

老山芹不同溶剂提取物的活性成分及其促进细胞生长活性

赵玉红¹, 马捷¹, 李佳启¹, 王路²

(1. 东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040) (2. 哈尔滨工业大学化工学院, 黑龙江哈尔滨 150090)

摘要: 为研究老山芹不同溶剂提取物的活性功能, 本研究老山芹为原料, 比较了不同溶剂提取物的活性成分和抗氧化效果, 以及不同溶剂提取物对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶的影响, 并对适宜条件下不同溶剂提取物对 HepG2 和 panc-1 细胞的影响进行研究。试验结果表明: 随着浓度的增加两种酶抑制率而不断增大, 并得出两种酶抑制率的 IC₅₀ 值, 碱提取条件下 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶的 IC₅₀ 最小, 分别为 0.47 mg/mL、2.17 mg/mL。四种溶剂提取物中多糖含量最高的是碱提取, 含量为 58.09 mg/g; 总酚含量最高的是醇提物, 含量为 11.48 mg/g; 黄酮含量最高的是醇提物, 含量为 3.96 mg/g, 并且四种提取物中醇提物的抗氧化活性最高, 酸提物抗氧化活性最低。四种溶剂提取物在低浓度条件下, 均能促进 HepG2 和 panc-1 细胞的生长, 随着浓度的增加 HepG2 和 panc-1 细胞存活率均呈不同程度的下降, 提取物在高浓度条件下对细胞有抑制作用。

关键词: 老山芹; α -葡萄糖苷酶抑制率; α -淀粉酶抑制率; 抗氧化; HepG2 细胞; panc-1 细胞

文章编号: 1673-9078(2018)06-39-45

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.6.006

Active Ingredients and Active Function of Extracts from *Heracleum Moellendorffii* Hance by Different Solvents

ZHAO Yu-hong¹, MA Jie¹, LI Jia-qi¹, WANG Lu²

(1. School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

(2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: In order to study the active function of extracts from *Heracleum Moellendorffii* Hance by different solvents, the *Heracleum Moellendorffii* Hance was used as the raw material in this study. The active ingredients and antioxidant effects of different solvent extracts were compared. The effects of different extracts on the α -glucosidase and α -amylase were studied, and The effects of different solvent extracts on the HepG2 and panc-1 cells under the optimal conditions were also investigated. The results showed that with the increase of the concentration, the four extracts' inhibitory rate of α -glucosidase and α -amylase also increased. The IC₅₀ values of the two kinds of enzyme inhibitory rates were obtained, and the IC₅₀ values of α -glucosidase and α -amylase in alkali extraction were the minimal value, which were 0.47 mg/mL and 2.17 mg/mL, respectively. The highest content of polysaccharides in the four solvent extracts was alkali extraction, the content was 58.09 mg/g; The highest content of total phenols was ethanol extract, the content was 11.48 mg/g; The highest content of flavonoids was ethanol extract, the content was 3.96 mg/g. The alcohol extract of the four extracts had the highest antioxidant activity, and the acid extract had the lowest antioxidant activity. All the four extracts could promote the proliferation of HepG2 and panc-1 cells at low concentrations. With the increase of concentration, the survival rates of HepG2 and panc-1 cells decreased in different degrees. Extracts had inhibitory effect on cells under high concentration.

Key words: *Heracleum moellendorffii hance*; inhibitory rate of α -glucosidase; inhibitory rate of α -amylase; anti-oxidation; HepG2 cell; panc-1 cell

收稿日期: 2018-01-18

基金项目: 十三五国家重点研发计划项目 (2016YFC0500307-07)

作者简介: 赵玉红 (1968-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 林特产品精深加工

通讯作者: 王路 (1973-), 女, 博士, 副教授, 从事天然产物加工及生物活性应用研究

老山芹 (*Heracleum moellendorffii* Hance), 又称为土当归、短毛白芷^[1]和大叶芹等, 学名东北牛防风, 伞形科牛防风属多年生宿根草本植物, 是黑龙江省林区常见山野菜种类之一, 生长于我国东北和华北地区, 朝鲜、俄罗斯等国河岸湿草地、草甸子、山坡林下及山地混杂林缘等阴湿环境^[2]。老山芹是具有食用和药

用保健价值的春季山林野生蔬菜, 在山野菜品种中占重要地位。其嫩茎叶口味鲜美, 富含胡萝卜素、维生素A、维生素C、维生素B₂、维生素E、铁、钙、蛋白质和多种氨基酸等营养成分^[3]及黄酮、香豆素、皂苷类化合物; 全株可入药, 具有祛风除湿、治疗腰膝酸痛、头痛及降血压等功效。高阳^[4]等分析出老山芹根中亲脂性化学成分主要为长链醇、甾醇和香豆素类化合物。Zhang H L^[5]等通过动物实验研究了老山芹甲醇提取物降血糖主要成分为香豆素类。

