

杜永华, 敖光辉, 魏 琴, 等. 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.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.102

油樟叶总黄酮含量测定及其抗油脂氧化活性

杜永华^{1,4}, 敖光辉², 魏 琴¹, 廖小龙³, 余小霞³

(1. 宜宾学院香料植物资源开发与利用四川省高校重点实验室, 四川宜宾 644000; 2. 内江师范学院, 四川内江 641112;
3. 宜宾学院生命科学与食品工程学院, 四川宜宾 644000; 4. 宜宾学院食品科学与工程研究所, 四川宜宾 644000)

摘要:采用双波长分光光度法和单波长分光光度法测定油樟 [*Cinnamomum longepaniculatum* (Gamble) N. Chao] 叶中总黄酮含量, 采用烘箱贮藏法测定油樟叶总黄酮对猪油、菜籽油的抗氧化活性。结果表明, 双波长分光光度法、单波长分光光度法均可用于油樟叶总黄酮含量的测定, 双波长法的稳定性、精密度、重现性、回收率更好, 双波长法测得脱脂油樟叶中总黄酮含量为 19.21 mg/g。油樟叶总黄酮对猪油和菜籽油均具有一定的抗氧化活性, 且呈浓度依赖性。

关键词:油樟; 黄酮; 双波长分光光度法; 抗油脂氧化

中图分类号: R284.1; O657.32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0308-03

油樟 [*Cinnamomum longepaniculatum* (Gamble) N. Chao] 属樟科樟属香料植物, 为中国特有树种, 主产于四川省宜宾市, 其叶富含芳香油, 已成为香料、医药、日用、化工产品的重要原料来源^[1-2]。目前对油樟叶资源的开发利用主要以提取芳香油为主, 对提取芳香油后残渣的开发利用较少, 每年有大量废叶残渣被随意抛弃, 不仅浪费资源, 而且破坏生态平衡^[3]。油樟叶提取芳香油后的残渣具有多种生物活性, 如抗微生物^[3]、抗癌^[4]、抗炎^[5]、镇痛^[6]等。目前对提取芳香油后油樟叶渣的化学成分未见报道。黄酮类化合物具有抗氧化、抗肿瘤、抗癌、抗炎、镇痛、护肝、抗菌、抗病毒、防止动脉硬化等多种生物活性, 被广泛应用于食品、化妆品、医药等领域^[7]。黄酮类化合物在抗油脂氧化方面有显著效果, 从植物中提取安全、天然黄酮类物质以取代人工合成抗氧化剂是油脂或含油食品添加剂的发展趋势^[8-9]。本研究利用双波长分光光度法测定油樟叶总黄酮含量, 采用烘箱贮藏法测定其抗油脂氧化活性, 旨在为综合开发利用油樟资源提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

油樟叶采自四川省宜宾市翠屏区邱场乡油樟种植基地。芸香苷标准品(中国药品生物制品检定所, 批号: 100080—200707); 猪油(新鲜猪板油经高温湿法熬炼制备)、菜籽油(市售现场压榨)均不含任何添加剂; 其他化学试剂均为分析纯。AL204 电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司); TU-1901 双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责

任公司); RE-52AA 旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂); LG-5A 真空冷冻干燥机(上海市离心机机械研究所有限公司); HH4 数显恒温水浴锅(金坛市正基仪器有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 油樟叶总黄酮的提取 将油樟叶用水上蒸馏法蒸馏 3 h 除去芳香油, 残渣于 60 ℃ 烘干, 粉碎, 取 60~80 目油樟叶粉末, 用石油醚(沸程 30~60 ℃)索氏抽提 1 h 脱脂, 残渣 60 ℃ 烘干, 称取脱脂油樟叶粉 10 g, 加入体积分数为 70% 的乙醇 300 mL, 80 ℃ 水浴回流提取 4 h, 过滤浓缩至浸膏, 加 100 mL 水溶解, 用 100 mL 石油醚萃取, 取水层定容至 500 mL 即得油樟叶总黄酮样品测定液, 将测定液用体积分数为 85% 的乙醇醇沉(以沉淀形式除去多糖、蛋白、鞣质等), 过滤, 滤液减压浓缩至膏稠状, 真空冷冻干燥得油樟叶总黄酮粗品。

