

沉香大健康产品开发进展与展望

来银芳¹, 丁宗妙², 华丽萍¹, 杨佳力¹, 朱顺耀¹, 李晶晶¹, 石森林^{1*}

1. 浙江中医药大学药学院, 浙江 杭州 311400

2. 海南香树沉香产业集团股份有限公司, 海南 海口 570311

摘要: 沉香 *Aquilaria sinensis* 作为我国传统中药, 具行气止痛、温中止呕、止咳化痰等功效。自然条件下, 沉香结香的速度非常缓慢, 各类原因使得市场上沉香的品质、价格参差不齐, 出现以次充好、以假乱真的现象。因此加强沉香质量控制力度、提高质量鉴别能力、建立质量评价标准等显得尤为重要。通过查阅整理中国知网、PubMed 数据库文献及相关专利数据, 对沉香的主要成分及其药理作用、大健康产品开发与专利申报现状进行综述, 为实现沉香药材资源综合利用, 开发沉香大健康产品, 丰富产品种类, 构建产业结构, 强化专利保护意识, 实现沉香产业的可持续发展提供理论依据。

关键词: 沉香; 倍半萜; 2-(2-苯乙基)色酮类; 镇静催眠; 镇痛; 大健康产品开发; 专利现状

中图分类号: R286 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)04-1342-11

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.04.035

Development and prospect of Chinese medicine *Aquilaria sinensis* health products

LAI Yin-fang¹, DING Zong-miao², HUA Li-ping¹, YANG Jia-li¹, ZHU Shun-yao¹, LI Jing-jing¹, SHI Sen-lin¹

1. School of Pharmaceutical Sciences, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 311400, China

2. Hainan Xiangshu Chenxiang Industry Group Co., Ltd., Haikou 570311, China

Abstract: As a traditional Chinese medicine, *Aquilaria sinensis* has the effects of promoting *qi* and relieving pain, warming and relieving vomiting, relieving cough and resolving phlegm. Under natural conditions, the speed of *Aquilaria sinensis* forming incense is very slow. For various reasons, the quality and price of *Aquilaria sinensis* in the market are uneven, and there is a phenomenon of shoddy and fake *Aquilaria sinensis*. Therefore, it is particularly important to strengthen the quality control of *Aquilaria sinensis*, improve the quality identification ability, and establish quality evaluation standards. By consulting and sorting out the literature of CNKI, Pubmed database and relevant patent data, this paper summarizes the main components of *Aquilaria sinensis* and their pharmacological effects, the development of big health products and the status quo of patent application, so as to provide a theoretical basis for realizing the comprehensive utilization of *Aquilaria sinensis* medicinal resources, developing *Aquilaria sinensis* big health products, enriching product categories, building an industrial structure, strengthening the awareness of patent protection, and realizing the sustainable development of the *Aquilaria sinensis* industry.

Key words: *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg; sesquiterpenoids; 2-(2-phenylethyl) chromone; sedative hypnosis; analgesia; great health product development; patent status

沉香为瑞香科植物白木香 *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg 含有树脂的木材^[1], 我国沉香主要产自广东、广西、云南以及海南等地, 进口沉香主要产自东亚国家包括印度、新加坡、马来西亚等地。沉香作为我国传统中药, 其味辛、性微温, 具行气止痛、温中止呕、止咳化痰、暖胃温脾、抗菌等功效。

随着国家、各省份先后出台了《“健康中国2030”规划纲要》等政策文件, 为中药大健康产业提供有力的政策保障, 不断加快我国中药大健康行业的发展进程。发展中药大健康产业, 能带动农民增收、提高就业率、惠及民生、调整产业结构、促进经济发展、保护生态系统等效益。

收稿日期: 2022-09-23

基金项目: 国家重点研发计划中医药现代化研究重点专项(2018YFC1706400); 金华市科技计划项目(2022-3-068)

作者简介: 来银芳(1995—), 女, 硕士研究生, 从事药物新剂型及制剂新技术研究。Tel: 13588159584 E-mail: 13588159584@163.com

*通信作者: 石森林, 男, 博士, 教授, 从事药物新剂型及制剂新技术研究。Tel: 13157106148 E-mail: pjstone@163.com

基于沉香的功效、香味、历史习惯等研究，沉香具有多种用途，包括药用沉香，如中成药沉香化滞丸、八味沉香散等^[2-3]；健康养生类产品，如沉香酒、茶和精油等产品；日化类产品香水、香皂等；香道系列产品线香、盘香、熏香等；沉香是高附加值林产品，其丰富的工艺品也是目前认知度较高的产品。加强沉香叶、沉香种子等非传统药用部位的开发研究，可提高沉香药材的使用率，沉香大健康产业未来市场潜力巨大。

自然条件下，沉香结香的速度非常缓慢，各类原因使得市场上沉香的品质、价格参差不齐，出现以次充好、以假乱真的现象。因此加强沉香质量控制力度、提高质量鉴别能力、建立质量评价标准；转变沉香“重野生轻人工”资源利用观念，大力发展沉香林种植、结香技术；调整产业结构均至关重要^[4-5]。本文针对沉香的有效成分、药理作用、大健康产品开发及专利现状进行综述研究，为实现沉香药材资源的综合利用，开发沉香大健康产品，发展产业结构，强化知识产权保护意识提供理论依据。

1 主要有效成分

沉香的主要有效成分以挥发油（沉香精油）、倍半萜类、色酮类和芳香族化合物为主，此外还包含脂肪酸类等物质^[6-7]。目前文献对沉香精油的化学成分研究较多，其中倍半萜类、2-(2-苯乙基)色酮类及芳香族化合物中的苄基丙酮与沉香的结香机制有关。不同产地所得的沉香中有效成分存在显著差异。

1.1 倍半萜类成分

倍半萜是沉香中主要的化学成分，沉香中分离鉴定出的倍半萜具有多种骨架类型，并有不同的立体构型及官能团取代。据文献记载，从沉香中分离鉴定出的倍半萜按不同骨架类型可分为以下9种类型：沉香呋喃型（agarofuran）倍半萜、沉香螺旋烷型（agarospiroane）倍半萜、艾里莫芬烷型（eremophilane）倍半萜、杜松烷型（cadinane）倍半萜、愈创木烷型（guaiane）倍半萜、桉烷型（eudesmane）倍半萜、前香草烷型（prezizaane）倍半萜和菖蒲烷型（acorane）倍半萜^[6-14]。对国产沉香和进口沉香分离出的倍半萜类化合物进行整理，见表1和表2。

