

# 夹竹桃科山橙属植物化学成分、药理作用研究进展

刘益玮<sup>1</sup>, 孟大利<sup>1\*</sup>, 聂黎行<sup>2,3,4\*</sup>, 康 帅<sup>2,3,4</sup>, 魏 锋<sup>2,3,4</sup>

(1. 沈阳药科大学 中药学院, 辽宁 本溪 117004; 2. 中国食品药品检定研究院, 北京 102629; 3. 世界卫生组织传统医药合作中心, 北京 100050; 4. 药品监管科学全国重点实验室, 北京 100061)

**摘要:**系统综述夹竹桃科(Apocynaceae)山橙属(*Melodinus* J. R. Forst. & G. Forst.)植物的化学成分及其药理活性研究进展,为该属植物的深入研究提供科学依据。通过 Pubchem、Web of Science 系统检索国内外山橙属植物的研究文献。基于种源分类整理山橙属植物近 400 种化学成分核心信息,构建首个该属植物化学成分数据库,同时对药理作用研究进行系统分析,并对山橙属植物的研究提出建议。研究表明,目前已从我国分布的 11 种山橙属植物中分离鉴定出约 400 种化合物,其中生物碱类化合物约占 67%;非生物碱成分主要为萜类和木脂素类。药理活性涉及抗肿瘤作用、抗炎作用等。山橙属植物富含结构精巧、药理活性高的化学成分,在抗肿瘤和炎症疾病治疗方面具有重要应用价值。

**关键词:**山橙属;化学成分;药理活性;生物碱

**DOI:**10.11954/ytctyy.202601047

**中图分类号:**R285

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-2197(2026)01-0248-09

## Research Progress on Chemical Components and Pharmacological Effects of Plants in *Melodinus* (Apocynaceae)

Liu Yiwei<sup>1</sup>, Meng Dali<sup>1\*</sup>, Nie Lixing<sup>2,3,4\*</sup>, Kang Shuai<sup>2,3,4</sup>, Wei Feng<sup>2,3,4</sup>

(1. School of Traditional Chinese Materia Medica of Shenyang Pharmaceutical University, Benxi 117004, China; 2. National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 102629, China; 3. World Health Organization Collaborating Centre for Traditional Medicine, Beijing 100050, China; 4. National Key Laboratory for Regulatory Science of Drugs, Beijing 100061, China)

**Abstract:** This article systematically reviewed the research progress on the chemical components and pharmacological activities of plants in the genus *Melodinus* J. R. Forst. & G. Forst. (Apocynaceae), providing a scientific basis for further exploration of these plants. Both domestic and international research literature on *Melodinus* was collected via systematic databases, including PubChem and Web of Science. For the first time, a specialized database for the chemical constituents of *Melodinus* plants was established. The database was organized according to taxonomic classification. Nearly 400 chemical components were included in the database. Meanwhile, the pharmacological studies of *Melodinus* plants were systematically reviewed in this article. Furthermore, suggestions for future research on *Melodinus* plants were also proposed. It was demonstrated in this review that approximately 400 compounds have been isolated and identified from 11 *Melodinus* species distributed in China. Among these, alkaloids constitute approximately 67% of the total components, while the remaining constituents are mainly terpenoids and lignans. Currently, *Melodinus* plants have been reported to exhibit anti-tumor, anti-inflammatory, and many other pharmacological effects. *Melodinus* plants are rich in bioactive components which have novel structures. Promisingly, *Melodinus* plants hold great potential for the treatment of tumors and inflammatory diseases.

**Keywords:** Melodinus; Chemical Components; Pharmacological Activities; Alkaloids

**收稿日期:**2025-04-28

**基金项目:**国家重点研发计划中医药现代化专项(2023YFC3504100)

**作者简介:**刘益玮(2001—),男,沈阳药科大学硕士研究生,研究方向为中药分析。

**通讯作者:**孟大利(1976—),男,博士,沈阳药科大学教授,博士生导师,研究方向为天然药物化学。E-mail:mengdl@163.com

聂黎行(1982—),女,博士,中国食品药品检定研究院研究员,研究方向为中药化学对照品及中药质量控制。E-mail:nielixing@163.com

山橙属(*Melodinus* J. R. Forst. & G. Forst.)是夹竹桃科(Apocynaceae)中一个重要的植物类别,全球已知约53种,主要分布于亚洲、大洋洲等亚热带地区。我国是该属植物的主要分布区之一,拥有11个物种,集中分布在华南、西南各省及台湾地区<sup>[1]</sup>。在传统医药应用中,山橙属植物的果实具有行气止痛、消积化滞和杀虫解毒的功效。历代医家将其广泛应用于胃脘胀痛、食积不消、小儿疳积、疝气、瘰疬等疾病的治疗。现代研究表明,山橙属植物中含有丰富的活性成分,主要包括生物碱类、萜类、木脂素类成分<sup>[2]</sup>。其中生物碱类化合物是其药效的主要成分,研究者从该属植物中成功提取出多种新型生物碱,包括吲哚类生物碱、喹啉类生物碱、生物碱二聚体等<sup>[3]</sup>。药理实验证实,这些化合物具有显著的抗肿瘤活性、抗炎作用及潜在的神经保护功能<sup>[4]</sup>。这些研究成果表明山橙属植物已成为天然药物研究的热点,吸引了越来越多科研人员的关注。截至目前,研究人员已从山橙属植物中成功分离并鉴定出约400种化合物,其中生物碱类成分超过65%,构成该属植物最具特征性的活性成分群。虽然关于山橙属植物化学成分的研究已有不少进展,但当前国内外尚无能够全面检索其所有化合物信息的专用数据库,不利于相关研究的持续深入。本研究以植物种源为分类依据,系统整理了该属植物中近400种化学成分的名称、分子式、精确相对分子质量及参考文献等核心信息,构建了首个山橙属植物化学成分信息数据库。该数据库可为山橙属植物的化学成分分离鉴定、质量标准研究、物质基础解析及网络药理学研究等提供帮助。在系统梳理化学成分的基础上,本研究进一步对山橙属植物在抗肿瘤、抗炎等领域的药理研究进展进行了归纳,旨在为其后续的深入研究与开发利用提供科学依据。

### 1 化学成分研究

山橙属植物隶属于夹竹桃科,其化学成分丰富多样,涵盖了生物碱、萜类、黄酮类、甾体等多种活性成分。从生物碱类成分来看,吲哚生物碱是其特征性成分,这类化合物通常具有吲哚环与异喹啉环并合的骨架结构,部分还含有氮杂环或甲氧基、羟基等取代基团。生物碱类成分占据主导地位,其中单萜吲哚类生物碱含量最为丰富,其次为喹啉类生物碱和萜类成分(图1)。现代研究通过高效液相色谱(HPLC)、液质联用(LC-MS)、核磁共振(NMR)等技术,已从该属植物中分离鉴定出近400种化学成分。本研究按种属类别系统梳理山橙属10个品种的化学成分,现将川山橙、尖山橙、思茅山橙、腋花山橙、景东山橙、雷打果、山橙、茶藤、薄叶山橙、龙州山橙

