

# 藏族药渣驯挥发性及脂溶性成分的 GC-MS 分析

曹赞<sup>1</sup>, 古锐<sup>1,2\*</sup>, 马逾英<sup>1</sup>, 岳美颖<sup>3</sup>, 敖慧<sup>3</sup>, 张静波<sup>4</sup>, 马贞<sup>2</sup>, 孙万丽<sup>2</sup>, 林亚丽<sup>2</sup>

1. 成都中医药大学药学院, 成都 611137;
2. 成都中医药大学民族医药学院, 民族医药研究所, 成都 611137;
3. 成都中医药大学科技实验中心, 成都 611137;
4. 四川宇妥藏药药业有限责任公司, 四川红原 624400)

**[摘要]** 目的:采用气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术分离鉴定藏药“渣驯”中的挥发性成分和脂溶性成分。方法:水蒸气蒸馏法提取渣驯的挥发性成分,用石油醚提取渣驯的脂溶性成分,用GC-MS方法分离鉴定,应用峰面积归一化法计算各个化合物相对含量。结果:从渣驯挥发油中共鉴定出化合物41种,占总量的45.67%,相对含量在2%以上的成分有6种:泪杉醇(11.97%),马鞭烯醇(6.38%), $\alpha$ -可巴烯(2.67%),(*E*)-2-十四烯(2.56%),柏木脑(2.49%),二十二烷(2.17%);从渣驯脂溶性提取物中共鉴定出化合物45种,占总量的92.86%,相对含量在2%以上的有14种:二十烷(12.83%),二十五烷(11.60%),棕榈酸甲酯(8.88%),三十烷(6.82%),十七烷(5.94%),(*E*)-5-二十碳烯(5.92%),1-二十六烷醇(3.50%),三十一烷(3.43%),泪杉醇(3.18%),二十酸甲酯(3.15%),十八酸甲酯(2.94%),二十二烷酸甲酯(2.89%),二十一烷(2.55%),二十四酸甲酯(2.15%)。结论:对渣驯挥发性与脂溶性成分进行了研究,为进一步明确渣驯的形成机制提供研究基础。

**[关键词]** 渣驯;挥发性成分;脂溶性成分;气相色谱-质谱联用

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2015)16-0043-05

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2015160043

**GC-MS Analysis on Volatile and Fat-soluble Components in Tibetan Medicine Brag-zhun** CAO Yun<sup>1</sup>,

GU Rui<sup>1,2\*</sup>, MA Yu-ying<sup>1</sup>, YUE Mei-ying<sup>3</sup>, AO Hui<sup>3</sup>, ZHANG Jing-bo<sup>4</sup>, MA Zhen<sup>2</sup>, SUN Wan-li<sup>2</sup>, LIN Ya-li<sup>2</sup>

1. School of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine (TCM), Chengdu 611137, China;
2. School of Ethnomedicine, Ethnomedicine Research Institute, Chengdu University of TCM, Chengdu 611137, China;
3. Experimental Centre for Science and Technology, Chengdu University of TCM, Chengdu 611137, China;
4. Sichuan Yutuo Tibetan Pharmaceutical Co. Ltd., Hongyuan 624400, China)

**[Abstract]** **Objective:** To separate and identify volatile and fat-soluble components in Tibetan medicine Brag-zhun by GC-MS. **Method:** The water distillation method was used to extract the volatile components, and petroleum ether was used to extract fat-soluble components. GC-MS technology was used to separate and identify the components. The peak area normalization method was used to calculate the relative content of each component. **Result:** Forty-one chemical components were identified in volatile components of Brag-zhun, accounting for 45.67% of the total weight, there were 6 kinds of component relative content of over 2%: 1-naphthalenepropanol, a-ethenyldecahydro-a, 5, 5, 8a-tetramethyl-2-methylene-, (aR, 1S, 4aS, 8aS) - (11.97%), cis-verbenol (6.38%),  $\alpha$ -copaene (2.67%), 2-tetradecene, (*E*) - (2.56%), cedrol (2.49%), docosanoic (2.17%); forty-five chemical components were identified in fat-soluble components in Brag-zhun, taking up 92.86% of the total weight, there were 14 kinds of component relative content of over 2%: eicosane (12.83%), pentacosane (11.60%), methyl palmitate (8.88%), triacontane (6.82%), heptadecane (5.94%), 5-eicosene, (*E*) -

