

芸香草不同极性提取物的体外抗氧化活性研究

木妮热·依布拉音¹, 尤努斯江·吐拉洪^{2*}, 杨艳梅¹, 尚月梅¹

(1. 新疆乌鲁木齐市疾病预防控制中心, 新疆乌鲁木齐 830002; 2. 新疆大学化学化工学院, 新疆乌鲁木齐 830046)

摘要 [目的]芸香草不同极性提取物中多酚含量的测定并研究其体外抗氧化活性。[方法]用70%乙醇、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇和水等溶剂对芸香草进行提取, 分别测量其中的多酚含量, 并以其中的多酚为基准, 比较分析各提取物的抗氧化活性。[结果]芸香草70%乙醇、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇和水提取物多酚含量分别为3.87、0.52、0.41、0.83和1.57 mg/g, 即提取液极性增大时, 多酚含量也相应增加; 各提取物均有一定的抗氧化活性, 所含多酚质量浓度相同时, 70%乙醇和水提取物的抗氧化活性较大, 并与抗坏血酸相近, 而氯仿、乙酸乙酯、正丁醇的抗氧化活性较小。[结论]芸香草多酚以极性多酚为主, 且其抗氧化活性随多酚极性的增加而加强的趋势。

关键词 芸香草; 多酚; 抗氧化活性; 体外; 极性提取物

中图分类号 S567; R286; R965 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)23-07738-03

The Antioxidant Activities of Different Polarity Extracts from *Cymbopogon distans* in vitro

Munire IBRAHIM, Yunusjan TURAHUN et al (Urumqi City Center for Disease Control and Prevention, Urumqi, Xinjiang 830002; College of Chemistry & Chemical Engineering, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046)

Abstract [Objective] To determine polyphenolics from different polarity extracts of *Cymbopogon distans* and research antioxidant activity. [Methods] The ethanol extract of *Cymbopogon distans* was extracted by different polar solvent in turn, its polyphenolics were determined, and the antioxidant activity were measured. [Result] All extracts from *Cymbopogon distans* had some antioxidant activities, 70% alcohol extract and water extract showed the highest antioxidant activity as V_C under the same content of polyphenols conditions, but the antioxidant activity of chloroform extract, ethyl acetate extract and n-butanol extract are smaller in comparison V_C . [Conclusion] Polar polyphenols were dominant in *Cymbopogon distans*, with the improvement of the extraction solvent polarity, its antioxidant activities showed an increasing trend.

Key words *Cymbopogon distans*; Polyphenolics; Antioxidant activity; in vitro; Polar extracts

芸香草 [*Cymbopogon distans* (Nees et Steud) W. Watson] 为禾本科多年生草本植物, 又名韭叶芸香草、诸葛草、臭草, 属多年生草本, 有香气, 常生于海拔稍高的石山组破草地, 分布于我国新疆、甘肃、陕西、西南及印度、尼泊尔、巴基斯坦等地^[1]。芸香草含有挥发油、酸性皂甙类物质、鞣质、蛋白质、粘液质、苦味质、糖类及酚性物质, 其精油可直接用作皂用和化妆品用香精, 还可以用于杀虫和消毒剂^[2]。全草可做药材, 其味辛、微苦、性温, 民间常用于解表、利湿、止咳平喘, 主治风寒感冒、伤暑、吐泻腹痛、小便淋痛、风湿痹痛、咳嗽气喘^[3]。对芸香草的化学成分和药用作用研究还处在起步阶段, 如杜清等利用硅胶柱层析分离纯化, 鉴定了 β -谷甾醇、齐墩果酸和尿囊素等3种化合物^[4]; 薛敦渊等对芸香草精油化学成分中鉴定出了松油烯、胡椒酮、十氢-1等26种化学成分^[5]。笔者对芸香草不同极性提取液体外抗氧化活性进行了初步研究, 为芸香草的认识及进一步开发提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 试验仪器 723型可见分光光度计(上海精密科学仪器有限公司制造); RE-52旋转式蒸发器(上海亚荣生化仪器厂); DXF200植物粉碎机(中山市东风镇安密尔电器厂); PHB-8型笔式PH计(上海佑科仪器仪表有限公司); SHB-III循环式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司)。