α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶是影响饮食中淀粉等主要碳水化合物消化、吸收的关键酶, α -葡萄糖苷酶抑制剂可以有效防治餐后高血糖, 用于治疗因碳水化合物代谢紊乱而引起的疾病^[6], α -淀粉酶抑制剂能有效抑制唾液淀粉酶和胰液淀粉酶活性, 阻碍食物中碳水化合物的代谢, 降低血糖和血脂水平^[7]。

HepG2 细胞是人肝癌细胞株, 来源于人肝胚胎瘤细胞, 与肝细胞表型相似, 与正常的葡萄糖受体细胞相比, 具有正常肝细胞的基本生理特征^[8], 能够正常吸收葡萄糖, 生成脂质, 合成 RNA, 并且保持了糖原合成酶的活性^[9]。Panc-1 细胞是人胰腺癌细胞株, 源自于胰腺癌导管细胞, 胰腺是人体第二大消化道实质性器官, 也是重要的内分泌器官, 胰腺具有分泌胰岛素的功能, 胰岛素参与调节糖代谢, 控制血糖平衡, 可用于治疗糖尿病。

近年来, 对老山芹的研究主要是生长发育方面, 这种植物在细胞或动物中的药理活性研究较少, 本实验以老山芹为原料, 通过体外试验研究不同溶剂对老山芹活性物质含量及抗氧化活性, 并比较不同溶剂老山芹提取物抗氧化能力及对 HepG2 和 Panc-1 细胞的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜老山芹 (*Heracleum moellendorffii* Hance) 购于黑龙江嫩江农场; α -葡萄糖苷酶: 上海源叶生物科技有限公司; 4-硝基苯基- α -D-吡喃葡萄糖苷 (PNPG): 上海源叶生物科技有限公司; α -淀粉酶: 上海源叶生物科技有限公司; 人肝癌组织细胞系 HepG2, 人胰腺癌细胞系 panc-1: 黑龙江省哈尔滨医科大学惠赠; DMEM 培养液: 美国 Hyclone 公司; 无支原体新生胎牛血清: 杭州四季青生物工程材料有限公司; 四甲基偶氮唑蓝 (MTT): 上海源叶生物科技有限公司; 二甲基亚砜: 天津市富宇精细化工有限公司; 可溶性淀粉; 其他化学试剂均为分析纯。

1.2 主要仪器设备

ELx800NB 型酶标仪: 美国 BioTek 公司; 电热恒温水浴锅 DK-S12: 上海森信试验仪器有限公司; 电热恒温鼓风干燥箱: 上海一恒科学仪器有限公司; pH 计: Sartorius; RE-52A 旋转蒸发器: 上海亚荣生化仪器厂; CKX41 倒置显微镜: OLYMPUS; 二氧化碳培养箱: 美国赛默飞世尔科技公司; 超清工作台: YATAIKELONG; 离心机: 湖南星科科学仪器有限公司; 25 cm² 细胞培养瓶: 美国 Corning 公司; 96 孔细胞培养板: 美国 Corning 公司; 手提式压力蒸汽灭菌锅: 上海博迅实业有限公司医疗设备厂; -80 °C 低温冰箱: 美国赛默飞世尔科技公司。

1.3 试验方法

1.3.1 老山芹不同溶剂提取物的制备

水提物的制备: 老山芹粉末在料液比 1:60、提取温度 80 °C、提取时间 3 h 条件下进行提取, 抽滤后, 收集滤液, 将滤液进行减压蒸馏, 然后将提取物干制研磨成粉末待用。

酸提物的制备: 老山芹粉末在提取温度 70 °C、料液比 1:60、pH 值 3、提取时间 2.5 h 条件下进行提取, 结束后, 冷却至室温, 抽滤分离, 并减压蒸馏至原体积的一半, 然后按 3 倍体积加入 95%乙醇进行沉淀, 静置 30 min 后有絮状沉淀析出; 经离心、乙醇洗涤, 将沉淀干制研磨成粉末待用。

碱提物的制备: 老山芹粉末在提取温度 60 °C、料液比 1:40、pH 值 12, 提取时间 2 h 条件下进行提取, 冷却至室温, 抽滤分离, 调节 pH 值至 7.0, 进行减压浓缩, 然后按 3 倍体积加入 95%乙醇进行沉淀, 静置 30 min 后有絮状沉淀析出; 经离心、乙醇洗涤, 将沉淀干制研磨成粉末待用。