**[收稿日期]** 20140929(004)

**[基金项目]** 江西省系统创新基金项目(JXXT201402008-1);四川省科技支撑计划项目(2012SZ0119);成都中医药大学基金项目(ZRMS201343)

**[第一作者]** 曹赞,在读硕士,从事中药品种、质量与资源研究,Tel:15882425853, E-mail:310716976@qq.com

**[通讯作者]** \*古锐,副研究员,从事民族药可持续开发与利用研究,Tel:15108237310, E-mail:664893924@qq.com

(5.92%), 1-hexacosanol (3.50%), hentriacontane (3.43%), 1-naphthalenepropanol, a-ethenyldeca-hydro-a, 5, 5, 8a-tetramethyl-2-methylene-, (aR, 1S, 4aS, 8aS) - (3.18%), methyl eicosanoate (3.15%), methyl stearate (2.94%), behenicacid methyl ester (2.89%), heneicosane (2.55%), tetracosanoic acid, methyl ester (2.15%). **Conclusion:** This study focused on volatile and fat-soluble components in Brag-zhun for the first time, in order to provide the study basis for further defining the formation mechanism of Brag-zhun.

[**Key words**] Brag-zhun; volatile component; fat-soluble component; GC-MS

渣驯是传统藏族药,藏文意译即“岩石的精华”,最早记载于公元 8 世纪的藏医文献,如《月王药诊》、《四部医典》和苯教医学经典《四部甘露藏》中,本品经浸泡熬制成膏后即为渣驯膏,为大宗常用藏药,用于治疗诸热证,特治胃肝肾热证<sup>[1]</sup>,在《部颁藏药标准》收录的 201 个成方制剂中,有 42 个含有渣驯膏,足见其在藏医药中的重要地位。渣驯的基原一直是藏医药界争论的焦点:传统藏药本草认为渣驯是含金、银、铜、铁、铅(黑铅、白铅)等单一矿或复合矿岩渗出的汁液凝结成的块状物;现代本草考证提出红耳鼠兔、复齿鼯鼠等动物的干燥粪粒是渣驯代用品,两种观点争论激烈。笔者前期调查认为,渣驯为岩石中流出的一种以腐植质为主的黑色沥青状物凝结后与外源粪便所形成的混合物。渣驯具有浓烈的特异性腥臭气味,未有研究报道。本研究采用气相色谱-质谱联用技术分析鉴定渣驯的挥发性成分与脂溶性成分,为阐明物质组成,阐明特异性气味来源及分析渣驯的起源与形成机制提供数据支撑。

## 1 材料

7890A 型气相色谱-质谱联用仪(5975C 型检测器,美国 Agilent), HP-5MS 型色谱柱(Agilent, 250  $\mu\text{m} \times 30 \text{ m}$ , 0.25  $\mu\text{m}$ ), BP121S 型电子天平(赛多利斯科学仪器有限公司),挥发油提取器(成都亚荣有限公司)。水为超纯水,石油醚(分析纯),乙醚(分析纯),正己烷(色谱纯)。

渣驯为四川省金川县产地收购,经成都中医药大学民族医药学院降拥四郎主任藏医药师鉴定为藏族药“渣驯”。

## 2 方法和结果

**2.1 挥发性成分提取** 取药材粗粉 100 g,按 2010 年版《中国药典》一部附录挥发油测定法项下甲法进行挥发油提取。得到挥发油 0.1 mL。

**2.2 脂溶性成分提取** 取干燥至恒重的渣驯粗粉 100 g,精密称定,置索式提取器中,以石油醚为溶剂提取 8 h,回收石油醚,得到油状物。加入苯-石油醚(1:1)混合溶剂 4 mL 于油状物中使之溶解,置于 25 mL 具塞试管中,加入 0.4 mol·L<sup>-1</sup> 氢氧化钾-甲醇

