

辣木叶挥发性成分的 GC – MS 研究

袁明焱^{1,2}, 刘守金¹, 杨柳², 田洋³, 胡江苗^{2*} (1. 安徽中医药大学药学院, 安徽合肥 230031; 2. 中国科学院昆明植物研究所, 植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室, 云南昆明 650201; 3. 云南农业大学生物大数据学院, 云南昆明 650201)

摘要 [目的]探究辣木叶挥发性成分的化学构成。[方法]采用丙酮浸泡, 正己烷萃取法提取辣木叶挥发性成分, 利用气相色谱 – 质谱联用 (GC – MS) 方法分析其成分构成, 采用峰面积归一化法计算各成分的相对含量。[结果]辣木叶中共鉴定出 43 种化合物, 主要成分为新植二烯 (3.752%)、植醇 (9.309%)、9Z, 12Z, 15Z – 三烯 – 1 – 十八醇 (4.198%)、二十五烷 (1.308%)、二十七烷 (2.098%)、二十二碳烯酰胺 (2.360%)、二十九烷 (2.352%)、维生素 E (8.495%)、菜油甾醇 (3.368%)、豆甾醇 (1.104%)、 β – 谷甾醇 (14.239%)、 β – 香树素 (3.325%)、24 – 亚丙基胆甾 – 5 – 烯 – 3 – 醇 (7.170%)、4,8 – 二甲氧基 – 3 – 甲基 – 2(1H) – 奎诺酮 (1.586%) 等。[结论]辣木叶挥发性成分主要包括甾体、醇、炔、杂环、胺、酯、醛、脂肪酸与酮, 其中含量最高的为甾体类。

关键词 辣木叶; 挥发性成分; GC – MS

中图分类号 S759.82 **文献标识码** A **文章编号** 0517 – 6611(2018)08 – 0174 – 03

Study on Volatile Components of *Moringa oleifera* Leaf by GC-MS

YUAN Ming-yan^{1,2}, LIU Shou-jin¹, YANG Liu² et al (1. College of Pharmacy, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei, Anhui 230031; 2. State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract [Objective] The research aimed to explore the chemical composition of volatile components of *Moringa oleifera* leaf. [Method] The volatile components of *Moringa oleifera* leaf were obtained by immersing in acetone and then extracting with n-hexane, the composition of the constituents was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) method and the relative content of each component was calculated by the normalization of peak area. [Result] 43 compounds were identified, the major components were neophytadiene (3.752%), phytol (9.309%), 9Z, 12Z, 15Z-Octadecatrien-1-ol (4.198%), pentacosane (1.308%), heptacosane (2.098%), dicarboxamide (2.360%), nonacosane (2.352%), VE (8.495%), campesterol (3.368%), stigmasterol (1.104%), β -sitosterol (14.239%), β -Amyrin (3.325%), 24-propyl cholesterol-5-ene-3-alcohol (7.170%) and 4,8-Dimethoxy-3-methyl-2(1H)-quinolone (1.586%). [Conclusion] The volatile components of *Moringa oleifera* leaf mainly include steroids, alcohols, hydrocarbons, heterocycles, amines, esters, aldehydes, fatty acids and ketones etc. Among them, the highest content is steroids.