醇提物的制备: 老山芹粉末在乙醇浓度 80%、料液比 1:15、提取温度 50 °C、提取时间 2 h 条件下进行提取, 离心抽滤分离滤液, 将滤液进行减压蒸馏, 然后干制研磨成粉末待用。

1.3.2 α -葡萄糖苷酶抑制率测定

α -葡萄糖苷酶抑制率参照^[10-12]的方法, 略加修改, 取 2 mg/mL 的老山芹提取物 100 μ L, 加入 α -葡萄糖苷酶溶液 50 μ L, 于 37 °C 水浴 10 min 后, 10 mg/mL 的底物 PNPG 溶液 50 μ L, 于 37 °C 水浴 15 min 后, 立即加入 1 mol/L 的 Na₂CO₃ 溶液 100 μ L 终止反应, 用酶标仪在波长为 405 nm 处测定吸光值 A₁, 另取 100 μ L 磷酸盐缓冲溶液代替酶解液, 测定其吸光值 A₀, 再测定只有酶解液反应体系吸光值 A₂, 每组试验做 5 次

平行。按式(1)计算抑制率。

$$\text{抑制率}/\% = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \quad (1)$$

1.3.3 α -淀粉酶抑制率测定

α -淀粉酶抑制率参照^[13,14]的方法,略加修改,取2 mg/mL的老山芹提取物100 μ L,加入50 μ L的 α -淀粉酶溶液,于37 $^{\circ}$ C水浴10 min后,加入1.0%的可溶性淀粉溶液50 μ L,于37 $^{\circ}$ C水浴5 min后,立即加入DNS溶液100 μ L终止反应,再加入1000 μ L PBS,用酶标仪在波长为540 nm处测定吸光值 A_1 ,另3取100 μ L磷酸盐缓冲溶液代替酶解液,测定其吸光值 A_0 ,再测定只有酶解液反应体系吸光值 A_2 ,每组试验做5次平行。按式(1)计算抑制率。

1.3.4 多糖含量测定

采用苯酚-硫酸比色法^[15],略加修改。取适宜浓度的老山芹提取物,加蒸馏水至2.0 mL,加1 mL 6%苯酚混匀,沿管壁加入5 mL浓硫酸,震荡混匀,静置20 min。以试剂空白调零,在490 nm波长处测定吸光度。

1.3.5 总酚含量测定

采用福林酚-肖卡法^[16],略加改动。取100 μ L老山芹提取物置于10 mL容量瓶中,加水7 mL,摇匀,加入500 μ L福林酚试剂,充分摇匀,1 min后加入20% Na_2CO_3 溶液1.5 mL摇匀,最后加入900 μ L蒸馏水,25 $^{\circ}$ C恒温水浴避光反应1 h。在765 nm波长下测定吸光度。

1.3.6 黄酮含量测定

采用文献^[16]的方法,略加改动。取500 μ L老山芹提取物加入30%的乙醇至5 mL,加入300 μ L 5%的亚硝酸钠,摇匀,6 min后加入300 μ L 10%的硝酸铝,摇匀静置6 min后加入4 mL 1.0 mol/L的NaOH,反应15 min后,510 nm波长下测定吸光度。

1.3.7 ABTS自由基清除能力的测定

参考董竹平等^[15]的方法略加改动。取不同梯度浓度稀释样品1.5 mL和ABTS溶液1.5 mL,加入同一试管中,混匀后室温下避光反应6 min,在734 nm下测定吸光值 A_1 ,空白 A_0 以等体积蒸馏水代替ABTS溶液,对照组 A_2 以等体积的蒸馏水代替样品溶液,并以等体积蒸馏水空白调零,清除率按式(2)计算,平行测定3次。

$$\text{清除率} = \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

1.3.8 DPPH自由基清除能力的测定

参考文献^[17]的方法,略加改动。取2.0 mL适宜浓度样品与2.0 mL 0.1 mmol/L DPPH混合,避光反应30

min,于517 nm波长测定吸光值 A_1 。空白组用无水乙醇代替样品测定吸光值 A_0 ,对照组用无水乙醇代替DPPH测定吸光值 A_2 ,清除率按式(2)计算,平行测定3次。

1.3.9 FRAP总抗氧化能力测定

参考李昌勤等^[18]的方法,略加修改。取20 μ L样品加入96孔板中,加入180 μ L FRAP工作液,混匀,在37 $^{\circ}$ C水浴条件下反应5 min,于593 nm波长下测定吸光值。空白组以同体积蒸馏水代替样品,根据标准曲线计算总抗氧化能力。