1.2 试验材料 芸香草购自于新疆维吾尔自治区医院, 阿不拉江博士鉴定为芸香草。用植物粉碎机粉碎成粉末后, 阴凉

干燥处密闭保存。没食子酸($\geq 98\%$), 上海源叶生物科技有限公司; 2,2-二苯基-1-苦味酰基自由基(DPPH·)为美国Sigma公司; 抗坏血酸、三羟甲基氨基甲烷(Tris)、邻苯三酚、三氯乙酸等化学试剂均为国产分析纯试剂, Folin-ciocalten试剂按文献[6]配制。

1.3 试验方法

1.3.1 芸香草多酚的提取。称取2份芸香草样品各10g, 加70%乙醇200ml, 在50℃超声提取40min, 用三层的中速定性滤纸过滤后, 低速离心得滤液, 滤渣重复提取3次, 合并滤液, 浓缩至50ml, 得粗提取液备用。其中一份粗提取液依此用20ml的氯仿、乙酸乙酯、正丁醇恒温萃取20min, 重复5次, 合并各萃取相, 减压浓缩并定容至50ml, 得氯仿相、乙酸乙酯相、正丁醇相和水相样品溶液。芸香草不同极性提取物的制备流程如图1所示。

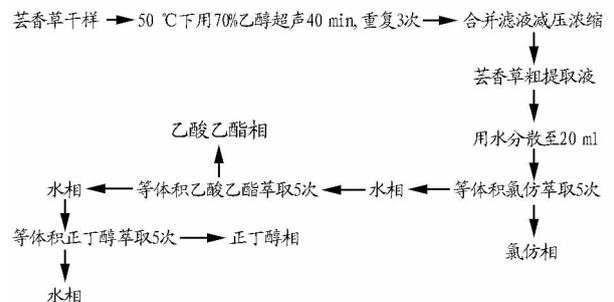


图1 芸香草不同极性提取物的制备流程

1.3.2 芸香草中多酚含量的测定。

1.3.2.1 没食子酸对照品溶液标准曲线的绘制^[7]。精确称取0.075g没食子酸标准样品, 蒸馏水溶解并定容于50ml容量瓶中, 从中移取5.0ml用蒸馏水至50ml, 得浓度为0.15

作者简介 木妮热·依布拉音(1966-), 女, 维吾尔族, 新疆乌鲁木齐人, 副主任技师, 从事微生物检验研究。*通讯作者, 副教授, 从事天然产物活性成分研究。

收稿日期 2014-07-09

mg/ml 标准液。精密吸取此标准溶液 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 和 1.4 ml 于 25 ml 容量瓶中,用蒸馏水稀释至 10 ml,各加入 *Folin-ciocalten* 试剂 1.0 ml,摇匀后再加入 20% 的 Na_2CO_3 溶液 2.0 ml,置于 50 °C 的水浴 10 min,冷却并定容到 25 ml,室温放置 30 min。同时以不加对照品的为空白,在 760 nm 波长处测定标准品溶液的吸光度,得到没食子酸含量 Y ($\mu\text{g}/\text{ml}$) 与吸光度 A 之间的回归方程。

1.3.2.2 芸香草不同极性提取液中多酚含量的测定。分别移取芸香草不同极性溶剂提取液样品 1.0 ml,用蒸馏水稀释至 10 ml,再取 1.0 ml,其余按“1.3.2.1”方法操作,测定体系在波长 760 nm 处的吸光度,并从没食子酸标准曲线方程式中求出芸香草不同极性提取液中的多酚含量。

1.3.3 芸香草中多酚的抗氧化活性的测定。

1.3.3.1 还原力的测定^[8]。移取浓度为 0.5 mg/ml 的芸香草不同极性提取液 0.4 ml,稀释至 1.0 ml,加 2.5 ml 磷酸盐缓冲液 PBS(0.2 mol/L, pH 6.6) 摇匀,再加入 1% 铁氰化钾 2.5 ml 摇匀,置于 50 °C 水浴恒温反应 20 min,加 10% 三氯乙酸溶液 1 ml,摇匀,3 000 r/min 离心 5 min;取上清液 2.5 ml,加水 2.5 ml 稀释,再加入 0.1% 三氯化铁 0.5 ml,避光反应 10 min 后在波长 760 nm 处测定吸光度。每个样重复测定 3 次,取平均值。同时在相同条件下测定抗坏血酸(VC)的还原力。