Key words *Moringa oleifera* leaf; Volatile components; GC-MS

辣木 (*Moringa oleifera* Lam.) 又名鼓槌树、山葵树、象腿树, 是白花菜目辣木属辣木科多年生热带落叶乔木, 全球约 14 个品种^[1]。辣木树皮软木质, 枝有明显的叶痕及皮孔, 小枝有短柔毛, 根有辛辣味。花期全年, 果期 6—12 月。辣木原产印度, 常种于树旁园地, 也有野生于杂林^[2]。辣木被誉为“地球上营养最密集的植物”, 其中富含蛋白质、矿物元素、维生素、微量元素和氨基酸^[3–5], 是一种理想的素食。辣木的化学成分包括皂苷、多糖、挥发油、黄酮、多酚类化合物与少量的生物碱、萜醌、香豆素与三萜化合物等^[6–11]。辣木具有降低血压、调节血脂、保护肝损伤、抗癌、抑菌消炎等药理活性^[12–14]。辣木作为传统药物, 可用于治疗蛀牙、梅毒、腹泻、癫痫、通便、发烧与前列腺癌等疾病^[15–16]。辣木在医药品中有着广泛的应用, 如辣木排毒养颜胶囊、辣木胃泰颗粒、辣木胶囊、辣木眼膏等。辣木还可作为食品保健品, 当前已开发出了多种辣木食品保健品, 如辣木面包、辣木面条、辣木酸奶、辣木营养饼干、辣木保健年糕和辣木营养饮料等。辣木除了可以作为食品、药品、保健品外, 在日化用品领域也有广泛应用, 如辣木面膜、辣木防晒霜、辣木洁面膏、辣木洗发水、辣木手工皂和辣木牙膏等。此外, 辣木还可作为天然净水剂和畜禽饲料等^[17–21]。辣木最早于 1910 年在台湾地区

引进并栽培种植, 到 20 世纪 60 年代, 云南省开始系统性研究辣木。我国已引进栽培了印度传统辣木、印度改良辣木和非洲辣木, 主要分布于台湾、海南、广东、广西、贵州、四川和云南等地。目前, 云南辣木种植面积约 0.13 万 hm^2 , 约占全国种植面积的 70%^[22]。基于此, 笔者选取了云南德宏的印度传统辣木叶, 对其挥发性成分进行研究, 以期辣木挥发性成分的进一步开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 药材 辣木于 2015 年采自云南德宏种植基地, 经刘守金教授鉴定为印度传统辣木 (*Moringa oleifera* Lam.)。

1.2 仪器与试剂 HP6890GC/5973MS 气相色谱 – 质谱联用仪 (美国 Agilent Technologies 公司); Heidolph Hei – VAP 旋转蒸发仪 (德国 Heidolph Instruments 公司); SHZ – D (III) 循环水式真空泵 (巩义市英峪予华仪器厂); 丙酮 (分析纯, 天津市大茂化学试剂厂); 正己烷 (分析纯, 天津市大茂化学试剂厂)。

1.3 试验方法

1.3.1 供试品溶液的制备。新鲜辣木叶 (500 g) 粉碎, 分别用 75% 与 85% 的丙酮各浸提 1 次, 合并提取液, 过滤后加入正己烷萃取, 减压蒸馏浓缩得供试品浸膏 4.4 g, 得率 0.88%。

1.3.2 挥发性成分的 GC – MS 分析。

1.3.2.1 色谱条件。HP – 5MS 石英毛细管柱 (30 mm $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μm); 柱温: 起始温度 80 $^{\circ}\text{C}$, 程序升温 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 至 280 $^{\circ}\text{C}$, 保持 30 min; 柱流量为 1.0 mL/min; 进样口温度

基金项目 大型企业委托项目 (Y65J8232C1)。
作者简介 袁明焱 (1992—), 女, 四川泸州人, 硕士研究生, 研究方向: 药用植物资源化学。* 通讯作者, 副研究员, 博士, 硕士生导师, 从事药用植物资源化学研究。
收稿日期 2017 – 11 – 29

250 ℃;柱前压 100 kPa;进样量 2.0 μL;分流比 10:1;载气为高纯氦气。

1.3.2.2 质谱条件。电离方式 EI;电子能量 70 eV;传输线温度 250 ℃;离子源温度 230 ℃;四极杆温度 150 ℃;质量范围 35 ~ 500 eV。

