

Antioxidant Activity and Chemical Composition Analysis of Essential Oil from *Cinnamomum longepaniculatum* by NIRS and GC-MS

Yibei Wang, Lihan Sun, Jiandong Wu, Chunhui Ma*

College of Material Science and Engineering, Northeast Forestry University, Heilongjiang Harbin
Email: *mchmchmchmch@163.com

Received: Mar. 23rd, 2018; accepted: Apr. 16th, 2018; published: Apr. 23rd, 2018

Abstract

In this work, essential oil of *Cinnamomum longepaniculatum* was obtained by solvent-free microwave assisted extraction (SFME). Compared with hydro-distillation (HD) extraction, SFME can get higher yield of essential oil. Through the single factor analysis, the optimum extraction parameters of SFME were extraction time 25 min, irradiation power 700 W. The extraction yield of essential oil was 2.2 mL/100 g. While the extraction yield of essential oil was 1.6 ml/100 g by HD. The chemical constituents of essential oil from *Cinnamomum longepaniculatum* extracted by SFME and HD were analyzed by GC-MS. The volatile components are composed of alkenes, alcohols and a small amount of esters. In the essential oil obtained by SFME, the content of eucalyptol was the highest (RA% = 67.07%), followed by α -terpineol (RA% = 11.33%), and then sabinene (RA% = 10.98%). In the essential oil obtained by HD, the content of eucalyptol was also the highest (RA% = 53.84%), and then α -terpineol (RA% = 14.89%), and sabinene (RA% = 10.48%) was higher. The DPPH and ABTS radical scavenging experiments were used to value the antioxidant activity of essential oil from *Cinnamomum longepaniculatum*. Moreover, NIRS provided more evidence to prove the antioxidant type of essential oil directly.

Keywords

Cinnamomum longepaniculatum, Essential Oil, Solvent-Free Microwave Assisted Extraction (SFME), GC-MS, Free Radical Scavenging, NIRS

基于近红外光谱和GC-MS法对油樟叶中挥发油的抗氧化研究和化学组成分析

王艺蓓, 孙莉寒, 武剑栋, 马春慧*

*通讯作者。

东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨
Email: *mchmchmchmch@163.com

收稿日期: 2018年3月23日; 录用日期: 2018年4月16日; 发布日期: 2018年4月23日

摘要

本研究采用无溶剂微波辅助萃取法(SFME)和传统水蒸馏法(HD)获得油樟精油。通过单因素试验探究了无溶剂微波萃取法的最优条件。所得油樟精油萃取量为2.2 mL/100 g原料, 水蒸气蒸馏法获得油樟精油的产量为1.6 mL/100 g。通过单因素分析法确定SFME的最佳萃取条件为微波功率700 W, 微波处理时间25 min。用GC-MS分析SFME和HD萃取的油樟精油的化学成分, 油樟挥发性成分由烯烃, 醇类和少量的酯类化合物组成。SMFE法获得的精油中, 相对含量最高的为桉叶油醇(相对含量为67.07%); 其次是 α -松油醇(相对含量为11.33%); 桉烯含量也较高(相对含量为10.98%)。HD法获得的精油中, 成分含量最高的也是桉叶油醇(相对含量为53.84%), 其次是 α -松油醇(相对含量为14.89%), 桉烯含量也较高(相对含量为10.48%)。在DPPH、ABTS自由基清除实验中, 50%浓度的精油样品对DPPH阴离子自由基的清除率为96.50%, 5%浓度的精油样品对ABTS阳离子自由基的清除率为96.35%。可见油樟精油对两种自由基具有较高的清除率, 且对ABTS阳离子自由基的清除能力高于对DPPH阴离子自由基的清除能力。采用近红外技术(NIRS)对样品进行红外光谱分析来探究油樟精油的抗氧化类型, 为今后的对油樟挥发油的研究提供数据支持。