的化学成分分别汇总于表1至表10,为深入研究山橙属各品种所含有效成分的药理物质基础与药理活性成分提供数据支撑。

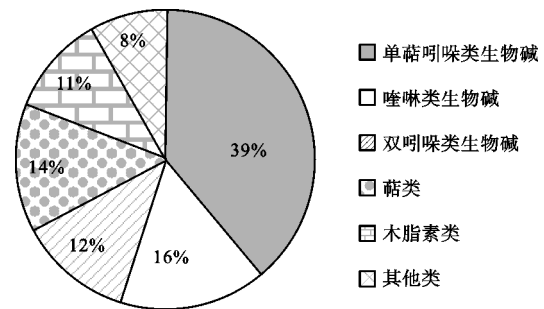


图1 山橙属植物中的化合物类别

表1 川山橙中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[5]
2	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[5]
3	quebrachamine	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub>	282.209 6	[5]
4	tubotaiwine	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	324.183 8	[5]
5	melodinine T	C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	367.165 8	[5]
6	19 <i>R</i> -acetyl hydroglycyrrhizine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[5]
7	11-methoxy-19 <i>R</i> -hydroglycyrrhizine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[5]
8	11-hydroxy-19 <i>R</i> -acetylglycyrrhizine	C <sub>23</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	410.184 2	[5]
9	11, 19 <i>R</i> -dihydroxy glycyrrhizine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[5]
10	voaphylline	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[5]
11	11-methoxy-15β-hydroxyvincadifformine	C <sub>22</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	384.204 9	[5]
12	11-hydroxy glycyrrhizine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[5]
13	11-methoxyhydroglycyrrhizine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	367.201 5	[5]
14	venalstonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[5]
15	19β-hydroxyvenalstonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[5]
16	19β-hydroxyvenalstonidine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[5]
17	melodinine M	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[5]
18	19- <i>R</i> -vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[5]
19	19- <i>S</i> -vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[5]
20	vindolinine- <i>N</i> <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[5]
21	voafinine	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	312.183 8	[5]
22	melosuavine C	C <sub>42</sub> H <sub>44</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	700.326 1	[5]
23	melomorsine I	C <sub>43</sub> H <sub>48</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	716.357 4	[5]
24	melokhanine M	C <sub>41</sub> H <sub>42</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	686.310 4	[5]
25	melokhanine N	C <sub>43</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	698.346 8	[5]
26	melokhanine O	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	734.331 6	[5]
27	melaxilline A	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[6]
28	vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[6]
29	epimelosine	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O	292.157 6	[6]
30	epimelosine- <i>N</i> <sup>4</sup> -oxide	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	308.152 5	[6]
31	sandine- <i>N</i> <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[6]
32	meloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[6]
33	11-methoxytabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[6]

(续表 1)

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
34	kopsinine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	338.199 4	[6]
35	kopsilosine G	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[6]
36	venalstonidine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[6]
37	condylocarpine	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	322.168 1	[6]
38	scandomelonine	C <sub>41</sub> H <sub>42</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	670.315 5	[6]
39	episcandomelonine	C <sub>41</sub> H <sub>42</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	670.315 5	[6]
40	melodinus A	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[7]
41	16β-hydroxy-19S-vindolinine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[8]
42	16-demethyltenucausine	C <sub>40</sub> H <sub>44</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	628.341 3	[8]
43	11-hydroxytabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[8]
44	10-hydroxyscandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[8]
45	tubotaiwine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	340.178 7	[8]
46	15α-hydroxykopsinine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[8]
47	vincoline	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[8]
48	19R-vindolinine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[8]
49	oleanolic acid	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>3</sub>	456.360 3	[9]
50	betulin	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	442.381 1	[9]
51	pinoresinol	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> O <sub>6</sub>	358.141 6	[9]
52	syringaresinol	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> O <sub>8</sub>	418.162 8	[9]
53	(-)-latifolin	C <sub>17</sub> H <sub>18</sub> O <sub>4</sub>	286.120 5	[9]
54	cirsilineol	C <sub>18</sub> H <sub>16</sub> O <sub>7</sub>	344.089 6	[9]
55	dibutylterephthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	278.151 8	[9]
56	melohemsines A	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[10]
57	melohemsines B	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	324.147 4	[10]
58	melohemsines C	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	342.158 0	[10]
59	melohemsines D	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[10]
60	melohemsines E	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[10]
61	melohemsines F	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	384.168 5	[10]
62	melohemsines G	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	382.152 9	[10]
63	melohemsines H	C <sub>21</sub> H <sub>25</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	385.176 3	[10]
64	melohemsines I	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	308.152 5	[10]

表 2 尖山橙中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	11, 19-dihydroxy tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[11]
2	11-hydroxy-14, 15α-epoxy tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[11]
3	scandine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[11]
4	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[11]
5	kopsinine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	338.199 4	[11]
6	venalstonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[11]
7	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[11]
8	11-methoxytabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[11]
9	11-hydroxytabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[11]
10	tubotaiwine	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	324.183 8	[11]
11	vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[11]
12	deacetylpicaline	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[11]
13	venalstonidine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[12]
14	pachysiphine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[12]
15	10-hydroxy scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[12]
16	5-methoxystrictamine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[12]
17	melofusine A	C <sub>40</sub> H <sub>45</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	645.344 1	[13]
18	melofusine B	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	360.171 2	[13]
19	melofusine C	C <sub>22</sub> H <sub>21</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	361.155 2	[13]
20	melofusine D	C <sub>23</sub> H <sub>27</sub> N <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	427.186 9	[13]

(续表 2)

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
21	melofusine E	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[13]
22	melofusine F	C <sub>23</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	412.199 8	[13]
23	fusiformine A	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[14]
24	fusiformine B	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[14]
25	meloformisine A	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	356.173 6	[15]
26	meloformine B	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	364.142 3	[15]
27	meloformine F	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[15]
28	meloformine G	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[15]