1.2.2 标准曲线的建立

1.2.2.1 芸香苷标准溶液的制备 精确称取 120 ℃ 干燥至恒质量的芸香苷标准品 10.0 mg, 置于 50 mL 容量瓶中, 加体积分数为 70% 的乙醇溶液溶解, 用 70% 乙醇定容至刻度, 摇匀即得 0.2 mg/mL 芸香苷标准溶液, 4 ℃ 冰箱保存待用。

1.2.2.2 显色体系及测定方法 参考中国药典槐花中总黄酮测定方法^[10], 采用 $\text{NaNO}_2 - \text{Al}(\text{NO}_3)_3 - \text{NaOH}$ 显色体系进行显色, 分别精确吸取不同量的芸香苷标准溶液或样品溶液置于 25 mL 容量瓶中, 均加水至 6.0 mL, 加 5% NaNO_2 钠溶液 1 mL, 混匀, 放置 6 min, 加 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液 1 mL, 摇匀, 放置 6 min, 加 1 mol/L NaOH 溶液 10 mL, 加水至刻度, 摇匀, 放置 15 min, 以相应试剂空白为参比溶液, 在不同波长下测定吸光度。

1.2.2.3 测定波长、参比波长的选择 分别吸取 3 mL 芸香苷标准液、3 mL 样品测定溶液, 按上述显色方法显色, 以试剂空白为参比溶液, 在 400~700 nm 范围内进行光谱扫描, 选择标准品液和样品溶液显色络合物最大共同吸收波长为测定波长, 选择最大吸收波长下端某一点波长为参比波长^[11]。

1.2.2.4 标准曲线的制作 精确吸取芸香苷标准溶液 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0 mL 至 25 mL 容量瓶中, 按上述显色方法显色后, 分别在测定波长和参比波长下测定吸光度, 求吸光

收稿日期: 2014-08-13

基金项目: 四川省基础研究项目(编号: 2011JY0050); 四川省青年科技创新研究团队培育计划(编号: 2011JTD0035); 四川高校科研创新团队建设计划(编号: 14TD0031)。

作者简介: 杜永华(1978—), 男, 四川遂宁人, 硕士, 讲师, 主要从事天然产物及其生物活性研究。Tel: (0831) 3547707; E-mail: yonghuad@163.com。

通信作者: 魏 琴, 博士, 教授, 主要从事植物资源开发利用研究。Tel: (0831) 3547707; E-mail: weiqin2011-67@163.com。

度差 ΔD ($D_{\text{测定波长}} - D_{\text{参比波长}}$), 以 ΔD 为纵坐标, 质量浓度 C (mg/mL) 为横坐标, 绘制标准曲线, 求出线性回归方程。以在测定波长处的测定值为单波长分光光度法测定结果。

1.2.3 显色稳定性试验 吸取样品溶液 2 mL 至 25 mL 容量瓶中, 按上述显色方法显色后, 分别在室温下放置 0、30、60、90、120、150 min 后测定吸光度差值 ΔD , 计算 RSD 值。

1.2.4 精密度试验 分别精确吸取 3 mL 样品溶液至 5 个 25 mL 容量瓶中, 按上述显色方法显色后, 测定吸光度差值 ΔD , 计算 RSD 值。

1.2.5 重现性试验 精确称取脱脂油樟叶粉末 5 g, 共 5 份, 按油樟叶总黄酮的提取方法、显色测定方法操作, 分别测定吸光度差值 ΔD , 计算 RSD 值。

1.2.6 加标回收率试验 分别精确吸取 3 mL 已知浓度的样品溶液至 3 个 25 mL 容量瓶中, 各加 1 mL 芸香苷标准溶液, 按上述显色方法显色后, 测定吸光度差值 ΔD , 根据标准曲线计算溶液浓度, 求平均回收率、 RSD 值。