1.4 数据分析

1.4.1 定性分析。化合物经计算机检索与wiley7n.1标准普库相匹配。选择较高匹配度的检索结果,并结合文献报道的已知化合物确认检测成分。

1.4.2 定量分析。利用峰面积归一化法,通过 GC-MS 分析结果得出不同化学成分的相对百分含量。

2 结果与分析

辣木叶挥发性成分 GC-MS 分析总离子流图见图 1。对总离子流图中各峰的一级质谱经计算机检索以及与wiley7n.1标准普库相匹配,并与文献数据对照进行鉴定;利用峰面积归一化法得出不同化学成分的相对百分含量,结果见表 1。由表 1 可知,辣木叶中主要挥发性成分结构类型为

甾体类(6 个),其次为醇类(4 个)、烃类(12 个)、杂环类(6 个)、胺类(1 个)、酯类(8 个)、醛类(1 个)、脂肪酸(1 个)、酮类(1 个)与芳香类(1 个)。甾体类化合物中含量由高到低依次为β-谷甾醇(14.239%)、维生素 E(8.459%)、24-亚丙基胆甾-5-烯-3-醇(7.170%)、菜油甾醇(3.368%)、β-香树素(3.325%)、豆甾醇(1.104%),共占总量的 37.665%。醇类化合物中含量由高到低依次为植醇(9.309%)、9Z,12Z,15Z-三烯-1-十八醇(4.198%)、3,7,11,15-四甲基-2Z-烯-1-十六醇(1.394%)、3,7,11,15-四甲基-2E-烯-1-十六醇(0.953%),共占总量的 15.854%。烃类化合物中共占总量的 14.234%,杂环类化合物中共占总量的 3.4%,胺类化合物中共占总量的 2.306%,酯类化合物中共占总量的 2.11%,醛类化合物中共占总量的 2.005%,脂肪酸化合物中共占总量的 0.775%,酮类化合物中共占总量的 0.475%,芳香类化合物中共占总量的 0.256%。其中,4,8-二甲氧基-3-甲基-2(1H)-奎诺酮与 Hydroxy-6-cytosine 在辣木化学成分中未见报道。

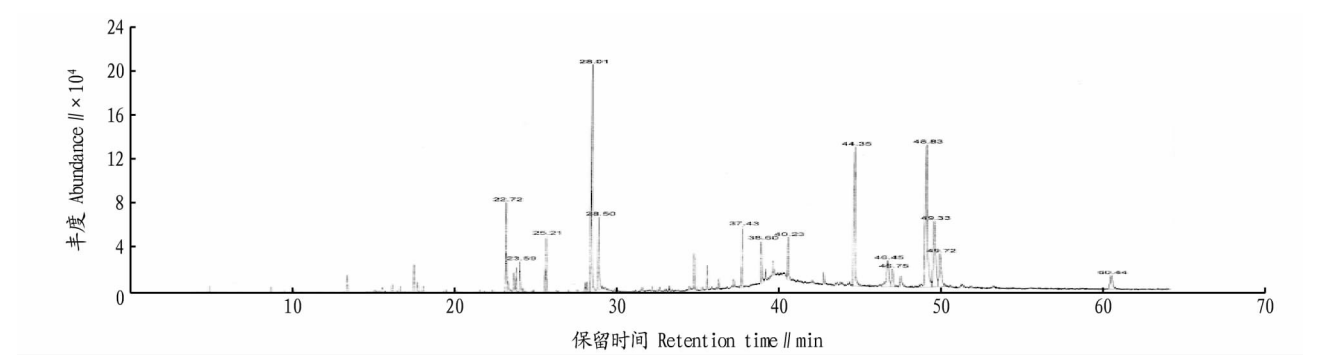


图 1 辣木叶挥发性成分的总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatogram of volatile components from *Moringa oleifera* leaf

表 1 辣木叶挥发性物质的化学成分

Table 1 The chemical constituents of volatile components from *Moringa oleifera* leaf