关键词

油樟, 精油, 无溶剂微波萃取, 气质联用法(GC-MS), 清除自由基, 近红外光谱

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

油樟(*Cinnamomum longepaniculatum* (Gamble) N. Chao), 系樟科樟属, 是我国独有的珍贵树种[1]。油樟主要产自四川宜宾, 在湖北、湖南、陕西、云南、江西、广西、广东等地均有分布[2], 我国每年的油樟精油产量达世界总产量的46% [1]。油樟的药理作用十分丰富, 其中所含黄酮类化合物具有抗氧化、抗肿瘤、抗癌、镇痛、护肝、抗菌、抗病毒、防止动脉硬化、抗自由基[3]和抗油脂氧化[4]等作用; 油樟叶多糖具有免疫调节、抗肿瘤、降血糖、抗病毒、降血脂、抗氧化的作用及清除自由基的能力[5]; 研究表明油樟叶提取物具有抗炎活性, 对足底福尔马林诱导的化学伤害和醋酸引起的小鼠腹腔毛细血管通透性增加都有抑制效果[6]。且肝癌 BEL-7402 细胞具有体外抗肝癌细胞活性[2]。油樟精油是一种植物源天然活性物质, 具有抗氧化活性, 清除体内自由基, 且对人体副作用少、毒性小、不易产生耐药性, 对高效低毒的天然抗氧化剂及低副作用的天然抗炎活性成分的研发有重要意义[1]。在人体内, 当电子流变成非耦合(出现未配对单电子)时就会产生自由基[7], 自由基对人类有着双重影响, 在生命系统中扮演着双重角色。如 ROS 自由基含量对人类的有氧代谢影响显著, 过高的含量会破坏细胞的大分子结构, DNA、蛋白质和脂质[8] [9]。因此, 人体内自由基的存在与人类一系列慢性疾病的产生息息相关, 如癌症、糖尿病、神经退行性疾病、心血管疾病和炎症[10]-[15]。

红外光谱技术是一种基于分子内部原子间的相对振动和分子转动等信息来确定物质分子结构和鉴别化合物的分析方法[16]。该技术具有快速、无损、样品处理简单, 无需试剂消耗等特点[17], 在天然产物及中药分析鉴定方面已得到了广泛的应用, 因此本研究采用近红外技术对油樟精油清除自由基的抗氧化类型进行分析[16] [17]。

传统的精油提取方法有水中蒸馏法[18], 水上蒸馏法[19], 水蒸气蒸馏法[18], 超临界流体萃取法[18]。水中蒸馏法是提取精油的传统方法, 其优点是设备便宜、操作简单, 但耗时较长, 且由于高温或水解作用而使精油品质不高[18]; 水上蒸馏法蒸馏速度较快, 所得精油品质较好, 缺点是不能提出全部精油, 适用于细胞壁较薄的植物原料的提取[19]。水蒸气蒸馏法的优势在于可控的蒸汽量避免了精油与水的长时间接触, 从而提高精油的品质, 但其设备较复杂, 且难以保证提取效率[18]; 超临界流体萃取法是提取精油的绿色技术, 其较低的操作温度避免了精油中热敏性成分的破坏, 最大程度上保证了精油原有的香气, 但该技术对设备要求较高, 费用昂贵[18]。无溶剂微波萃取法的原理是利用植物原料中的原位水变成水蒸气破坏细胞壁, 并和精油一起馏出分离得到精油, 该方法减少了水的消耗, 降低了能耗, 后续分离也较容易, 近年来已被应用于萃取精油[18] [19]。

本实验以无溶剂微波萃取法和水蒸气蒸馏法所得的油樟挥发油为研究对象, 用 GC-MS 分析精油化学成分, 并且通过 DPPH 自由基和 ABTS 自由基的清除实验研究其抗氧化活性, 以及近红外的方法对油樟挥发油的抗氧化能力进行分析, 为油樟精油药用价值的开发利用提供数据支持。

2. 实验

2.1. 材料与仪器

油樟叶资源采自四川宜宾, 油樟叶经振荡筛清理除杂, 粉碎后(40 目)作为挥发油的提取原料。

气质联机采用 Agilent 6890N-5973 型气相质谱联用仪(Agilent Technologies, 美国), HP-5MS 5% Phenyl Methyl Si-loxane 弹性石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 升温程序为柱温 60℃, 保持 5 min 后; 以 4℃/min 速率升温至 120℃, 保持 5 min; 再以 3℃/min 速率升温至 170℃, 保持 2 min; 以 10℃/min 速率升温至 280℃, 保持 5 min; 汽化室温度 230℃; 载气为高纯 He (99.999%); 柱前压 43 kPa; 载气(He) 体积流量 1.6 mL/min; 进样量 1.0 μL, 不分流; 溶剂延迟时间 4.0 min。电子轰击(EI)离子源, 能量 70 eV; 离子源温度 230℃; 四极杆温度 150℃; 接口温度 280℃; 质量扫描范围 m/z 40~400, 化学组成的比对应用 NIST11 质谱库。红外光谱仪采用傅立叶变换红外光谱仪(Thermo Scientific Nicolet iS10, 美国)。