表 3 思茅山橙中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	Δ <sup>14</sup> -vincine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[16]
2	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[17]
3	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[17]
4	11-methoxy-tabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	380.173 6	[17]
5	lochnerinine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[17]
6	16-epi-Δ <sup>14</sup> -vincamine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[17]
7	tenucausine	C <sub>41</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	642.357 0	[17]
8	14, 17-epoxy-eburnamine	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	310.168 1	[18]
9	lupeol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O	426.386 2	[19]
10	friedelin	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O	426.386 2	[19]
11	stigmast-4-ene-3-one	C <sub>29</sub> H <sub>48</sub> O	412.370 5	[19]
12	stigmast-4-ene-3, 6-dione	C <sub>29</sub> H <sub>46</sub> O <sub>2</sub>	426.349 8	[19]
13	3-oxopachysiphine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.156 0	[20]
14	melosine D	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[21]
15	3α-acetyltabersonine	C <sub>24</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	392.210 0	[20]
16	melodines S	C <sub>24</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	408.204 9	[20]
17	melosine G	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	382.152 9	[21]
18	19R-methoxytubotaiwine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[20]
19	3β-acetoxy-11α-hydroxy-12-oleanene	C <sub>32</sub> H <sub>52</sub> O <sub>3</sub>	484.391 6	[20]
20	3β-acetoxy-11α-methoxy-olean-12-ene	C <sub>33</sub> H <sub>54</sub> O <sub>3</sub>	498.407 3	[20]
21	3β-acetoxy-11α-hydroxy-12-ursene	C <sub>32</sub> H <sub>52</sub> O <sub>3</sub>	484.391 6	[20]
22	3β-acetoxy-11α-methoxy-12-ursene	C <sub>33</sub> H <sub>54</sub> O <sub>3</sub>	498.407 3	[20]
23	loganetin	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O <sub>5</sub>	228.099 8	[20]
24	6-methoxy-7-hydroxy-coumarin	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	192.042 3	[20]
25	stemmadenine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[21]
26	voaphylline	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[21]
27	O-methyl-epivincanol	C <sub>20</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O	310.204 5	[21]
28	11-methoxytabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[21]
29	19R-acetoxy-tabersonine	C <sub>23</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	394.189 3	[21]
30	11-hydroxytabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[21]
31	rhazinilam	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	294.173 2	[21]
32	alkaloid 376	C <sub>23</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	360.183 8	[21]
33	melodinine A	C <sub>22</sub> H <sub>23</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	361.179 0	[22]
34	melofusine C	C <sub>22</sub> H <sub>21</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	361.155 2	[21]
35	melodinine C	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	362.163 0	[22]
36	isogentialutine	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> NO	149.084 1	[21]
37	melodinhene D	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[23]
38	vandrikidine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[24]
39	14, 15-dehydrovincine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[24]
40	14, 15-dehydro-16-epi-vincamine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[24]

(续表 3)

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
41	melaxilline A	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[24]
42	meloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[24]
43	melodinine T	C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	367.165 8	[24]
44	venalstonidine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[24]
45	Δ <sup>14</sup> -vincanol	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[24]
46	O-methyl-vincanol	C <sub>20</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O	310.204 5	[25]
47	14,15-α-epoxy-tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[25]
48	tetrahydroalstonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[25]
49	(-)-eburnamenine	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub>	278.178 3	[25]
50	quebrachamine	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub>	282.209 6	[25]
52	cantleyine	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>3</sub>	207.089 5	[25]
53	melodinhene A	C <sub>40</sub> H <sub>45</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	613.354 3	[23]
54	melodinhene B	C <sub>40</sub> H <sub>45</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	629.349 2	[23]
55	melodinhene C	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[23]
56	melodinhene E	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[23]
57	melodinhene F	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[23]
58	melodinine B	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	374.163 0	[22]
59	melodinine D	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	338.163 0	[22]
60	melodinine E	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	308.152 5	[22]
61	melodinine F	C <sub>20</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	326.199 4	[22]
62	melodinine G	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	294.173 2	[22]
63	melosine A	C <sub>42</sub> H <sub>42</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	698.310 4	[21]
64	melosine B	C <sub>45</sub> H <sub>50</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	726.378 1	[21]
65	melosine C	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[21]
66	melosine E	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[21]
67	melosine F	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[21]
68	melosine H	C <sub>45</sub> H <sub>50</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	726.378 1	[21]
69	melohenine A	C <sub>24</sub> H <sub>30</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	410.220 6	[26]
70	melohenine B	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	328.178 7	[26]
71	melodinine V	C <sub>38</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O	574.367 2	[26]

表 4 腋花山橙中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	2,5-diphenyloxazole	C <sub>15</sub> H <sub>11</sub> NO	221.084 1	[8]
2	eburnamine	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[8]
3	isoburnamine	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[8]
4	rhazinilam	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	294.173 2	[8]
5	rhazidine	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O	298.204 5	[8]
6	vallesiacotamine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[8]
7	norfluorocararine	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O	292.157 6	[8]
8	norfluorocararine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	308.152 5	[8]
9	tubotaiwine	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	324.183 8	[8]
10	tubotaiwine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	340.178 7	[8]
11	strictosamide	C <sub>26</sub> H <sub>30</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	498.200 2	[8]
12	demethylstrictosidine	C <sub>26</sub> H <sub>32</sub> N <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	516.210 8	[8]
13	melaxillarine	C <sub>38</sub> H <sub>48</sub> N <sub>4</sub> O	576.382 8	[8]
14	melaxillarimine	C <sub>38</sub> H <sub>48</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	592.377 7	[8]
15	melaxillaridine	C <sub>38</sub> H <sub>48</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	592.377 7	[8]
16	melaxillinine	C <sub>38</sub> H <sub>48</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	592.377 7	[8]
17	melaxilline	C <sub>38</sub> H <sub>48</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	592.377 7	[8]
18	axillarisine	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	362.163 0	[8]
19	11-hydroxyrhazidine	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	314.199 4	[8]
20	axillarisinine	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	312.183 8	[8]
21	axidimin A	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	686.346 8	[27]
22	axidimin B	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	702.341 7	[27]
23	axidimin C	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	702.341 7	[27]

(续表 4)

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
24	axidimin D	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	718.336 6	[27]
25	melaxilline A	C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	353.186 5	[28]
26	melaxilline B	C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O	319.181 0	[28]
27	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[29]
28	11-methoxytabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[29]
29	vincadiformine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	338.199 4	[29]
30	lochnerinine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[29]
31	kopsinine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	338.199 4	[29]
32	vincoline	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[29]
33	meloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[29]
34	Δ <sup>14</sup> -vincine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[29]
35	tubotaiwine	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	324.183 8	[29]
36	betulinic acid	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>3</sub>	456.360 3	[29]