表1 国产沉香倍半萜类化合物

Table 1 Sesquiterpenoids from Chinese *Aquilaria sinensis*

序号	化合物名称	文献	序号	化合物名称	文献
1	沉香螺旋醇	6	33	石竹烯氧化物	9
2	白木香酸	6	34	圆柚酮	9
3	白木香醛	6	35	绒白乳菇醛	9
4	白木香醇	6	36	3,3,7-三甲基三环十-烷-8-酮	9
5	去氢白木香醇	6	37	长叶烯	9
6	异白木香醇	6	38	去甲长内酯	9
7	白木香呋喃酸	6	39	石竹烯醇 II	9
8	β -沉香呋喃	6	40	葎草烯二环氧氧化物	9
9	白木香呋喃醇	7	41	可布酮	9
10	白木香呋喃醛	7	42	马兜铃烯	9
11	二氢卡拉酮	7	43	(+)-香橙烯	9
12	新紫蜂斗菜烯	8	44	喇叭茶醇	9
13	表囊吾醚	8	45	(-)-阿魏酸龙脑酯	10
14	环氧异愈创木烯	8	46	顺式-7-羟基菖蒲烯	10
15	(-)-愈创木-1(10),11-二烯-15-酸	8	47	3,11-芹子二烯-9,15-二醇	11
16	顺式-1,10-环氧愈创木-11-烯-2 β -醇	8	48	α -布藜烯	12
17	(-)-愈创木-1(10),11-二烯-15,2-内酯	8	49	(5S,7S,9S,10S)-(+)-9-羟基-3,11-芹子二烯-12-醛	12
18	(-)-2-羟基愈创木-1(10),11-二烯-15-酸	8	50	(5S,7S,9S,10S)-(-)-9-羟基-3,11-芹子二烯-14-醛	12
19	11-愈创木二烯-15-酸	8	51	(5S,7S,9S,10S)-(+)-9-羟基-eudesma-3,11(13)-二烯-12-甲基酯	12
20	枯树醇	8	52	(7S,9S,10S)-(+)-9-羟基-4,11-芹子二烯-14-醛	12
21	沉香雅槛蓝醇	8	53	(7S,8R,10S)-(+)-8,12-二羟基-4,11-芹子二烯-14-醛	12
22	愈创醇	9	54	(4 α β ,7 β ,8 α β -3,4,4 α ,5,6,7,8,8 α)-八氢-7-[1-(羟甲基)乙炔基]-4 α -甲基萜-1-甲酯	12
23	苍术醇	9	55	12,15-二氧代- α -芹子烯	12
24	α -木香醇	9	56	15-羟基-12-氧代- α -芹子烯	12
25	α -檀香醇	9	57	桉烷-1 β ,5 α ,11-三醇	12
26	α -桉叶油醇	9	58	(-)-7 β H-桉烷-4 α ,11-二醇	12
27	β -桉叶油醇	9	59	ent-4(15)-桉烷-1 α ,11-二醇	12
28	绿花白千层醇	9	60	4-羟基白木香醇	13
29	γ -蛇床烯	9	61	7 β -H-9(10)-烯-11,12-环氧-8-艾里莫芬烷	13
30	γ -古芸烯	9	62	7 α -H-9(10)-烯-11,12-环氧-8-艾里莫芬烷	13
31	异香橙烯环氧化物	9	63	艾里莫芬烷-7(11),9-二烯-8-酮	13
32	朱栾倍半萜	9			

表2 进口沉香倍半萜类化合物

Table 2 Sesquiterpenoids from imported *Aquilaria sinensis*

序号	化合物名称	文献	序号	化合物名称	文献
1	沉香螺旋醇	6	27	甲基愈创木酚-1(10),11-二烯-15-羧酸盐	6
2	α -沉香呋喃	6	28	(-)-愈创木酚-1(10),11-二烯-9-酮	6
3	β -沉香呋喃	6	29	(+)-1,10-环氧-愈创木-11-烯	6
4	二氢沉香呋喃	6	30	1(10),11-愈创木二烯-15,2-甲酸酯	6
5	去甲沉香呋喃酮	6	31	(+)-1,5-环氧-去甲-愈创酮-11-烯	6
6	4-羟基二氢沉香呋喃	6	32	(-)-香附二烯酮	6
7	3,4-二羟基二氢沉香呋喃	6	33	去氢沉香雅檀蓝醇	6
8	沉香醇	6	34	7 α -H-9(10)-烯-11,12-环氧-8-艾里莫芬烷	6
9	前香草烷型倍半萜	6	35	7 β -H-9(10)-烯-11,12-环氧-8-艾里莫芬烷	6
10	枯树醇	6	36	艾里莫芬烷-9,11-二烯-8-酮	6
11	沉香雅檀蓝醇	6	37	沉香雅檀蓝醇	14
12	桉叶油醇	6	38	(rel)-4 β ,5 β ,7 β -艾里莫芬-9-烯-12,8 β -内酯	14
13	白木香醛	6	39	诺卡酮	14
14	(+)-卡拉酮	6	40	11-羟基-朱栾-1(10)-烯-2-酮	14
15	二氢卡拉酮	6	41	(7S,9S,10S)-(+)-9-羟基-4,11-芹子二烯-14-醛	14
16	新紫蜂斗菜烯	6	42	螺癸-2(11),6-二烯-14-醛	14
17	(-)-3,11-芹子二烯-14-醛	6	43	(4R,5R,7R)-(10)-二甲基甲基螺癸-11-醇-2-酮	14
18	(-)-甲基-3,11-芹子二烯甲酸酯	6	44	15-羟基-12-氧代- α -芹子烯	14
19	(-)-3,11-芹子二烯-9-酮	6	45	(+)-9 β ,10 β -环氧-8-11(13)-艾里莫芬烯	14
20	(+)-3,11-芹子二烯-9-醇	6	46	(+)-11-羟基朱栾-1(10),8-二烯-2-酮	14
21	(+)-4,11-芹子二烯-14-醛	6	47	(+)-反式圆柚醇	14
22	(+)-甲基-4,11-芹子二烯-14-甲酸酯	6	48	(7 β ,8 β ,9 β)-8,9-环氧艾里莫芬-10-酮	14
23	9-羟基-4,11-蛇床二烯-14-甲酸酯	6	49	4-表-10-羟基丙酮	14
24	11-愈创木二烯-15-醛	6	50	15-羟基菖蒲烯酮	14
25	11-愈创木二烯-15-醇	6	51	4-表-15-羟基菖蒲烯酮	14
26	11-愈创木二烯-15-酸	6			

1.2 2-(2-苯乙基)色酮类成分

2-(2-苯乙基)色酮类成分也是沉香的主要活性成分。沉香中分离鉴定出得到的 2-(2-苯乙基)色酮按色酮母核的结构特点主要分为 4 种类型,包括 *Fidiersia* 类型的 2-(2-苯乙基)色酮、多羟基取代的 5,6,7,8-四氢-2-(2-苯乙基)色酮、单环氧 5,6,7,8-四氢-2-(2-苯乙基)色酮和二环氧-5,6,7,8-四氢-2-(2-苯乙基)色酮^[15-21]。对国产沉香和进口沉香已经分离得到的 2-(2-苯乙基)色酮类化合物进行整理,见表 3 和表 4。

1.3 芳香族类成分

杨峻山等^[6]从沉香中分离得到了芳香族成分苯基丙酮 (benzylacetone)、茴香酸 (anisicacid) 和对甲氧基苄基丙酮 (p-methoxybenzylacetone) 等。梅文莉等^[22]在挥发油中发现苯基丙酸、茴香基丙酮、2,4-二叔丁基苯酚、4-甲基-2,6-二叔丁基苯酚、1-苄氧基-8-萘酚等成分。国产沉香三氯甲烷部位提取鉴定出苯甲酸、苯丙酸、二异辛酯邻苯二甲酸、4-羟基-3-甲氧基-苯丙酸、3-(4-甲氧基苯基)丙酸、苄基丙酮、对甲氧基苄基丙酮、2-甲基-萘、氯化肉