2.2. 实验方法

2.2.1. 油樟叶含水率的测定

精密称取油樟叶粉末 1.00 g (三份), 放入 105℃ ± 3℃ 的烘箱干燥至恒重, 计算含水率为 8.90%。

2.2.2. 油樟叶饱和含水率的测定

精密称取油樟叶粉末 1.00 g (三份), 在蒸馏水中浸泡 12 h 后, 减压抽滤除去多余水分, 计算饱和含水率为 96.97%。

2.2.3. 水中蒸馏法萃取油樟精油(HD)

将油樟叶粉末 20.0 g 放入圆底烧瓶中, 加入 500 mL 蒸馏水, 电热套加热进行水中蒸馏 2 h, 电热套的功率为 500 W, 萃取完成后收集精油提取器中的精油, -20℃ 冷冻保存。

2.2.4. 无溶剂微波法萃取油樟精油(SFME)

微波提取系统由微波辅助萃取仪(XH300A, 北京祥鹤科技发展有限公司), 一个多段工作模式的反应

器和一个温度红外传感器组成。精密称取 50.0 g 风干样品先用 500 mL 水室温浸泡 12 h, 然后排出多余的水分, 转移至圆底烧瓶中, 放入微波辅助萃取仪, 上接精油提取器收集蒸馏出的精油。

2.2.5. 单因素分析

精密称取 50.0 g 风干样品先用 500 mL 水浸泡 12 h, 然后排出多余的水分, 转移至圆底烧瓶中, 放入微波辅助萃取仪, 将微波反应器的功率设置为 700 W, 每隔 2.0 min 记录一次精油体积。

精密称取 50.0 g 风干样品先用 500 mL 水浸泡 12 h, 然后排出多余的水分, 转移至圆底烧瓶中, 放入微波辅助萃取仪, 将微波反应时间设置为 25 min, 微波功率分别为 500 W、600 W、700 W、800 W、900 W, 记录精油体积。萃取完成后收集油樟精油, -20°C 冷冻保存。

2.2.6. 抗氧化能力测定

1) 清除 DPPH 阴离子自由基(DPPH⁻)能力测定

DPPH 即 1,1-二苯基-3-硝基苯肼, 是一种很稳定的氮中心的自由基。DPPH 检测法的原理是通过 DPPH 分子中一个稳定的自由基与抗氧化剂提供的一个电子配对结合, 生成无色产物, 使溶液的典型紫色变浅 [18]。用无水乙醇配制浓度为 0.00%、10%、20%、30%、40%、50% 的精油样品和 380 mg/L 的 DPPH⁻ 溶液, 取 0.1 mL 不同浓度样品与 3.9 mL DPPH⁻ 溶液混合, 在黑暗处放置 30 min 后, 在 517 nm 处测定吸光值, 浓度为 0.00% 的样品的吸光值为 A 对照, 所有吸光值均测定三次, 取平均值。DPPH⁻ 溶液吸光值与浓度有很好的线性关系, 吸光值可以反映其浓度的变化, 因此可以用来测定油樟精油的抗氧化能力 [20]。

2) 清除 ABTS 阳离子自由基(ABTS⁺)能力测定

精密称取 ABTS 0.0406 g 和过硫酸钾 0.0070 g, 分别用去离子水定容到 10 mL, 等量混合两种溶液, 在室温黑暗条件下反应 12 h。取 1 mL 溶液, 在 744 nm 处获得用甲醇稀释 29 倍的 ABTS⁺ 溶液的吸光值。分别取 0.150 mL 浓度为 0.00%、1%、2%、3%、4% 和 5% 的精油样品与 2.850 mL 的 ABTS⁺ 溶液混合, 在室温黑暗条件下放置 2 h, 测定吸光值, 所有吸光值均测定三次, 取平均值。

2.2.7. 近红外光谱数据的采集

对上述样本进行光谱采集, 考虑到空气中杂质的影响, 在光谱扫描之前先进性杂质的剔除。光谱扫描的波数范围为 $400\sim 4000\text{ cm}^{-1}$, 样本数为 12, 每个样品测试 3 次取平均值。

3. 结果与分析

3.1. 无溶剂微波法

3.1.1. 微波反应动力学

在 700 W 的微波功率下获得精油的萃取动力学曲线, 如图 1(a) 所示。随着萃取时间的增加, 精油的提取量迅速增加。25 min 内, 精油的萃取量不断增加; 25 min 后, 精油体积不再变化。因此, 选择 25 min 为最佳提取时间。