1.2.7 样品溶液的测定 精确吸取 3 mL 样品溶液至 25 mL 容量瓶中, 按上述显色方法显色后, 测定吸光度差值 ΔD , 根据标准曲线回归方程计算样品中总黄酮含量, 重复测定 5 次。

1.2.8 抗油脂氧化试验 采用烘箱储藏试验法^[12]测定, 称取 30 g 猪油或菜籽油置于 50 mL 碘量瓶中, 按 0.08%、0.16%、0.32%、0.64% 质量百分比添加油樟叶总黄酮粗品, 以 0.02% 2,6-二叔丁基对甲酚 (BHT)、0.08% 抗坏血酸 (维生素 C) 为阳性对照, 以纯猪油或菜籽油为空白对照, 70 °C 加热搅拌 30 min 充分混匀, 置于 (70 ± 1) °C 烘箱中, 每隔 12 h 搅拌 1 次, 并交换在烘箱中的位置, 每 24 h 参照 GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》规定的方法测定油样过氧化值 (POV)。同时以 BHT 为协同增效剂, 油樟叶黄酮和 BHT 分别按油样质量 0.16%、0.02% 加入油样进行协同抗氧化试验。参考 GB 10146—2005《食用动物油脂卫生标准》、GB/T 5538—2005《动植物油脂 过氧化值测定》对猪油、菜籽油 POV 的规定, 设定猪油、菜籽油氧化诱导终点 POV 为 0.2 g/100 g。将油脂的氧化过程归为一级反应, 其反应方程如下:

$$\ln C = -kt + \ln C_0$$

式中: C 为油脂氧化后的过氧化值, C_0 为油脂初始过氧化值, k 为速率常数, t 为时间。根据该方程求出油脂氧化速率常数 k , 由回归方程计算出油脂 POV 达到 0.2 g/100 g 时的氧化诱导时间。

抗氧化保护系数 (PF) 是添加抗氧化剂的油脂氧化诱导时间与空白油脂的氧化诱导时间之比, 表示抗氧化剂的抗油脂氧化作用强弱, PF 越高, 抗氧化作用越强。评价标准为 $PF=1$, 无抗氧化作用; $2 \geq PF > 1$, 有一定抗氧化作用; $3 \geq PF > 2$, 有明显抗氧化作用; $PF > 3$, 有显著抗氧化作用^[13-14]。

2 结果与分析

2.1 总黄酮含量的测定

由图 1 可知, 芸香苷标准品最大吸收波长为 510 nm, 样品溶液的最大吸收波长发生了蓝移, 为 490 nm, 二者存在一定差异, 可能由于样品溶液中存在其他干扰成分导致吸收波长蓝移。根据双波长分光光度法波长选择原则^[15], 样品溶液

在 510 nm 处也有较强吸收, 选择 510 nm 为测定波长, 选择其下端与芸香苷标准品吸收曲线交叉处的等吸收点 585 nm 为参比波长。采用双波长分光光度法、单波长分光光度法测定芸香苷标准曲线回归方程的 r^2 分别为 0.999 2、0.999 3, 二者相近, 可见在 0.008 0~0.048 0 mg/mL 浓度范围内, 2 种方法测定芸香苷的线性均良好 (图 2)。双波长法和单波长法的显色稳定性在 0~150 min 内吸光度变化较大, 样品溶液吸光度 RSD 分别为 7.48%、7.98%; 0~60 min 内, 样品溶液吸光度 RSD 分别为 4.51%、4.91%, 表明在显色 0~60 min 内测定油樟叶总黄酮, 2 种方法的稳定性均较好, 但双波长法优于单波长法。精密度、重现性、加标回收率试验表明, 双波长法 RSD 均小于单波长法, 但 2 种方法 RSD 均小于 5%, 加标平均回收率分别为 92.23%、90.11%。可见, 测定油樟叶总黄酮 2 种方法显色 60 min 内稳定性、精密度、重现性、回收率均较好, 双波长法比单波长法更准确可靠。双波长分光光度法测得脱脂油樟叶总黄酮提取液中总黄酮含量为 19.21 mg/g, 低于单波长法测得的含量 (20.18 mg/g) (表 1)。10 g 脱脂油樟叶采用醇提法获得总黄酮粗品 382 mg, 双波长法测得其纯度为 358.7 mg/g。孙崇鲁等采用正交试验研究了与油樟同属植物香樟 [*Cinnamomum. camphora* (Linn.) Presl] 叶中总黄酮的提取工艺, 其黄酮提取含量达 39.68 mg/g^[16], 高于本试验制备的油樟叶中总黄酮含量, 可见油樟叶总黄酮的提取工艺值得进一步研究。