1.3.3.2 DPPH· 自由基清除能力的测定^[9]。移取适当浓度的芸香草不同极性提取液各 2.0 ml 于具塞试管中,加入 0.010 mg/ml 的 DPPH· 乙醇溶液 2.0 ml,混合均匀,静置 30 min 后倒入 1 cm 的比色皿中,在 517 nm 处测定其吸光度值,同时测定样品空白以及不加样空白的吸光度值。每个样重复测定 3 次,取平均值。同时相同条件下测定抗坏血酸(VC)对 DPPH· 自由基清除能力。按下式计算其对 DPPH· 的清除率,即 DPPH· 的清除率(%) = $\left[1 - \frac{A - A_1}{A_0}\right] \times 100$,式中, A_0 为 DPPH 与无水乙醇吸光度; A_1 为样品与无水乙醇吸光度; A 为样品与 DPPH· 吸光度。

1.3.3.3 羟基自由基清除率的测定^[10]。向 25 ml 容量瓶中依次加入 7.5 mmol/ml 邻二氮菲溶液 1.0 ml、PBS(pH=7.4) 5.0 ml、7.5 mmol/ml FeSO_4 溶液 1.0 ml,一定量的抗氧化剂溶液(损伤管及未损伤不加提取液)、体积分数为 0.1% 双氧水 1.0 ml(未损伤管不加),以蒸馏水定容,暗处放置 60 min,在 510 nm 处测定吸光度。以上每加一次试剂需摇匀。每个样重复测定 3 次,取平均值。同时以抗坏血酸(VC)作为对照物。羟基自由基清除率计算公式为:羟基自由基的清除率(%)

$$= \frac{A_{\text{样品}} - A_{\text{损伤}}}{A_{\text{未损}} - A_{\text{损伤}}} \times 100。$$

1.3.3.4 超氧阴离子自由基的清除率的测定^[11]。取 50 mmol/L 的 4.5 ml Tris-HCl 缓冲溶液(pH=8.2),4.2 ml 蒸馏水混匀后在 25 °C 预热过的 3 mmol/L 邻苯三酚 0.3 ml,迅速摇匀后倒入比色皿,420 nm 下每隔 30 s 测定吸光度,总 4 min。以 10 mmol/L HCl 溶液配制空白管作为对照。按照上

述步骤在加入邻苯三酚前先分别加入 1.0 ml 芸香草不同溶剂提取液,蒸馏水减少。同样以 10 mmol/L HCl 溶液配制空白管作为对照。同时在相同条件下测定抗坏血酸(VC)对超氧阴离子的清除能力,测定吸光度。超氧阴离子自由基的清除率的测定计算公式为:超氧阴离子自由基的清除率(%) = $\frac{\Delta A_1 - \Delta A_2}{\Delta A_1} \times 100$ 。

2 结果与分析

2.1 没食子酸对照品的标准曲线的绘制 按“1.3.2.1”项的试验方法,在 760 nm 波长处测定标准品系列溶液的吸光度,以没食子酸含量($\mu\text{g}/\text{ml}$)为横坐标,相应吸光度为纵坐标进行线性回归,得到没食子酸的标准曲线(图 2),其回归方程为 $y = 0.009 0x + 0.018 3$ ($R^2 = 0.996 3$)。从图 2 可看出,在 0~84 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 有良好的线性关系。