表 5 景东山橙中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[30]
2	10-hydroxy-scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[30]
3	meloscine	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O	292.157 6	[30]
4	meloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[30]
7	melodines G	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	294.173 2	[31]
8	melodines P	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[31]
9	melodinine N	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[31]
10	16β-hydroxy-19S-vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[31]
11	16β-hydroxy-19R-vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[31]
14	19-epimeloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[31]
15	meloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[31]
16	vincanol	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[32]
17	Δ <sup>14</sup> -vincanol	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[32]
18	(3S, 6S)-3-isopropyl-6-benzylpiperazine-2,5-dione	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	246.136 8	[32]
19	(3S, 6S)-3-isobutyl-6-benzylpiperazine-2,5-dione	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	260.152 5	[32]
20	7,8-dimethylloxazine	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	242.080 4	[32]
21	L-proline	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	115.063 3	[32]
22	cyclo(S-prolyl-R-leucine)	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	210.136 8	[32]
23	bis(2-ethylhexyl)phthalate	C <sub>24</sub> H <sub>33</sub> O <sub>4</sub>	385.237 9	[32]
24	dibutyl phthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	278.151 8	[32]
25	4-hydroxybenzoic acid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	138.031 7	[32]
26	vanillic acid	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	168.042 3	[32]
27	syringic acid	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	198.052 8	[32]
28	blumenol B	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	226.156 9	[32]
29	7α-hydroxycampesterol	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	430.381 1	[32]
30	(22E, 24R)-ergosta-7,22-diene-3β,5α,6β-triol	C <sub>28</sub> H <sub>48</sub> O <sub>3</sub>	432.360 3	[32]
31	melokhanine A	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	330.194 3	[33]
32	melokhanine B	C <sub>20</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	326.199 4	[33]
33	melokhanine C	C <sub>20</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	326.199 4	[33]
34	melokhanine D	C <sub>21</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	340.215 1	[33]
35	melokhanine E	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	310.168 1	[33]
36	melokhanine F	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	294.173 2	[33]
37	melokhanine G	C <sub>20</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	342.194 3	[33]
38	melokhanine H	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	328.178 7	[33]

(续表 5)

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
39	melokhanine I	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[33]
40	melokhanine J	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	314.199 4	[33]
41	melodinusine A	C <sub>44</sub> H <sub>50</sub> N <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	746.368 0	[34]
42	melodinusine B	C <sub>42</sub> H <sub>42</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	698.310 4	[34]
43	3'(S)-voafrine B	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	670.351 9	[34]
46	melodinusine C	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[34]
47	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[34]
48	(-)-lochnericine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[34]
49	3 $\alpha$ -acetyltabersonine	C <sub>24</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	392.210 0	[34]
50	3 $\beta$ -acetyltabersonine	C <sub>24</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	392.210 0	[34]
51	11-methoxytabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[34]
53	(-)-pachysiphine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[34]
54	(-)-lochnerinine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[34]
59	(-)-ajmalicine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[34]
60	(+)-stemmadenine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[34]
62	andransinine	C <sub>23</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	380.210 0	[34]
63	melodinine N	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[34]
64	19R-methoxytubotaiwine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[34]
65	19S-methoxytubotaiwine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[34]

表 6 雷打果中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	meloyunnanine D	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[35]
2	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[35]
3	scandine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[35]
4	10-hydroxyscandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[35]
5	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[35]
6	11-methoxytabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[35]
7	11-hydroxytabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[35]
8	lochnericine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[35]
9	pachysiphine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[35]
10	voaphylline	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[35]
11	19S-vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[35]
12	19R-vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[35]
13	venalstonidine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[35]
14	meloyine I	C <sub>40</sub> H <sub>44</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	628.341 3	[36]
15	19S-methoxytubotaiwine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	370.189 3	[36]
16	16,19-epoxy- $\Delta^{14}$ -vincanol	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O	292.157 6	[36]
17	14 $\beta$ -hydroxymeloyunine	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	308.152 5	[36]
18	meloyunine	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	294.173 2	[36]
19	$\Delta^{14}$ -vincamenine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O	292.157 6	[36]
20	16 $\beta$ ,21 $\beta$ -epoxy-vincadine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[36]
21	14 $\beta$ ,15 $\beta$ -20S-quebrachamine	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	314.199 4	[36]
22	3-oxo-voaphylline	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	310.168 1	[36]
23	2 $\alpha$ ,7 $\alpha$ -dihydroxy-dihydro-voaphylline	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	330.194 3	[36]
24	stemmadenine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[36]
25	isositsirikine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[36]
26	voaphylline hydroxyindolenine	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	312.183 8	[36]
27	3-oxotabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	348.147 4	[36]
28	O-methyl-16-epi- $\Delta^{14}$ -vincanol	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	308.188 9	[36]
29	14,15-dehydrovincamine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[36]

(续表 6)

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
30	$\Delta^{14}$ -vincanol	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[36]
31	11-methoxy-tabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	380.173 6	[36]
32	meloyine A	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[37]
33	meloyine B	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[37]
34	meloyine II	C <sub>41</sub> H <sub>40</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	652.305 0	[37]
35	meloyine III	C <sub>41</sub> H <sub>40</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	652.305 0	[37]
36	10-O-glucosyl-scandine	C <sub>27</sub> H <sub>34</sub> N <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	530.226 4	[37]

表 7 山橙中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	ursolic acid	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>3</sub>	456.360 3	[38]
2	22 $\alpha$ -hydroxyursolic acid	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>2</sub>	440.365 4	[38]
3	betulinic acid	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>3</sub>	456.360 3	[38]
4	betulinic alcohol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	442.381 1	[38]
5	2,3-dihydroxy-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-propan-1-one	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>	212.068 5	[38]
6	(+)-isolaricresinol	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>6</sub>	360.157 3	[38]
7	( $\pm$ )-liquiritigenin	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	256.073 6	[38]
8	salicylic acid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	138.031 7	[38]
9	daucosterol	C <sub>35</sub> H <sub>60</sub> O <sub>6</sub>	576.439 0	[38]
10	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[39]
11	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[39]
12	venalstonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[39]
13	venalstonidine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[39]
14	pachysiphine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[39]
15	scandine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[39]
16	corosolic acid	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>4</sub>	472.355 3	[39]
17	uvaol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	442.381 1	[39]
18	umbelliferone	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	162.031 7	[39]
19	6-carboxyumbelliferone	C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	192.026 6	[39]
20	tubotaiwine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	340.178 7	[3]
21	akuammidine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[3]
22	(+)-eburnamine	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	294.173 2	[3]
23	voacristine	C <sub>22</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	384.204 9	[3]
24	venoterpine	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> NO	149.084 1	[3]
25	cantleyine	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>3</sub>	207.089 5	[3]
26	orthopramide	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	151.063 3	[3]
27	lyoniresinol	C <sub>22</sub> H <sub>28</sub> O <sub>8</sub>	420.178 4	[2]
28	4-epi-larreatricin	C <sub>18</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	284.141 2	[2]
29	curcasinlignan B	C <sub>18</sub> H <sub>18</sub> O <sub>6</sub>	330.110 3	[2]
30	pinnatifidanin CI	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> O <sub>7</sub>	374.136 6	[2]
31	O-4'-(coniferyl alcohol) ether	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>7</sub>	376.152 2	[2]
32	cephafortin B	C <sub>18</sub> H <sub>20</sub> O <sub>6</sub>	332.126 0	[2]
33	vladinol D	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> O <sub>7</sub>	374.136 6	[2]
34	tripterygiol	C <sub>22</sub> H <sub>28</sub> O <sub>8</sub>	420.178 4	[2]
35	rosolic acid	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>5</sub>	488.350 2	[2]
36	30-aldehydolupanol	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>2</sub>	440.365 4	[2]
37	erythrodiol	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	442.381 1	[2]
38	$\beta$ -amyrone	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O	424.370 5	[2]
39	stigmast-7-en-3 $\beta$ -ol	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O	414.386 2	[2]
40	stigmastane-3,6-dione	C <sub>29</sub> H <sub>48</sub> O <sub>2</sub>	428.365 4	[2]
41	$\alpha$ -spinasterone	C <sub>29</sub> H <sub>46</sub> O	410.354 9	[2]
42	blumenol A	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	224.141 2	[2]
43	4,5-dihydroblumenol A	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	226.156 9	[2]