桂酸内酯、香草醛、4-甲氧基-苯甲醛、4-羟基-3、5-二甲基苯甲醛、4-[(1E)-3-羟基-1-丙烯基]-2-甲氧基苯酚等芳香族化合物^[23]。

1.4 脂肪酸类成分

沉香挥发油中包括脂肪酸类化合物。国产沉香挥发油中发现棕榈酸、油酸、肉豆蔻酸、硬脂酸、苯基丙酸、亚油酸、4-(2-异丙基-5-甲基)-3-甲基正丁酸、五癸酸、十二烷酸、十三烷酸、十五烷酸、十六酸、正十六酸、十八碳三烯酸、十八碳-9-烯酸等^[17,24]。

1.5 其他化合物

沉香中含有其他萜类物质,如单萜类衍生物 (-)-bornyl ferulate、双环单萜类化合物 (桉叶油醇)、以及二萜类、三萜类化合物,倍半萜烯类化合物 (异桉叶烯化物),还包括十四烷、正十八烷、正二十四烷等烃类化合物,甾体类化合物 (豆甾醇、谷甾醇),以及甾体类衍生物 (24R-24-ethylecholesta-4,22-dien-3-one) 等^[25]。李薇等^[26]对国产绿奇楠沉香分离中,得到木脂素类化合物 (丁香树脂酚葡萄糖苷)。

表3 国产沉香 2-(2-苯乙基)色酮类化合物

Table 3 2-(2-phenylethyl) chromone compounds from Chinese *Aquilaria sinensis*

序号	化合物名称	文献
1	2-(2-苯乙基)色酮	6
2	6-羟基-2-(2-苯乙基)色酮	6
3	6-甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	6
4	6,7-二甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	6
5	6-甲氧基-2-[2-(3-甲氧基苯)乙基]色酮	6
6	6-羟基-2-[2-(4'-甲氧基苯)乙基]色酮	6
7	6,7-二甲氧基-2-[2-(4'-甲氧基苯)乙基]色酮	6
8	5,8-二羟基-2-(2-苯乙基)色酮	6
9	5,8-二羟基-2-[2-(4'-甲氧基苯)乙基]色酮	6
10	6-甲氧基-2-[2-(3-羟基-4-甲氧基苯基)乙基]色酮	12
11	5-羟基-6-甲氧基-2-[2-(3-羟基-4-甲氧基苯基)乙基]色酮	12
12	5,6-环氧-7β-羟基-8β-甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	12
13	rel-(1aR,2R,3R,7bS)-1a,2,3,7b-四氢-2,3-二羟基-5-(2-苯乙基)-7H-环氧乙烷[1]苯并吡喃-7-酮	12
14	rel-(1aR,2R,3R,7bS)-1a,2,3,7b-四氢-2,3-二羟基-5-[2-(4-甲氧基苯基)乙基]-7H-环氧乙烷[1]苯并吡喃-7-酮	12
15	5-羟基-6-甲氧基-2-[2-(4-甲氧基苯基)乙基]色酮	12
16	6-甲氧基-2-[2-(4-甲氧基苯基)乙基]色酮	12
17	6-甲氧基-2-[2-(4-羟基苯基)乙基]色酮	12
18	oxidoagarochromone A	12
19	oxidoagarochromone B	12
20	6,8-二羟基-2-(2-苯乙基)色酮	12
21	(6S,7S,8S)-6,7,8-三羟基-2-(4-羟基-3-甲氧基-苯基乙基)-5,6,7,8-四氢-4H-4-色酮	12
22	5,8-二羟基-2-(2-对甲氧基苯乙基)色酮	13
23	6,7-二甲氧基-2-(2-对甲氧基苯乙基)色酮	13
24	6-羟基-2-[2-(4'羟基苯乙基)]色酮	13
25	5,6,7,8-四羟基-2-[2-(4'-甲氧基苯乙基)]-5,6,7,8-四氢色酮	13
26	6-羟基-2-[2-(2'-羟基苯乙基)]色酮	13
27	qinanones G	15
28	2-[2-羟基-2-(4-羟基苯基)乙基]色酮	15
29	2-[2-羟基-2-(4-甲氧基-亚苯基)乙基]色酮	15
30	二甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	15
31	8-羟基-2-(2-苯乙基)色酮	15
32	(5R,6R,7S,8R)-2-苯乙基)-6,7,8-三羟基-5,6,7,8-四氢-5-[2-(2-苯乙基)色酮基-6-氧代]色酮	15
33	6,8-二羟基-2-[2-(3'-甲氧基-4'-羟基苯乙基)]色原酮	16
34	6-甲氧基-2-[2-(3'-甲氧基-4'-羟基苯乙基)]色原酮	16
35	6-羟基-2-[2-(3'-甲氧基-4'-羟基苯乙基)]色原酮	16
36	6,8-二羟基-2-(3'-甲氧基-4'-羟基苯乙基)]色原酮	17
37	6-甲氧基-2-[2-(3'-甲氧基-4'-羟基苯乙基)]色原酮	17
38	沉香四醇	18
39	6-羟基-7-甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	19
40	(5S,6R,7S,8R)-2-(2-苯乙基)-5,6,7,8-四氢色酮	19
41	4'-羟基-2-(2-苯乙基)色酮	19
42	6-甲氧基-2-苯乙基-4H-色酮	19
43	6-羟基-7-甲氧基-2-[2-(4-甲氧基苯基)乙基]色酮	20
44	6-羟基-2-[2-(3,4-二甲氧基苯基)乙基]色酮	20
45	6,8-二羟基-2-[2-(4-甲氧基苯基)乙基]色酮	20
46	8-氯-6-羟基-2-[2-(3-甲氧基-4-羟基苯基)乙基]色酮	20
47	甲氧基-6-羟基-2-[2-(3-甲氧基-4-羟基苯基)乙基]色酮	20
48	(R)-6,7-二甲氧基-2-(2-羟基-2-苯乙基)色酮	20
49	(S)-6,7-二甲氧基-2-(2-羟基-2-苯乙基)色酮	20
50	(6S,7S,8S)-6,7,8-三羟基-2-(4-羟基-3-甲氧基苯乙基)-5,6,7,8-四氢-4H-4-色酮	21
51	(6S,7S,8S)-6,7,8-三羟基-2-(3-羟基-4-甲氧基苯乙基)-5,6,7,8-四氢-4H-4-色酮	21
52	7-羟基-6-甲氧基-2-[2-(4-羟基-3-甲氧基-苯基)乙基]色酮	21

表4 进口沉香 2-(2-苯乙基)色酮类化合物名称及文献出处

Table 4 Names of 2-(2-phenylethyl) chromones of imported *Aquilaria sinensis* and their references