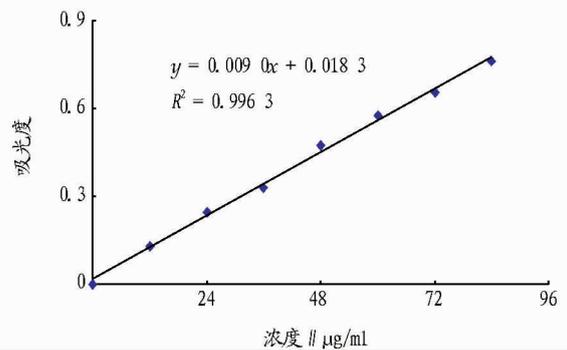


图 2 没食子酸的标准曲线

2.2 芸香草不同极性溶剂提取液中多酚含量 总多酚含量以 *Folin-Ciocalteu* 法测定,结果根据标准曲线计算,所得结果表明,70% 乙醇作为溶剂的粗提取液的多酚含量最多,乙酸乙酯相的多酚含量最小,其顺序为 70% 乙醇(3.87 mg/g) > 蒸馏水(1.57 mg/g) > 正丁醇(0.83 mg/g) > 氯仿(0.52 mg/g) > 乙酸乙酯(0.41 mg/g),溶剂极性越强,总酚含量越高。根据相似相溶原理可知芸香草多酚以极性酚为主,极性酚含量显著高于弱极性酚含量。

2.3 芸香草多酚抗氧化活性的研究

2.3.1 芸香草不同极性提取物的还原力。还原力的测定以样品是否为电子供体为指标,供应的电子除了可使 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} 外,亦可与自由基反应,使自由基成为较稳定的物质。根据测得的吸光度值可以测定样品还原能力的大小^[12]。吸光度值越大,表明抗氧化剂对 Fe^{3+} 还原能力越强。从图 3 可以看出,芸香草不同极性提取物均有一定的还原力,在相同浓度下还原力最大的是抗坏血酸(VC),其次是 70% 的乙醇提取液,还原力最小的是乙酸乙酯提取液,其还原力相当于 VC 的 1/3。

2.3.2 芸香草不同极性提取物对 DPPH· 自由基清除能力。DPPH· 为一相当稳定的自由基,其甲醇溶液在 517 nm 附近有强的吸光值,当被抗氧化剂还原,或与另外一个自由基结合时,吸光值均会降低,其褪色程度与其接受的电子数量成定量关系^[13]。在 DPPH· 溶液中加入自由基清除剂时,溶液

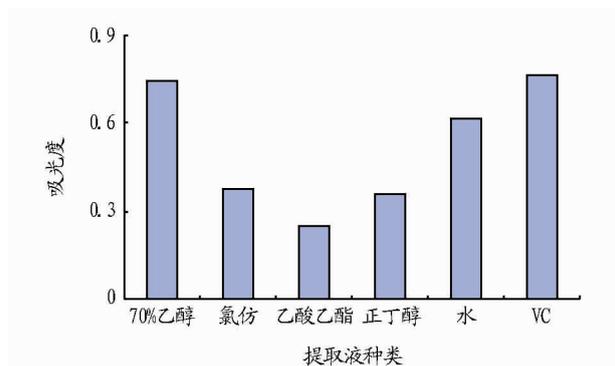


图3 芸香草不同极性提取物的还原力

颜色变浅,最大吸收峰处的吸光度变小,而吸光度变小的程度与自由基被清除的程度呈线性关系。因此,可用自由基的清除情况来评价某物的抗氧化能力。其抗氧化能力用清除率表示,清除率越大,抗氧化能力越强。采用“1.3.3.2”节的

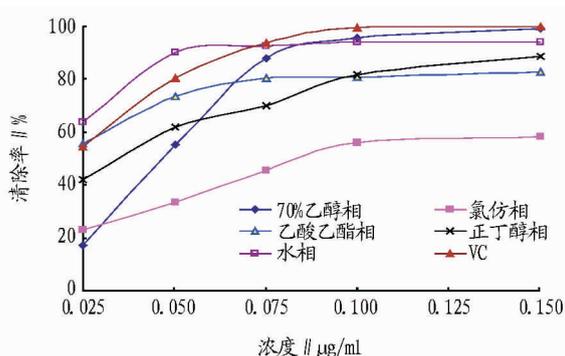


图4 芸香草不同极性提取物的DPPH·的清除能力

方法测定不同极性芸香草多酚对DPPH·自由基的清除作用,结果表明(图4),芸香草不同极性提取液对DPPH·均有一定的清除能力,且均具有明显的量效关系。提取物中多酚浓度均为0.100 mg/ml时,70%乙醇、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇、水提取液和VC等对DPPH·的清除率分别为95.55%、55.91%、80.80%、81.78%、94.15%和99.72%,70%乙醇和水提取液对DPPH·有较弱的清除作用,其清除率与VC的相近。