(续表 7)

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
44	emetinol	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub>	222.125 6	[2]
45	melosuavine A	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	364.142 3	[40]
46	Δ <sup>14</sup> -vincamenine	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub>	276.162 6	[40]
47	alstoyunine G	C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	396.168 5	[40]
48	melodinin A	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> O <sub>7</sub>	374.136 6	[41]
49	melodinin B	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>8</sub>	404.147 1	[41]
50	melodinin C	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> O <sub>8</sub>	418.162 8	[41]
51	8-hydroxypinoresinol	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> O <sub>7</sub>	374.136 6	[41]
52	fraxiresinol	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>8</sub>	404.147 1	[41]
53	magnolol	C <sub>23</sub> H <sub>28</sub> O <sub>7</sub>	416.183 5	[41]
54	syringaresinol	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> O <sub>8</sub>	418.16 28	[41]
55	melosuavine J	C <sub>25</sub> H <sub>30</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	438.215 5	[42]
56	melosuavine K	C <sub>25</sub> H <sub>30</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	438.215 5	[42]
57	melosuavine L	C <sub>25</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	436.199 8	[42]
58	melosuavine M	C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	396.168 5	[42]
59	16 <i>R</i> - <i>O</i> -methyl-Δ <sup>14</sup> -vincanol-3-one	C <sub>20</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	323.176 0	[43]
60	11-methoxy-Δ <sup>14</sup> -tabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	364.178 7	[43]
61	15 <i>S</i> -hydroxykopsinine-3-on	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	384.168 5	[43]
62	suadimin A	C <sub>42</sub> H <sub>42</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	698.310 4	[44]
63	suadimin B	C <sub>42</sub> H <sub>42</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	698.310 4	[44]
64	suadimin C	C <sub>42</sub> H <sub>42</sub> N <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	714.305 3	[44]
65	melosuavine I	C <sub>44</sub> H <sub>50</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	730.373 0	[45]
66	melosuavine A	C <sub>42</sub> H <sub>44</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	700.326 1	[46]
67	melosuavine B	C <sub>42</sub> H <sub>44</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	700.326 1	[46]
68	melosuavine C	C <sub>42</sub> H <sub>44</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	700.326 1	[46]
69	melosuavine D	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	718.336 6	[46]
70	melosuavine E	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	702.341 7	[46]
71	melosuavine F	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	702.341 7	[46]
72	melosuavine G	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	702.341 7	[46]
73	melosuavine H	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	686.346 8	[46]
74	melodinine M	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[47]
75	melodinine N	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[47]
76	melodinine O	C <sub>23</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	396.204 9	[47]
77	melodinine P	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[47]
78	melodinine Q	C <sub>24</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	390.194 3	[47]
79	melodinine R	C <sub>24</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	408.204 9	[47]
80	melodinine S	C <sub>24</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	408.204 9	[47]
81	melodinine T	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[47]
82	melodinine U	C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	383.160 7	[47]

表 8 茶藤中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	meloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[48]
2	melaxilline A	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[48]
3	epimeloscine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	308.152 5	[48]
4	scandine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[48]
5	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[48]
6	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[49]
7	11-hydroxytabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[49]
8	19 <i>S</i> -vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[49]
9	2-ethylhexyl phthalate	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	390.277 0	[50]

(续表 8)

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
10	11-methoxytabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[50]
11	Δ <sup>14</sup> -vincamenine	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub>	276.162 6	[50]
12	lochnerinine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[50]
13	voafrine B	C <sub>42</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	670.351 9	[50]
14	melodimagnifine A	C <sub>43</sub> H <sub>48</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	700.362 5	[50]
15	Δ <sup>14</sup> -vincanol	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[50]
16	<i>O</i> -methyl-16-epi-Δ <sup>14</sup> -vincanol	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	308.1889	[50]
17	melodinhene D	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[50]
18	tenucausine	C <sub>41</sub> H <sub>46</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	642.357 0	[50]
19	19-epimeloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[50]
20	16-epi-Δ <sup>14</sup> -vincamine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[50]
21	19 <i>R</i> -vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[50]
22	Δ <sup>14</sup> -vincine	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	382.189 3	[50]
23	Δ <sup>14</sup> -isoeburnamine	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O	294.173 2	[50]
24	strictamine	C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	322.168 1	[51]
25	deacetylakuammiline	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[51]
26	19-( <i>Z</i> )-akuammidine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[51]
27	14,15-didehydrovincamine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[51]
28	14,15-didehydro-16-epi-vincamine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[51]
29	19-( <i>S</i> )-methoxytubotaiwine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[51]
30	19-( <i>R</i> )-methoxytubotaiwine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[51]
31	rhazimine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[51]
32	rhazicine-N <sup>4</sup> -oxide	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	384.168 4	[51]
33	rhazicine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[51]

表 9 薄叶山橙中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[52]
2	11-methoxy-tabersonine	C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	380.173 6	[52]
3	11-hydroxytabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[52]
4	Δ <sup>14</sup> -vincanol	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[52]
5	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[52]
6	10-hydroxyscandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	366.158 0	[52]
7	melodinine T	C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	367.165 8	[52]
8	meloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[52]
9	venalstonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[52]
10	19-hydroxyvenalstonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[52]
11	vindolinine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	336.183 8	[52]
12	melodinine M	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[52]
13	voaphyline	C <sub>19</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O	296.188 9	[52]

表 10 龙州山橙中的化学成分

序号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
1	scandine	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350.163 0	[53]
2	tabersonine	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	336.183 8	[53]
3	melodinine N	C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	366.194 3	[53]
4	melodinine P	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	352.178 7	[53]
5	melodinine T	C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	367.165 8	[53]
6	19-epimeloscandonine	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	320.152 5	[53]
7	vincadiformine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	338.199 4	[54]
8	quebrachamine	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub>	282.209 6	[54]
9	vincoline	C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	368.173 6	[54]
10	15-hydroxy-kopsinine	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	354.194 3	[54]