溶液 4 mL,混匀,40 °C 恒温水浴 30 min,然后加水 10 mL,静置 24 h,待其完全分层后,取上清液,即得脂溶性成分 1.4 g。

**2.3 挥发性成分色谱质谱条件** 进样口温度 250 °C,初始温度 80 °C,以 2 °C·min<sup>-1</sup> 升至 200 °C 保持 4 min 后以 5 °C·min<sup>-1</sup> 升至 280 °C,保持 10 min;进样量 1  $\mu\text{L}$ ,分流比 5:1,载气为高纯氮气,载气流速 1 mL·min<sup>-1</sup>,EI 离子源,电子能量 70 eV,增益系数为 1,EM 电压 1 647 V;质量扫描范围  $m/z$  12 ~ 550,阈值 150,离子源温度 230 °C,MS 四级杆温度 150 °C。

**2.4 脂溶性成分色谱质谱条件** 进样口温度 250 °C;升温程序:初始温度 80 °C,以 10 °C·min<sup>-1</sup> 升至 200 °C 后以 1 °C·min<sup>-1</sup> 升至 220 °C,保持 2 min 后以 8 °C·min<sup>-1</sup> 升至 280 °C,保持 3 min;进样量 1  $\mu\text{L}$ ,分流比 20:1,载气高纯氮气,载气流速 1 mL·min<sup>-1</sup>,EI 离子源,电子能量 70 eV;增益系数为 1,EM 电压 1 659 V,质量扫描范围  $m/z$  12 ~ 550,阈值 100,离子源温度 230 °C,MS 四级杆温度 150 °C。

**2.5 挥发性成分测定结果** 取挥发油适量,用正己烷稀释后得到供试品溶液,按 2.3 项下 GC-MS 条件进行分析,得到总离子流图,见图 1。经 NIST11 库自动检索并参照同位素原则和结合文献资料,鉴定得到挥发性化学成分,并使用面积归一法计算其相对含量,结果见表 1。

