

云南产辣木叶挥发油化学成分的 GC-MS 分析

梁文娟¹, 王狮¹, 夏越欣¹, 钱自欣¹, 王洪玲^{2*}

(1. 云南农业大学食品科技学院, 云南昆明 650201; 2. 江西中医药大学中药资源与民族药研究中心, 江西南昌 330004)

摘要 [目的]研究云南5个产地(普洱、西双版纳、德宏、丽江和楚雄)辣木叶挥发油的化学组成。[方法]采用水蒸气蒸馏法和气相色谱-质谱联用(GC-MS)联用技术鉴定云南产辣木叶挥发油化学成分。[结果]从云南产辣木叶挥发油中共鉴定出31个成分,包括脂肪烃类、萜类、芳香化合物等,其中主要含有2,5-二甲基己烷(1.58%、2.39%、0.98%、2.04%和1.21%)、2,4-二甲基己烷(2.31%、3.48%、1.46%、3.05%和1.79%)、乙基环戊烷(18.91%、28.74%、12.13%、24.98%和15.13%)、1,2,4-三甲基环戊烷(6.68%、9.90%、4.14%、8.55%和5.18%)、1,2,3-三甲基环戊烷(6.88%、10.20%、4.26%、8.90%和5.33%)、2-甲基庚烷(3.81%、5.57%、2.29%、4.79%和3.58%)、2-甲基戊基异戊酸(3.57%、5.21%、2.18%、4.55%和2.73%)、1,3-二甲基环己烷(5.78%、8.33%、3.52%、7.27%和4.41%)、1,4-二甲基环己烷(1.66%、2.47%、1.02%、2.11%和1.27%)、辛烷(2.37%、3.41%、1.44%、2.98%和1.81%)、亚麻酸乙酯(4.59%、9.31%、3.85%、13.91%和9.30%)等。[结论]云南5个不同产地辣木叶中挥发油中主要成分组成相差较大,该研究结果为揭示不同产地辣木叶的成分变化和资源保护与合理利用提供了理论依据。

关键词 云南产辣木叶; 挥发油; GC-MS; 化学成分

中图分类号 S-3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)04-0174-05

GC-MS Analysis of Essential Oil of *Moringa oleifera* from Different Areas in Yunnan

LIANG Wen-juan, WANG Shi, XIA Yue-xin et al (College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract [Objective] The aim was to study the essential oil of *Moringa oleifera* from different areas (Pu'er, Xishuangbanna, Dehong, Lijiang and Chuxiong) in Yunnan. [Method] Essential oils were extracted by water distillation and analyzed by GC-MS. The relative contents of the identified components in the essential oils were obtained by normalization of peak areas. [Result] The major components of *Moringa oleifera*, involving 2,5-dimethylhexane (1.58%, 2.39%, 0.98%, 2.04%, 1.21%), 2,4-dimethylhexane (2.31%, 3.48%, 1.46%, 3.05%, 1.79%), ethylcyclopentane (18.91%, 28.74%, 12.13%, 24.98%, 15.13%), 1,2,4-trimethylcyclopentane (6.68%, 9.90%, 4.14%, 8.55%, 5.18%), 1,2,3-trimethylcyclopentane (6.88%, 10.20%, 4.26%, 8.90%, 5.33%), 2-methylheptane (3.81%, 5.57%, 2.29%, 4.79%, 3.58%), 2-methylpentyl isovalerate (3.57%, 5.21%, 2.18%, 4.55%, 2.73%), 1,3-dimethyl-cis-cyclohexane (5.78%, 8.33%, 3.52%, 7.27%, 4.41%), 1,4-dimethyl-cis-cyclohexane (1.66%, 2.47%, 1.02%, 2.11%, 1.27%), octane (2.37%, 3.41%, 1.44%, 2.98%, 1.81%), 9,12,15-octadecatrienoic acid, ethyl ester (4.59%, 9.31%, 3.85%, 13.91%, 9.30%). [Conclusion] Great diversities in the constituents are found in different areas of Yunnan. The research provides chemical basis for the understanding of *Moringa oleifera*.

