

黧蒴锥花序脂溶性成分的 GC-MS 鉴定分析

汪杰^{1,2}, 周丹^{1,2}, 史庆龙^{1,2}, 马晋芳^{1,2}, 葛发欢^{1,2*}¹中山大学药学院, 广州 510006; ²中山大学南沙研究院, 广州 511458

摘要: 本文首次采用超临界 CO₂ 萃取法和传统石油醚回流法提取黧蒴锥花序中脂溶性成分, 经 GC-MS 联用技术鉴定分析其脂肪酸成分及其他挥发性成分。分析结果表明, GC-MS 分离鉴定了 26 种化合物, 包括月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、油酸、亚油酸、亚麻酸等 13 种脂肪酸和正二十烷、2-甲基十八烷、10-二十一烯等 13 种挥发性成分, 上述化合物均为首次从黧蒴锥花序中分离鉴定。两种不同提取方法的 GC-MS 鉴定结果基本一致; 与传统石油醚提取法相比, 超临界 CO₂ 萃取法具有提取时间短, 且无溶剂残留等优点。

关键词: 黧蒴锥; 超临界 CO₂ 萃取; GC-MS 分析; 脂肪酸; 挥发性成分

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.S.006

Extraction of Lipophilic Constituent from *Castanopsis fissa*. Inflorescence and Its Components Analysis

WANG Jie^{1,2}, ZHOU Dan^{1,2}, SHI Qing-long^{1,2}, MA Jin-fang^{1,2}, GE Fa-huan^{1,2}¹School of Pharmaceutical Sciences, Sun Yat-Sen University Guangzhou 510006, China;²Nansha Research Institute, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 511458, China

Abstract: Natural products are a natural treasure of god's gifts. With the constant progress in science and technology, People's demands for the environment, food, medicine and daily necessities are also getting higher and higher. More and more researchers pay attention to the natural product which is free of contamination and hazard, looking forward to developing and creating more value for natural products. *Castanopsis fissa* (*Castanopsis fissa* (Champ.) Rehd. et Wils) is an excellent indigenous fast-growing tree species, which is commonly distributed and planted in the southern regions of China and Vietnam. However, this huge amount of natural resource has not been effectively utilized until now. Therefore, in order to expand the natural product research and development, as well as to develop new procedures that make best use of the tree resources of southern China, a project was initiated to identify the chemical constituents of Chinese *Castanopsis* species. This paper describes an initial study of the lipophilic constituents of the inflorescence of *Castanopsis fissa*. In this paper, supercritical CO₂ extraction method and traditional solvent extraction method were used firstly to extract the lipophilic components in the inflorescence of *Castanopsis fissa*, and the chemical constituents were identified by GC-MS. The results showed that the GC-MS identified 32 compounds, including 10 fatty acids and 22 volatile components. The main fatty acids are Dodecanoic acid, Tetradecanoic acid, Hexadecanoic acid, 6-Octadecenoic acid, Octadecadienoic acid and linoleic acid. N-Eicosane, 2-Methyleicosane, 2-Methyloctadecane, Heneicosane, 10-Henicosene (c, t) are the main volatile components. There are no significant differences between the results of GC-MS identification of two different methods. Compared with the traditional solvent extraction method, the supercritical CO₂ extraction method can effectively shorten the extraction time and has no solvent residue which means that it can be used as the green method to extract the lipophilic component of the *Castanopsis fissa* inflorescence.

Key words: *Castanopsis fissa*; Supercritical CO₂ extraction; GC-MS analysis; fatty acids; volatile components

黧蒴锥 (*Castanopsis fissa* (Champ.) Rehd. et Wils) 又名大叶栎、裂斗椎、闽粤栲, 属壳斗科栲属植物, 是一种在中国南部广泛分布的优良速生树