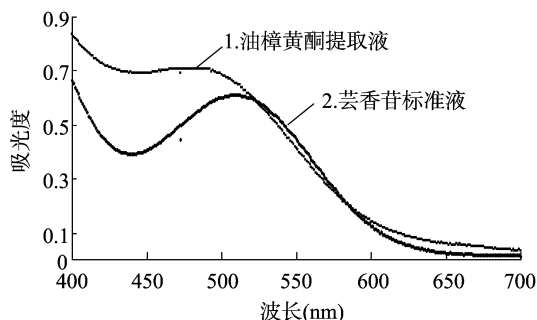


图1 油樟总黄酮和芸香苷的吸收光谱图

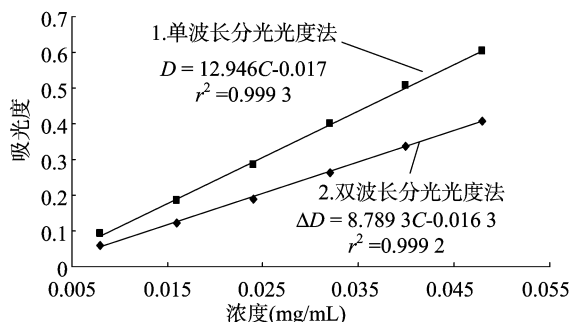


图2 芸香苷标准曲线

2.2 抗油脂氧化试验

由图 3、图 4 可知, 猪油、菜籽油经高温加速诱导后, 随着氧化时间的增加, 各组 POV 值逐渐升高。猪油、菜籽油中添加不同浓度油樟叶总黄酮粗品后, 相同时间内加抗氧化剂油样的 POV 值均低于纯油空白组。同一时间下, 随着油樟叶总黄酮粗品添加量的增加, 油样 POV 值逐渐降低。由表 2 可知, 添加抗氧化剂后, 油样氧化诱导时间、 PF 值均大于空白纯

表 1 油樟叶总黄酮含量测定结果

测定方法	RSD 值 (%)					总黄酮含量 (mg/g)
	60 min 稳定性	精密度	重复性	回收率	样品 测定	
双波长	4.51	2.03	2.17	2.34	2.13	19.21
单波长	4.91	2.12	2.90	3.01	2.85	20.18