1.3.10 细胞复苏、传代

在离心管中加入4 mL含有10% FBS的培养液,然后将HepG2和Panc-1细胞从液氮罐中迅速取出,放入37 $^{\circ}$ C的温水的浴锅中,使其融化至无冰碴。移入离心管中,吹打均匀后,离心机1000 r/min离心5 min,弃去上清液,加入4 mL培养液,将细胞移入培养瓶中,放置到条件为37 $^{\circ}$ C、5% CO_2 的二氧化碳培养箱中,按1:3比例进行传代^[19]。

1.3.11 MTT试验

选取生长对数期的细胞经0.25%胰蛋白酶进行消化后,用含10%新生牛血清DMEM培养液制成单细胞悬液,每孔按照 5×10^4 个细胞接种于96孔细胞板内,待细胞完全贴壁后,实验组以每孔100 μ L分别加入1000 μ g/mL、500 μ g/mL、100 μ g/mL、50 μ g/mL、10 μ g/mL、5 μ g/mL、1 μ g/mL含药的培养液,每组复6孔,于37 $^{\circ}$ C, 5% CO_2 培养箱培养24 h后,按1:9体积每孔加入5 g/L MTT溶液继续培养4 h,弃去培养液,每孔加入150 μ L二甲基亚砜(DMSO),使结晶充分溶解,于酶标仪490 nm处测定吸光值,以吸光值反应细胞活性和数量的多少^[20,21]。

1.3.12 数据处理

采用Origin 9.2制图,采用SPSS 20.0对数据进行方差分析、显著性检验,显著性水平设置 $p < 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 老山芹不同溶剂提取物的 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶抑制率

图1是老山芹适宜条件下不同溶剂提取物的酶抑制率。由图1可得,适宜提取条件下 α -淀粉酶抑制率最高的是碱提物,抑制率为42.15%,最低为醇提物37.03%,水提物和酸提物 α -淀粉酶抑制率依次是38.97%、37.71%;适宜条件下 α -葡萄糖苷酶抑制率最高的是碱提物,抑制率为67.78%,最低为醇提物

43.51%，水提物和酸提取物 α -葡萄糖苷酶抑制率依次是 55.38%、63.90%，由此可得 pH 对提取物的酶抑制率有较大影响。

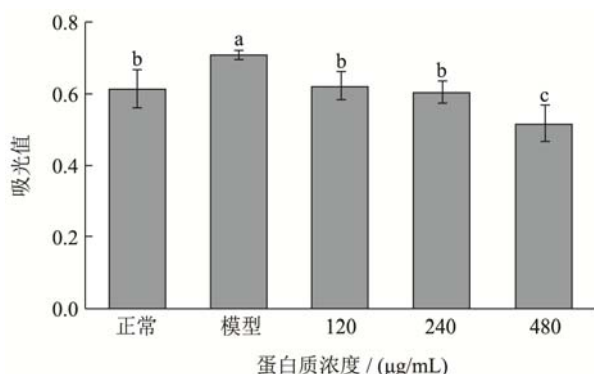


图1 老山芹不同溶剂提取物酶抑制率

Fig.1 The enzyme inhibition rate of extracts from *Heracleum moellendorffii* Hance by different solvents

2.2 老山芹不同溶剂提取物对 α -葡萄糖苷酶

和 α -淀粉酶抑制率的影响

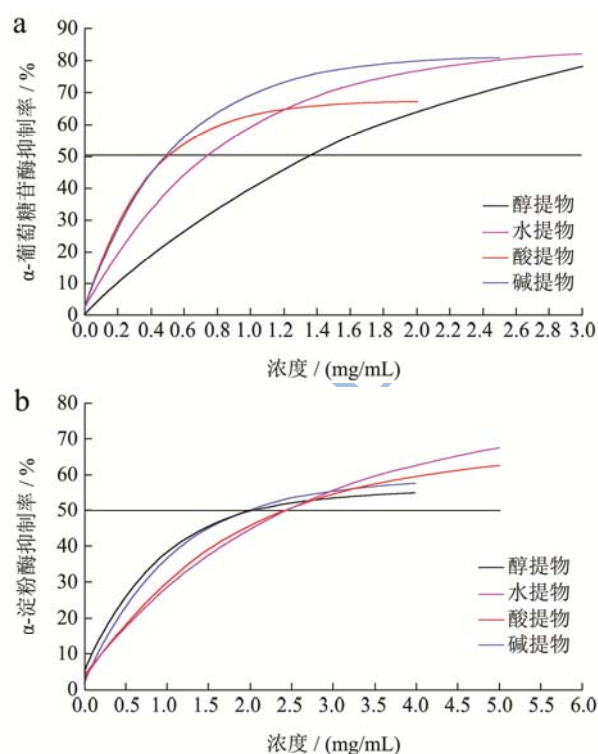


图2 老山芹不同溶剂提取物对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶抑制率的影响

Fig.2 Effects of extracts from *Heracleum moellendorffii* Hance by different solvents on the inhibitory rates of α -glucosidase and α -amylase