种^[1]; 对立地条件要求不严, 生长快、萌芽力强, 可做多种用途^[2-7]。

黧蒴锥在中国的生长种植已有几千年历史, 易栽培, 产量丰, 是中国本土丰富的天然植物资源。关于黧蒴锥的研究多集中在它的速生丰产性能^[8]、涵

养水源功能^[9]、良种造林技术^[10]等生态价值方面。近年来,为开发黧蒴锥种群的新用途,一些研究者们做了许多努力^[11-13],然而,关于黧蒴锥物种化学成分的研究报道极少。Zhang Zhong-Feng^[14]等人首次将目光聚焦在黧蒴锥的药用价值上,通过 GC-MS 分离鉴定了黧蒴锥木屑 1% NaOH 提取物的化学成分,主要为棕榈酸甲酯(17.08%)、油酸甲酯(16.11%)、棕榈酸乙酯(7.02%)、亚油酸甲酯(4.82%)、亚油酸乙酯(4.70%)等,为揭示黧蒴锥潜在药用价值提供了第一份参考资料。Yong-Lin Huang^[15]等人从黧蒴锥新鲜叶子中提取分离了 55 种化合物,主要是植物多酚类,包括没食子酰基奎尼酸类、黄酮醇苷类、六羟基二苯酰葡萄糖糖苷类以及三萜六羟基二苯酰酯类;首次从黧蒴锥中发现 3,4-di-O-galloyl-1-O-purpurogallin carbonyl quinic acid (1) 和 3,24-(S)-HHDP-2a,3b,23,24-tetrahydroxytaraxastan-28,20b-olide (2) 两种新化合物,且药理活性实验证明六羟基二苯酰类化合物具有一定的抑制脂肪酶活性。就目前世界范围市场上黧蒴锥物种的经济价值来看,黧蒴锥木材多用作薪炭材或用于木材制造业,价格低廉。从资源的开发利用角度来说,漫山遍野的黧蒴锥树自然生长,落叶花序堆满山林,化作春泥,使黧蒴锥这一丰富资源未得到有效利用。因此,通过现代天然产物提取分离及分析新技术,研究黧蒴锥种群的化学成分,寻找其潜在药用价值或其他经济价值,对黧蒴锥资源的进一步开发利用具有重要意义。超临界 CO₂ 萃取技术作为一种新型提取分离技术,具有萃取能力强,耗时短,提取温度低,操作简单,无溶剂残留等优点^[16],国内外已广泛应用于食品、香料、中药领域。本文以黧蒴锥花序部位为研究对象,首次采用超临界 CO₂ 萃取技术提取黧蒴锥花序中的脂溶性成分,并结合传统石油醚提取法,通过 GC-MS 联用技术分离鉴定两种方法所得提取物的化学组成,以期丰富黧蒴锥化学成分研究资料,为进一步开发黧蒴锥资源奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验仪器

1 L 超临界 CO₂ 萃取装置,中山大学中药集成制造与过程控制技术研究中心和南通睿智超临界科技发展公司联合制造,型号 231-50-06,由 1 个萃取釜、3 个分离釜和 1 条分离柱组成。

TRACE 1300-ISQ 气相色谱质谱联用仪(Thermo

Fisher Scientific,美国);TR-1MS 型 100% 二甲基聚硅烷弹性石英毛细管柱(30 mm × 0.25 mm × 0.25 μm)(Thermo Fisher Scientific,美国)。

RE-52AA 旋转蒸发器、SHZ-D III 循环真空泵(上海予华仪器设备有限公司)。

XS205 Dual Range 型十万分之一分析天平、AL104 型万分之一分析天平(梅特勒-托利多仪器有限公司,上海)。

1.2 实验材料

黧蒴锥花序采摘自广东省梅州市,经广东省梅州市农业科学研究院李志良高级工程师鉴定为黧蒴锥(*Castanopsis fissa* (Champ.) Rehd. et Wils.) 花序部位。

石油醚(沸点 60~90 °C)(分析纯),正己烷(色谱级),甲醇(色谱级),德国 Meker 公司;无水硫酸钠(分析纯)(天津市富宇精细化工有限公司);氢氧化钾,无水乙醇,纯净水(深圳娃哈哈荣泰实业有限公司制造),CO₂(纯度为 99.9%,广东顺德佛伦气体有限公司)