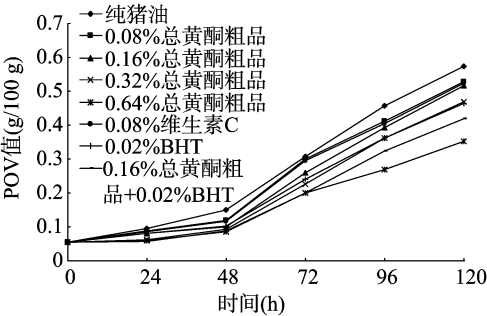


图 3 油樟叶总黄酮对猪油抗氧化作用

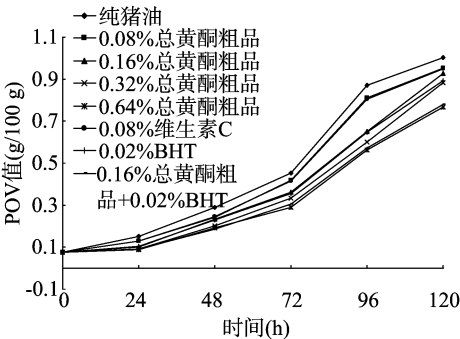


图 4 油樟叶总黄酮对菜籽油抗氧化作用

表 2 添加油樟叶总黄酮后油样的氧化诱导时间、抗氧化保护系数

组别	猪油		菜籽油	
	氧化诱导时间 (h)	抗氧化保护系数 (PF)	氧化诱导时间 (h)	抗氧化保护系数 (PF)
纯猪油 (CK)	44.78	1.00	26.87	1.00
0.08% 总黄酮粗品	47.67	1.06	29.57	1.10
0.16% 总黄酮粗品	52.05	1.16	33.25	1.24
0.32% 总黄酮粗品	57.05	1.27	35.59	1.32
0.64% 总黄酮粗品	70.07	1.56	38.19	1.42
0.08% 维生素 C	49.17	1.10	29.79	1.11
0.02% BHT	55.25	1.23	33.58	1.25
0.16% 总黄酮粗品 + 0.02% BHT	63.72	1.42	37.38	1.39

油对照,测试浓度范围内抗氧化剂的 PF 值均大于 1 小于 2,可见油樟叶总黄酮粗品对猪油、菜籽油均具有一定抗氧化活性,且有明显剂量效应关系。0.08% 油樟总黄酮对猪油、菜籽油的 PF 值与 0.08% 维生素 C 均相近,但较小,表明当油樟叶总黄酮粗品添加量达到 0.08% 时,其对猪油和菜籽油的抗氧化活性与维生素 C 相当,但活性较弱。0.32% 油樟总黄酮对猪油的 PF 值与 0.02% BHT 相近,0.16% 油樟总黄酮对菜籽油的 PF 值与 0.02% BHT 相近,表明油樟总黄酮对油脂的抗氧化活性与 0.02% BHT 相当,在猪油中添加量需达到 0.32%,在菜籽油中添加量需达到 0.16%。当油樟叶总黄酮添加量高于 0.32% 时,其对猪油、菜籽油的抗氧化活性强于 0.02% BHT。油樟总黄酮低浓度添加量对猪油的 PF 值小于

菜籽油,高浓度添加量(0.64%)则相反,表明油樟总黄酮中低浓度添加量对菜籽油的抗氧化效果好于猪油,高浓度添加量对猪油的抗氧化作用优于菜籽油。

3 结论与讨论

采用 $\text{NaNO}_2 - \text{Al}(\text{NO}_3)_3 - \text{NaOH}$ 显色体系测定样品中总黄酮含量较为常见,对于组分较复杂的样品溶液,采用单波长测定方法容易引起干扰,双波长测定法可消除共存组分的干扰,获得更高的可靠性^[15,17]。本试验结果表明,双波长分光光度法、单波长分光光度法的稳定性、精密度、重现性、回收率均较好,2 种方法均可用于油樟叶总黄酮含量的测定。但单波长测定法的稳定性、精密度、重现性、回收率 RSD 值均高于双波长测定法,测得样品中总黄酮含量高于双波长法,这可能是由于油樟总黄酮提取液中含有较多其他干扰组分,影响了显色反应体系,造成单波长法的可靠性偏低,测定结果偏高^[18]。测定液显色后,与芸香苷标准溶液相比,油樟总黄酮提取液的吸收光谱发生一定程度蓝移,这一现象也表明油樟叶提取液中可能含有较多干扰吸收的组分。因此,对于油樟叶提取液的总黄酮含量测定,采用双波长法比单波长法能更好地消除复杂组分等背景干扰。双波长分光光度法测得脱脂油樟叶总黄酮含量为 19.21 mg/g,其结果准确可靠,可作为油樟叶总黄酮含量测定方法。黄酮类化合物可通过消除铁、铜等金属离子的催化作用来提高氧化反应的活化能,从而阻碍氧化反应;也可将氢供给脂肪自由基 ($\text{R}\cdot$) 和过氧化自由基 ($\text{ROO}\cdot$) 后转变为酚基自由基 ($\text{A}\cdot$),分别生成脂肪分子 (RH)、氢过氧化物 (ROOH),酚基自由基能降低自动氧化连锁反应速度,从而抑制油脂进一步氧化^[18]。本试验结果表明,油樟叶总黄酮对猪油、菜籽油均有一定抗氧化作用,具有一定量效关系。0.08% 维生素 C 对猪油、菜籽油的抗氧化活性均较弱,可能是由于维生素 C 属水溶性抗氧化剂,在油脂中溶解度低,有效浓度低导致抗油脂氧化活性弱。0.32% 油樟总黄酮与 0.02% BHT 对猪油抗氧化作用相当,0.16% 油樟总黄酮与 0.02% BHT 对菜籽油抗氧化作用相当;当油樟叶总黄酮添加量高于 0.32% 时,其对猪油、菜籽油的抗氧化活性均强于 0.02% BHT。油樟总黄酮与 BHT 联合使用具有协同抗猪油、抗菜籽油氧化作用。