图2是四种老山芹不同溶剂提取物对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶的影响。

由图2可知，老山芹不同溶剂提取物对 α -葡萄糖

苷酶和 α -淀粉酶均有抑制作用，随着提取物浓度的增大，对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶抑制作用均呈增大趋势，当 α -葡萄糖苷酶抑制率达到 50%时，四种提取物浓度由大到小为水提取物>醇提取物>酸提取物>碱提取物，其中碱提取物 IC_{50} 值为 0.47 mg/mL，低于阳性对照阿卡波糖 IC_{50} 值^[22]； α -淀粉酶抑制率达到 50%时，四种提取物浓度由大到小为酸提取物>水提取物>醇提取物>碱提取物，其中碱提取物 IC_{50} 值为 2.17 mg/mL，比很多中药提取物对 α -淀粉酶抑制作用大^[23]。碱提取物对两种酶抑制率 IC_{50} 值均最低。

由图1、2可得，适宜条件下碱提取物的酶抑制率最大且碱提取物酶抑制率 IC_{50} 值最小，因此在四种提取物中碱提取物降血糖效果最好。

2.3 老山芹不同溶剂提取物活性物质含量

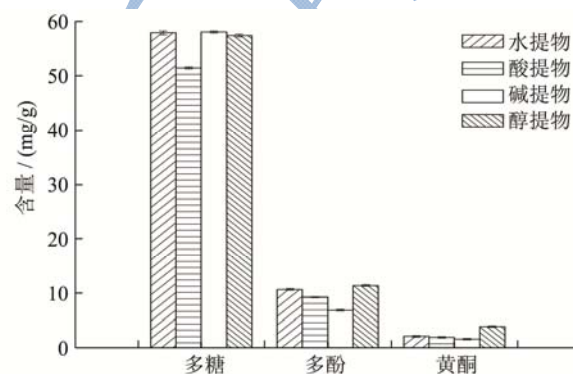


图3 老山芹不同溶剂提取物活性物质含量

Fig.3 The content of active ingredients in extracts from *Heracleum moellendorffii* Hance by different solvents

图3为老山芹不同溶剂提取物多糖、总酚、黄酮的含量。由图3可知，老山芹不同溶剂提取物中，多糖含量最高的是碱提取物，为 58.09 mg/g，含量最小的是酸提取物，为 51.48 mg/g，水提取物和醇提取物多糖含量依次为 57.93 mg/g、57.42 mg/g；多酚含量最高的是醇提取物，为 11.48 mg/g，含量最小的是碱提取物，为 6.95 mg/g，水提取物和酸提取物多酚含量依次为 10.76 mg/g、9.32 mg/g；黄酮含量最高的是醇提取物，为 3.96 mg/g，含量最小的是碱提取物，为 1.67 mg/g，水提取物和酸提取物黄酮含量依次为 2.19 mg/g、2.03 mg/g。由此可得，醇提取物中活性物质含量较高，酸提取物中活性物质含量较少。

2.4 老山芹不同溶剂提取物抗氧化活性

老山芹不同溶剂提取物的 DPPH 法、ABTS 法的 IC_{50} 值和铁离子还原能力见表1。由表1可知，老山芹不同溶剂提取物中，以 DPPH 法为指标反应出抗氧化活性由大到小为醇提取物>水提取物>碱提取物>酸提取物，

以 ABTS 法为指标反应出抗氧化活性由大到小为醇提取物>水提取物>碱提取物>酸提取物, 以 FRAP 法 FeSO₄ 当量为指标反应出抗氧化活性由大到小为醇提取物>水提取物>碱提取物>酸提取物, 因此四种老山芹不同溶剂提取物中醇提取物的抗氧化活性最高, 李昌勤等^[18]研究的中药女贞子相比, 以 DPPH 法和 ABTS 法为指标, 四种老山芹提取物 IC₅₀ 值均小于女贞子提取物, 以 FRAP 法