## 2 药理作用研究

### 2.1 抗肿瘤活性

研究表明,山橙属植物的提取物和单体化合物在抗肿瘤方面都有显著活性。于金倩等<sup>[24]</sup>从思茅山橙根部分离得到 10 种化合物,其中化合物 11-methoxytabersonine 对人乳腺癌细胞株 MCF-7 具有显著的细胞毒活性, $IC_{50}$  值为  $23.4\mu\text{mol/L}$ 。田善鸣<sup>[55]</sup>对景东山橙中的生物碱部分和单体化合物进行了活性筛选,结果表明景东山橙的生物碱部分对人肺癌细胞 A549、急性粒细胞白血病细胞 HL-60、人乳腺癌细胞 MCF-7、人结肠癌细胞 SW480 和人卵巢癌细胞 A2780 具有一定的细胞毒活性。单体化合物活性筛选结果显示,生物碱 melodinine N 的抗肿瘤活性最为显著。

DU K C 等<sup>[27]</sup>从腋花山橙中首次分离出 4 个新化合物 axidiminA-D;其中,axidimin C 和 axidimin D 对 HCT116 细胞有显著的细胞毒性,其下调细胞周期蛋白 B1 和 cdc2 的表达,诱导 HCT116 细胞发生 G2/M 期阻滞,并通过调节 Bax/Bcl-2 水平促进细胞凋亡。杨梓依<sup>[50]</sup>通过茶藤中生物碱的药理作用研究,发现化合物 tabersonine、11-methoxytabersonine、lochnerinine 具有良好的细胞毒活性,并将筛选结果与化合物的结构进行分析对比,认为 tabersonine 型生物碱是细胞毒活性的主要生物碱类型。

### 2.2 抗炎活性

单萜吲哚生物碱是山橙属植物的标志性成分,具有显著的抗炎活性。王金糖<sup>[5]</sup>测试了川山橙中单萜吲哚生物碱的抗炎活性,发现化合物 19R-acetyltabersonine、melodinine M 和 melosuavine C 能显著抑制 NO、IL-6 以及 TNF- $\alpha$  的产生,故推测其具有一定的抗炎活性。FANG L 等<sup>[28]</sup>测定了从腋花山橙根部分离成分对血小板活化因子诱导的大鼠多形核白细胞(PMNs)中  $\beta$ -葡萄糖醛酸酶释放的抑制率,以此评估其抗炎活性,结果显示 melaxillines A、melaxillines B、melodinine T 和 scandine 均有显著抗炎活性, $IC_{50}$  值在  $1.51\sim 21.56\mu\text{mol/L}$  之间。YU J Q 等<sup>[56]</sup>从思茅山橙中分离出多个生物碱,通过检测它们对 RAW 264.7 小鼠腹腔巨噬细胞中 NO 的体外抑制活性来评估抗炎能力,结果发现 O-methyl- $\Delta^{14}$ -vincanol 和 11-hydroxytabersonine 表现出较强的抗炎活性, $IC_{50}$  值分别为  $8.54\mu\text{mol/L}$  和  $5.19\mu\text{mol/L}$ 。

木脂素是另一类重要抗炎成分。FANG L 等<sup>[41]</sup>从山橙茎中分离出 3 个新木脂素,抗炎活性实验显示,木脂素 melodin A、melodin B 对 PAF 诱导的大鼠 PMNs 中  $\beta$ -葡萄糖醛酸酶释放有中等抑制作

用, $IC_{50}$  值分别为  $1.68\mu\text{mol/L}$  和  $2.17\mu\text{mol/L}$ 。也有研究报道山橙属植物中的黄酮类成分可通过抗氧化和免疫调节途径间接抑制炎症反应。

### 2.3 抗生育活性

山橙属植物的抗生育活性也是该属植物研究的热点方向之一,山橙属植物的活性主要源于其富含的生物碱类化合物。何晓等<sup>[11]</sup>从尖山橙中分离出多种生物碱,其中 11,19-dihydroxytabersonine 和 11-hydroxy-14,15 $\alpha$ -epoxytabersonine 在药理实验中显示了体外杀精作用。GUO L W 等<sup>[57]</sup>从川山橙中分离出 11-hydroxyvincadifformine 生物碱,实验显示其具有抗生育活性。山橙属植物的抗生育作用机制可能与激素调控通路干扰、精子生成抑制等因素有关。三峡大学团队通过碱催化多组分反应高效构建了山橙属生物碱的核心骨架,为抗生育活性分子的合成提供了新策略<sup>[58]</sup>。

### 2.4 神经保护活性

山橙属植物中的生物碱类成分在神经保护方面也有显著活性,尤其在抗氧化、调控神经细胞凋亡等方面具有独特优势。LI Y J 等<sup>[59]</sup>从该属植物茎叶中成功分离鉴定出 8 种单萜吲哚生物碱。体外实验评估其对 6-羟基多巴胺诱导的人神经母细胞瘤 SH-SY5Y 死亡的神经保护作用,结果显示 8 种单萜吲哚生物碱均表现出神经保护作用, $IC_{50}$  值介于  $0.72\sim 17.89\mu\text{mol/L}$  之间。YU Y 等<sup>[60]</sup>首次报道了山橙属植物中天然共存的对映体对,如 melodinines (+)-A/(-)-A,并发现其对神经保护活性具有显著影响,例如(+)-melodinine A 可通过激活 Nrf2-ARE 通路增强抗氧化能力,而其对映体(-)-melodinine A 则主要抑制 NF- $\kappa$ B 介导的神经炎症,提示立体化学差异可能导致作用靶点的分化。

### 2.5 其他药理活性

山橙属植物除具有抗肿瘤、抗炎、抗生育及神经保护作用外,还表现出免疫抑制<sup>[61]</sup>、抗氧化<sup>[62]</sup>、抗菌<sup>[44]</sup>等药理活性。YANG M 等<sup>[63]</sup>对腋花山橙提取物的不同组分进行了研究,发现总生物碱部分有更为显著的免疫抑制效果。KHAN Z 等<sup>[64]</sup>通过 DPPH 自由基清除试验研究山橙属植物枝叶提取物的抗氧化活性,发现叶片提取物有较高的自由基清除能力,表明其抗氧化性能良好。CHENG G G 等<sup>[33]</sup>运用微量稀释法,对分离得到的 melokhanines A-J 以及 leuconolam 开展抗菌活性测试,结果显示,melokhanines B-I 对铜绿假单胞菌均有抑菌活性;化合物 leuconolam 对粪肠球菌 ATCC10541 的抑制效果较为显著,其  $MIC_{90}$  值为  $2\mu\text{mol/L}$ 。通过对比山橙属植物多种药理活性的物质基础,发现生物碱成分尤其是单萜