参考文献:

[1] 吴征镒,孙航,周浙昆,等. 中国植物区系中的特有性及其起源和分化[J]. 云南植物研究,2005,27(6):577-604.
[2] 罗中杰,李维一,魏琴,等. 宜宾油樟的现状及其未来[J]. 四川师范大学学报:自然科学版,2001,24(3):317-319.
[3] 张超,魏琴,杜永华,等. 脱油油樟叶提取物的体外抑菌活性研究[J]. 广西植物,2011,31(5):690-694.
[4] 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]. 雅安:四川农业大学,2012.
[5] 魏琴,殷中琼,杜永华,等. 油樟叶乙醇提取物抗炎活性的研究[J]. 中国兽医科学,2011,41(8):859-864.
[6] 魏琴,殷中琼,杜永华,等. 油樟叶乙酸乙酯萃取物镇痛抗炎作用的研究[J]. 中国兽医杂志,2013,49(5):76-78.
[7] 赖剑峰,杨荣玲,刘学铭. 黄酮类化合物的生物转化研究进展[J]. 广东农业科学,2013,40(4):95-98.

刘存芳. 反相高效液相色谱法测定厚朴树叶中的厚朴酚[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 311–313.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.103

反相高效液相色谱法测定厚朴树叶中的厚朴酚

刘存芳

(陕西理工学院化学与环境科学学院, 陕西汉中 723000)

摘要: 超声辅助法提取秦巴山区野生厚朴树叶中的厚朴酚, 用显色法和薄层色谱法对厚朴酚进行定性鉴定, 反相高效液相色谱法测定厚朴树叶中厚朴酚的含量。采用高效液相色谱仪测定, 以 C_{18} 为固定相, 选择不同的流动相, 检测波长为 294 nm, 流速为 1 mL/min, 进样量 20 μ L。试验结果表明, 厚朴树叶中含有厚朴酚, 且厚朴酚的含量为 0.75%, 以体积比 78:22 的甲醇:水为流动相, 测得厚朴酚的保留时间为 4.528 min, 分离效果好、简单、灵敏、重现性好, 结果满意, 适合于厚朴树叶中厚朴酚含量的测定。

关键词: 厚朴树叶; 厚朴酚; 含量; 高效液相色谱法; 测定

中图分类号: O657.7⁺2; R284.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2015)08-0311-03

厚朴 (*Magnolia officinalia*) 是木兰科木兰属的一种高大落叶植物^[1], 别名川朴、紫油厚朴, 树高 15~20 m, 广泛地分布于湖北西部、四川西南部、陕西南部、甘肃南部、江西、安徽、浙江、福建、湖南等地^[2], 厚朴树皮是我国传统中药材, 称为中药厚朴, 始载于《神农本草经》, 列为中品, 其后历代本草均有记载, 厚朴的树皮、根皮、花、籽及嫩芽均能入药^[3], 有燥湿消痰、化湿导滞、消除腹胀便秘、治疗痰饮喘咳、驱风镇痛等功效, 还具有抗菌、抗病毒、抗过敏、影响胃肠活动、松弛肌肉和中枢抑制等作用, 以厚朴树皮为主, 将其作为中药材或深加工的原料使用。厚朴酚是厚朴中的活性物质之一^[4], 有抗菌、镇静中枢神经、松弛肌肉、抗溃疡、抗氧化、预防龋齿等药理作用^[5], 最近研究表明厚朴酚还有抑制癌细胞的作用^[6], 厚朴酚应用广泛, 是一些中成药如保和丸、藿香正气水等的主要成分。目前, 厚朴酚主要是从厚朴树皮提取, 厚朴树皮资源有限, 厚朴树一般要生长 15 年才能符合药用需要, 挖根剥皮, 一次性使用, 而厚朴树叶资源却非常丰富^[7]。人们对厚朴树叶