3.1.2. 最佳微波功率的确定

为探究微波功率对精油提取量的影响, 分别在 500 W、600 W、700 W、800 W、900 W 的微波功率下进行 25 min 的微波萃取。获得萃取精油的体积随微波功率的变化数据如图 1(b) 所示。当微波功率小于 700 W 时, 精油体积随微波功率的增加而增加; 大于 700 W 时, 所得精油体积略有下降。因此, 考虑到提取率高、能耗低要求, 选取 700 W 为最佳微波功率。

3.2. 油樟精油的化学组成分析

将油樟精油通过气质联用法分析其化学组成, 挥发性成分的组成及相对含量详见图 2。

由图 2 可知, 油樟挥发性成分由烯烃、醇类和少量的酯类化合物组成。用无溶剂微波法和传统水蒸馏法获得的精油中成分种类相同, 主要成分相同, 但含量稍有差异。无溶剂微波法获得的精油中, 含量最高的桉叶油醇, 相对含量为 67.07%; 其次是 α -松油醇, 相对含量为 11.33%; 桉烯含量也较高, 相对含量为 10.98%。传统水蒸馏法获得的精油中, 成分含量最高的也是桉叶油醇, 相对含量为 53.84%, 其次是 α -松油醇, 相对含量为 14.89%, 桉烯含量也较高, 相对含量为 10.48%。

3.3. 油樟精油抗氧化能力测试

自由基清除率用 SC% 表示, $SC\% = (1 - A_{\text{样品}}/A_{\text{对照}}) \times 100\%$, 其中 A 样品为样品溶液在固定波长下的吸光值, A 对照为不加样品的溶液在 $t = 0$ 处的吸光值。

3.3.1. 精油清除 DPPH 阴离子自由基能力

测定新配的不加精油样品的 DPPH 溶液在 517 nm 处的吸光值, 此吸光度值是最大吸光度值, 为 1.244。待精油样品与 DPPH 溶液反应 30 min 后, 在 517 nm 处测得各样品的吸光度值, 不同浓度的精油对 DPPH 的清除率如图 3(a) 所示。DPPH 溶液浓度为 0.0038 g/100 mL, 空白对照组吸光值 0.715。

由图 3(a) 可知, 10% 浓度的精油对 DPPH 的清除率为 54.80%, 50% 浓度的精油对 DPPH 的清除率为 96.50%, 随着精油浓度的提高, 对 DPPH 的清除率也逐渐提高。可见油樟精油对 DPPH 的抗氧化活性很高。体积浓度为 10% 的精油对 DPPH 的清除率即可达到 50%。

3.3.2. 精油清除 ABTS 阳离子自由基能力

新配置的 ABTS⁺ 溶液在 744 nm 处取得最大吸光度值为 1.095, 空白对照组吸光度值为 1.095。不同浓度的精油对 ABTS⁺ 的清除率随精油浓度的变化曲线如图 3(b) 所示。1% 浓度的精油对 ABTS⁺ 的清除率为 40.09%, 5% 浓度的精油对 ABTS⁺ 的清除率为 96.35%, 可见较低浓度的精油对 ABTS⁺ 有较高的清除率。而且随着精油浓度的提高, 对 ABTS⁺ 的清除率也逐渐提高。

3.4. 近红外光谱分析油樟精油的抗氧化性

光谱的采集仪器为红外光谱仪采用傅立叶变换红外光谱仪(Thermo Fisher Scientific, 美国), 每个样品连续扫描三次。由于空气中有 CO₂, 先进行基线校准扣除 CO₂ 背景, 从而更为细致地反映光谱特征。选