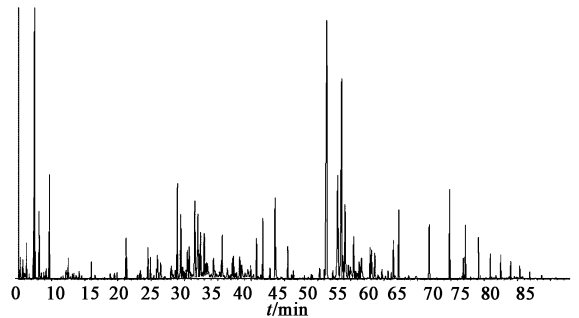


图 1 渣驯挥发性成分总离子流

Fig.1 Total ion chromatogram of volatile components in Brag-zhun

**2.6 脂溶性成分测定** 取 2.2 项下上清液适量,用正己烷稀释后得到供试品液,按 2.4 项下 GC-MS 条

表 1 渣驯挥发性成分及其相对质量分数

Table 1 Volatile components and the relative content of Brag-zhun

No.	保留时间/min	化合物	分子式	相对分子质量	相对质量分数/%
1	5.773	1-甲基-4-(1-甲基乙烯基)苯	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>	132.0	0.20
2	6.668	异佛尔酮	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138.21	0.08
3	7.311	(S)-顺马鞭草烯醇	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152.23	1.00
4	7.501	马鞭烯醇	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152.23	6.38
5	8.506	4-萜烯醇	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154.25	0.10
6	8.861	对甲基苯异丙醇	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	150.22	0.15
7	9.241	桃金娘烯醇	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152.23	0.29
8	9.737	4,6,6-三甲基二环[3.1.1]庚-3-烯-2-酮	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	150.22	1.80
9	12.213	2-丙基苯酚	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O	136.19	0.38
10	16.024	1,1,6-三甲基-1,2-二氢萘	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub>	172.27	0.37
11	16.557	邻丁子香酚	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164.20	0.14
12	24.909	去氢白菖烯	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub>	202.34	0.53
13	26.416	榄香醇	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222.37	0.55
14	28.940	柏木脑	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222.37	2.49
15	30.711	4,5-脱氢异长叶烯	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub>	202.34	0.85
16	31.557	α-蒎烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204.35	2.67
17	31.796	α-柏油醇	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222.37	0.22
18	32.960	1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)萘	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub>	198.30	1.19
19	37.194	α-古芸烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204.35	0.56
20	37.359	新长叶烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204.35	0.60
21	38.609	十三醇	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub> O	200.36	0.52
22	39.099	1,5,8-三甲基四氢化萘	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub>	174.28	0.18
23	39.957	5-羟基卡拉烯	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	218.34	0.34
24	41.789	植酮	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	268.48	0.14
25	43.627	(E)-2-十四烯	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196.38	2.56
26	49.240	4b,8-二甲基-2-异丙基-4b,5,6,7,8,8a,9,10-八氢菲	C <sub>19</sub> H <sub>28</sub>	256.43	0.10
27	51.017	7-异丙基-1,1,4a-三甲基-1,2,3,4,4a,9,10,10a-八氢菲	C <sub>20</sub> H <sub>29</sub>	269.45	0.23
28	51.403	泪杉醇	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O	290.48	11.97
29	57.886	二十二烷	C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	310.60	0.76
30	62.218	二十烷	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	282.55	2.17
31	63.670	脱氢枞酸甲酯	C <sub>21</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	314.46	0.12
32	66.776	10-甲基二十烷	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296.57	1.30
33	69.871	二十四烷	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	338.65	1.77
34	72.217	十九烷	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268.52	0.89
35	74.197	十七烷	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240.47	0.64
36	75.937	9-辛基十七烷	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	352.68	0.38
37	77.518	7-己基十三烷	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268.52	0.36
38	78.976	2-甲基二十八烷	C <sub>29</sub> H <sub>60</sub>	408.793	0.28
39	80.355	三十一烷	C <sub>31</sub> H <sub>64</sub>	436.84	0.22
40	81.868	9-己基十七烷	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	324.63	0.12
41	83.651	二十一烷	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296.57	0.07

件进行分析,得到总离子流图,见图 2。经 NIST11 库自动检索并参照同位素原则和结合文献资料,鉴定得到挥发性化学成分,并使用面积归一法计算其相对含量,结果见表 2。

### 3 讨论

本研究从渣驯挥发油中共鉴定出化合物 41 种,占总量的 45.67%。其中相对含量在 2% 以上的成分有 6 种,含量从高到低顺序依次为泪杉醇(11.97%), 马鞭烯醇(6.38%),  $\alpha$ -蒎烯(2.67%), (*E*)-2-十四烯(2.56%), 柏木脑(2.49), 二十二烷(2.17%), 主要为萜类,醇类和烯烃类。从渣驯脂溶性提取物中共鉴定出化合物 45 种,占总含量的