序号	化合物名称	文献
1	2-(2-苯乙基)色酮	6
2	6-羟基-2-(2-苯乙基)色酮	6
3	6-甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	6
4	6,7-二甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	6
5	6-甲氧基-2-[2-(3-甲氧基苯)乙基]色酮	6
6	6,7-二甲氧基-2-[2-(4'-甲氧基苯)乙基]色酮	6
7	5,8-二羟基-2-(2-苯乙基)色酮	6
8	6-甲氧基-2-[2-(4'-甲氧基苯)乙基]色酮	6
9	2-[2-(4'-甲氧基苯)乙基]色酮	6
10	异沉香四醇	6
11	5 α ,6 β ,7 α ,8 β -四乙酰氧基-2-[2-(4'-甲氧基苯)乙基]-5,6,7,8-四氢色酮	6
12	5 α ,6 β ,7 α ,8 β -四羟基-2-[2-(4'-甲氧基苯)乙基]-5,6,7,8-四氢色酮	6
13	5 α ,6 β ,7 α ,8 β -四羟基-2-[2-(2'-羟基苯)乙基]-5,6,7,8-四氢色酮	6
14	(5S,6S,7R)-2-[2-(2'-乙酰氧基苯)乙基]-5 α ',6 α ',7 α '-三乙酰氧基-5,6,7,8-四氢色酮	6
15	(5S,6S,7R,8R)-2-[2-(2-苯乙基)]-5 α ',6 α ',7 α ',8 α '-三乙酰氧基-5,6,7,8-四氢色酮	6
16	5 α ,6 β ,7 β -三羟基-8 α -甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	6
17	5 α ,6 β ,7 β ,8 α -四羟基-2-[2-(2'-羟基苯)乙基]-5,6,7,8-四氢色酮	6
18	(7'R)-7-羟基异沉香四醇	6
19	(7'S)-7-羟基异沉香四醇	6
20	(5S,6S,7R,8R)-2-(2-苯乙基)-6,7,8-三羟基-5,6,7,8-四氢-5-[2-(2-苯乙基)色酮-6-氧	6
21	(5S,6R,7R,8S)-2-(2-苯乙基)-5,6,7-三羟基-5,6,7,8-四氢-8-[2-(2-苯乙基)-7-甲氧基色酮-6-氧]色酮	6
22	2,2-二(2-苯乙基)-8,6-二羟基-5,5'-双色酮	6
23	(5S,6R,7R,8S)-2-(2-苯乙基)-5,6,7-三羟基-5,6,7,8-四氢-8-[2-(2-苯乙基)色酮-6-氧]色酮	6
24	(5S,6S,7S,8R)-2-(2-苯乙基)-6,7,8-三羟基-5,6,7,8-四氢-5-[2-(2-苯乙基)色酮-6-氧]色酮	6
25	(5S,6S,7R,8S)-2-(2-苯乙基)-6,7,8-三羟基-5,6,7,8-四氢-5-[2-(2-苯乙基)-7-羟基色酮-6-氧]色酮	6
26	8-氯-6-羟基-2-(2-苯乙基)-4-色酮	6
27	8-氯-2-(2-苯乙基)-5,6,7-三羟基-5,6,7,8-四氢色酮	15
28	5-羟基-2-[2-(4-甲氧基苯)乙烯基]色酮	15
29	5-羟基-6-甲氧基-2-(2-苯乙基)色酮	14
30	5-羟基-6-甲氧基-2-[2-(4-甲氧基苯)乙基]色酮	14

2 药理作用

沉香具有镇静、抗炎、抗抑郁、抑菌、抗肿瘤等多种药理作用，沉香产品用于治疗神经系统疾病已有几千年的历史，《本草纲目》记载“沉香，气味辛，微温，无毒。主治风水毒肿、治上热下寒、气逆喘急、大肠虚闭、小便气淋等。”可防治通风病症。对糖尿病等慢性病的疗效显著^[27]。《中国药典》2020年版中有30余个成方制剂含有沉香，在中国以沉香组方配伍的中成药有160多种，《中医方剂大辞典》中有414个含沉香的方剂。沉香药用广泛，丰富的药理作用为其开发成大健康产品奠定基础。

2.1 镇静催眠作用

沉香有镇静催眠功效，对中枢神经系统具有抑制作用。Wang等^[28]研究发现沉香对戊巴比妥钠诱导的小鼠睡眠有明显的镇静催眠作用，且长时间治

疗没有导致明显脱敏，表明沉香增加人神经母细胞瘤细胞通过 γ 氨基丁酸(γ aminobutyric acid, GABA)受体的氯离子内流量，增强GABA受体功能发挥其镇静催眠作用。沉香中的沉香螺旋醇成分有氯丙嗪样安定作用能抑制中枢，有健胃作用；沉香呋喃具有催眠活性与中枢镇静作用^[29]。沉香的苯提取物联合环乙烯巴比妥给小鼠ig能延长睡眠时间，降低体温，减少小鼠自发性运动，抑制其中枢神经系统作用^[30]。

2.2 镇痛作用

在传统中药中沉香被归为行气药，具有行气止痛的功效。熊礼燕等^[31]研究表明沉香醇提液中其镇痛作用的有效部位是石油醚和正丁醇部位，发挥作用的物质可能是aquilarone E。董鹏鹏等^[32]对沉香临床运用进行综述分析，表明沉香可用于治疗痛经、咽异感症、治疗消化系统、呼吸系统、泌尿系统疾

病等。王娇等^[33]对不同年份沉香药材进行药效学研究,结果显示沉香药材具有镇痛作用,并不随着年龄的增长而增强抗炎效果。

2.3 抗炎作用

沉香挥发油具有抗炎的作用。Huo 等^[34]从沉香中分离得 16 个 2-(2-苯乙基)色酮类、26 个倍半萜类化合物,发现倍半萜类和色酮类化合物都能够明显抑制脂多糖诱导细胞释放一氧化氮,倍半萜类化合物能够通过干扰信号传导和转录激活因子并抑制相关信号通路,起到抗炎作用。刘洋洋等^[35]发现沉香中分离出的多种 2-(2-苯乙基)色酮类化合物均具有显著的抗炎活性,与阳性对照药物氨基胍相当。Zhao 等^[36]从沉香中分离出沉香倍半萜类成分,且具有显著的抗炎活性。

2.4 抗心肌缺血作用

沉香具有保护大鼠心肌缺血心脏、减少心肌梗死面积,增加超氧化物歧化酶、肌酸激酶、乳酸脱氢酶活性、抗缺氧等作用^[37]。复方中药八味沉香散临床应用,能显著恢复大鼠急性心肌缺血心肌收缩、舒张能力,改善心电图 ST 段,抬高 T 波和心率变化值^[38]。李凌等^[39]发现沉香给药组均能缩小大鼠急性心肌缺血的梗死面积,能用于治疗抗心律失常、抗心肌缺血、冠心病、心绞痛等心脏疾病。

2.5 抗抑郁作用

沉香在广东、广西地区民间用来治疗阿尔茨海默病等神经退行性疾病。汪凤华等^[40]通过小鼠行为绝望模型实验,发现二十味沉香丸及其微丸有一定抗抑郁的作用,其机制可能与小鼠海马 5-羟色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)含量、海马部位 5-HT 转运体编码基因(*Slc6a4*)和 5-HT_{1A} 受体编码基因(*Htr1a*)表达有关,与中枢 5-HT 系统的功能和兴奋性有联系。黄国尧^[30]研究发现沉香香熏能够改善抑郁症状。史圣华等^[41]发现沉香四味散有抗抑郁作用,可能与单胺类神经递质有关。沉香精油具有抗焦虑和抗抑郁作用,其作用机制与抑制促肾上腺皮质激素释放因子和丘脑下部-垂体-肾上腺皮质轴(HPA 轴)的亢进有关,通过抑制 HPA 轴的过度活动来改善焦虑和抑郁^[42]。

