酸二乙酯(为 2.34%)、香草醛(为 2.20%)。异戊醇、琥

表 3 浸泡基酒和澳洲坚果酒相对含量在 1% 以上的挥发成分

编号	化合物名称	分子式	分子质量	基酒中相对含量(%)	坚果露酒中相对含量(%)	特征
1	棕榈酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	17.21	16.72	呈微弱蜡香、果爵和奶油香气
2	癸酸乙酯	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	7.38	7.58	无色液体,有不愉快的气味。具有葡萄酒香气
3	十二酸乙酯	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	4.40	3.57	具油脂、稍带叶样和似花瓣的温和香气
4	辛酸乙酯	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	4.16	4.01	具有白兰地酒香味。主要用于调味品、香料制造
5	E-11-十六碳烯酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	3.44	3.60	—
6	乙酸异戊酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	3.27	—	无色、有香蕉气味、易挥发的液体
7	反油酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	2.72	—	—
8	丁酸乙酯	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	2.59	3.09	清灵强烈的甜果香,有菠萝、香蕉、苹果气息
9	丁二酸二乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	174	2.42	—	具有微弱的令人愉快的香气
10	己酸乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	1.75	1.58	具有曲香、菠萝香型的香气
11	十四酸乙酯	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	1.47	1.01	有鸢尾油香气,并带有油脂气息
12	3-甲基-1-丁醇乙酸酯	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	—	5.31	—
13	油酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	—	3.60	用作香料,也可作药用辅料
14	琥珀酸二乙酯	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	174	—	2.34	具有微弱的令人愉快的香气
15	硫代苯甲酸 S-羟甲酯	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> S	168	—	1.29	—
16	2-甲基-1-丁硫醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> S	104	9.88	—	—
17	苯乙醇	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	6.61	10.18	具有玫瑰香、紫罗兰香、茉莉香等
18	3-丁烯-2-醇	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	1.10	—	—
19	异戊醇	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	—	9.10	无色液体,有不愉快的气味
20	十二烷	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	1.10	—	—
21	正十三烷	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	1.33	—	—
22	十四烷	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	—	1.04	—
23	十六烷	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	—	1.03	—
24	亚麻酸	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280	5.43	7.74	属 ω-3 系列多烯脂肪酸,药用作用
25	香草醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	152	—	2.20	是一种重要的香料,有浓烈的香气
26	甲氧基苯基酚	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	151	6.93	5.64	—

珀酸二乙酯、香草醛是在加入澳洲坚果和果壳后发酵产生的,对坚果露酒的特征香气成分有重要贡献。

从表 3 可以看出,浸泡基酒和坚果露酒的香气组分主要以酯类化合物为主,尤其是棕榈酸乙酯的含量最高,使酒具有特殊奶油香味;坚果露酒当中丁酸乙酯的含量有所增加,增强了坚果露酒的果香味;苯乙醇具有玫瑰香、紫罗兰香、茉莉香等香味特征,坚果露酒当中含量的提高,增强了酒的花香味;香草醛具有浓烈的香味,也增强了露酒的香味特性。油酸乙酯既可用作香料,也可作药用辅料,具有活血血管、防治动脉粥样硬化的作用,而亚麻酸在露酒当中也有增加,表明坚果浸泡后增加了酒的一些功能成分,使得坚果露酒具有一定的保健作用。

### 3 结论

经 HS-SPME-GC-MS 进样分析,基酒、澳洲坚果露酒分别检测出 79、67 种挥发组分,其中基酒中相对含量大于 1% 的挥发成分有 18 种,澳洲坚果露酒有 19 种。基酒当中的主要香气成分为棕榈酸乙酯、癸酸乙酯、十二酸乙酯、辛酸乙酯、丁酸乙酯、己酸乙酯、十四酸乙酯、苯乙醇、乙酸异戊酯、丁二酸二乙酯;澳洲坚果露酒当中的主要香气成分为棕榈酸乙酯、癸酸乙酯、十二酸乙酯、辛酸乙酯、丁酸乙酯、己酸乙酯、十四酸乙酯、苯乙醇、异戊醇、油酸乙酯、琥珀酸二乙酯、香草醛。本研究对浸泡基酒和澳洲坚果露酒中挥发性物质进行了初步的定性分析,特征风味成分及主成分分析有待进一步研究。

采用澳洲坚果和果壳浸泡制的露酒,香气成分中油酸乙酯和亚麻酸的含量有增加趋势,表明澳洲坚果当中的某些功能物质经反应在露酒当中体现出来,增加了露酒的保健作用,为下一步澳洲坚果露酒的进一步研究利用提供了一定的基础。

### 参考文献:

- [1] 静 玮,苏子鹏,刘义军,等. HS-SPME/GC-MS 测定澳洲坚果焙烤香气成分[J]. 食品工业,2016,37(9):241-245.
- [2] 静 玮,苏子鹏,林丽静. 澳洲坚果焙烤过程中挥发性成分的特征分析[J]. 热带作物学报,2016,37(6):1224-1231.
- [3] 贺 鹏,张 涛,宋海云,等. 澳洲坚果露酒营养评价及香气质量综合评价[J]. 南方农业学报,2018,49(8):1619-1626.
- [4] 贺照勇,陶 亮,柳 觐,等. 世界澳洲坚果产业概况及发展趋势[J]. 中国南方果树,2015,44(4):151-155.
- [5] 赵 静,唐君海,王文林,等. 澳洲坚果营养成分分析[J]. 农业研究与应用,2013(4):24-25.
- [6] 芦燕玲,李亮星,魏 杰,等. 气质联用法分析澳洲坚果壳的挥发性成分[J]. 化学研究与应用,2012,24(3):433-436.
- [7] 马莹莹,吴赫川,刘清斌,等. 基于 HS-SPME-GC-MS 的青梅酒香气成分研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(26):349-353.
- [8] 郑 炯,陈 娟,朱 琳. 橄榄浸泡酒中香气成分的 GC-MS 分析[J]. 食品工业科技,2011,32(6):129-131,135.
- [9] 张峻松,毛多斌,李孟华,等. 发酵法和浸泡法枸杞酒香气成分的比较[J]. 酿酒科技,2007(11):62-64.