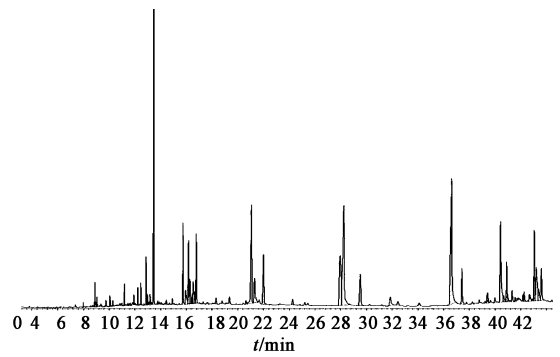


图 2 渣驯脂溶性成分总离子流

Fig. 2 Total ion chromatogram of fat-soluble components in Brag-zhun

表 2 渣驯脂溶性成分及其相对质量分数

Table 2 Fat-soluble components and the relative content of Brag-zhun

No.	保留时间/min	化合物	分子式	相对分子质量	相对质量分数/%
1	7.995	罗汉柏烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204.35	0.11
2	8.896	2,4-二叔丁基苯酚	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	206.32	0.60
3	9.061	去氢白菖烯	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub>	202.34	0.26
4	9.760	十六烷	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226.44	0.11
5	10.066	柏木脑	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222.37	0.29
6	11.181	十四酸甲酯	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242.40	0.48
7	11.935	十八烷	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	254.49	0.18
8	12.241	十五酸甲酯	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256.42	0.38
9	12.468	植酮	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	268.48	0.49
10	12.891	5-十八烯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub>	252.48	1.39
11	12.964	14-甲基十五烷酸甲酯	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270.45	0.43
12	13.185	( <i>Z</i> )-9-十六稀酸甲酯	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	268.43	0.37
13	13.460	棕榈酸甲酯	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270.45	8.88
14	13.785	3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酸甲酯	C <sub>18</sub> H <sub>28</sub> O <sub>3</sub>	292.41	0.13
15	14.913	十七酸甲酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284.48	0.23
16	15.740	泪杉醇	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O	290.48	3.18
17	15.954	环十六烷	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub>	224.42	1.03
18	16.169	二十一烷	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296.57	2.55
19	16.279	6-十八烯酸甲酯	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296.49	1.42
20	16.469	( <i>Z</i> )-9-十八稀酸甲酯	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296.49	0.42
21	16.469	叶绿醇	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	296.53	1.25
22	16.781	十八酸甲酯	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	288.50	2.94
23	18.319	二十二烷	C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	310.60	0.35
24	20.654	1-甲基-1-乙烯基-2-(2-甲基-1-丙烯基)-4-亚甲基环庚烷	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204.35	0.22
25	21.071	三十烷	C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	422.81	6.82
26	22.014	二十酸甲酯	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	326.56	3.15
27	24.269	二十四烷	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	338.65	0.38
28	27.970	( <i>E</i> )-5-二十碳烯	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	280.53	5.92
29	28.252	二十五烷	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	352.68	11.60
30	29.520	二十二烷酸甲酯	C <sub>23</sub> H <sub>46</sub> O <sub>2</sub>	354.61	2.89
31	32.455	十九烷	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268.52	0.39
32	36.634	二十烷	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	282.55	12.83
33	37.437	二十四酸甲酯	C <sub>25</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	382.66	2.15

续表 2

No.	保留时间/min	化合物	分子式	相对分子质量	相对质量分数/%
34	38.772	二十八烷	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	394.76	0.15
35	39.410	二十五酸甲酯	C <sub>26</sub> H <sub>52</sub> O <sub>2</sub>	396.69	0.76
36	40.414	十七烷	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240.47	5.94
37	40.678	2-二十七烷基酮	C <sub>27</sub> H <sub>54</sub> O	394.72	0.42
38	40.950	二十六酸甲酯	C <sub>27</sub> H <sub>54</sub> O <sub>2</sub>	410.72	1.77
39	41.554	(Z)-5-十九烯	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub>	266.51	0.18
40	42.179	二十七酸甲酯	C <sub>28</sub> H <sub>56</sub> O <sub>2</sub>	424.74	0.31
41	42.259	(Z)-14-二十四碳烯酸	C <sub>24</sub> H <sub>46</sub> O <sub>2</sub>	366.62	0.48
42	42.682	粪甾烷-3-醇	C <sub>27</sub> H <sub>48</sub> O	368.67	0.66
43	43.049	三十一烷	C <sub>31</sub> H <sub>64</sub>	436.84	3.43
44	43.190	1-二十六烷醇	C <sub>26</sub> H <sub>54</sub> O	382.71	3.50
45	43.601	二十八烷酸甲酯	C <sub>29</sub> H <sub>58</sub> O <sub>2</sub>	438.77	1.76