2.6 抗肿瘤作用

众多学者研究沉香在抗肿瘤方面的作用。Dahham 等^[43]发现沉香精油在裸鼠体内对 HCT116 结肠癌细胞皮下肿瘤能明显抑制生长,表明沉香中

色酮类成分具有一定抗癌和抗肿瘤作用。Huo 等^[34]对沉香抗肿瘤、抗细胞毒研究进行系统整理,发现其对结肠癌细胞、人骨髓性白血病细胞、人胃癌细胞、人口腔表皮样癌细胞等人肿瘤细胞系均有抑制生长作用。Suzuki 等^[44]从沉香中分离 2-(2-苯乙基)色酮类化合物,发现 7,4'-二甲氧基-6-羟基-2-(2-苯乙基)色酮对人口腔表皮样癌细胞 KB、人口腔上皮癌 KB-VIN 细胞、人肺泡 II 型上皮细胞 A549、人乳腺癌 MDA-MB-231 细胞、MCF-7 的生长均有抑制作用。

2.7 抑菌作用

沉香具有较强和较广的抗菌谱,对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、白色念珠菌等的生长有较好的抑制作用^[45]。国产沉香煎剂对人体型结核杆菌有完全抑制作用;对伤寒杆菌及福氏杆菌也有强烈的抗菌作用^[30]。沉香叶、木、皮提取液中均有抑菌物质,其中对细菌的抑制力胜过霉菌,沉香叶的抑菌效果比沉香木、沉香皮显著^[46]。Lei 等^[47]研究表明,综合刺激法(甲酸+真菌接种)和延长诱导时间制得的人工沉香也具有较好的抗菌活性。

2.8 抗氧化作用

沉香具有抗氧化作用^[48]。向盼等^[49]使用柱色谱技术分离纯化人工打洞沉香的化学成分以及鉴定,采用 DPPH 法测定单体化合物的抗氧化活性,发现 8 α -氯-5 α ,6 β ,7 β -三羟基-5,6,7,8-四氢-2-[2-(3-羟基-4-甲氧基苯)乙基]色酮、6-羟基-2-[2-(4-羟基-3-甲氧基苯)乙烯基]色酮、2-oxo-12-hydroxy-hinesol 3 种化合物具有一定的抗氧化活性。田程飘等^[50]研究表明超临界与水蒸气蒸馏法提取沉香精油均具有抗氧化性,超临界法提取得到的挥发油抗氧化能力较优。邓幸运等^[51]指出沉香叶各种溶剂提取物均有体外抗氧化活性,其中以无水乙醇提取物抗氧化能力最好。

3 大健康产品开发研究

3.1 产业发展现状

沉香是我国连接“一带一路”国家的重要媒介之一。古代海上丝绸之路就是一条香路,包括沉香在内的东南亚的香料就从海上丝绸之路进入中国。随着“一带一路”倡议的实施让沉香产业面对新的机遇与挑战。

沉香产业是我国近几年来经济产业与文化产业的结合体,也是朝阳产业与传统产业的共存体,发展前景广阔^[52]。全国多个省市都积极开展沉香产品开发如广东、云南、台湾、海南等省,大力发展沉

香相关行业^[53]。沉香产业可分为工业类、文化产业类、农业类分布情况如表 5 所示，工业类产品分布如表 6 所示。目前，市场上沉香产品大体分成 4 大类，即药香（药材、成药）、食香（酒、茶）、闻香（线香、香囊、车载香）、赏香（工艺品手串等）^[54]。沉香大健康产品涉及多类中药大健康产品，包括中药材、中成药、保健品、化妆品等^[55]。在保健品类中，主要开发沉香茶、沉香酒、沉香饼等产品；在化妆品类中，开发沉香面膜、沉香面霜等产品；在大健康领域的芳香疗法中，开发香薰、线香、精油等产品。

3.2 非药用部位药理作用及产品开发

沉香在呼吸系统、消化系统^[56-57]、心脑血管系

表 5 沉香产业分布情况

Table 5 Distribution of *Aquilaria sinensis* industry

沉香产业	分布
工业	香料、精油、工艺品加工, 制药、制茶、化妆品、日化品
文化业	沉香艺术品、沉香文物、相关非物质文化遗产、香道礼仪
农业	育种、育苗、种植

表 7 沉香非药用部位的药理作用及产品开发情况

Table 7 Pharmacological action and product development of non-medicinal parts of *Aquilaria sinensis*

沉香部位	药理作用	产品开发	文献
叶	镇痛、抗炎、止血、促进小肠运动、泻下、抗肿瘤、抗脑缺氧、降糖	用于肥胖、便秘、高血糖、出血、肿瘤及脑缺血等疾病的辅助治疗；可将沉香叶制成茶饮类产品或保健品，已被制成具助睡眠、消胀气、排宿便、去油脂、养颜美容作用的沉香茶，进行出口。也可将沉香叶的老叶、嫩叶按比例混合；或将沉香叶与其他中药材叶片配伍使用，制成沉香保健类茶饮	59-61
种子	抗菌、抗氧化、抗肝癌	用于抗耐甲氧西林金黄色葡萄球菌等耐药菌株；沉香籽油资源主要分布于广东、云南、海南等地，年产量在 40 万 t 以上，沉香籽中油脂含量高，含油率约为 71.7%，出油率为 56.6%，可用于榨油、肥皂、润发油和靴皮革油等的制造	62-63
树皮	/	树皮含强韧纤维，色白而细，为人造棉、打字蜡纸、皮纸、钞票纸的原料，可做熏香材料装纳烟丝等	64-65
果皮	抗肿瘤活性及抗菌活性	能抑制人乳腺癌细胞增殖，抑制绿色木霉、黑曲霉、黄曲霉，对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、铜绿假单胞菌有显著抑制作用；在云南省特定优良沉香树种源的果皮已经被作为茶叶、药酒的重要原料	66-67

4 专利研究现状

4.1 专利检索

随着沉香产业和大健康产业的全面升级，沉香相关专利对其产业的发展越来越重要。通过查询“中华人民共和国国家知识产权局”专利网所得。以“沉香”及相关关键词进行搜索，所得沉香专利包括文献类型（公开文献、授权公告文献）；发明类型（发明、实用新型、外观设计）；有效专利（有效专利）3 类。主要研究近 20 年（2001—2019 年）关于沉香的相关专利，以申请日按年统计，并对结果进行分析。

4.2 专利内容分析

根据搜索结果显示，以“沉香”为主题词，共搜索到 7653 篇相关专利。其中根据按发明类型、文献类型、用途分类等不同分类得到以上几份图表。2015—2016 年对沉香的知识产权申请量较高，近年来申请率有所减少，见图 1。“沉香”专利主要集