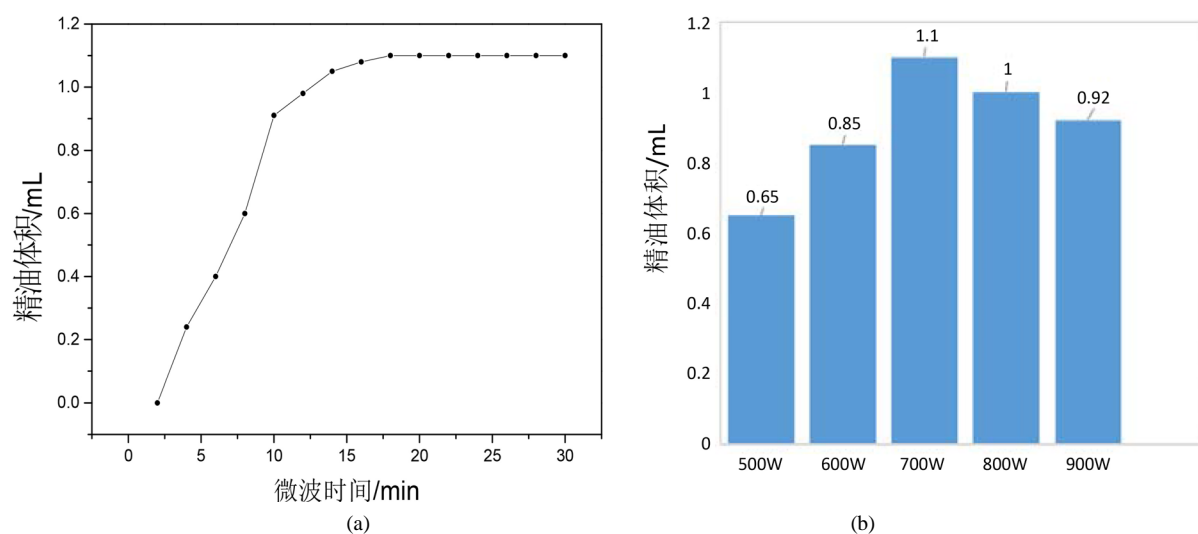


Figure 1. Extraction kinetic curve for essential oil (a); Effect of microwave power on essential oil yield (b)
图 1. 微波反应动力学(a); 微波功率对精油得率的影响(b)

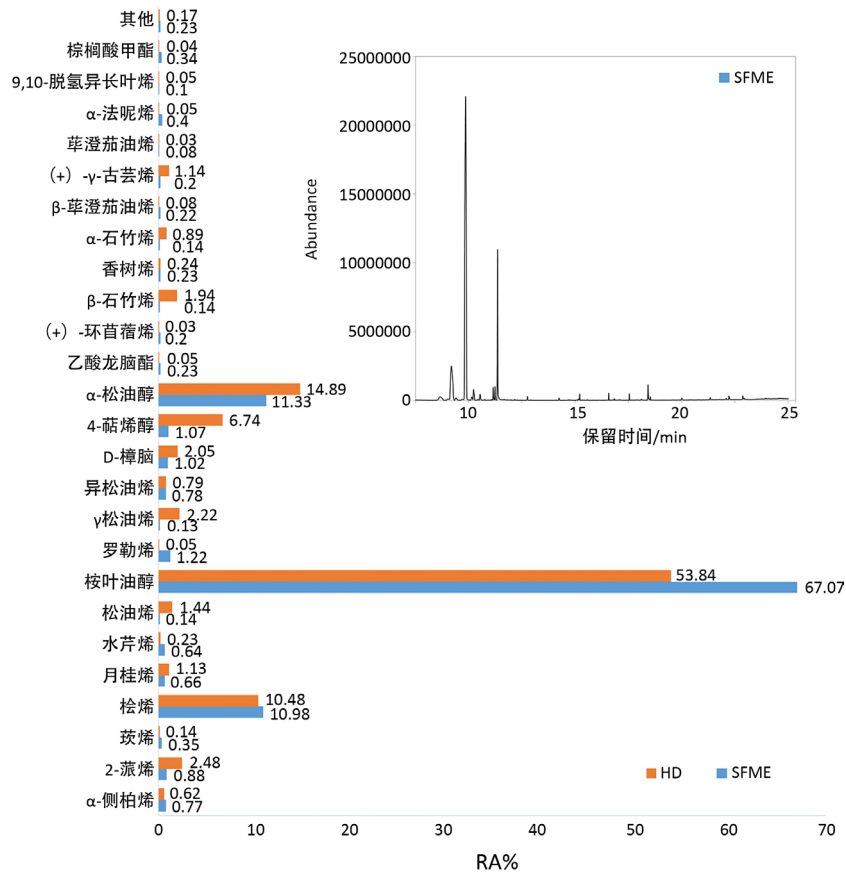


Figure 2. Chemical composition of essential oil from *Cinnamomum longepaniculatum*
 图 2. 油樟挥发油主要组成化合物