2.3.3 芸香草不同极性提取物对羟基自由基的清除能力。羟自由基($\cdot\text{OH}$)是一种氧化能力很强的自由基,它能够很容易地氧化各种有机物和无机物,氧化效率高,反应速率快,是造成组织脂质过氧化、核酸断裂、蛋白质和多糖分解的活性氧,与机体的衰老、肿瘤、辐射损伤和细胞吞噬有关。通过Fenton反应所产生的 $\cdot\text{OH}$,可使邻二氮菲- Fe^{2+} 水溶液氧化为邻二氮菲- Fe^{3+} ,从而使邻二氮菲- Fe^{3+} 在510 nm处的最大吸收峰消失,据此可推知系统中 $\cdot\text{OH}$ 的量的变化^[14]。采用Fenton法测定了芸香草不同极性提取液对 $\cdot\text{OH}$ 的清除作用,结果表明(图5),各提取液对 $\cdot\text{OH}$ 均有一定的清除作用,它们的多酚浓度相同(0.100 μg/ml)时,各提取液对羟自由基的清除率的大小为VC>水>70%乙醇>正丁醇>氯仿>乙酸乙酯。

2.3.4 芸香草不同极性提取物对超氧阴离子自由基的清除能力。邻苯三酚在碱性条件下发生自氧化释放氧阴离子自

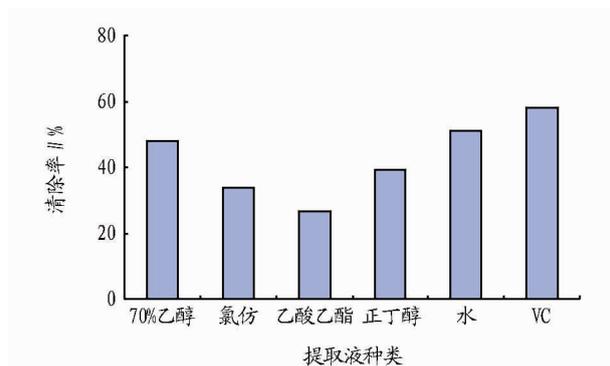


图5 芸香草不同极性提取物对 $\cdot\text{OH}$ 的清除力

由基($\cdot\text{O}_2^-$),并生成有色中间产物,该有色中间产物在420 nm波长处有一特征吸收峰,当有抑制剂存在时,可清除 $\cdot\text{O}_2^-$,从而阻止中间产物的积累,可通过比色法来检测有色中间产物的含量,以检测物质清除 $\cdot\text{O}_2^-$ 的能力^[15]。该试验利用这一特点,测定不同时间反应体系的吸光度,测得邻苯三酚自氧化速率和加入不同极性提取液后邻苯三酚自氧化速率,间接测定各提取液对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的抑制率。从图6可以看出,芸香草不同极性提取液对超氧阴离子有一定的清除能力,各提取液多酚浓度相同(0.100 μg/ml)时,对 $\cdot\text{O}_2^-$ 清除能力从大到小的顺序为70%乙醇>VC>水>正丁醇>氯仿>乙酸乙酯,其中70%乙醇对 $\cdot\text{O}_2^-$ 清除能力与VC相当,而乙酸乙酯提取物对 $\cdot\text{O}_2^-$ 清除能力是VC的1/4。