表 6 沉香工业类主要产品分布图

Table 6 Distribution of main *Aquilaria sinensis* industrial products

业态	产品
药品	中药材
香道用品	线香、熏香、盘香、香水、香料
医疗保健	精油、针灸用品
食品	沉香酒、烟、茶、饼，沉香粉
化妆品	沉香面膜、身体乳等
日化品	沉香肥皂、牙膏、洗发水、沐浴露等
工艺品	木雕、手玩、挂件、家饰等

统、泌尿系统、免疫系统^[58]等疾病的治疗中应用广泛、疗效确切。研究表明，沉香叶、种子果皮等非传统药用部位与沉香木有效成分有相似性，具有较好的药理作用。将沉香非传统药用部位综合开发成大健康产品，能够提高药材资源利用度，缓解沉香资源紧缺现象。沉香叶可开发成茶饮等保健类大健康产品，沉香籽油可用于肥皂等日化品开发，树皮在香料、卷烟开发上发挥价值。本研究对沉香非药用部位的药理作用及大健康产品开发进行梳理，见表 7。

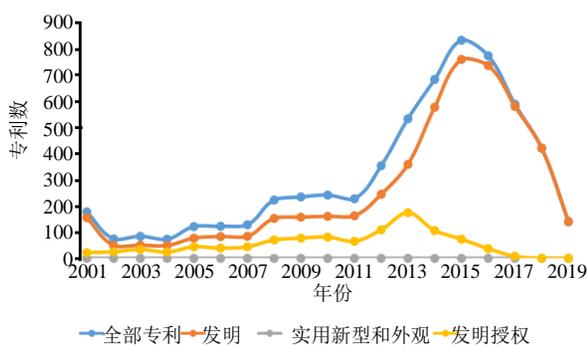


图 1 近 20 年“沉香”专利按年份分布情况

Fig. 1 Distribution of "*Aquilaria sinensis*" patents in recent 20 years by year

中于农业，占比 82%；按发明类型分类有发明统计、实用新型统计、外观设计统计 3 项，其中发明统计者专利申请较多，以公开日统计合计 6148 项，且总体来说随时间呈上升趋势。按文献类型分类有按公

开文献统计、授权公告统计 2 类，其中公开文献统计者专利申请较多，以公开日统计合计 7409 项，以 2015 与 2016 年较多，见图 2。按用途分类，筛选保健品类、香道用品类、化妆品类、烟类、食品类、家具装饰类、医药品类 7 类，分布情况为食品类最多总结 763 项，其次为香道用品类计 336 项，医药品类 265 项，基本与年份上涨呈正比，见图 3。“沉香”专利申请集中于食品类、香道用品类、医药品类，与目前产品开发利用情况相一致。

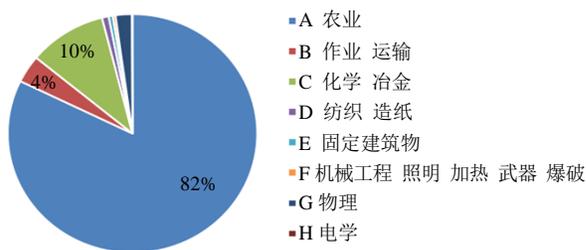


图 2 “沉香”专利按部类分布情况

Fig. 2 "Aquilaria sinensis" patent according to distribution of the department

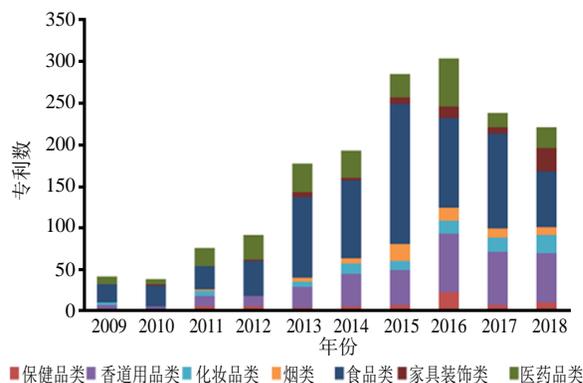


图 3 沉香专利按用途分类近 10 年分布

Fig. 3 Distribution of Aquilaria sinensis patents in last 10 years by use classification

在查询沉香非药用部位的专利申请时，发现以“沉香叶、沉香种子、沉香果皮、沉香树皮”为关键词，分别检索到 155、22、0、6 条数据。在“沉香”关键词基础上，分别搜索 A 保健类、B 香道类、C 日化品类、D 化妆品类几类大健康产品，结果显示保健类产品专利申请最多，“沉香、酒”“沉香、烟”“沉香、茶”分别检索到 1188、557、888 条数据。日化品类最少，“沉香、肥皂”“沉香、沐浴”“沉香、洗发水”分别检索到 9、28、7 条数据，具体数据见图 4。根据方剂专利检索，发现

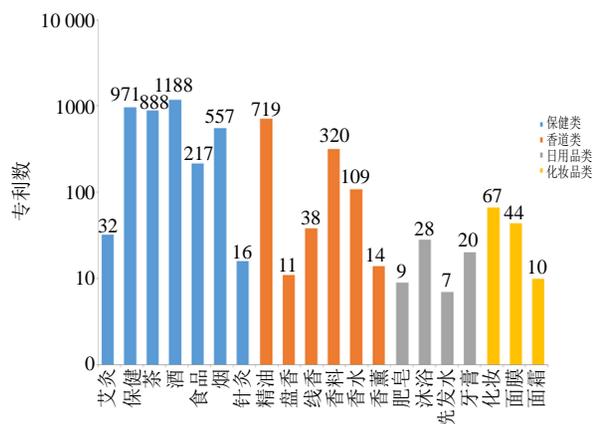


图 4 沉香大健康产品专利分布情况

Fig. 4 Distribution of patents of Aquilaria sinensis large health products

含有沉香的中药复方专利有 7734 项，数量颇多，数据可供参考。

5 结语

沉香的药理作用和临床应用十分广泛，但对其物质基础及临床作用机制的认识还不够明确，需要更深入的研究以明确其有效成分及作用机制。沉香药材价格昂贵，产业发展深受饮片质量影响，《中医药法》的颁布及实施支持沉香饮片良好的发展，保障药材品质。同时，也可通过电子鼻等方式提高质量鉴别能力，对沉香的品质进行分类^[68]，规范沉香产品，推广沉香应用，保障消费者利益。

沉香作为药用植物资源在传统中医药的应用比较单一，目前主要通过茎、干的生产利用，资源利用率较低。研究表明沉香非药用部位也具有镇痛、抗炎、抗菌、抗氧化、抗肿瘤等药理活性，学者对沉香叶、种子等部位的研究利用热度在逐渐上升。综合开发沉香属植物的不同价值，加强对沉香药材非药用部位的开发利用，可提高其资源利用度，促进沉香资源可持续的健康发展。

知识产权专利保护是沉香产业持续健康发展的“保护伞”。专利研究情况分析发现：沉香产品专利申请数量颇多，申请的产品种类丰富，但近年来申请率有所下降；沉香产品临床应用广泛，沉香产业逐渐扩展到食品、香料、医药品、保健品领域；对沉香非药用部位的专利申请仍较少。申请人已有一定研发能力及知识产权保护意识，可专利的转化许可等产业应用较少。需提高对沉香产品的知识产权保护关注度，以及相关知识产权保护意识，加强知识产权法律系统建设，利于加强沉香大健康产业的