1.3 实验方法

1.3.1 传统石油醚提取法

将干燥的黧蒴锥花序粉碎,准确称取 50 g 粉末,加入 10 倍量石油醚(沸点为 60~90 °C),65 °C 水浴加热回流 6 h。提取完成后,抽滤,滤液蒸去石油醚,冷却至室温,供 GC-MS 成分分析用。

1.3.2 超临界 CO₂ 萃取法(supercritical CO₂ extraction, SCE)

参考文献^[17],并做适当调整,超临界 CO₂ 萃取工艺如下:萃取釜温度 40 °C,压力 30 MPa;分离釜 I 温度 50 °C,压力 10 MPa;分离釜 II 温度 45 °C,压力 6 MPa;萃取时间 2 h,无水乙醇为夹带剂。

本萃取过程采用二级分离。每次称取 150 g 药材粉末,投入 1 L 萃取釜中,分别对萃取釜、分离釜 I、分离釜 II 进行加热,并对冷机和储罐制冷。当温度达到实验要求时,开启二氧化碳瓶,通过高压泵对萃取釜、分离釜进行加压,当压力分别达到实验所要求的数值时,关闭二氧化碳,开启循环泵,进行萃取循环,达到所需萃取时间后结束萃取过程,从分离釜 II 放料,收集萃取物,供 GC-MS 成分分析用。

1.3.3 GC-MS 分析方法

1.3.3.1 样品的处理方法

针对提取物中脂肪酸成分及其他挥发性成分的 GC-MS 分析,对待测样品进行两种前处理:样品甲

酯化处理和未经甲酯化前处理。分别简述如下:样品甲酯化处理^[18]:分别取一定量的上述样品,加入5 mL 正己烷,再加入5 mL 的0.5 mol/L 氢氧化钾的甲醇溶液,涡旋振动10 min,静置分层后,取上清液,加入无水硫酸钠除水,过0.45 μm 滤头,进行GC-MS分析。未经甲酯化前处理:上述两种提取方法所得样品蒸干溶剂后,分别取一定量的上述样品,然后加入色谱级的正己烷,无水硫酸钠除水,过0.45 μm 滤头,供GC-MS分析用。

1.3.3.2 GC-MS分析条件

针对两种不同的样品前处理过程及分析目的,建立了两种鬘蒴锥花序提取物GC-MS成分分析方法,分别如下:甲酯化后GC-MS方法:柱初温190 $^{\circ}\text{C}$,以1.0 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温速率升至196 $^{\circ}\text{C}$,保持2 min,以0.2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温速率升至200 $^{\circ}\text{C}$,保持5 min,以0.5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温速率升至210 $^{\circ}\text{C}$,保持1 min。进样口250 $^{\circ}\text{C}$,分流比120:1,溶剂延迟5 min,载气为氦气,流速1.0 mL/min,进样量1 μL 。传输管温度250 $^{\circ}\text{C}$;EI离子源,离子源温度230 $^{\circ}\text{C}$;全扫描,扫描范围: m/z 40-550u。未经甲酯化GC-MS方法:柱初温250 $^{\circ}\text{C}$,保持5 min,以1.0 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温速率升至270 $^{\circ}\text{C}$,保持2 min,以2.0 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温速率升至280 $^{\circ}\text{C}$,保持2 min。进样口250 $^{\circ}\text{C}$,分流比50:1溶剂延迟5 min,载气为氦气,流速1.0 mL/min,进样量1 μL 。传输管温度250 $^{\circ}\text{C}$;EI离子源,离子源温度230 $^{\circ}\text{C}$;全扫描,扫描范围: m/z 40-550u。

2 结果与分析

按上述GC-MS分析方法对超临界 CO_2 提取组和石油醚提取组分别进行分析,得到的鬘蒴锥花序脂肪酸成分及其他挥发性成分分析的气相色谱谱图分别如图1、图2、图3、图4所示。