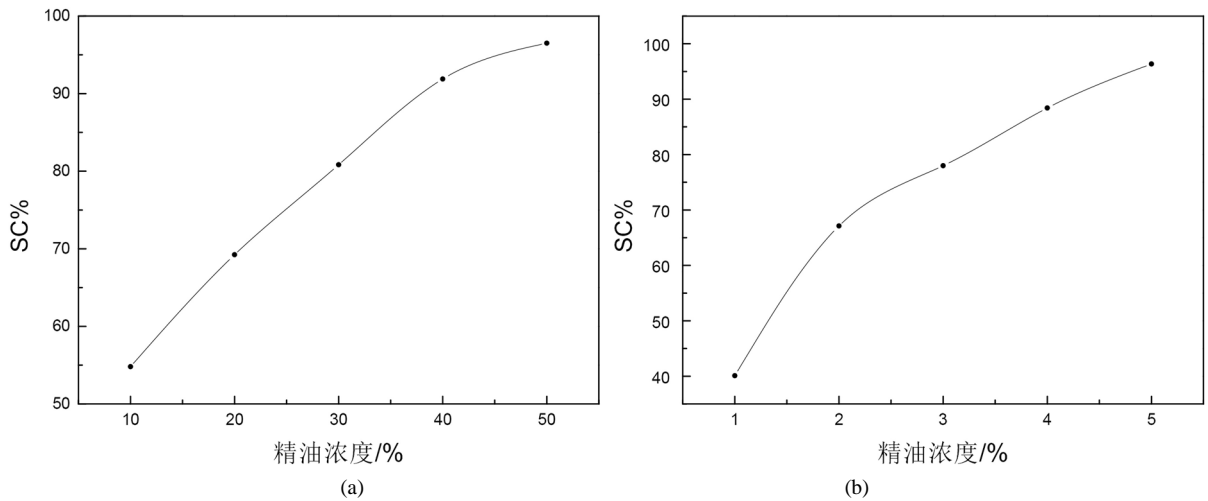


Figure 3. Clearance rate for DPPH free radicals (a); Clearance rate for ABTS free radicals (b)
 图 3. DPPH 阴离子自由基清除率(a); ABTS 阳离子自由基清除率(b)

取用近红外技术对加入精油样品的 DPPH 和 ABTS 溶液进行光谱分析, 根据数据特点, 选取波数 80~2500 cm^{-1} 范围内的数据作图, 用主成分分析技术剔除异常光谱, 对光谱进行优化。

图 4(a)和图 5(a)为 DPPH 和 ABTS 样品的 NITS 连续扫描光谱图, 图 4(b)和图 5(b)是红外数据的二阶

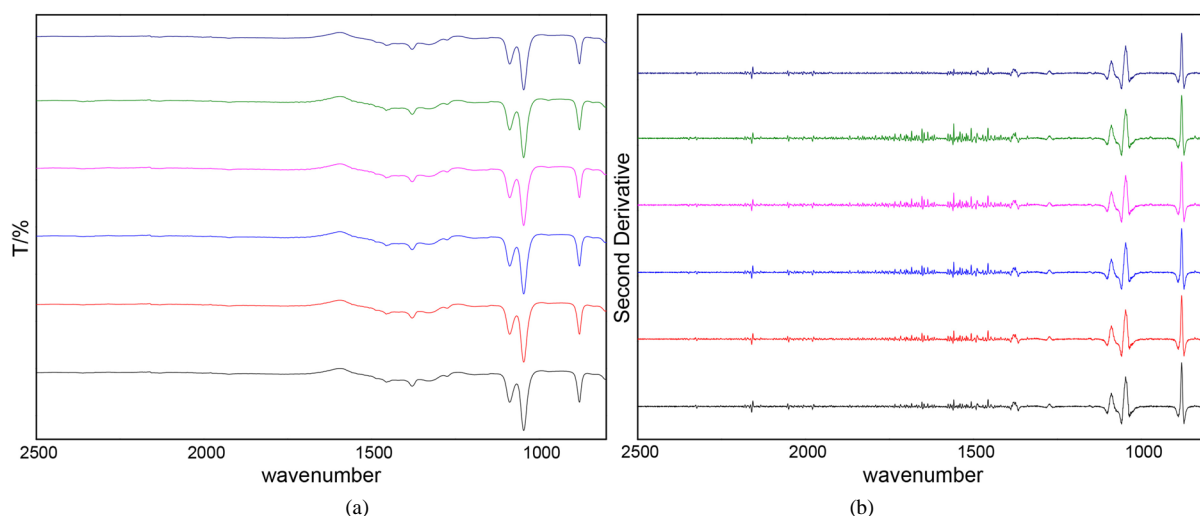


Figure 4. Original spectra of samples (a); Second derivative spectra of samples (b)

图 4. DPPH 样品连续扫描光谱图(a); 光谱二阶微分图(b)