技术创新,避免重复研究的浪费,为明确研究方向和内容提供信息支撑。以此来促进沉香产业升级,规范沉香市场竞争秩序^[69]。

沉香大健康产品开发发展迅速,形成初步产业链。在产业结构上,沉香市场出现消费群体、消费需求、消费方向的转变,要根据消费者需求以及经济效益,对开发利用沉香大健康产品进行更深入的探索。结合“一带一路”建设和精准扶贫政策,科学促进沉香产业结构的深化与转型。将沉香大健康产品开发与发展,作为文化建设的“着力点”,制定《沉香产业发展规划》,建设高资源利用率、高经济社会效益的沉香产业。开发“药香两用”特色产品、药食同源产品、保健型产品,树立中药大健康品牌。在扩大沉香大健康产品的发展时,需关注其生产加工、运输储藏、市场营销等环节,防止出现“东北林下参、产量高产值低、人参卖出萝卜价”现象,影响沉香产业健康发展。

本文旨在立足于沉香产业的生态可持续发展,对沉香药理作用、大健康产品开发应用、专利研究情况角度进行总结分析,为提高沉香资源综合利用、强化产品开发、科学发展产业结构、更深入全面地研究沉香药材提供理论依据,对于实现沉香药材资源的综合利用,提高经济价值,完成具有产业链的中药材大品种建设,具有一定现实意义。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 192-193.
- [2] Liu J, Zhang X, Yang J, et al. Agarwood wound locations provide insight into the association between fungal diversity and volatile compounds in *Aquilaria sinensis* [J]. *R Soc Open Sci*, 2019, 6(7): 190211.
- [3] Wang S, Yu Z X, Wang C H, et al. Chemical constituents and pharmacological activity of agarwood and *Aquilaria* plants [J]. *Molecules*, 2018, 23(2): 342.
- [4] Huo H X, Liu Y, Liu W J, et al. A full solution for multi-component quantification-oriented quality assessment of herbal medicines, Chinese agarwood as a case [J]. *J Chromatogr A*, 2018, 1558: 37-49.
- [5] Takamatsu S, Ito M. Agarotetrol in agarwood: Its use in evaluation of agarwood quality [J]. *J Nat Med*, 2020, 74(1): 98-105.
- [6] 杨峻山, 陈玉武. 国产沉香化学成分的研究—I. 白木香酸和白木香醛的分离和结构测定 [J]. *药学报*, 1983(3): 191-198.
- [7] 徐金富, 朱亮峰, 陆碧瑶, 等. 中国沉香精油化学成分研究 [J]. *J Integrat Plant Biol*, 1988, 30(6): 635-638.
- [8] 杨德兰, 梅文莉, 杨锦玲, 等. GC-MS 分析 4 种奇楠沉香中致香的倍半萜和 2-(2-苯乙基)色酮类成分 [J]. *热带作物学报*, 2014, 35(6): 1235-1243.
- [9] 李月菲, 田从魁, 孟嘉星, 等. 沉香的化学成分及药理作用研究进展 [J]. *国际药学研究杂志*, 2019, 46(7): 498-506.
- [10] 李薇, 梅文莉, 董文化, 等. 国产绿奇楠沉香的化学成分研究 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2019, 27(2): 196-202.
- [11] 邝彤东, 陈惠琴, 李薇, 等. 人工打洞沉香中 1 个新的倍半萜 [J]. *中国中药杂志*, 2017, 42(23): 4618-4623.
- [12] Li W, Cai C H, Dong W H, et al. 2-(2-Phenylethyl)chromone derivatives from Chinese agarwood induced by artificial holing [J]. *Fitoterapia*, 2014, 98: 117-123.
- [13] 刘军民, 徐鸿华. 国产沉香研究进展 [J]. *中药材*, 2005, 28(7): 627-632.
- [14] 吴亚丽. 柬埔寨柯拉斯那沉香中倍半萜化学成分研究与部分生物活性筛选 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2020.
- [15] 熊礼燕. 沉香活性成分及其质量标准研究 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2014.
- [16] Yang D L, Wang H, Guo Z K, et al. A new 2-(2-phenylethyl)chromone derivative in Chinese agarwood 'qi-Nan' from *Aquilaria sinensis* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2014, 16(7): 770-776.
- [17] 董梅月, 杨中一, 马祯, 等. 国产沉香化学成分及药理作用研究进展 [J]. *山东中医杂志*, 2020, 39(2): 189-194.
- [18] 李远彬, 王羚邴, 邓幸运, 等. 沉香的醇浸出物和沉香四醇含量测定及品质分类 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2017, 23(15): 70-75.
- [19] Zhang Y, Liu H X, Li W S, et al. 2-(2-phenylethyl)chromones from endophytic fungal strain *Botryosphaeria rhodina* A13 from *Aquilaria sinensis* [J]. *Chin Herb Med*, 2017, 9(1): 58-62.
- [20] Liao G, Mei W L, Dong W H, et al. 2-(2-Phenylethyl)chromone derivatives in artificial agarwood from *Aquilaria sinensis* [J]. *Fitoterapia*, 2016, 110: 38-43.
- [21] Kuang T D, Chen H Q, Kong F D, et al. Three new 2-(2-phenylethyl)chromone derivatives from artificial holing agarwood of *Aquilaria sinensis* [J]. *Phytochem Lett*, 2018, 26: 96-100.
- [22] 梅文莉, 曾艳波, 刘俊, 等. 五批国产沉香挥发性成分的 GC-MS 分析 [J]. *中药材*, 2007, 30(5): 551-555.