每个组分的质谱图经计算机标准谱库NIST11检索,结合文献调研及人工谱图解析,按照峰面积

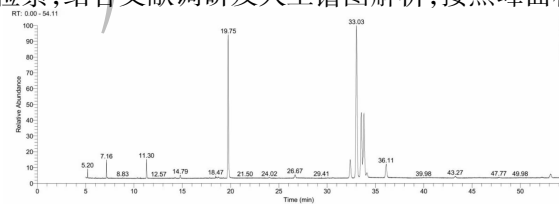


图1 鬘蒴锥花序SCE提取物中脂肪酸GC-MS图

Fig. 1 Fatty acids of the SCE extract in *Castanopsis fissa*. inflorescence gas chromatography-mass spectrum

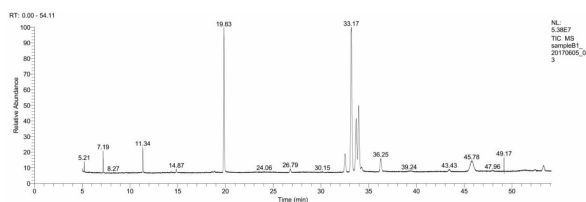


图2 鬘蒴锥花序石油醚提取物中脂肪酸GC-MS图

Fig. 2 Fatty acids of the petroleum ether-extract in *Castanopsis fissa*. Inflorescence gas chromatography-mass spectrum

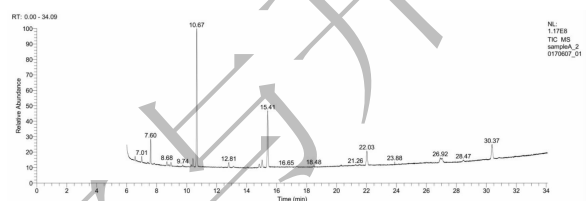


图3 鬘蒴锥花序SCE提取物中其他挥发性成分GC-MS图

Fig. 3 Other volatile components of the SCE extract in *Castanopsis fissa*. inflorescence gas chromatography-mass spectrum

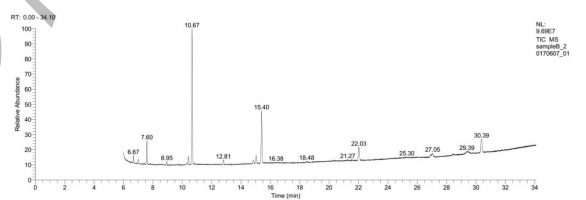


图4 鬘蒴锥花序石油醚提取物中其他挥发性成分GC-MS图

Fig. 4 Other volatile components of the petroleum ether-extract in *Castanopsis fissa*. Inflorescence gas chromatography-mass spectrum

归一化法,判断出鬘蒴锥花序的化学组分及其相对含量。表1、2、3、4分别为两种提取方法的GC-MS化学成分鉴定分析结果。

表1结果显示,SCE提取物经GC-MS共鉴定了10种脂肪酸成分,包括5种饱和脂肪酸和5种不饱和脂肪酸。其中饱和脂肪酸的总相对含量为26.85%,相对含量大于2%的有棕榈酸(20.83%)、硬脂酸(2.97%);不饱和脂肪酸总相对含量为68.32%,相对含量大于2%的有亚油酸(35.61%)、油酸(15.61%)、亚麻酸(15.71%)。

表2结果显示,石油醚提取物经GC-MS共鉴定了10种脂肪酸成分,包括6种饱和脂肪酸和4种不饱和脂肪酸。其中饱和脂肪酸的总相对含量为

表 1 蕈蕈锥花序 SCE 提取物中脂肪酸成分

Table 1 Fatty acids of the SCE extract in *Castanopsis fissa*. inflorescence

编号	化合物名称 Compound name	保留时间 Retain time	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量% Area%
1	癸酸 Decanoic acid	5.20	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	186	0.37
2	月桂酸 Dodecanoic acid	7.16	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	214	0.94
3	十四酸, 肉豆蔻酸 Tetradecanoic acid	11.30	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	242	1.53
4	9-十二碳烯酸 9-Dodecenoic acid	18.75	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	212	0.04
5	棕榈酸 Hexadecanoic acid	19.75	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	270	20.83
6	亚油酸 9,12-Octadecadienoic acid	33.03	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	294	35.61
7	油酸 6-Octadecenoic acid	33.54	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	296	15.61
8	亚麻酸 Linolenic acid	33.81	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	292	15.71
9	12-羰基-9-十二碳烯酸 Methyl 12-oxo-9-dodecenoate	34.11	C ₁₂ H ₂₀ O ₃	226	0.84
10	硬脂酸 Octadecanoic acid	36.11	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	298	2.97