峰号 No.	保留时间 Retention time//min	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量 Relative content//%
1	4.195	癸烷	C ₁₀ H ₂₂	142	0.190
2	8.052	十二烷	C ₁₂ H ₂₆	170	0.141
3	8.837	3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮	C ₇ H ₉ N ₂ O ₂	139	0.110
4	9.457	3-乙烯基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮	C ₇ H ₇ N ₂ O ₂	137	0.169
5	12.828	十四烷	C ₁₄ H ₃₀	198	0.475
6	15.023	(E)-4-(2,6,6-trimethylcyclohex-1-en-1-yl)but-3-en-2-one	C ₁₃ H ₂₀ O	192	0.182
7	15.632	2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚	C ₁₄ H ₂₂ O	206	0.256
8	16.129	二氢猕猴桃内酯	C ₃₁ H ₁₆ O ₂	180	0.263
9	16.979	Hydroxy-6-cytosine	C ₄ H ₅ N ₃ O ₂	137	0.945
10	17.182	四羟基苯丙酸甲酯	C ₁₀ H ₁₂ O ₃	180	0.504
11	17.540	十六烷	C ₁₆ H ₃₄	226	0.206
12	18.966	柠檬酸乙酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₇	276	0.145
13	21.354	(-)-loliolide	C ₃₁ H ₁₆ O ₃	196	0.133
14	22.722	新植二烯	C ₂₀ H ₃₈	278	3.752
15	22.861	2,6,10,14-四甲基-2-十六烯	C ₂₀ H ₄₀	280	0.874
16	23.224	3,7,11,15-四甲基-2E-烯-1-十六醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	0.953
17	23.578	3,7,11,15-四甲基-2Z-烯-1-十六醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	1.394
18	24.447	十六烷酸甲酯(棕榈酸甲酯)	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	0.093

接下表

续表 1

峰号 No.	保留时间 Retention time//min	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量 Relative content//%
19	15.136	十六烷酸(棕榈酸)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	0.776
20	26.627	N-(2-Hydroxyethyl)-N'-[2'-(methoxycarbonyl)thiophen-3'-ylimino]-cycloformamidine	C ₁₀ H ₁₁ N ₃ O ₃ S	253	0.130
21	27.653	十八碳二烯酸甲酯(亚油酸甲酯)	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294	0.355
22	27.775	十八碳三烯酸甲酯(亚麻酸甲酯)	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	292	0.390
23	28.010	植醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	9.309
24	28.497	9Z,12Z,15Z-三烯-1-十八醇	C ₁₈ H ₃₂ O	264	4.198
25	31.809	十八碳二烯酸乙酯	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308	0.227
26	32.856	二十一烷	C ₂₁ H ₄₆	296	0.210
27	34.437	二十五烷	C ₂₅ H ₅₂	352	1.308
28	35.960	二十烷	C ₂₀ H ₄₂	282	0.392
29	36.916	9-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-1,4-epiminonaphthalene	C ₃₁ H ₁₃ N	159	0.466
30	37.434	二十七烷	C ₂₇ H ₅₆	380	2.098
31	38.604	二十二碳烯酰胺	C ₂₂ H ₄₃ NO	337	2.360
32	38.855	二十八烷	C ₂₈ H ₅₈	394	0.820
33	39.315	4,13,14,17-四甲基-4,8,12,16-十八碳四烯醛	C ₂₂ H ₃₆ O	316	1.273
34	40.228	二十九烷	C ₂₉ H ₆₀	408	2.352
35	42.456	十八醛	C ₁₈ H ₃₆ O	268	0.732
36	44.352	维生素 E	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430	8.459
37	46.452	菜油甾醇	C ₂₈ H ₄₈ O	400	3.368
38	46.751	2-hexadecyloxirane	C ₁₈ H ₃₆ O	268	1.416
39	47.269	豆甾醇	C ₂₉ H ₄₈ O	412	1.104
40	48.824	β-谷甾醇	C ₂₉ H ₅₀ O	414	14.239
41	49.331	24-亚丙基胆甾-5-烯-3-醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426	7.170
42	49.716	β-香树素	C ₃₀ H ₅₀ O	426	3.325
43	60.443	4,8-二甲氧基-3-甲基-2(1H)-奎诺酮	C ₁₂ H ₁₃ NO ₃	219	1.586