Key words *Moringa oleifera*; Essential oil; GC-MS; Chemical constituents

辣木(*Moringa oleifera*)为辣木科(Moringaceae)辣木属(*Moringa*)热带落叶乔木,原产印度,目前在亚洲和非洲热带和亚热带等地广泛种植;20世纪初,我国云南已从缅甸引种,并在云南多地种植^[1]。2012年,我国卫生部批准辣木叶作为新资源食品。因此,作为一种新型的保健食品,辣木的营养成分、化学成分、药理和安全性等方面是国内外学者研究的重点。近年来,针对辣木营养成分研究结果显示其叶、种子和花中均富含蛋白质,且氨基酸组成丰富^[2],同时各部位均富含矿物质,包括钙、钾、硫、镁、铁和多种微量元素^[3]。云南农业大学食品科技学院前期对云南不同产地辣木叶营养成分的研究发现,采自云南丽江、西双版纳、德宏、普洱和楚雄等地的辣木叶在营养成分上也存在差异^[4]。这一发现与2015年Asghari等^[5]对伊朗东南部野生辣木(*Moringa peregrina*)干叶及种子营养成分含量随季节和产地变化的研究结果相似。值得注意的是,人们针对辣木的化学成分和药理活性的研究也展开了大量工作。迄今为止,从辣木的不同部位分离

得到的小分子化学成分超过70个^[1],其类型丰富,主要包括黄酮类、三萜类、甾体类、生物碱类成分。药理活性研究表明,辣木具有解痉、镇痛、降压、消炎、保肝、降血糖、降血脂、抑制肿瘤和拮抗阿尔兹海默症中氧化应激等活性^[6-9]。基于不同产地之间化学成分的类型和含量上的差异以及云南农业大学食品科技学院前期的研究结果,笔者首次对云南普洱、西双版纳、德宏、丽江、楚雄5地产辣木叶挥发油的化学成分进行了GC-MS分析,以期为进一步优化种植栽培区域、促进其资源的合理利用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料 Agilent 7890A/5975C型气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)(美国安捷伦公司);色谱柱为HP-50石英毛细管柱(0.25 μm × 250.00 μm × 30.00 m);可调式电热套(北京科伟永兴仪器有限公司);CP313型电子天平(广州市怡华新电子仪器有限公司)。

辣木叶于2014年10月采自云南普洱、西双版纳、德宏、丽江、楚雄5地,由中国科学院张书东副研究员鉴定为*Moringa oleifera* Lam.。无水硫酸钠(西陇化工股份有限公司,分析纯)。

1.2 挥发油的提取 根据2010版中国药典提取挥发油方法^[10],在相同条件下对云南5个产地(普洱、西双版纳、德

基金项目 云南省应用基础研究计划项目青年项目(2016FD023);云南省教育厅科学研究基金项目(2015Y188);云南农业大学自然科学基金项目(2015ZR09)。

作者简介 梁文娟(1985—),女,云南昆明人,讲师,博士,从事天然产物化学成分和药效物质研究。* 通讯作者,讲师,博士,从事中药及民族药药效物质基础研究。

收稿日期 2017-11-17

宏、丽江、楚雄)辣木叶进行挥发性成分的提取。普洱产辣木叶干叶经超微粉碎,得100目微粉,称取5个产地微粉各100.0g,加入1000mL蒸馏水,浸泡1.0h,借助水蒸气蒸馏装置,采用常压水蒸气蒸馏法提取其挥发油,微沸后保持4.0h,提取时间为5.0h,提取2次,收集合并所得挥发油并用无水硫酸钠脱水,4℃下保存备用;其他4个产地辣木叶超微粉均以相同方式提取,获得待测挥发油样品。

1.3 气相色谱条件 石英毛细管柱(0.25 μm × 30 m × 0.25 μm),载气为纯度99.999%的氦气,选择气化室温度为250℃,初始温度设定为40℃,同时保持1min;此后,以5℃/min速度升至200℃;达200℃后以4℃/min速度上升至250℃,升温至250℃后保持10min。进样口温度设为250℃,流速为1.0 mL/min;进样量设定为1 μL,分流比为5:1。离子化方式为EI离子源,其温度设定为200℃,电离电压设为70 eV,四极杆温度设定150℃,溶剂延迟设定3 min,扫描选择:m/z 40~350 amu。