表 2 蕈蕈锥花序石油醚提取物中脂肪酸成分

Table 2 Fatty acids of the petroleum ether-extract in *Castanopsis fissa*. inflorescence

编号	化合物名称 Compound name	保留时间 Retain time	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量% Area%
1	2-甲基十一烷酸 2-Methylundecanoic acid	5.21	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	200	0.35
2	月桂酸 Dodecanoic acid	7.19	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	214	1.08
3	十四酸 Tetradecanoic acid	11.34	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	242	2.02
4	6-甲基-庚酸 6-Methylheptanoic acid	14.86	C ₈ H ₁₆ O ₂	158	0.24
5	棕榈酸 Hexadecanoic acid	19.83	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	270	21.10
6	亚油酸 9,12-Octadecadienoic acid	33.17	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	294	34.20
7	油酸 6-Octadecenoic acid	33.68	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	296	12.32
8	亚麻酸 Linolenic acid	33.95	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	292	15.67
9	9-十二碳烯酸 9-Dodecenoic acid	34.23	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	212	0.50
10	15-甲基软脂酸 15-Methyl Hexadecanoic acid	36.25	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	284	2.88

表 3 蕈蕈锥花序 SCE 提取物中其他挥发性成分

Table 3 Other volatile components of the SCE extract in *Castanopsis fissa*. inflorescence

编号	化合物名称 Compound name	保留时间 Retain time	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量% Area%
1	棕榈酸乙酯 Hexadecanoic acid, ethyl ester	6.56	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	0.57
2	月桂醛 Dodecanal	7.00	C ₁₂ H ₂₄ O	184	1.09
3	正二十烷 n-Eicosane	10.67	C ₂₀ H ₄₂	282	57.55
4	10-二十一烯 10-Henicosene (c,t)	10.42	C ₂₁ H ₄₂	294	2.09
5	2-甲基-7-十九烯 2-methyl-7-nonadecene	14.85	C ₂₀ H ₄₀	280	0.83
6	9-十九烯 9-Nonadecene	15.04	C ₁₉ H ₃₈	266	2.47
7	2-甲基十八烷 2-Methyl octadecane	22.03	C ₁₉ H ₄₀	268	30.74
8	1-二十一烷醇甲酸酯 1-Henicosyl formate	26.93	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	340	1.85

表4 薰荊锥花序石油醚提取物中其他挥发性成分

Table 4 Other volatile components of the petroleum ether-extract in *Castanopsis fissa*. inflorescence

编号	化合物名称 Compound name	保留时间 Retain time	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量% Area%
1	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	6.68	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	1.44
2	环十五(烷)酐 Cyclopentadecanol	7.00	C ₁₅ H ₃₀ O	226	0.54
3	10-二十一烯 10-Henicosene (c,t)	10.42	C ₂₁ H ₄₂	294	2.92
4	正二十烷 n-Eicosane	10.67	C ₂₀ H ₄₂	282	51.21
5	9-二十六烯 9-Hexacosene	15.03	C ₂₆ H ₅₂	364	2.63
6	2-甲基十八烷 2-Methyl octadecane	15.40	C ₁₉ H ₄₀	268	30.24
7	角鲨烯 Squalene	27.05	C ₃₀ H ₅₀	410	1.23
8	正二十一烷 Heneicosane	30.38	C ₂₁ H ₄₄	296	7.9

27.67%, 相对含量大于2%的有十四酸(2.02%)、棕榈酸(21.10%)、15-甲基软脂酸(2.88%); 不饱和脂肪酸的总相对含量为62.69%, 相对含量大于2%的有亚油酸(34.20%)、油酸(12.32%)、亚麻酸(15.67%)。