FeSO₄ 当量为指标, 醇提取物 FeSO₄ 当量高于女贞子提取物, 其他三种提取物略低于女贞子提取物, 因此可得出醇提取物抗氧化活性高于女贞子提取物, 其他三种提取物抗氧化活性与女贞子提取物相当。由图 3 和表 1 可知, 活性物质含量高的醇提取物抗氧化活性也高, 活性物质含量较少的酸提取物抗氧化活性也较低。

表 1 老山芹不同溶剂提取物抗氧化活性

Table 1 The antioxidant activity of extracts from *Heracleum moellendorffii* Hance by different solvents

样品	DPPH 法 IC ₅₀ /(mg/mL)	ABTS 法 IC ₅₀ /(mg/mL)	FRAP 法 FeSO ₄ 当量/(mg/mL)
水提取物	0.138±0.008 ^b	0.064±0.005 ^b	0.257±0.003 ^b
酸提取物	0.158±0.003 ^a	0.083±0.006 ^a	0.157±0.005 ^d
碱提取物	0.143±0.002 ^b	0.068±0.003 ^b	0.233±0.002 ^c
醇提取物	0.092±0.005 ^c	0.042±0.002 ^c	0.289±0.004 ^a

注: 字母不同代表差异显著 (p<0.05)。

2.5 老山芹不同溶剂提取物对 HepG2 细胞存活率的影响

活率的影响

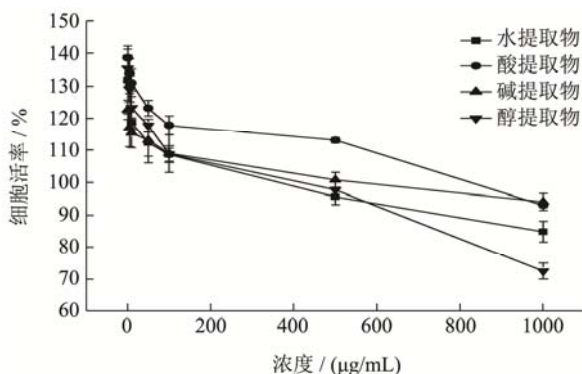


图 4 老山芹不同溶剂提取物 HepG2 细胞存活率的影响

Fig.4 Effects of extracts from *Heracleum moellendorffii* Hance by different solvents on the survival rate of HepG2 cells

由图 4 可知, 用老山芹不同溶剂提取物处理 HepG2 细胞, 随着浓度的增大, 细胞存活率逐渐降低, 低浓度 1 µg/mL 条件下, 酸提取物处理过的细胞存活率最高, 细胞存活率为 131.80%, 碱提取物处理过的细胞存活率最低, 细胞存活率为 122.61%, 醇提取物和水提取物细胞存活率依次为 135.35%、131.80%; 在高浓度 1000 µg/mL 条件下, 碱提取物细胞存活率最高, 细胞存活率为 93.40%, 乙醇提取物细胞存活率最低, 细胞存活率为 72.46%, 酸提取物和水提取物细胞存活率依次为 92.94%、84.77%, 与 Yang Gao 等^[24]研究的老山芹甲醇提取物相比, 四种老山芹不同溶剂提取物在低浓度条件下均有促进 HepG2 细胞生长的作用。

2.6 老山芹不同溶剂提取物对 panc-1 细胞存活率的影响

活率的影响

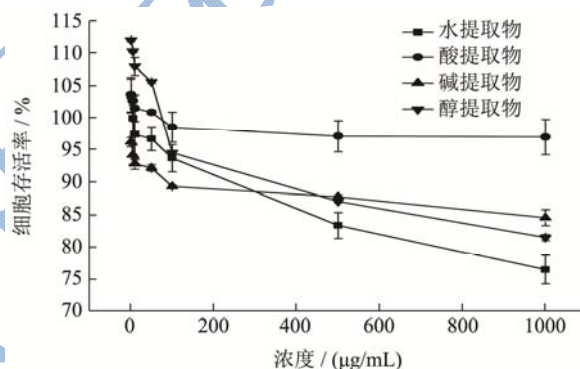


图 5 老山芹不同溶剂提取物 panc-1 细胞存活率的影响

Fig.5 Effects of extracts from *Heracleum moellendorffii* Hance by different solvents on the survival rate of panc-1 cells