2 结果与分析

2.1 云南西双版纳产辣木叶挥发油的化学成分 经GC-MS定性分析从云南西双版纳产辣木叶挥发油中共鉴定出15个化学成分(表1),分别占西双版纳产辣木叶挥发油总量的99.71%。化合物类型以脂肪烃类、萜类、甾体类、芳香化合物为主,主要成分有乙基环戊烷(28.74%)、1,2,4-三甲基环戊烷(9.90%)、1,2,3-三甲基环戊烷(10.20%)、2-甲基庚烷(5.57%)、2-甲基戊基异戊酸(5.21%)、1,3-二甲环己烷(8.33%)、亚麻酸乙酯(9.31%)等。

表1 云南西双版纳产辣木叶挥发油主要化学成分

Table 1 Main constituents of the volatile oil from *Moringa oleifera* of Xishuangbanna

保留时间 编号 Retention No. time min	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对分子量 Relative molecular weight	相对含量 Relative content %
1	2,5-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	2.39
2	2,4-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	3.48
3	乙基环戊烷	C ₇ H ₁₄	98	28.74
4	1,2,4-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	9.90
5	1,2,3-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	10.20
6	3,3-二甲基己烯	C ₈ H ₁₆	112	1.40
7	2-甲基庚烷	C ₈ H ₁₈	114	5.57
8	2-甲基戊基异戊酸	C ₈ H ₁₈	168	5.21
9	1,3-二甲环己烷	C ₈ H ₁₆	112	8.33
10	1,4-二甲环己烷	C ₈ H ₁₆	112	2.47
11	1,2-二甲环己烷	C ₈ H ₁₆	112	2.57
12	辛烷	C ₈ H ₁₈	114	3.41
13	棕榈酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	2.15
14	亚麻酸乙酯	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	306	9.31
15	2,2'-亚甲基双[6-(1,1-二甲基乙基)-4-甲基-苯酚]	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340	4.88

2.2 云南楚雄产辣木叶挥发油的化学成分 经GC-MS定性分析从楚雄产辣木叶挥发油中共鉴定出25个化学成分(表2),分别占楚雄产辣木叶挥发油总量的94.98%。化合物

类型以脂肪烃类、萜类、甾体类、芳香化合物为主,主要成分有乙基环戊烷(15.13%)、1,2,4-三甲基环戊烷(5.18%)、1,2,3-三甲基环戊烷(5.33%)、亚麻酸(4.65%)、亚麻酸乙酯(9.30%)、2,2'-亚甲基双[6-(1,1-二甲基乙基)-4-甲基-苯酚](22.24%)等。

表2 云南楚雄产辣木叶挥发油主要化学成分

Table 2 Main constituents of the volatile oil from *Moringa oleifera* of Chuxiong

保留时间 编号 Retention No. time min	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对分子量 Relative molecular weight	相对含量 Relative content %
1	2,5-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	1.21
2	2,4-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	1.79
3	乙基环戊烷	C ₇ H ₁₄	98	15.13
4	1,2,4-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	5.18
5	1,2,3-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	5.33
6	3,3-二甲基己烯	C ₈ H ₁₆	112	0.83
7	2-甲基庚烷	C ₈ H ₁₈	114	3.58
8	4-甲基庚烷	C ₈ H ₁₈	114	0.84
9	2-甲基戊基异戊酸	C ₈ H ₁₈	186	2.73
10	1,3-二甲环己烷	C ₈ H ₁₆	112	4.41
11	1,4-二甲环己烷	C ₈ H ₁₆	112	1.27
12	1-乙基-2-甲基-环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	0.99
13	1,2-二甲环己烷	C ₈ H ₁₆	112	1.34
14	辛烷	C ₈ H ₁₈	114	1.81
15	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	1.06
16	棕榈酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	1.23
17	植醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	3.74
18	亚麻酸	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	278	4.65
19	13-Tetradec-11-yn-1-ol-13-十四烯-11-炔-1-醇	C ₁₄ H ₂₄ O	208	1.31
20	亚麻酸乙酯	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	306	9.30
21	28-Nor-17. beta. (H)-hopane 去甲何帕烷	C ₂₉ H ₅₀	398	1.99
22	环十五烷	C ₁₅ H ₃₀	210	1.66
22	15-Isobutyl-(13.alpha.H)-iso copalane	C ₂₄ H ₄₄	332	0.62
23	巴卡林烷	C ₃₀ H ₅₄	414	0.47
24	蒲公英甾醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426	0.27
25	2,2'-亚甲基双[6-(1,1-二甲基乙基)-4-甲基-苯酚]	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340	22.24