- [23] 陈晓颖, 高英, 李卫民. 不同结香方法与国产沉香挥发性化学成分的相关性研究 [J]. 中国药房, 2012, 23(11): 1017-1020.
- [24] 吴晓鹏, 杨锦玲, 梅文莉, 等. 5 批化州产沉香挥发性成分的 GC-MS 分析 [J]. 热带生物学报, 2016, 7(4): 500-509, 516.
- [25] 杨林, 乔立瑞, 谢丹, 等. 国产沉香中的倍半萜类和单萜类化学成分 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(13): 1973-1976.
- [26] 李薇, 梅文莉, 左文健, 等. 国产人工打洞沉香的化学成分研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2016, 24(3): 342-347.
- [27] 梅全喜, 李红念, 林焕泽, 等. 沉香叶与沉香药材降血糖作用的比较研究 [J]. 时珍国医国药, 2013, 24(7): 1606-1607.
- [28] Wang S, Wang C H, Peng D Q, *et al.* Agarwood essential oil displays sedative-hypnotic effects through the GABAergic system [J]. *Molecules*, 2017, 22(12): 2190.
- [29] 林峰, 梅文莉, 吴娇, 等. 人工结香法所产沉香挥发性成分的 GC-MS 分析 [J]. 中药材, 2010, 33(2): 222-225.
- [30] 黄国尧. 沉香香熏改善抑郁状态的临床研究 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2016.
- [31] 熊礼燕, 姬国玺, 林励, 等. 沉香镇痛有效部位及其物质基础研究 [J]. 时珍国医国药, 2014, 25(8): 1842-1844.
- [32] 董鹏鹏, 李红念, 梅全喜, 等. 南药沉香的临床应用研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2015, 26(11): 2744-2746.
- [33] 王娇, 徐雪, 梁幼雅. 不同年份沉香药材镇痛作用的比较 [J]. 海南医学, 2014, 25(15): 2188-2190.
- [34] Huo H X, Gu Y F, Sun H, *et al.* Anti-inflammatory 2-(2-phenylethyl)chromone derivatives from Chinese agarwood [J]. *Fitoterapia*, 2017, 118: 49-55.
- [35] 刘洋洋, 陈德力, 郑威, 等. 通体结香技术产沉香的 2-(2-苯乙基)色酮类化合物及其抗炎活性研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(5): 789-794.
- [36] Zhao H, Peng Q H, Han Z Z, *et al.* Three new sesquiterpenoids and one new sesquiterpenoid derivative from Chinese eaglewood [J]. *Molecules*, 2016, 21(3): 281.
- [37] 李宏岳, 范蕾, 李凌. 沉香超微粉与山沉香超微粉药效学对比分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(12): 92-98.
- [38] 邹华杰. 藏药八味沉香散的研究进展 [J]. 中国民族民间医药, 2014, 23(11): 6.
- [39] 李凌, 范蕾, 鞠爱华. 山沉香超微粉、原粉与沉香超微粉、原粉药理学作用对比研究 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2016, 30(10): 1078-1079.
- [40] 汪风华, 李东勳, 王日康. 二十味沉香微丸对绝望小鼠行为及海马 5-HT 系统的影响 [J]. 中成药, 2019, 41(12): 3029-3032.
- [41] 史圣华, 金星, 莫日根. 广枣七味散、十三味槟榔散、沉香四味散抗抑郁作用的实验研究 [J]. 中国民族医药杂志, 2012, 18(5): 41-43.
- [42] Wang S, Wang C H, Yu Z X, *et al.* Agarwood essential oil ameliorates restrain stress-induced anxiety and depression by inhibiting HPA axis hyperactivity [J]. *Int J Mol Sci*, 2018, 19(11): 3468.
- [43] Dahham S S, Hassan L E A, Ahamed M B K, *et al.* *In vivo* toxicity and antitumor activity of essential oils extract from agarwood (*Aquilaria crassna*) [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2016, 16: 236.
- [44] Suzuki A, Miyake K, Saito Y, *et al.* Phenylethylchromones with *in vitro* antitumor promoting activity from *Aquilaria filaria* [J]. *Planta Med*, 2017, 83(3/4): 300-305.
- [45] 周雅琴, 谭小明, 陈晓梅, 等. 药用植物沉香内生真菌的分离及抗菌活性研究 [J]. 中国药理学杂志, 2011, 46(9): 649-651.
- [46] 廖建良, 吴国祥, 曾令达, 等. 沉香提取物的抑菌活性 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 285-287.
- [47] Lei Z D, Zhang S, Liu D L, *et al.* Evaluation of three different artificial agarwood-inducing methods from *Aquilaria sinensis* using antimicrobial activity [J]. *Pak J Pharm Sci*, 2019, 32(3): 905-910.
- [48] 熊礼燕, 李丽月, 林励, 等. 沉香挥发油对 H₂O₂ 致 PC12 细胞氧化损伤的保护作用 [J]. 中药新药与临床药理, 2014, 25(1): 28-32.
- [49] 向盼, 曾艳波, 梅文莉, 等. 人工打洞沉香的化学成分及生物活性研究 [J]. 中药材, 2017, 40(10): 2339-2343.
- [50] 田程飘, 宋雅玲, 许海棠, 等. 超临界和水蒸气蒸馏提取沉香精油成分分析及抗氧化、抑菌活性对比研究 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(18): 4000-4008.
- [51] 邓幸运, 周绿颖, 李远彬, 等. 沉香叶不同提取部位的体外抗氧化作用研究 [J]. 中国药房, 2016, 27(16): 2181-2184.
- [52] 沈华杰, 肖支叶, 李明月, 等. 沉香产业主要产品开发现状与展望 [J]. 轻工科技, 2018, 34(3): 115-117.
- [53] 沈华杰, 何海珊, 李明月, 等. 云南省沉香产业发展的 SWOT 分析 [J]. 轻工科技, 2018, 34(2): 109-111.
- [54] Hashim Y Z H Y, Kerr P G, Abbas P, *et al.* *Aquilaria* spp. (agarwood) as source of health beneficial compounds: A review of traditional use, phytochemistry and pharmacology [J]. *J Ethnopharmacol*, 2016, 189: 331-360.
- [55] 张伯礼, 张俊华, 陈士林, 等. 中药大健康产业发展机遇与战略思考 [J]. 中国工程科学, 2017, 19(2): 16-20.
- [56] Kakino M, Tazawa S, Maruyama H, *et al.* Laxative

- effects of agarwood on low-fiber diet-induced constipation in rats [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2010, 10: 68.
- [57] Wang C H, Wang S, Peng D Q, *et al*. Agarwood extract mitigates intestinal injury in fluorouracil-induced mice [J]. *Biol Pharm Bull*, 2019, 42(7): 1112-1119.
- [58] Zhu Z X, Zhao Y F, Huo H X, *et al*. HHX-5, a derivative of sesquiterpene from Chinese agarwood, suppresses innate and adaptive immunity via inhibiting STAT signaling pathways [J]. *Eur J Pharmacol*, 2016, 791: 412-423.
- [59] 林焕泽, 李红念, 梅全喜, 等. 沉香叶的研究进展 [J]. 今日药学, 2011, 21(9): 547-549.
- [60] 陈地灵, 吴祎, 林励, 等. 沉香茶提取物的体外抗氧化和体内降血脂作用评价 [J]. 现代食品科技, 2013, 29(6): 1198-1201.
- [61] 段宙位, 谢辉, 窦志浩, 等. 复合型沉香茶饮料的制备研究 [J]. 食品科技, 2016, 41(12): 62-65.
- [62] 刘俊, 梅文莉, 崔海滨, 等. 白木香种子挥发油的化学成分及抗菌活性研究 [J]. 中药材, 2008, 31(3): 340-342.
- [63] 张爱华, 易智彪, 吴红, 等. 沉香籽基生物柴油燃烧动力性能的设计与研究 [J]. 湖南林业科技, 2017, 44(1): 57-61.
- [64] 周璐. 一种人工结香沉香在燃香、卷烟及精油中的应用基础研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2016.
- [65] 秦艳, 康林芝, 云帆, 等. 沉香精油微胶囊的制备及其在卷烟纸中的应用研究 [J]. 农产品加工, 2016(14): 9-13.
- [66] 李浩华, 章卫民, 高晓霞, 等. 白木香果皮提取物的抗菌活性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(7): 100-103.
- [67] 张兴. 白木香果皮化学成分及生物活性研究 [D]. 广州: 广东药学院, 2013.
- [68] Hidayat W, Shakaff A Y M, Ahmad M N, *et al*. Classification of agarwood oil using an electronic nose [J]. *Sensors (Basel)*, 2010, 10(5): 4675-4685.
- [69] 徐兵强, 罗劲梅, 易水涵, 等. 我国沉香产业专利信息分析与技术展望 [J]. 中国现代中药, 2019, 21(3): 409-413.

[责任编辑 时圣明]