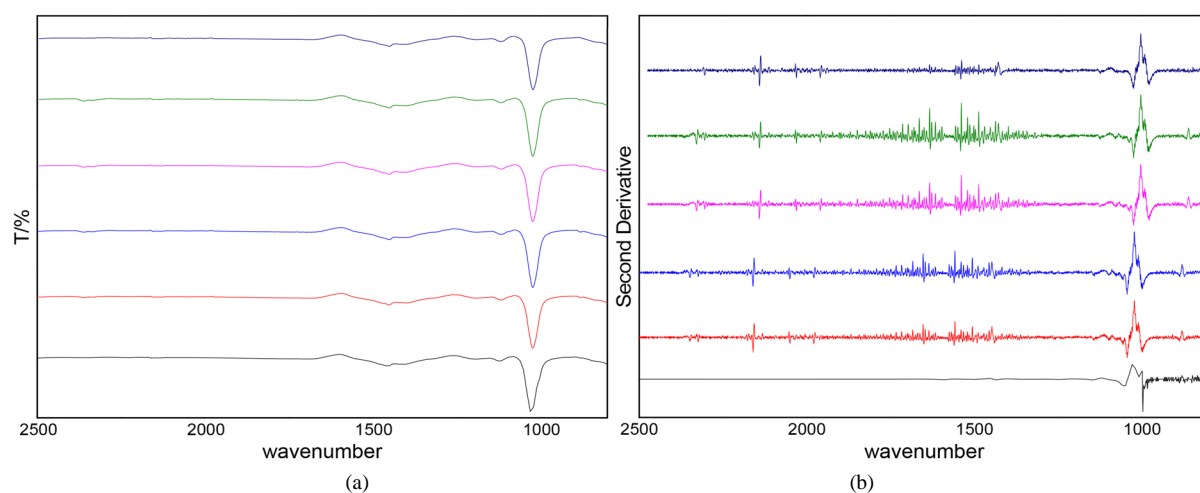


Figure 5. Original spectra of samples (a); Second derivative spectra of samples (b)

图 5. ABTS 样品连续扫描光谱图(a); 光谱二阶微分图(b)

导数光谱图，红外光谱进行二阶求导后，各波长下的吸收峰更加明显，且能够显示微小的变化。图 4 中，在波数 1100 和 1050 cm^{-1} 处有两个醇的吸收峰，在波数 870 cm^{-1} 附近有一个烯烃的吸收峰，含不同浓度精油的 $\text{DPPH}\cdot^-$ 溶液的二阶导数图有着相似的形状，说明不同浓度的油樟精油对 $\text{DPPH}\cdot^-$ 有相同的抗氧化类型；图 5 中，在波数 1050 cm^{-1} 附近有一个醇的吸收峰，含不同浓度精油的 ABTS^+ 溶液的二阶导数图有着相似的形状，说明不同浓度的油樟精油对 ABTS^+ 也具有相同的抗氧化类型。图 4(b)和图 5(b)对比可知，峰的位置和强度不同，光谱的形状不同，可见油樟精油对 $\text{DPPH}\cdot^-$ 和 ABTS^+ 有着不同的抗氧化类型。

4. 结论

本研究采用无溶剂微波辅助萃取法和传统水蒸馏法获得油樟精油。通过单因素试验探究了无溶剂微波萃取法的最优条件。所得油樟精油萃取量为 2.2 mL/100 g 原料，水蒸气蒸馏法获得油樟精油的产量为 1.6 mL/100 g，SFME 法比 HD 法有更高的精油提取率。通过单因素分析法确定 SFME 的最佳萃

取条件为微波功率 700 W, 微波处理时间 25 min。用 GC-MS 分析 SFME 和 HD 萃取的油樟挥发油的化学成分, 油樟挥发性成分由烯烃和醇类化合物和少量的酯类化合物组成。用无溶剂微波法和传统水蒸馏法获得的精油中成分种类相同, 主要成分相同, 但含量稍有差异。无溶剂微波法获得的精油中, 含量最高的桉叶油醇, 相对含量为 67.07%; 其次是 α -松油醇, 相对含量为 11.33%; 桉烯含量也较高, 为 10.98%。传统水蒸馏法获得的精油中, 成分含量最高的也是桉叶油醇, 含量为 53.84%, 其次是 α -松油醇, 含量为 14.89%, 桉烯含量也较高, 为 10.48%。在 DPPH、ABTS 自由基清除实验中, 50%浓度的精油样品对 DPPH 阴离子自由基的清除率为 96.50%, 5%浓度的精油样品对 ABTS 阳离子自由基的清除率为 96.35%。可见油樟精油对两种自由基具有较高的清除率, 且对 ABTS 的清除能力远高于 DPPH。用近红外技术对样品进行光谱分析来探究油樟精油的抗氧化类型, 为今后的对油樟挥发油的研究提供数据支持。