2.3 云南德宏产辣木叶挥发油的化学成分 经GC-MS定性分析从德宏产辣木叶挥发油中共鉴定出17个化学成分(表3),分别占德宏产辣木叶挥发油总量的69.18%。化合物类型以脂肪烃类、萜类、甾体类、芳香化合物为主,主要成分有乙基环戊烷(12.13%)、1,2,4-三甲基环戊烷(4.14%)、1,2,3-三甲基环戊烷(4.26%)、亚麻酸乙酯(3.85%)、去甲何帕烷(7.41%)、长叶烯(20.09%)等。

2.4 云南丽江产辣木叶挥发油的化学成分 经GC-MS定性分析从云南丽江产辣木叶挥发油中共鉴定出17个化学成分(表4),分别占丽江产辣木叶挥发油总量的99.99%。化合

物类型以脂肪烃类、萜类、甾体类、芳香化合物为主,主要成分有乙基环戊烷(24.98%)、1,2,4-三甲基环戊烷(8.55%)、1,2,3-三甲基环戊烷(8.90%)、1,3-二甲甲基环己烷(7.27%)、亚麻酸乙酯(13.91%)等。

表3 云南德宏产辣木叶挥发油主要化学成分

Table 3 Main constituents of the volatile oil from *Moringa oleifera* of Dehong

保留时间 编号 Retention No. time min	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对分子量 Relative molecular weight	相对含量 Relative content %
1	2,5-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	0.98
2	2,4-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	1.46
3	乙基环戊烷	C ₇ H ₁₄	98	12.13
4	1,2,4-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	4.14
5	1,2,3-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	4.26
7	2-甲基庚烷	C ₈ H ₁₈	114	2.29
9	2-甲基戊基异戊酸	C ₈ H ₁₈	186	2.18
10	1,3-二甲甲基环己烷	C ₈ H ₁₆	112	3.53
11	1,4-二甲甲基环己烷	C ₈ H ₁₆	112	1.02
12	辛烷	C ₈ H ₁₈	114	1.44
13	植醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	2.05
14	亚麻酸乙酯	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	306	3.85
15	去甲何帕烷	C ₂₉ H ₅₀	398	7.41
16	2,6-二叔丁基-4-二甲氨基苯酚	C ₁₆ H ₂₇ NO	249	2.35
17	长叶烯	C ₁₅ H ₂₄	204	20.09

表4 云南丽江产辣木叶挥发油主要化学成分

Table 4 Main constituents of the volatile oil from *Moringa oleifera* of Lijiang

保留时间 编号 Retention No. time min	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对分子量 Relative molecular weight	相对含量 Relative content %
1	2,5-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	2.04
2	2,4-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	3.05
3	乙基环戊烷	C ₇ H ₁₄	98	24.98
4	1,2,4-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	8.55
5	1,2,3-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	8.90
6	3,3-二甲甲基烯	C ₈ H ₁₆	112	1.24
7	2-甲基庚烷	C ₈ H ₁₈	114	4.79
8	2-甲基戊基异戊酸	C ₈ H ₁₈	186	4.55
9	1,3-二甲甲基环己烷	C ₈ H ₁₆	112	7.27
10	1,4-二甲甲基环己烷	C ₈ H ₁₆	112	2.11
11	1,2-二甲甲基环己烷	C ₈ H ₁₆	112	2.23
12	辛烷	C ₈ H ₁₈	114	2.98
13	棕榈酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	3.92
14	植醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	2.52
15	亚麻酸乙酯	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	306	13.91
16	巴卡林烷	C ₃₀ H ₅₄	414	1.53
17	2,2'-亚甲基双[6-(1,1-二甲甲基)-4-甲基-苯酚]	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340	5.43

2.5 云南普洱产辣木叶挥发油的化学成分 经 GC-MS 定性分析从云南普洱产辣木叶挥发油中共鉴定出 20 个化学成分,分别占普洱产辣木叶挥发油总量的 99.99%。化合物类型