3 讨论

该研究采用丙酮浸泡、正己烷萃取方法提取辣木叶挥发性成分,利用气相色谱-质谱联用(GC-MS)方法分析其成分构成,共鉴定了 43 个化学成分,主要包括醇、烷烃、烯烃、酯、酸、胺、酮、醛与杂环等。陈荣荣等^[23]采用 HD/GC-MS 法对辣木树不同部位挥发性香气成分进行了分析,在辣木叶中共鉴定了 43 种成分,主成分为苯乙醛、苯甲醛、棕榈酸甲酯和棕榈酸等。但不论是在化合物类型上还是含量上均与该研究结果存在较大差异。由于该研究公司提供,并未指出所用辣木材料采自何地,属于什么品种,因此可能因为品种或者干燥程度以及提取方法不同导致的。蔡彩虹等^[24]采用水蒸气蒸馏法提取辣木叶挥发性成分并用 GC-MS 对其进行成分分析,从中鉴定了 33 个化合物,在成分组成上与该研究差异较小,但在含量上存在明显差异,这说明水蒸馏法与丙酮浸泡、正己烷萃取法这 2 种不同的方法可能会影响辣木叶中不同成分的含量,但对成分组成影响不大。植物挥发性成分是一个十分复杂的体系,不同的提取方法、干燥程度、产地可能会导致分析结果的差异,单一的提取方法并不能鉴定出辣木叶中所有挥发性成分,因此可采用多种方法对辣木进行进一步的综合研究。

植醇,又称为叶绿醇,广泛存在于植物中,它是叶绿素的组成成分之一,经叶绿素水解可得。双键 E 构型与 Z 构型 2 种异构体均有天然存在。植醇可用于制备、合成维生素 E 和维生素 K1。维生素 E 是一种脂溶性维生素,其水解产物为生育酚,是最主要的抗氧化剂之一。这 2 种化合物在此次辣木叶挥发性成分研究中含量较高,阐明了辣木叶在抗氧化、抗癌与降低血清胆固醇等方面的利用。此外,新鲜辣木叶用丙酮迅速杀酶,能够更真实反映辣木叶的化学物质构成;浸

渍液回收溶剂后用正己烷溶解,能够阐明辣木叶的原本风味,为后续辣木相关产品开发提供科学依据。

参考文献

[1] 林玲,何舒澜.辣木的研究进展[J].海峡药学,2013,25(11):60-63.

[2] 中国科学院植物志编辑委员会.中国植物志:第 34 卷·第 1 分册[M].北京:科学出版社,1984:6.

[3] 许敏,赵三军,宋晖,等.辣木的研究进展[J].食品科学,2016,37(23):291-301.

[4] 韩久红,邓颖成,唐玄.“神奇之树”——辣木的种植技术[J].农村新技术,2016(1):14-15.

[5] 饶之坤,封良燕,李聪,等.辣木营养成分分析研究[J].现代仪器,2007,13(2):18-20.

[6] 董雪丽.大孔吸附树脂纯化辣木叶总皂苷工艺研究[J].农业工程技术(农产品加工),2007(5):19-21.

[7] 陈瑞娇,彭珊珊,王玉珍,等.辣木叶中多糖含量的测定[J].时珍国医国药,2007,18(7):1700-1701.

[8] 王远,郑雯,蔡珺珺,等.辣木叶黄酮结构分析及其对胰脂肪酶的抑制作用[J].食品科学,2017(3):1-11.

[9] 刘长倩,高巍,杨柳,等.辣木的化学成分研究[J].安徽农业科学,2016,44(5):142-144.

[10] 张婧.辣木组织培养及有效成分分析[D].福州:福建农林大学,2013.

[11] DZOTAM J K,TOUANI F K,KUETE V. Antibacterial and antibiotic-modifying activities of three food plants(*Xanthosoma mafaffa* Lam., *Moringa oleifera* (L.) Schott and *Passiflora edulis* Sims) against multidrug-resistant(MDR) Gram-negative bacteria [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine,2016,16(1):1-8.