吡啶类生物碱,是其发挥药效的核心物质。

### 3 展望

本研究通过系统梳理山橙属植物中已发现的近400种化学成分的核心数据,成功构建了首个以植物种源为分类依据的专业化数据库。山橙属植物化学成分具有显著的结构多样性,其研究深化了科研工作者对该属植物的认知,也为新药开发和质量标准构建提供了重要支撑。同时,通过对山橙属植物在抗肿瘤、抗炎等方面的药理作用进行总结,明确其发挥药效的物质基础和可能的作用原理,从科学角度解释了传统中药有效成分的药用价值。

目前,相关研究正从简单的提取分离向药理机制探索、新药研发等方向转变。该属植物的研究为开发新型药物提供了线索,也为传统药用植物的现代化研究提供了思路。对于未来山橙属植物的研究,在数据库功能拓展方面,需进一步补充化合物结构式、核磁数据等信息模块。针对生物碱类成分的开发利用,建议融合分子对接技术与类药性评价体系,重点开展关键生物碱的构效关系研究。在作用机制研究领域,应倡导开展多组学整合分析,以揭示其多成分协同作用的网络机制。关于药材基原鉴定与质量控制,亟待基于数据库构建快速鉴定技术体系,助力制定科学化的质量控制标准。随着研究的进一步深入,山橙属植物在医药领域的应用前景将更加广阔。

#### 参考文献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1977, 63: 17-29.  
[2] 李玉洁, 李娟, 谢澜, 等. 山橙茎中非生物碱类化学成分研究[J]. 中草药, 2021, 52(7): 1884-1890.  
[3] 白文鑫, 李松涛, 张建, 等. 山橙枝叶的生物碱类成分研究[J]. 中药材, 2019, 42(2): 320-323.  
[4] 刘家欢. 云南山橙果实中的生物碱类成分及其网络药理学研究[D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2023.  
[5] 王金糖. 川山橙中化学成分及生物活性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2019.  
[6] 张鹏, 王成富, 肖建. 川山橙生物碱成分研究[J]. 广州化工, 2017, 45(9): 149-151.  
[7] 张鹏. 川山橙、云南狗牙花中吡啶生物碱成分研究[D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2017.  
[8] 颜克序. 山橙属两种植物化学成分的研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 1997.  
[9] 张建, 杨婷婷, 李国强, 等. 川山橙枝叶的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(10): 1548-1551.  
[10] ZHANG J, DING Y, HUANG X, et al. Melohemsines A-I, melodinus-type alkaloids from *Melodinus hemsleyanus*[J]. RSC Advances, 2016, 6(82): 78421-78428.  
[11] 何晓, 周韵丽, 黄知恒. 尖山橙生物碱的研究[J]. 化学学报, 1992, 50(1): 96-101.

[12] 周长江, 关焕玉, 张援虎, 等. 尖山橙中生物碱类成分的研究[J]. 中成药, 2012, 34(1): 85-89.  
[13] TANG X P, CAO S Q, SONG Y, et al. Cytotoxic melodinus-type alkaloids from the ethanol extract of *Melodinus fusiformis* [J]. Fitoterapia, 2016, 115: 105-112.  
[14] FU Q Y, YANG X, LIANG X H, et al. Fusiformines A and B: new indole alkaloids from *Melodinus fusiformis* [J]. Z. Naturforsch, 2016, 71(3): 193-195.  
[15] LI P F, CAI H M, RAN J Y, et al. New alkaloids from *Melodinus fusiformis* and their cytotoxic activities [J]. Fitoterapia, 2025, 115: 106381.  
[16] 李朝明, 吴曙光, 陶国达, 等. 思茅山橙化学成分的研究(一)[J]. 中草药, 1987, 18(2): 4-5.  
[17] 李朝明, 陶国达, 吴曙光, 等. 思茅山橙中的吡啶生物碱[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 1989, 31(10): 792-797.  
[18] 李朝明, 陶国达, 周韵丽. 思茅山橙叶的一个新吡啶生物碱[J]. 云南植物研究, 1992, 14(1): 32-66.  
[19] 刘艳萍, 乔丽菲, 陈阿红, 等. 思茅山橙枝叶的化学成分研究(I)[J]. 广东化工, 2015, 42(3): 26-27.  
[20] 张忠玲. 云南割舌树和思茅山橙的化学成分研究[D]. 昆明: 云南中医学院, 2017.  
[21] SHAO S, ZHANG H, YUAN C M, et al. Cytotoxic indole alkaloids from the fruits of *Melodinus cochinchinensis* [J]. Phytochemistry, 2015, 116: 367-373.  
[22] FENG T, CAI X H, LIU Y P, et al. Melodimines A-G, monoterpene indole alkaloids from *Melodinus henryi* [J]. Journal of Natural Products, 2010, 73(1): 22-28.  
[23] MA K, WANG J S, LUO J, et al. Six new alkaloids from *Melodinus henryi*[J]. Fitoterapia, 2015, 106: 115-120.  
[24] 于金倩, 孙晓炜, 闫慧娇, 等. 思茅山橙根中生物碱类成分及其抗肿瘤活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(10): 1738-1742.  
[25] 崔绮敏, 何舒悦, 田雷, 等. 思茅山橙枝叶的单萜吡啶生物碱类成分研究[J]. 中药材, 2021, 44(7): 1651-1655.  
[26] FENG T, CAI X H, LI Y, et al. Melohenes A and B, two unprecedented alkaloids from *Melodinus henryi*[J]. Organic Letters, 2009, 11(21): 4834-4837.  
[27] DU K C, LI X, ZHENG C, et al. Monoterpene indole alkaloid dimers from the *Melodinus axillaris* induce G2/M phase arrest and apoptosis via p38 MAPK activation in HCT116 cells[J]. Bioorganic Chemistry, 2023, 140: 106841.  
[28] FANG L, TIAN S M, ZHOU J, et al. Melaxillines A and B, monoterpene indole alkaloids from *Melodinus axillaris*[J]. Fitoterapia, 2016, 115: 173-176.  
[29] CUI Q M, CUI X Y, TENG S F, et al. Chemical constituents from *Melodinus axillaris* W. T. Wang and their chemotaxonomic significance [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2022, 105: 104530.  
[30] 李朝明, 郑惠兰, 吴曙光, 等. 景东山橙茎皮中的喹啉山橙碱[J]. 云南植物研究, 1994, 16(3): 315-317.  
[31] 方忠莹, 杜思雨, 潘少斌, 等. 景东山橙中生物碱类化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(12): 52-56.  
[32] 李柏榆. 景东山橙和思茅山橙化学成分研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2018.  
[33] CHENG G G, LI D, HOU B, et al. Melokhanines A-J, bioactive