以脂肪烃类、萜类、甾体类、芳香化合物为主,主要成分有乙基环戊烷(18.91%)、1,2,4-三甲基环戊烷(6.68%)、1,2,3-三甲基环戊烷(6.88%)、1,3-二甲甲基环己烷(5.78%)、亚麻酸乙酯(4.59%)、2,2'-亚甲基双[6-(1,1-二甲甲基)-4-甲基-苯酚](6.47%)、2-(4a,8-二甲甲基-6-氧-1,2,3,4,4a,5,6,8a-八羟基-萘亚甲基)-2-丙醛(9.27%)、羊毛甾醇(16.50%)等。

表5 云南普洱产辣木叶挥发油主要化学成分

Table 5 Main constituents of the volatile oil from *Moringa oleifera* of Pu'er

保留时间 编号 Retention No. time min	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对分子量 Relative molecular weight	相对含量 Relative content %
1	2,5-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	1.58
2	2,4-二甲基己烷	C ₈ H ₁₈	114	2.31
3	乙基环戊烷	C ₇ H ₁₄	98	18.91
4	1,2,4-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	6.68
5	1,2,3-三甲基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	6.88
6	3,3-二甲甲基烯	C ₈ H ₁₆	112	0.94
7	2-甲基庚烷	C ₈ H ₁₈	114	3.81
9	2-甲基戊基异戊酸	C ₈ H ₁₈	186	3.57
10	1,3-二甲甲基环己烷	C ₈ H ₁₆	112	5.78
11	1,4-二甲甲基环己烷	C ₈ H ₁₆	112	1.66
12	1,2-二甲甲基环己烷	C ₈ H ₁₆	112	1.78
13	辛烷	C ₈ H ₁₈	114	2.37
14	棕榈酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	1.46
15	植醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	3.23
16	亚麻酸乙酯	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	306	4.59
17	2,2'-亚甲基双[6-(1,1-二甲甲基)-4-甲基-苯酚]	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340	6.47
18	2-(4a,8-二甲甲基-6-氧-1,2,3,4,4a,5,6,8a-八羟基-萘亚甲基)-2-丙醛	C ₁₅ H ₂₂	234	9.27
19	羊毛甾醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426	16.50
20	维生素 E	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430	2.20

由表 6 可知 经 GC-MS 定性分析从云南产辣木叶挥发油中共鉴定出 31 个化学成分,分别占普洱、西双版纳、德宏、丽江、楚雄 5 个不同产地的挥发油总量的 99.99%、99.71%、69.18%、99.99% 和 94.98%,化合物类型以脂肪烃类、萜类、甾体类、芳香化合物为主,其中共同含有的成分 11 种,在 4 个以上产地中含有的成分 16 种,主要成分有 2,5-二甲基己烷(1.58%、2.39%、0.98%、2.04%、1.21%)、2,4-二甲基己烷(2.31%、3.48%、1.46%、3.05%、1.79%)、乙基环戊烷(18.91%、28.74%、12.13%、24.98%、15.13%)、1,2,4-三甲基环戊烷(6.68%、9.90%、4.14%、8.55%、5.18%)、1,2,3-三甲基环戊烷(6.88%、10.20%、4.26%、8.90%、5.33%)、2-甲基庚烷(3.81%、5.57%、2.29%、4.79%、3.58%)、2-甲基戊基异戊酸(3.57%、5.21%、2.18%、4.55%、2.73%)、1,3-二甲甲基环己烷(5.78%、8.33%、3.52%、7.27%、4.41%)、1,4-二甲甲基环己烷(1.66%、2.47%、1.02%、2.11%、1.27%)、辛烷(2.37%、3.41%、1.44%、2.98%、1.81%)、亚麻酸乙酯

(4.59%、9.31%、3.85%、13.91%、9.30%) 等。值得注意的是,普洱产辣木叶特异性的含有羊毛甾醇(16.50%)、维生素 E(2.20%)、德宏产辣木叶中特异性含有长叶烯(20.09%);德宏和楚雄辣木叶中含有去甲何帕烷(7.41%、1.99%)。丽