[12] MARRUFO T,NAZZARO F,MANCINI E,et al. Chemical composition and biological activity of the essential oil from leaves of *Moringa oleifera* Lam. cultivated in Mozambique [J]. Molecules, 2013, 18 (9): 10989-11000.

[13] RODRÍGUEZ-PÉREZ C,MENDIOLA J A. Green downstream processing using supercritical carbon dioxide,CO₂-expanded ethanol and pressurized hot water extractions for recovering bioactive compounds from *Moringa oleifera* leaves[J]. The journal of supercritical fluids,2016,116:90-100.

[14] VATS S,GUPTA T. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. from Rajasthan,India[J]. Physiol Mol Biol Plants,2017,23(1):239-248.

(下转第 187 页)

催化剂条件下实现了纤维的乙酰化,成功制备出性能良好的吸油材料,表明这种乙酰化方法在制备溢油吸附材料中具有非常好的应用前景。

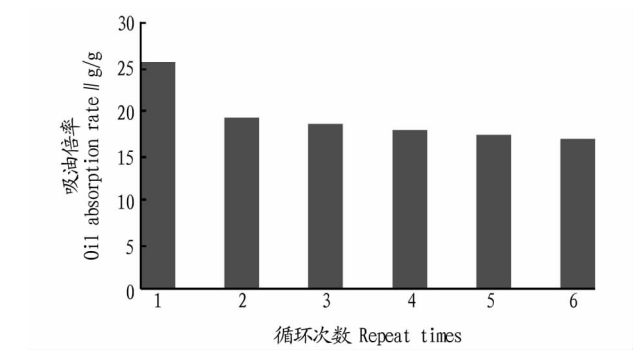


图8 循环次数对吸油材料吸油倍率的影响

Fig.8 Relationship between oil absorption of sorbent oil and its repeat times

传统的乙酰化改性存在大量弊端:①催化剂。例如,强酸为催化剂,会导致纤维的降解;吡啶、NBS、DMAP 为催化剂,价格昂贵、毒性大,会对环境造成二次污染。②乙酰化剂。最常用乙酸酐、乙酸等乙酰化剂,其反应副产物为乙酸,会形成酸性环境,导致纤维的部分降解,降低乙酰化程度。③反应温度。目前,纤维乙酰化所需温度均非常高(80~200℃),高的反应温度不仅增加制备过程的能耗和成本,也会破坏纤维结构,减少其吸油位点和孔隙率。而该研究提出的全新的乙酰化方法不添加催化剂,克服可强酸、吡啶、NBS 等催化剂的诸多弊端;副产物为水,不会产生酸性环境,克服了乙酸酐、乙酸为酰化剂的弊端;该反应在常温下即可进行,克服了传统乙酰化高温的弊端,节约了反应成本,也不会因高温而造成纤维结构的破坏。因此,该研究提出的乙酰化方法与传统乙酰化相比,具有很大进步和应用前景。

(上接第 176 页)

[15] ABRAMS B,DUNCAN D,HERTZ-PICCIOTTO I. A prospective study of dietary intake and acquired immune deficiency syndrome in HIV-seropositive homosexual men[J]. J Acquir Immune Defic Syndr,1993,6(6):949-958.

[16] FUGLIE L J. The miracle tree: *Moringa oleifera*, natural nutrition for the tropics[M]. New York: Church World Service,1999.

[17] 胡文涛,田东林,尹子豪,等. 种植开发辣木产品 助推特色农业腾飞:以云南辣木产品开发现状为例[J]. 吉林农业,2015(16):101.

[18] 贺银凤,任安祥,廖婉琴. 辣木酸奶的研制[J]. 保鲜与加工,2010,10(5):40-43.

参考文献

[1] 唐兴平,程捷,林冠烽,等. 竹纤维吸油材料的制备[J]. 福建林学院学报,2007,27(1):57-60.