表3结果显示, SCE提取物经GC-MS共鉴定了9种挥发性成分, 其中烷烃类的总相对含量高达88.29%。相对含量大于2%的有正二十烷(57.55%)、2-甲基十八(碳)烷(30.74%)、9-十九烯(2.47%)、10-二十一烯(2.09%)。

表4结果显示, 石油醚提取物经GC-MS共鉴定出8种挥发性成分, 其中烷烃类的相对含量高达89.35%, 相对含量大于2%的化合物有正二十烷(51.21%)、2-甲基十八烷(30.24%)、正二十一烷(7.9%)、10-二十一烯(2.92%)、9-二十六碳烯(2.63%)。

综上, 薰荊锥花序SCE提取物经GC-MS分离鉴定了18种化合物, 薰荊锥花序石油醚提取物经GC-MS分离鉴定了18种化合物; 将上述两种方法所得提取物的GC-MS化学成分鉴定结果进行分析比较, 如表5-1、5-2所示。

表5 不同提取方法得到的薰荊锥花序中脂肪酸类成分含量结果

Table 5 Fatty acids of the extract in *Castanopsis fissa*. Inflorescence by different extract methods

编号	化合物名称 Compound name	相对含量(%) Relative content (%)	
		超临界CO ₂ 萃取 Supercritical CO ₂ extraction	石油醚提取 Petroleum ether extraction
1	6-甲基-庚酸 6-Methylheptanoic acid	-	0.24
2	癸酸 Decanoic acid	0.37	-
3	2-甲基-十一烷酸 2-Methylundecanoic acid	-	0.35
4	9-十二碳烯酸 9-Dodecenoic acid	0.04	0.50
5	月桂酸 Dodecanoic acid	0.94	1.08
6	十四酸 Tetradecanoic acid	1.53	2.02
7	棕榈酸 Hexadecanoic acid	20.83	21.10
8	15-甲基软脂酸 15-Methyl Hexadecanoic acid	-	2.88
9	硬脂酸 Octadecanoic acid	2.97	-
10	油酸 6-Octadecenoic acid	15.61	12.32
11	亚油酸 9,12-Octadecadienoic acid	35.61	34.20
12	亚麻酸 Linolenic acid	15.71	15.67
13	12-羰基-9-十二碳烯酸 Methyl 12-oxo-9-dodecenoate	0.84	-

表 6 不同提取方法得到的藜蒴锥花序中其他挥发性成分含量结果

Table 6 Other volatile components of the extract in *Castanopsis fissa*. inflorescence by different extract methods

编号	化合物名称 Compound name	相对含量(%) Relative content (%)	
		超临界 CO ₂ 萃取 Supercritical CO ₂ extraction	石油醚提取 Petroleum ether extraction
		1	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate
2	棕榈酸乙酯 Hexadecanoic acid, ethyl	0.57	-
3	环十五烷基醇 Cyclopentadecanol	-	0.54
4	正二十烷 N-Eicosane	57.55	51.21
5	正二十一烷 Heneicosane	-	7.9
6	2-甲基十八烷、2-Methyl octadecane	30.74	30.24
7	9-十九烯 9-Nonadecene	2.09	-
8	2-甲基-7-十九烯 2-methyl-7-nonadecene	0.83	-
9	10-二十一烯 10-Henicosenone (c,t)	2.83	2.92
10	9-二十六碳烯 9-Hexacosene	-	2.63
11	角鲨烯 Squalene	-	1.23
12	月桂醛 Dodecanal	1.09	-
13	1-二十一烷醇甲酸酯 1-Heneicosyl formate	1.85	-

分析表 5-1、5-2 可知,两种提取方法所得藜蒴锥花序的脂溶性成分基本一致;共有组分月桂酸、十四酸、棕榈酸、油酸、亚油酸、亚麻酸的总相对含量均高于 86%,为藜蒴锥花序中主要脂肪酸成分;正二十烷、2-甲基十八烷、10-二十一烯总相对含量均高于 83%,为藜蒴锥花序主要挥发性成分。此外,两种方法共鉴定了 7 种不同的微量脂肪酸和 10 种不同的其他挥发性成分,分析原因,可能是两种方法提取物的化学成分种类大致相同,但含量有所差异,导致一些含量较小的化学成分在相同的 GC-MS 分析方法下出峰情况及相对含量有所偏差。