- monoterpenoid indole alkaloids with diverse skeletons from *Melodinus khasianus* [J]. *Journal of Natural Products*, 2016, 79 (9): 2158-2166.
- [34] YI W F, CHEN D Z, DING X, et al. Cytotoxic indole alkaloids from *Melodinus khasianus* and *Melodinus tenuicaudatus* [J]. *Fitoterapia*, 2018, 128: 162-168.
- [35] 刘家欢, 吴静, 郁阳, 等. 云南山橙果实中的生物碱类成分研究 [J]. *云南中医药大学学报*, 2023, 46(2): 58-66.
- [36] CAI X H, LI Y, LIU Y P, et al. Alkaloids from *Melodinus yunnanensis* [J]. *Phytochemistry*, 2012, 83: 116-124.
- [37] HU X J, HE H P, ZHOU H, et al. New Indole Alkaloids from *rauwolfia yunnanensis* [J]. *Helvetica Chimica Acta*, 2006, 89(7): 1344-1350.
- [38] 仝永斌, 王文婧, 李国强, 等. 山橙枝叶化学成分研究 [J]. *中药材*, 2013, 36(3): 398-401.
- [39] 吉月菊, 李科凯, 符翠, 等. 山橙的化学成分研究 [J]. *广东化工*, 2015, 42(7): 15-16.
- [40] 李瑞, 方忠莹, 杨梓依, 等. 山橙中生物碱类化学成分的研究 [J]. *中草药*, 2023, 54(5): 1362-1369.
- [41] FANG L, FANG Z Y, ZHANG P, et al. Anti-inflammatory lignans from *Melodinus suaveolens* [J]. *Phytochemistry Letters*, 2018, 26: 134-137.
- [42] FANG Z Y, HE T T, DU S Y, et al. Cytotoxic aspidosperma-type alkaloids from *Melodinus suaveolens* [J]. *Fitoterapia*, 2020, 143: 104588.
- [43] ZHOU J, FANG Z Y, ZHOU P, et al. New monoterpenoid indole alkaloids from *Melodinus suaveolens* [J]. *Phytochemistry Letters*, 2019, 33: 22-25.
- [44] GAO X H, FAN Y Y, LIU Q F, et al. Suadimins A-C, unprecedented dimeric quinoline alkaloids with antimycobacterial activity from *Melodinus suaveolens* [J]. *Organic Letters*, 2019, 21(15): 5678-5681.
- [45] FANG Z Y, REN Y D, DU S Y, et al. Melosuavine I, an apoptosis-inducing bisindole alkaloid from *Melodinus suaveolens* [J]. *Fitoterapia*, 2019, 133: 175-179.
- [46] LIU Y P, ZHAO Y L, FENG T, et al. Melosuavines A-H, cytotoxic bisindole alkaloid derivatives from *Melodinus suaveolens* [J]. *Journal of Natural Products*, 2013, 76: 2322-2329.
- [47] LIU Y P, LI Y, CAI X H, et al. Melodinines M-U, Cytotoxic Alkaloids from *Melodinus suaveolens* [J]. *Journal of Natural Products*, 2012, 75(2): 220-224.
- [48] 张鹏, 施务务, 程赛赛, 等. 茶藤中生物碱的成分研究 [J]. *广州化工*, 2021, 49(13): 89-91, 109.
- [49] 王世平, 李玲, 徐冉, 等. 茶藤中生物碱成分的研究 [J]. *中国药房*, 2012, 23(19): 1766-1768.
- [50] 杨梓依. 茶藤中生物碱类化学成分发现及其活性的研究 [D]. 济南: 济南大学, 2023.
- [51] 何琴慧, 姜雨辰, 王文玲, 等. 茶藤生物碱成分的分离鉴定及抗肿瘤活性研究 [J]. *中草药*, 2023, 54(3): 704-710.
- [52] 王金糖, 李芳茹, 王增援, 等. 薄叶山橙中生物碱成分及其抑制肿瘤细胞增殖活性筛选 [J]. *天然产物研究与开发*, 2018, 30(11): 1870-1877.
- [53] 鲁充, 沈耐涛, 虞和永. 龙州山橙的生物碱类成分研究 [J]. *中国中药杂志*, 2017, 42(2): 307-310.
- [54] 何亚利, 陈未名, 冯孝章. 龙州山橙化学成分的研究 [J]. *中草药*, 1993, 24(12): 623-625.
- [55] 田善鸣. 景东山橙中微量生物碱分离及抗肿瘤活性研究 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2015.
- [56] YU J Q, SUN X W, WANG Z W, et al. Alkaloids from *Melodinus henryi* with anti-inflammatory activity [J]. *Journal of Asian Natural Products Research*, 2018, 21(8): 1-6.
- [57] GUO L W, ZHOU Y L. Alkaloids from *Melodinus hemsleyanus* [J]. *Phytochemistry*, 1993, 34(2): 563-566.
- [58] TAN M T, ZHENG Y P, ZHANG S, et al. Base-Controlled Chemodivergent [4+1] and [2+1]/[4+2] Annulations of  $\alpha$ -Aminochalcones with  $\gamma$ -Bromocrotonates [J]. *Organic Letters*, 2024, 26(43): 9203-9209.
- [59] LI Y J, LI J, XIE L, et al. Monoterpenoid indole alkaloids with potential neuroprotective activities from the stems and leaves of *Melodinus cochinchinensis* [J]. *Natural Product Research*, 2021, 36(20): 5181-5188.
- [60] YU Y, BAO M F, CAI X H. Discovery of natural co-occurring enantiomers of monoterpenoid indole alkaloids [J]. *Chinese Journal of Chemistry*, 2021, 39: 866-872.
- [61] LIU L, XIE M J, ZHOU W B, et al. Potent immunosuppressive and anti-inflammatory bisindole alkaloids from *Melodinus fusiformis* [J]. *Natural Product Research*, 2021, 37(1): 1-7.
- [62] LU Y, KNOO T J, WIART C. Phytochemical analysis and antioxidant activity determination on crude extracts of *melodinus eugeniifolus* barks and leaves from malaysia [J]. *Pharmacology & Pharmacy*, 2014, 5(8): 773-780.
- [63] YANG M, WANG Y, FAN Z, et al. Acute and sub-acute toxicological evaluations of bioactive alkaloidal extract from *melodinus henryi* and their main chemical constituents [J]. *Natural Products and Bioprospecting*, 2020, 10(4): 227-241.
- [64] KHAN Z, NAZ R, AHMAD W, et al. Antioxidant activity and phytochemistry of leaf extract of *melodinus acutiflorus* [J]. *Asian-European Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2015, 15(4): 560-562.

(编辑: 陈湧涛)