的开发利用研究报道较多^[8], 不同产地和不同季节厚朴叶中厚朴酚以及和厚朴酚含量存在差异^[9-11], 用高效液相色谱法检测厚朴树叶中厚朴酚的含量, 不同提取方法测得厚朴树叶中厚朴酚含量不同^[12-13], 厚朴树叶提取物对植物病原真菌有抑菌活性^[14], 厚朴树叶中含有和厚朴树皮中相同的成分, 可用厚朴树叶提取厚朴酚, 厚朴树叶的利用前景广阔。陕西南部秦巴山区有丰富的厚朴资源, 本研究采用超声辅助提取法和索氏回流提取法从厚朴树叶中提取厚朴酚, 进行定性鉴定, 用反相高效液相色谱法测定厚朴树叶中厚朴酚的含量^[15], 可为开发利用厚朴树叶资源提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

1.1.1 试验材料 厚朴树叶于 2012 年 11 月上旬收集于陕西南部秦巴山区, 经陕西理工学院植物学专家赵桦教授分析和辨认, 为木兰科木兰属植物厚朴的叶子。置于烘箱 50 $^{\circ}$ C 烘干至恒质量, 用中草药粉碎机粉碎过 60 目筛, 密封保存备用。

1.1.2 试剂 厚朴酚标准品(中国药品生物制品检验所), 色谱甲醇(色谱纯, 进口分装), 乙腈(色谱纯 TEDIA, 进口分装)。乙醇、甲醇、三氯化铁、间苯三酚、苯、香草醛、硫酸、盐酸、羧甲基纤维素钠均为国产分析纯, 由天津市天力化学试剂有限公司生产。薄层层析硅胶 GF254(分析纯, 青岛海洋化工厂)。1% 香草醛硫酸显色剂配制: 100 mL 无水乙醇、1 g 香草

收稿日期: 2014-08-06

基金项目: 陕西省社会发展科技攻关项目(编号: 2012K19-03-03)。

作者简介: 刘存芳(1971—), 女, 陕西合阳人, 硕士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为天然产物开发和活性物质的结构修饰研究。

E-mail: 987253106@qq.com。

[8] 陈莉华, 李三艳, 张 烨, 等. 麦冬叶中总黄酮的抗油脂氧化研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(3): 70-73, 86.

[9] 张俊生, 陈莉华, 段琛圭, 等. 车前子中黄酮提取物对油脂的抗氧化活性研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(2): 62-67.

[10] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 333-334.

[11] 张兰杰, 辛 广, 张维华. 双波长分光光度法测定黑玉米花粉中总黄酮的含量[J]. 食品科学, 2006, 27(2): 230-232.

[12] 张春兰, 叶 林, 吴晓军, 等. 蔷薇果黄酮类物质对油脂的抗氧化作用[J]. 中国油脂, 2010, 35(1): 44-46.

[13] 李文清, 李忠海, 付湘晋, 等. 樟树叶多酚复合抗氧化剂配方的

筛选及优化[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 206-208, 211.

[14] 薛畅敏, 申艳艳, 赵 越. 槐角黄酮抗油脂氧化作用[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(13): 117-120.

[15] 杨泉生, 聂基兰. 双波长分光光度法的原理与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 1992.

[16] 孙崇鲁, 黄克瀛, 陈丛瑾, 等. 香樟叶中黄酮类化合物的提取[J]. 应用化工, 2006, 35(2): 142-143.

[17] 李慕春, 王 飞. 双波长分光光度法测定奶花芸豆总黄酮含量[J]. 广东农业科学, 2010, 37(12): 110-111.

[18] 李姣娟, 戴 瑜, 周尽花, 等. 川桂叶总黄酮对油脂抗氧化作用的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(10): 134-137.