江和楚雄辣木叶中含有巴卡林烷(1.53%、0.47%)。综上所述,云南不同产地间辣木叶挥发油成分差异较大,主要集中在分子量相对较大的成分差异,有待进一步系统的化学成分研究。

表 6 云南 5 个产地辣木叶挥发油 GC-MS 成分分析
Table 6 Main constituents of the volatile oil from *M. oleifera* in 5 regions of Yunnan

序号 No.	化合物 Compounds	成分含量 Component content// %				
		普洱 Pu'er	西双版纳 Xishuangbanna	德宏 Dehong	丽江 Lijiang	楚雄 Chuxiong
1	2,5-二甲基己烷	1.58	2.39	0.98	2.04	1.21
2	2,4-二甲基己烷	2.31	3.48	1.46	3.05	1.79
3	乙基环戊烷	18.91	28.74	12.13	24.98	15.13
4	1,2,4-三甲基环戊烷	6.68	9.90	4.14	8.55	5.18
5	1,2,3-三甲基环戊烷	6.88	10.20	4.26	8.90	5.33
6	3,3-二甲基己烯	0.94	1.40	—	1.24	0.83
7	2-甲基庚烷	3.81	5.57	2.29	4.79	3.58
8	4-甲基庚烷	—	—	—	—	0.84
9	2-甲基戊基异戊酸	3.57	5.21	2.18	4.55	2.73
10	1,3-二甲基环己烷	5.78	8.33	3.52	7.27	4.41
11	1,4-二甲基环己烷	1.66	2.47	1.02	2.11	1.27
12	1-乙基-2-甲基-环戊烷	—	—	—	—	0.99
13	1,2-二甲基环己烷	1.78	2.57	—	2.23	1.34
14	辛烷	2.37	3.41	1.44	2.98	1.81
15	棕榈酸	—	—	—	—	1.06
16	棕榈酸乙酯	1.46	2.15	—	3.92	1.23
17	植醇	3.23	—	2.05	2.52	3.74
18	亚麻酸	—	—	—	—	4.65
19	13-十四烯-11-炔-1-醇	—	—	—	—	1.31
20	亚麻酸乙酯	4.59	9.31	3.85	13.91	9.30
21	去甲何帕烷	—	—	7.41	—	1.99
22	环十五烷	—	—	—	—	1.66
23	15-Isobutyl-(13. a. H)-isocopalane	—	—	—	—	0.62
24	巴卡林烷	—	—	—	1.53	0.47
25	2,6-二叔丁基-4-二甲基氨基苯酚	—	—	2.35	—	—
26	蒲公英甾醇	—	—	—	—	0.27
27	2,2'-亚甲基双[6-(1,1-二甲基乙基)-4-甲基-苯酚]	6.47	4.88	—	5.43	22.24
28	2-(4a,8-二甲基-6-氧-1,2,3,4,4a,5,6,8a-八羟基-萘亚甲基-2-丙醛)	9.27	—	—	—	—
29	羊毛甾醇	16.50	—	—	—	—
30	维生素 E	2.20	—	—	—	—
31	长叶烯	—	—	20.09	—	—

3 结论与讨论

该研究选择云南普洱、西双版纳、德宏、丽江、楚雄 5 个产地的辣木叶干叶的挥发油成分为研究对象,借助 GC-MS 对其中主要成分进行定性和初步定量分析,研究结果表明,云南产辣木叶挥发油中主要含有小分子脂肪酸和长链脂肪酸,且不同产地之间存在差异,普洱产辣木叶特异性的含有羊毛甾醇,作为胆固醇合成的中间体具有重要的生物学意义,羊毛甾醇的衍生物具有抗真菌活性^[11];德宏产辣木叶中特异性含有长叶烯(20.09%),作为一种天然香料,长叶烯是香精香料调配的重要原料^[12]。通过文献调研发现不同产地、不同提取部位、不同提取方法得到的辣木叶挥发油成分不同,比如 Marrufo 等^[13]通过 GC 和 GC-MS 的分析方法检测了非洲东南部国家莫桑比克产辣木精油的成分,研究表明其主要包括 α -水芹烯,其次还含有二十六碳烷(13.9%)、二十五碳烷(13.3%)等。Gatade 等^[14]应用 GC-