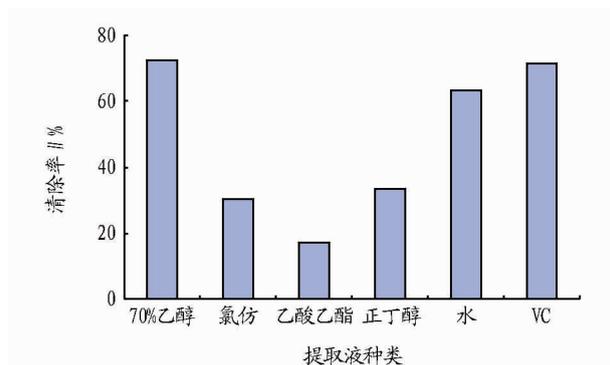


图6 芸香草不同极性提取物对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除力

3 讨论

多酚是植物原料的一种重要次生代谢产物,是绝大多数植物性食品和药材的活性成分。使用不同极性溶剂可以提取不同极性(即种类)的酚类化合物,它们在结构和性质上有所不同。该试验用70%乙醇、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇和水等溶剂超声提取了芸香草中多酚,被提取的多酚含量顺序为70%乙醇>水>正丁醇>氯仿>乙酸乙酯。溶剂极性越强,总酚含量越高,根据相似相溶原理可知芸香草多酚以极性酚为主,极性酚显著高于弱极性酚含量。芸香草提取物对DPPH·自由基、羟自由基、超氧阴离子自由基的清除率和还原力的大小也与溶剂极性密切相关,总的来说,极性越强的多酚,其抗氧化活性也越强。为了更准确地表征芸香草抗氧化作用机理,有必要对提取物中多酚单体组分进行分离、纯化和结构鉴定。

1.3.3 酶抑制率的计算。根据该试验方法按公式计算样品的抑制率,即样品的百分抑制率 $I(\%) = [1 - (c - d)/(a - b)] \times 100\%$,式中, a 、 b 、 c 、 d 分别为对照组、空白对照组、样品测定组、样品对照组的 OD 值。

2 结果与分析

从山茱萸不同部位提取物对葡萄糖苷酶的抑制率(表2)可以看出,山茱萸果核提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制率分别为 20 倍醇提 99.23%、30 倍醇提 98.96%、40 倍醇提 99.29%,20 倍水提 99.36%、30 倍水提 99.32%、40 倍水提 99.17%;山茱萸果肉提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制率分别为 20 倍醇提 52.10%、30 倍醇提 60.77%、40 倍醇提

21.67%、20 倍水提 11.88%、30 倍水提 0.53%、40 倍水提 1.59%。可见,山茱萸果核提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制率明显高于山茱萸果肉提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制率;其中对于山茱萸果肉有效成分的提取,20 倍醇提和 30 倍醇提的效果较好,水提的效果并不理想;而对于山茱萸果核有效成分的提取,水提和醇提的效率均很高,基本维持在 99% 以上。该研究结果表明,山茱萸不同部位的水提取物和乙醇提取物对 α -葡萄糖苷酶均有一定的抑制作用,其中山茱萸果核部位对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用最为显著,其抑制率可高达 99% 以上,可见山茱萸果核中含有丰富的抑制 α -葡萄糖苷酶活性的物质,可作为药用资源予以开发利用。

表1 96孔板的加样顺序

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| A | 样品对照 [高] | 醇提 [高] | 样品对照 [中] | 醇提 [中] | 样品对照 [低] | 醇提 [低] | 样品对照 [高] | 水提 [高] | 样品对照 [中] | 水提 [中] | 样品对照 [低] | 水提 [低] |
| B | 样品对照 [高] | 醇提 [高] | 样品对照 [中] | 醇提 [中] | 样品对照 [低] | 醇提 [低] | 样品对照 [高] | 水提 [高] | 样品对照 [中] | 水提 [中] | 样品对照 [低] | 水提 [低] |
| C | 样品对照 [高] | 醇提 [高] | 样品对照 [中] | 醇提 [中] | 样品对照 [低] | 醇提 [低] | 样品对照 [高] | 水提 [高] | 样品对照 [中] | 水提 [中] | 样品对照 [低] | 水提 [低] |
| D | 空白对照 | 对照组 | | | | | | | | | | |
| E | 空白对照 | 对照组 | | | | | | | | | | |
| F | 空白对照 | 对照组 | | | | | | | | | | |

注:表中的[高]、[中]、[低]分别对应稀释 20 倍、30 倍和 40 倍的样品。

表2 山茱萸不同部位提取物对葡萄糖苷酶的抑制率 %

| 提取物 | 果肉 | | | 果核 | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 倍 | 30 倍 | 40 倍 | 20 倍 | 30 倍 | 40 倍 |
| 乙醇提取物 | 52.10 | 60.77 | 21.67 | 99.23 | 98.96 | 99.29 |
| 水提取物 | 11.88 | 0.53 | 1.59 | 99.36 | 99.32 | 99.17 |