基金项目

作者感谢中央高校基本科研业务费专项资金项目(2572016BB01)和东北林业大学大学生创新训练项目(201710225018)的资助。

参考文献

- [1] 丛赢, 张琳, 祖元刚, 杨磊, 咎鹏. 油樟(*Cinnamomum longepaniculatum*)精油的抗炎及抗氧化活性初步研究[J]. 植物研究, 2016, 36(6): 949-954 + 960.
- [2] 叶奎川. 油樟叶提取物的体外抗肝癌活性及其作用机理研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川农业大学, 2012.
- [3] 杜永华, 敖光辉, 魏琴, 廖小龙, 李雪辉. 油樟叶总黄酮的提取及体外抗自由基活性[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(20): 32-36 + 94.
- [4] 杜永华, 敖光辉, 魏琴, 廖小龙, 余小霞. 油樟叶总黄酮含量测定及其抗油脂氧化活性[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 308-311.
- [5] 杜永华, 敖光辉, 魏琴, 曾月, 李玉杰. 油樟叶多糖的提取及其体外抗自由基活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(5): 209-213 + 234.
- [6] 陶翠. 油樟叶提取物的抗菌、镇痛和抗炎活性及其作用机理研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川农业大学, 2011.
- [7] Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., et al. (2006) Free Radicals, Metals and Antioxidants in Oxidative Stress-Induced Cancer. *Chemico-Biological Interactions*, **160**, 1-40. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2005.12.009>
- [8] Suhail, N., Bilal, N., Hasan, S., et al. (2015) Chronic Unpredictable Stress (CUS) Enhances the Carcinogenic Potential of 7,12-Dimethylbenz(a)Anthracene (DMBA) and accelerates the Onset of Tumor Development in Swiss Albino Mice. *Cell Stress and Chaperones*, **20**, 1023-1036. <https://doi.org/10.1007/s12192-015-0632-x>
- [9] Wang, W., Wang, W., Azadzi, K.M., et al. (2016) Alu RNA Accumulation in Hyperglycemia Augments Oxidative Stress and Impairs e NOS and SOD2 Expression in Endothelial Cells. *Molecular and Cellular Endocrinology*, **426**, 91-100. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2016.02.008>
- [10] Sosa, V., Moliné, T., Somoza, R., et al. (2013) Oxidative Stress and Cancer: An Overview. *Ageing Research Reviews*, **12**, 376-390. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2012.10.004>
- [11] Dong, H., Zhang, Q., Li, L., et al. (2015) Antioxidant Activity and Chemical Compositions of Essential Oil and Ethanol Extract of *Chuanminshen violaceum*. *Industrial Crops and Products*, **76**, 290-297. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.051>
- [12] Jomova, K., Vondrakova, D., Lawson, M., et al. (2010) Metals, Oxidative Stress and Neurodegenerative Disorders. *Molecular and Cellular Biochemistry*, **345**, 91-104. <https://doi.org/10.1007/s11010-010-0563-x>
- [13] López-Tinoco, C., Roca, M., García-Valero, A., et al. (2013) Oxidative Stress and Antioxidant Status in Patients with Late-Onset Gestational Diabetes Mellitus. *Acta Diabetologica*, **50**, 201-208. <https://doi.org/10.1007/s00592-011-0264-2>
- [14] Morales, C.R., Pedrozo, Z., Lavandero, S., et al. (2014) Oxidative Stress and Autophagy in Cardiovascular Homeostasis. *Antioxidants & Redox Signaling*, **20**, 507-518. <https://doi.org/10.1089/ars.2013.5359>

- [15] Lugrin, J., Rosenblatt-Velin, N., Parapanov, R., *et al.* (2014) The Role of Oxidative Stress during Inflammatory Processes. *Biological Chemistry*, 395, No. 2. <https://doi.org/10.1515/hsz-2013-0241>
- [16] 焦爱权, 徐学明, 金征宇. 基于近红外及中红外光谱融合技术快速检测黄酒中的总酚含量及其抗氧化能力[J]. 食品与生物技术学报, 2016, 35(4): 357-363.
- [17] 赵龙莲, 张录达, 李军会, 杨帆. 小波包熵和 Fisher 判别在近红外光谱法鉴定中药大黄真伪中的应用[J]. 光谱学与光谱分析, 2008, 28(4): 817.
- [18] 赵天明. 植物精油提取技术研究进展[J]. 广州化工, 2016, 44(13): 16-17 + 44.
- [19] 郭丹丽, 王自健, 刘春玉, 蒋新明, 李敏, 路喆. 水中和水上蒸馏法制备薰衣草精油及成分比较分析[J]. 香料香精化妆品, 2017(2): 33-35.
- [20] 赵婷婷. 黍稷近红外测定方法及其抗氧化品质性状分析[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西大学, 2011.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: br@hanspub.org