MS 法检测发现辣木叶含有棕榈酸、二十五烷、 β -谷甾醇、植醇、十八酸甲酯和 V_E 醋酸酯。Faizi 等^[15]应用 GC-MS 方法,指认了辣木根石油醚和二氯甲烷提取物中涉及脂肪酸、酯类、乙醇、硫代氨基甲酸酯类化合物、氨基酸、甾体等主要类型。Rigano 等^[16]报道辣木油可加速创面愈合、缩短愈合时间、减轻组织病理变化的作用,其主要活性成分有待进一步研究。前期研究发现云南不同产地间辣木叶在蛋白含量、氨基酸组成、黄酮类、多糖等成分差异较大^[4]。

综上所述,云南普洱、西双版纳、德宏、丽江、楚雄 5 个产地辣木叶挥发油化学成分涉及脂肪烃类、萜类、甾体类等,但具体化学成分组成相差较大,该研究为云南产辣木叶产地整理和资源开发提供了一定的数据支持,后期有必要从药理活性的角度对辣木叶的化学成分进行深入研究,以期为进一步优化辣木种植栽培区域、促进其资源的合理利用提供参考。

参考文献

- [1] 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.
- [2] RAMIAH N, NAIR G A. Amino acids and sugars in the flowers and fruits of *Moringa oleifera* Lam. [J]. Journal of the institution of chemists 1977, 49(3): 163-165.
- [3] 丁音琴. 微波消解 ICP-OES 法测定辣木叶中的矿物质元素[J]. 福建农业科技 2014(10): 11-14.
- [4] 初雅洁 符史关 龚加顺. 云南不同产地辣木叶成分的分析比较[J]. 食品科学 2016 37(2): 160-164.
- [5] ASGHARI G, PALIZBAN A, BAKHSHAEI B. Quantitative analysis of the nutritional components in leaves and seeds of the Persian *Moringa peregrina* (Forssk.) [J]. Pharmacognosy research 2015 7(3): 8-11.
- [6] MOYO B, OYEDEMI S, MASIKA P J et al. Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake [J]. Meat science 2012 91(4): 441-447.
- [7] ATAWODI S E, ATAWODI J C, IDAKWO G A et al. Evaluation of the polyphenol content and antioxidant properties of methanol extracts of the leaves stem and root barks of *Moringa oleifera* Lam [J]. Journal of medicinal food 2010 13(3): 710-716.
- [8] SIDDHURAJU P, BECKER K. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves [J]. Journal of agricultural and food chemistry 2003 51(8): 2144-2155.
- [9] SAHAKITPICHAN P, MAHIDOL C, DISADEE W et al. Unusual glycosides of pyrolyle alkaloid and 4-hydroxyphenylethanamide from leaves of *Moringa oleifera* [J]. Phytochemistry 2011 72(8): 791-795.
- [10] 国家药典委员会. 中国药典[M]. 北京: 化学工业出版社 2005: 57.
- [11] 秦荣秀 梁忠云 李桂珍 等. 重质松节油倍半萜烯化学反应的研究进展[J]. 热带农业科学 2017 37(6): 84-87.
- [12] 张旭 赵芬琴 韩光 等. 桦褐孔菌的化学成分及抗炎活性[J]. 天然产物研究与开发 2010 22(3): 433-436.
- [13] 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.
- [14] GATADE A A, RANVEER R C, SAHOO A K. Nutritional analysis total phenolic content free radical scavenging activity and phytochemical analysis of leaves powder of *Moringa oleifera* (Drumstick) and *Cicer arietinum* (Chick pea) [J]. International journal of pharma and bio sciences 2013 4(3): 922-933.
- [15] FAIZI S, SUMBUL S, VERSIANI M A et al. GC/GCMS analysis of the petroleum ether and dichloromethane extracts of *Moringa oleifera* roots [J]. Asian pacific journal of tropical biomedicine 2014 4(8): 650-654.
- [16] RIGANO L, AADOLFATTO C, RADICE A. *Moringa* seed oil: The new soul of cosmetics [J]. Söfw journal 2011 137(3): 48-54.