3 结论

采用乙醇和水分别对山茱萸果肉和果核进行提取,测定山茱萸果肉和果核提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用,进而反应山茱萸的降血糖作用。研究表明,山茱萸果核提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制率明显高于山茱萸果肉提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制率;其中对于山茱萸果肉有效成分的提取,20 倍醇提和 30 倍醇提的效果较好,水提的效果并不理想;而对于山茱萸果核有效成分的提取,水提和醇提的效率均很高。可见,山茱萸不同部位的水提取物和乙醇提取物对 α -葡萄糖苷酶均有一定的抑制作用,其中山茱萸果核部位对

α -葡萄糖苷酶的抑制作用最为显著,其抑制率可高达 99% 以上,说明山茱萸果核中含有丰富的抑制 α -葡萄糖苷酶活性的物质,可作为药用资源予以开发利用,为山茱萸资源的药用开发提供参考。

参考文献

- [1] 周京华,李春生,李电东. 山茱萸有效化学成分的研究进展[J]. 中国新药杂志,2001,10(11):808-812.
- [2] 叔小燕,侯大斌,阮期平. 山茱萸的研究进展[J]. 中国药业,2007,16(10):60-62.
- [3] 张聪,金德庄. 山茱萸的研究进展[J]. 上海医药,2008,29(10):464-467.
- [4] 袁菊丽,姜红波. 山茱萸的主要化学成分及药理作用[J]. 化学与生物工程,2011,28(5):7-9.
- [5] 于淼,王晓先. 山茱萸的药理作用研究进展[J]. 东南国防医药,2010,12(3):240-243.
- [6] 李慧敏,康杰芳. 山茱萸降血糖作用研究进展[J]. 中药材,2012,35(9):1527-1530.
- [7] 李旭炯,郑天珍. 中药及其有效成分降血糖机制的研究进展[J]. 兰州大学学报,2006,32(4):81-84.
- [8] 凌关庭. 抗氧化食品与健康[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [9] 尤努斯江·吐拉洪,吐尔洪·买买提. 伊犁小檗果实红色素超声提取及 DPPH·自由基清除活性[J]. 食品研究与开发,2013,34(10):45-49.
- [10] 周蓉,邹怀池,池小雷. 薄荷提取物的抗氧化性研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(31):9847-9848.
- [11] 王爽,弓建红,张寒娟,等. 石斛多糖抗氧化活性研究[J]. 中国实用医药,2009,4(30):15-16.
- [12] 朱洪梅,赵猛. 响应面法优化沙棘色素提取及抗氧化性研究[J]. 林产化学与工业,2010,30(4):78-84.
- [13] 魏国华,刘钟栋,许新德,等. 乌饭树叶提取物的抗氧化能力探讨[J]. 食品与发酵工业,2006,32(12):57-59.
- [14] 王怀宗. 苋菜红色素的微波萃取及稳定性研究[J]. 温州大学学报:自然科学版,2008,29(3):33-36.
- [15] 孟繁磊,陈瑞战,张敏,等. 刺五加多糖的提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 食品科学,2010,31(10):168-174.

(上接第 7740 页)

参考文献

- [1] 江苏新医学院中药大辞编写组. 中药大辞典[M]. 上海:上海人民出版社,1977:1053.
- [2] 《中华本草》编委会. 中华本草(第八册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999:337.
- [3] 程必强,许勇,喻学俭,等. 六种香茅属植物资源及精油成分[J]. 香料香精化妆品,1994(3):6-10.
- [4] 杜清,宋培浪,陈琳,等. 芸香草的化学成分研究[J]. 海峡药学,2006,18(6):65-66.
- [5] 薛敦渊,宋茂森,陈宁,等. 芸香草精油化学成分的研究[J]. 高等学校化学学报,1992,13(12):1551-1552.
- [6] 田树革,魏玉龙,刘宏炳. Folin-Ciocalteu 比色法测定石榴不同部位总多酚的含量[J]. 光谱实验室,2009,26(2):341-344.
- [7] 韩明,叶少敏. 山野菜一点红总多酚提取工艺的研究[J]. 广州城市职业学院学报,2008,2(1):27-30.