3 结论与讨论

本实验首次采用超临界 CO₂ 萃取法和传统石油醚法提取藜蒴锥花序脂溶性成分,经 GC-MS 联用技术,分离并鉴定了 26 种化合物。两种提取方法的同时应用,既是相互比较,又互为补充,共同揭示了藜蒴锥花序的脂溶性成分组成。

结果显示,藜蒴锥花序脂溶性成分基本由不饱和脂肪酸类、烷烃类、烯烃类、酯类及醇类组成,相对含量最高的是不饱和脂肪酸类及烷烃类。有文献报道多种物质的芳香性成分是正二十烷等烷烃类化合物^[19],由实验结果我们推测,藜蒴锥花序脂溶性成分的主要组成部分烷烃类化合物,是其主要芳香性

成分。分析发现,藜蒴锥花序 SCE 提取物中多不饱和脂肪酸的相对含量达 51.32%,其中亚麻酸的相对含量达 15.71%;石油醚提取物中多不饱和脂肪酸的相对含量达 49.87%,其中亚麻酸的相对含量达 15.67%。研究表明,多不饱和脂肪酸对人体有重要的生理功能,它能调节人体的脂质代谢,治疗和预防心脑血管疾病,促进生长发育,此外对抗癌、免疫调节、延缓衰老、减肥、美容等方面均具有重要的生理作用^[20]。亚麻酸是人体必需的不饱和脂肪酸之一,可在人体内合成对人体生长发育和正常代谢起重要作用的二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)。目前亚麻酸对预防心脑血管疾病、降低血脂、抑制癌症发生与转移、抗衰老、增强智力等功效是国际医学界和营养学界公认的,欧美大部分国家以及日本等国已经立法,将亚麻酸作为药物和食品添加剂用来预防和治疗心血管疾病、癌症、老年痴呆症、视力下降等病症^[21]。本实验结果表明藜蒴锥花序中含有较为丰富的不饱和脂肪酸类成分,揭示了其潜在的药用价值。

藜蒴锥作为一种天然植物资源,产量十分丰富,但是目前对于藜蒴锥资源的开发利用基本局限在其生态价值方面。本文通过对藜蒴锥花序脂溶性化学成分的分离分析,发现藜蒴锥花序中含有丰富的活性成分—不饱和脂肪酸,为藜蒴锥资源药用价值的

开发提供了可靠的参考资料。我们相信通过对黧蒴锥物质基础及药理活性等方面的更深层次的研究挖掘,黧蒴锥这一丰富资源或可成为多不饱和脂肪酸以及又一种香精香料的天然来源,有望在日用化妆品、医药等领域创造出更大的价值。