(上接第 171 页)

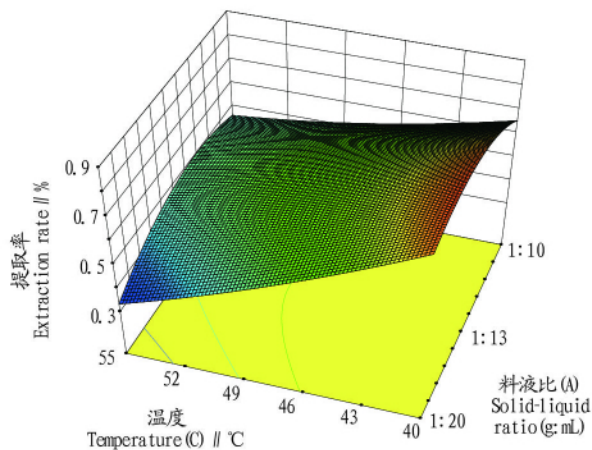


图7 温度与料液比对提取率的影响

Fig. 7 The effect of temperature and solid-liquid ratio on the extraction rate

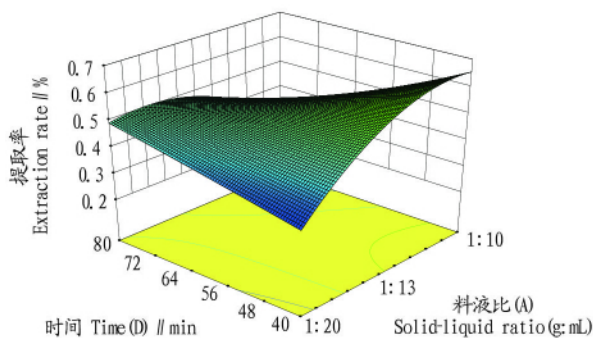


图8 提取时间与料液比对提取率的影响

Fig. 8 The effect of extraction time and solid-liquid ratio on the yield on the extraction rate

图8也明显表达了时间与料液比之间存在显著的交互作用,

当时间和料液比取较大水平时导致提取率下降很大,可能是由于在蛋白含量相对较低的水平下,过久的时间对蛋白也会产生一定破坏。

Design-Expert 8.05b 分析得出,甘薯糖蛋白的最佳提取条件为提取温度 40 °C,时间 80 min,功率 205 W,料液比 1:20 (g: mL)。此条件下糖蛋白粗品理论提取率为 1.035 5%。

2.4 验证试验结果 在提取温度 40 °C、时间 80 min、功率 205 W、料液比 1:20 (g: mL) 的条件下重复试验 5 次,甘薯糖蛋白得率分别为 1.001 7%、1.012 3%、1.014 9%、1.027 8%、1.021 9%。由此表明重复试验稳定,平均甘薯糖蛋白得率达到 1.015 72% 与理论值仅相差 2% 说明此优化具有实际应用价值。

3 结论

响应面分析法在提取条件优化过程中,可连续对影响因素的各个水平进行分析,并在响应因素与响应值之前确立数学模型,通过对数据拟合得到较好的试验参数。该试验得到的优化糖蛋白提取工艺为提取温度 40 °C,时间 80 min,功率 205 W,料液比 1:20 (g: mL),该条件下平均甘薯糖蛋白得率达到 1.015 72%。

参考文献

- [1] 马剑凤 程金花 汪洁 等. 国内外甘薯产业发展概况[J]. 江苏农业科学 2012 40(12): 1-5.
- [2] 阚建全 阎磊 陈宗道 等. 甘薯糖蛋白的免疫调节作用研究[J]. 西南农业大学学报 2000 22(3): 257-260.
- [3] 刘主 朱必凤 彭凌 等. 甘薯糖蛋白 SPG-1 抗肿瘤及免疫调节作用研究[J]. 食品科学 2007 28(5): 312-316.
- [4] 李亚娜. 甘薯糖蛋白降血脂功能的研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2001.
- [5] 孟宪军 梁婧婧 包红娜. 甘薯水溶性糖蛋白的提取工艺[J]. 食品研究与开发 2009 30(4): 87-89.
- [6] 李化 柯华香 李发洁 等. Box-Behnken 响应面法优选五味子多糖双水相提取工艺[J]. 中药材 2016 39(3): 593-597.
- [7] 胡成旭 侯欣彤 冯永宁 等. 响应面法优化云芝多糖提取条件的研究[J]. 食品工业科技 2007(7): 124-126.