[2] 濮文虹,周李鑫,杨帆,等. 海上溢油防治技术研究进展[J]. 海洋科学,2005,29(6):73-76.

[3] DESCHAMPS G,CARUEL H,BORREDON M E,et al. Oil removal from water by selective sorption on hydrophobic cotton fibers. 1. Study of sorption properties and comparison with other cotton fiber-based sorbents[J]. Environmental science & technology,2003,37(5):1013-1015.

[4] NISHI Y,DAI G,IWASHITA N,et al. Evaluation of sorption behavior of heavy oil into exfoliated graphite by wicking test[J]. Materials science research international,2002,8(4):243-248.

[5] 蔺海兰,廖建和,廖双泉. 新型天然橡胶吸油材料的制备及性能[J]. 合成橡胶工业,2007,30(3):205-210.

[6] HUSSEIN M,AMER A A,EL-MAGHRABY A,et al. Availability of barley straw application on oil spill clean up[J]. International journal of environmental science & technology,2009,6(1):123-130.

[7] 于建光,顾元,常志州,等. 小麦秸秆浸提液和腐解液对水稻的化感效应[J]. 土壤学报,2013,50(2):349-356.

[8] LI D,ZHU F Z,LI J Y,et al. Preparation and characterization of cellulose fibers from corn straw as natural oil sorbents[J]. Industrial & engineering chemistry research,2013,52(1):516-524.

[9] 吕二盟. 改性小麦秸秆制备高效溢油吸附剂的研究[D]. 广州:华南理工大学,2017.

[10] SUN R C,SUN X F. Structural and thermal characterization of acetylated rice,wheat,rye,and barley straws and poplar wood fibre[J]. Industrial crops & products,2002,16(3):225-235.

[11] GLEGG R E,INGERICK D,PARMETER R R,et al. Acetylation of cellulose I and II studied by limiting viscosity and X-ray diffraction[J]. Journal of polymer science part B: Polymer physics,1968,6(4):745-773.

[12] OLARU N,OLARU L,VASILE C,et al. Surface modified cellulose obtained by acetylation without solvents of bleached and unbleached kraft pulps[J]. Polimery,2011,56(11/12):834-840.

[13] WANG J T,WANG A Q. Acetylated modification of kapok fiber and application for oil absorption[J]. Fibers and polymers,2013,14(11):1834-1840.

[14] ZHANG A P,LIU C F,SUN R C,et al. Homogeneous acylation of eucalyptus wood at room temperature in dimethyl sulfoxide/*N*-methylimidazole[J]. Bioresource technology,2012,125:328-331.

[19] 匡钰. 辣木苏打饼干研制[C]//中国热带作物学会. 中国热带作物学会 2016 年学术年会论文集. 南宁:中国热带作物学会,2016:1.

[20] 盛军. 现代辣木生物学[M]. 昆明:云南科技出版社,2015:287-307.

[21] 赵燕南,王力舟. 现代化妆品中的经典植物油——辣木籽油[J]. 中国化妆品,1997(3):25.

[22] 马春花,邵建辉,田洋,等. 云南辣木种植区气候条件适宜性初步评价[J]. 热带农业科学,2016,36(6):28-32.

[23] 陈荣荣,张献忠,王根女,等. HD/GC-MS 法测定辣木树不同部位挥发性香气成分的研究[J]. 粮食与食品工业,2014,21(4):58-61.

[24] 蔡彩虹,梅文莉,董文化,等. 辣木叶挥发性成分 GC-MS 的分析及生物活性[J]. 热带生物学报,2016,7(3):381-386.

科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如 1990 年不能写成 90 年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于 1 的小数点前的零不能省略,如 0.2456 不能写成.2456。小数点前或后超过 4 位数(含 4 位数),从小数点向左右每 3 位空半格,不用“,”隔开。如 18 072. 235 71。尾数多的数字(5 位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用 $\times 10^n$ (n 为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。