参考文献

- 1 The Editorial Committee of China flora, Chinese Academy of Sciences (中国植物志编辑委员会). Flora of China(中国植物志, Vol:22). Beijing: Science Press, 2000.
- 2 Tong FP(童方平), Jiang Y(蒋焱), Liu ZH(刘振华), et al. Chemical composition, calorific value genetic variation laws and genetic parameters estimation of half-sib families of *Castanopsis fissa*. *J Central South Univer Forestry Technol*(中南林业科技大学学报), 2013, 33(6): 7-11.
- 3 Tan WX(谭文雄), Liang YF(梁银凤), Luo D(罗丹). The characteristics and afforestation skills of *castanopsis fissa* as an excellent indigenous fast-growing tree speices. *Forest Inventory and Planning* (林业调查规划), 2006, 31-109-111.
- 4 Chen R(陈瑞), Tong FP(童方平), Li G(李贵). Longitudinal variation patterns of timber wood material property, chemical composition and calorific value of *castanopsis fissa*. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报), 2013, 29(16): 24-28.
- 5 Zhan HY(詹怀宇), Yue BZ(岳保珍), Zhang XF(张旭坊). The study on the fiber morphology and whiteness of *Castanopsis fissa*. *Paper Sci Technol*(广东造纸), 1998, (2): 1-4.
- 6 Guo XZ(郭秀珍), Bi GC(毕国昌). Tree Mycorrhiza and Its Application Techniques (林木菌根及应用技术). Beijing: China Forestry Publishing House, 1989.
- 7 Chen Y(陈羽), Zhong CL(仲崇祿), Jiang QB(姜清彬), et al. Establishment and screening of edible medicinal mycorrhizal fungi symbiont with *Castanopsis fissa*. Seedling. *Forestry and Environmental Science* (林业与环境科学), 2016, 32(3): 30-34.
- 8 Li Sh(李盛), Liang J(梁机). Research advances on genetic improvement and breeding technology of local species *Castanopsis fissa*. *J Anhui Agri Sci*(安徽农业科学), 2015, 43: 222-223.
- 9 Chen L(陈良喜). Study on water holding gapability of mixed forest of *Castanopsis fissa* with *Pinus massoniana*. *J Zhejiang for Sci Tech* (浙江林业科技), 2014, 34(5): 48-52.
- 10 Zhang q(张谦), Zeng LH(曾令海), He BX(何波祥), et al. Test of half-sib progenies from plus trees of native fast growing *Castanopsis fissa*. *Forestry Science and Technology of Guangdong Province* (广东林业科技), 2010, 26(3): 1-7.
- 11 Guo JJ(郭晶晶). Research on improving *Castanopsis fissa* sawdust pelletization properties by solid state fermentation. Hunan: Hunan University (湖南大学), MSc. 2015.
- 12 Song WW(宋微微), Sun LW(孙立炜), Liu YJ(刘玉军). *Castanopsis fissa*-A potential bio-energy and fiberboard tree species. *Forest By-Product and Speciality in China* (中国林副特产), 2007, 2: 77-80.
- 13 Mo JX(莫家兴), Liang HW(梁宏温), Huang SX(黄寿先), et al. Variation of wood fiber morphology in *Castanopsis fissa* plantation. *J Anhui Agri Sci* (安徽农业科学), 2012, 38: 12054-12056.
- 14 Zhang ZF, Peng WX, Li Kai-Fu, et al. Study on medicinal properties of red 1% NaOH extractives of *Castanopsis fissa*. Fifth International Conference on Physical & Numerical Simulation of Materials Processing. 2007, 575-578, 1272-1275.
- 15 Yong-Lin Huang, Takaaki Tsujita, Takashi Tanak et al. Triterpene hexahydroxydiphenyl esters and a quinic acid purpurogallin carbonyl ester from the leaves of *Castanopsis fissa*. *Phytochemistry*, 2011, 72: 2006-2014.
- 16 Ge FH(葛发欢), Hui GJ(辉国钧), Li J(李菁), et al. Modernization of traditional Chinese medicine and the application of supercritical fluids extraction. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 1999, 12(3): 88-93.
- 17 Wu Y(吴燕), Xiao XY(肖新玉), Ge FH(葛发欢). Optimization for supercritical CO₂ extraction with response surface methodology and component analysis of *sapindus mukorossi* Oil. *J Chin Med Mater* (中药材), 2012, 35: 300-303.
- 18 Huang Zh(黄峥), Sheng LH(盛灵慧), Ma K(马康), et al. Efficiency of five methods for fatty acids methyl esterification. *China oils and Fats* (中国油脂), 2013, 38(9): 86-88.
- 19 Huang YH(黄亚辉), Wang J(王娟), Zeng Z(曾贞), et al. Analysis of aroma constituents of fuzhuan tea produced in different years. *Food Sci*(食品科学), 2011, 32: 261-266.
- 20 Wang P(王萍), Zhang YB(张银波), Jiang ML(江木兰). Research advance in polyunsaturated fatty acid. *China Oils and Fats* (中国油脂), 2008, 33(12): 42-46.
- 21 Wu QJ(吴俏瑾), Du B(杜冰), Cai YL(蔡尤林), et al. Research development of alpha-linolenic acid. *Science and Technology of Food Industry* (食品工业科技), 2016, 37: 386-390.