由图 5 可知, 用老山芹不同溶剂提取物处理 panc-1 细胞, 随着浓度的增大, 细胞存活率均呈下降趋势, 低浓度 1 µg/mL 条件下醇提取物细胞存活率最高为 111.94%, 碱提取物细胞存活率最低为 96.11%, 酸提取物和水提取物细胞存活率依次为 103.53%、103.33%; 高浓度 1000 µg/mL 条件下, 酸提取物细胞存活率最高为 96.90%, 水提取物细胞存活率最低为 76.43%, 碱提取物和醇提取物细胞存活率依次为 84.49%、81.45%, 与 Ding Xiaoge 等^[25]研究的三叶青提取物相比, 三叶青提取物能显著地抑制 panc-1 细胞的生长, 老山芹不同溶剂提取物在低浓度条件下可以促进 panc-1 细胞的生长, 高浓度条件下才会抑制生长。

3 结论

通过对四种提取方法得到老山芹提取物对 α-葡萄糖苷酶和 α-淀粉酶抑制率的比较可知, 碱提取物对 α-

葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶抑制作用比其余三种提取物较显著,且碱提物对 α -葡萄糖苷酶抑制作用比 α -淀粉酶抑制作用显著,因此,四种提取物中碱提物的降血糖效果最好。四种提取物中醇提物的活性物质含量较高且抗氧化活性较好,酸提物的活性物质含量较少且抗氧化活性较差。通过四种提取物对HepG2和panc-1细胞存活率的影响可知,随着提取物浓度增大细胞存活率均呈降低的趋势,四种提取物在低浓度1 $\mu\text{g/mL}$ 条件下均可促进HepG2和panc-1细胞生长,在高浓度1000 $\mu\text{g/mL}$ 条件下均抑制HepG2和panc-1细胞生长。

参考文献

- [1] 刘慎谔.东北植物检索表[M].北京:科学出版社,1959
LIU Shen-e. Plant Retrieval Table in Northeast China [M]. Beijing: Science Press, 1959
- [2] 辽宁省林业土壤研究所.东北草本植物志[M].北京:科学出版社,1997
LIAO Ning Forestry Soil Research Institute. Northeastern Herbaceous Plant Chronicles [M]. Beijing: Science Press, 1997
- [3] 刁绍起,朱楠楠,孙广仁.山芹菜营养成分分析与加工特性[J].东北林业大学学报,2010,38(10):48-50
DIAO Shao-qi, ZHU Nan-nan, SUN Guang-ren. Nutrients and processing characteristics of spuriopimpinella brachycarpa [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2010, 38(10): 48-50
- [4] 高阳,杨敏飞,苏娅萍,等.老山芹根中亲脂性化学成分的GC-MS分析[J].西北药学杂志,2014,29(4):344-347
GAO Yang, YANG Min-fei, SU Ya-ping, et al. Analysis of the lipophilic constituents of the roots of *Heracleum Dissectum* by GC-MS [J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2014, 29(4): 344-347
- [5] ZHANG Hai-Long, SU YP, WANGXR, et al. Antidiabetic Activity and Chemical Constituents of the Aerial Parts of *Heracleum Dissectum* Ledeb [J]. Food Chemistry, 2017, 214: 572-579
- [6] 冯长根,陈凌,刘霞.以中草药为来源的 α -葡萄糖苷酶抑制剂筛选研究进展[J].中国新药杂志,2005,14(6):669-672
FENG Chang-gen, CHEN Ling, LIU Xia. Progress on Research of α -glucosidase Inhibitor from Herbal medicine [J]. Chinese Journal of New Drugs, 2005, 14(6): 669-672
- [7] 吕凤霞,陆兆新. α -淀粉酶抑制剂的研究进展[J].食品科学,2002,23(3):152-155
LV Feng-xia, LU Zhao-xin. Research progress of α -amylase inhibitors [J]. Food Science, 2002, 23(3): 152-155
- [8] Cordero-Herrera I, MartinMA, GoyalL, et al. Cocoa flavonoids attenuate high glucose-induced insulin signalling blockade and modulate glucose uptake and production in human HepG2 cells [J]. Food and Chemical Toxicology, 2014, 64(10): 10-19
- [9] Di Zhu YW, Qingwei Du, Zhigang Liu, et al. Cichoric acid reverses insulin resistance and suppresses inflammatory responses in the glucosamine-induced HepG2 cells [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(51): 10903-10913
- [10] 李婷,张小东,宋聿文,等.一种用微孔板筛选 α -葡萄糖苷酶抑制剂的方法(英文)[J].中国临床药理学与治疗学,2005,10(10):1128-1134
LI Ting, ZHANG Xiao-dong, SONG Yu-wen, et al. A Microplate-based Screening Method for α -glucosidase Inhibitors [J]. Chinese Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics, 2005, 10(10): 1128-1134
- [11] Bhandari M R, Jong-Anurakkun N, Hong G, et al. α -Glucosidase and α -amylase inhibitory activities of Nepalese medicinal herb Pakhanbhed (*Bergenia ciliata*, Haw.) [J]. Food Chemistry, 2008, 106(1): 247-252
- [12] Ablat A, Halabi M F, Mohamad J, et al. Antidiabetic effects of Bruceajavanica seeds in type 2 diabetic rats [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2017, 17(10): 1472-6882
- [13] Ali H, Houghton P J, Soumyanath A. α -Amylase inhibitory activity of some Malaysian plants used to treat diabetes; with particular reference to *Phyllanthus amarus* [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2006, 107(3): 449-455
- [14] Pradeep P M, Sreerama Y N. Phenolic antioxidants of foxtail and little millet cultivars and their inhibitory effects on α -amylase and α -glucosidase activities [J]. Food Chemistry, 2018, 247(10): 46-55
- [15] 董竹平,李超,扶雄.不同品种辣木叶多糖的理化性质和抗氧化活性研究[J].现代食品科技,2018,34(1):1-6
DONG Zhu-ping, LI Chao, FU Xiong. Physicochemical characterization and antioxidant activity of polysaccharides from different varieties of *Moringa oleifera* leaves [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(1): 1-6
- [16] Rina Andriyani, Thelma A Buddiati, Sri Pudjihariti. Effect of extraction method on total flavonoid, total phenolic content, antioxidant and anti-bacterial activity of *Zingiberis officinale* Rhizome [J]. Procedia Chemistry, 2015, 16: 149-154
- [17] Gulzar Ahmad Nayik, BasharatNabi Dar. Optimization of the