92.86%，其中相对含量在 2% 以上的有 14 种，含量从高到低顺序依次为二十烷 12.83%，二十五烷 11.60%，棕榈酸甲酯 8.88%，三十烷 6.82%，十七烷 5.94%，(E)-5-二十碳烯 5.92%，1-二十六烷醇 3.50%，三十一烷 3.43%，泪杉醇 3.18%，二十酸甲酯 3.15%，十八酸甲酯 2.94%，二十二烷酸甲酯 2.89%，二十一烷 2.55%，二十四酸甲酯 2.15%，主要成分为脂肪酸酯类。

从表 1,2 可知，渣驯中挥发性成分 41 种，脂溶性成分 45 种，共同成分 11 种，分别为去氢白菖烯、柏木脑、植酮、泪杉醇、二十一烷、二十二烷、二十四烷、十九烷、二十烷、十七烷、三十一烷，分别占挥发性成分的 21.65%，占脂溶性成分的 30.09%，相同成分主要为脂肪烷烃类。

由于渣驯是由岩层中物质与啮齿类动物粪便的混合物，因此，分析脂溶性和挥发性成分的来源具有一定意义。

针对渣驯黑色物质主要从岩层中渗出且有机质含量较高这一现象，比较其与煤炭这类生物化石的差异。煤炭主要为低相对分子质量级的芳香结构，高相对分子质量级多为聚脂肪结构<sup>[2]</sup>，两者存在较大差异，说明岩层中渗出的黑色物质形成机制与煤炭差异较大。

由于渣驯药材常裹挟部分动物粪便，说明渣驯产地常有动物进行排泄，动物尿液的挥发性成分主要为酮类<sup>[5]</sup>，而渣驯药材中仅鉴定出植酮一种酮类与动物尿液中主要的挥发性成分并不重合，可见动物粪便对于渣驯的形成并没有产生影响。

渣驯中存在大量粪粒，其食料来源分析如下：松科植物挥发油中单萜烯类、倍半萜烯类及其含氧衍生物，脂肪类化合物等不饱和化合物<sup>[3]</sup>，柏科植物挥发油中主要含有萜烯类，烷烃，醇类，酚类和酯类化合物<sup>[4]</sup>，与渣驯相比三者挥发性成分有一定程度的相似。有文献研究表明以侧柏叶为饲料的复齿鼯鼠粪便主要成分为有 10-十九醇，二十九烷，β-谷甾醇，4-豆甾烯-3-酮，谷甾醇十六内酯和反式-桃柝酚等，尿液主要成分马鞭草烯酮、苯乙酮、反式马鞭草烯醇，并且存在 α-蒎烯、雪松烯和脂肪族化合物等<sup>[6]</sup>；渣驯药材中也存在 α-蒎烯、雪松烯、反式马鞭草烯醇以及各类脂肪族化合物。由此推测其与高原地区松科及柏科植物较多有关。

[参考文献]

[1] 蒂玛尔·丹增彭措著. 毛继祖, 罗尚达, 王振华, 等译. 晶珠本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988: 51.

[2] 李丽, 冉勇, 傅家谟, 等. 超滤分级研究腐殖酸的结构组成[J]. 腐植酸, 2008, 33(4): 387-394.

[3] 周恩宝, 刘娟, 方洪壮. 松科植物挥发油的提取及成分研究概况[J]. 黑龙江医药科学, 2007, 30(5): 59-62.

[4] 高静, 单鸣秋, 丁安伟, 等. 柏科药用植物研究进展[J]. 中药材, 2008, 31(11): 1765-1769.

[5] 钱善军, 施建蓉, 王呈仲, 等. 大鼠尿液中挥发性成分的测定方法[J]. 医学研究杂志, 2009, 38(11): 40-42.

[6] 程明, 杨连菊, 杨立新, 等. 灵脂米和复齿鼯鼠尿液正己烷提取成分 GC-MS 分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(15): 42-46.

[责任编辑 顾雪竹]