- process parameters to establish the quality attributes of DPPH radical scavenging activity, total phenolic content, and total flavonoid content of apple (*malus domestica*) honey using response surface methodology [J]. *International Journal of Food Properties*, 2016, 19: 1738-1748
- [18] 李昌勤,姚辰,朱荣遥,等.基于 DPPH、ABTS 和 FRAP 的中药女贞子抗氧化谱效关系研究[J].*中国中药杂志*,2016,41(9):1670-1677
- LI Chang-qin, YAO Chen, ZHU Rong-yao, et al. Spectrum-effect relationship in antioxidant activity of *Ligustrum lucidum fructus* Based on DPPH, ABTS and FRAP Assays [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2016, 41(9): 1670-1677
- [19] LI Xiao-ning, LIU HY, LVL Z, et al. Antioxidant activity of blueberry anthocyanin extracts and their protective effects against acrylamide-induced toxicity in HepG2 cells [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2018, 53(1): 147-155
- [20] Antu K A, Riya M P, Mishra A, et al. Antidiabetic Property of *Symplocos cochinchinensis* Is Mediated by Inhibition of α -Glucosidase and Enhanced Insulin Sensitivity [J]. *Plos One*, 2014, 9(9): 1932-6203
- [21] Khandanlou R, Murthy V, Saranath D, et al. Synthesis and characterization of gold-conjugated *Backhousia citrifolia* nanoparticles and their anticancer activity against MCF-7 breast and HepG2 liver cancer cell lines [J]. *Journal of Materials Science*, 2018, 53(5): 3106-3118
- [22] 李波,包怡红,高峰,等.红松球球鳞片多酚对 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶的抑制作用[J].*食品工业科技*,2015,36(1):63-65
- LI Bo, BAO Yi-hong, GAO Feng, et al. Inhibitory effect of polyphenols from Korean pine cone lamella on α -amylase and α -glucosidase [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(1): 63-65
- [23] 陈浙江,袁萍,叶晓平,等.治疗糖尿病常用中药对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶的抑制活性研究[J].*中成药*,2008, 30(11): 1661-1664
- CHEN Zhe-jiang, YUAN Ping, YE Xiao-ping, et al. α -glucosidase and α -amylase inhibitory activities from 41 herbs for diabetes [J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2008, 30(11): 1661-1664
- [24] YANG Gao, LIU Ying, WANG Zhi-gang, et al. Chemical Constituents of *heracleum dissectum* and their cytotoxic activity [J]. *Phytochemistry Letters*, 2014, 10(10): 276-280
- [25] DING Xiao-ge, ZHANG Chun-chun, QIN Hai-yan, et al. Effect of EAF from *tetragymma hemsleyanum* root tuber on apoptosis of human pancreatic cancer PANC-1 cells and its mechanism [J]. *Journal of Toxicology*, 2017, 31(3): 182-186