

鱼腥草叶多糖的抗氧化性及抑菌特性

黎海梅, 杜阳敏, 陈俊, 周华*

暨南大学理工学院食品科学与工程系, 广州 510632

摘要: 采用 Toyopearl 柱层析将鱼腥草叶多糖(*Houttuynia cordata* Leaf Polysaccharides, HCP) 进行分离、纯化, 用 GC-MS 色谱分析多糖的单糖组成及比例。研究鱼腥草叶多糖的体外抗氧化能力(DPPH·的清除能力、对 Fe²⁺ 的螯合能力、铁氰化钾的还原能力), 测试了它们的抑菌效果及最低抑制浓度。结果表明, 3 种多糖均对 DPPH· 具有一定的清除能力、对 Fe²⁺ 有螯合作用以及对铁氰化钾有一定的还原效果, 其作用强度为 HCP1 > HCP2 > HCP3; 抑菌实验表明鱼腥草叶多糖对多种供试菌均有一定的抑制效果, 其中 HCP1、HCP2 对金黄色葡萄球菌的抑制效果最强, MIC 为 0.9375 mg/mL, HCP3 对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑制效果最强, MIC 为 1.875 mg/mL。

关键词: 鱼腥草叶; 多糖; 抗氧化; 抑菌

中图分类号: O629.12

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.10.019

Antioxidant and Antimicrobial Properties of Polysaccharide from *Houttuynia cordata* Leaf

LI Hai-mei, DU Yang-min, CHEN Jun, ZHOU Hua*

Department of Food Science and Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China

Abstract: *Houttuynia cordata* Leaf Polysaccharides (HCP) was isolated and purified by Toyopearl column chromatography. The composition and proportion of polysaccharides were analyzed by GC-MS. The *in vitro* antioxidant capacity (DPPH scavenging ability, chelating ability of Fe²⁺ and the reducing ability of potassium ferricyanide) were studied. The antibacterial effect and the minimum inhibitory concentration were tested. The results showed that polysaccharides (HCP1, HCP2, HCP3) had certain scavenging ability to DPPH, the chelating effect on Fe²⁺ and the reduction effect of potassium ferricyanide, and the effect intensity was HCP1 > HCP2 > HCP3; the bacteriostatic experiment showed that the inhibitory effect of HCP1 and HCP2 on *Staphylococcus aureus* was the strongest with MIC of 0.9375 mg/mL, and the inhibitory effect of HCP3 on *S. aureus* and *E. coli* was the most effective with MIC of 1.875 mg/mL.

Key words: *Houttuynia cordata* Leaf; polysaccharide; antioxidant; antibacterial

鱼腥草(*Houttuynia cordata*), 双子叶植物三白草科蕺菜属, 又名折耳根、岑草、蕺、紫蕺和野花麦等, 因其有鱼腥味而得名。鱼腥草富含人体所需蛋白质、脂肪、钙、磷、铁、及 V_C、V_E 等多种营养成分, 同时还含有多糖、黄酮、挥发油类等多种药用成分, 是一种“药食兼用型”的野生植物^[1,2]。多糖(polysaccharide)是由多个单糖分子缩合、失水而成, 是一类分子结构复杂且庞大的糖类物质, 广泛存在于植物、动物、微生物中, 具有调节免疫、抗肿瘤、抗病毒、降低血糖血脂、抗衰老等作用^[3]。多糖也是鱼腥草中最重要的化学成分之一, 但目前对鱼腥草多糖的

研究大多集中在其整株植物或根部粗多糖的提取及生物活性上^[4], 对鱼腥草叶多糖的分离、纯化、单糖组成与比例、生物活性的研究报道较少。鱼腥草作为一种重要的药食两用植物, 具有抗菌、抗病毒、提高机体免疫力等功效, 但鱼腥草叶多糖在其中扮演的角色和作用尚未揭示。本文以 Toyopearl 柱层析分离纯化分段得到的鱼腥草叶多糖为研究对象, 通过测试鱼腥草叶多糖的抗氧化活性能力、抑菌能力对其生物活性进行初步评价, 以期为鱼腥草叶多糖的药理作用以及进一步地开发利用鱼腥草叶资源提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

鱼腥草叶, 购于湖南衡阳市丁家牌菜市场。

收稿日期: 2017-05-08 接受日期: 2017-07-10

基金项目: 国家自然科学基金(31101323)

* 通信作者 Tel: 86-135-33099105; E-mail: zhuhua-1@163.com

1.2 试剂与仪器

金黄色葡萄球菌、弧球杆菌、沙门氏菌、志贺氏菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌(由本校微生物实验室提供);乙醚、无水乙醇、苯酚、葡萄糖、正丁醇、氯仿、 Na_2HPO_4 、 NaH_2PO_2 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、三氯乙酸、 FeCl_3 、DPPH、 FeSO_4 、 H_2O_2 、 H_2SO_4 、30%双氧水,均为分析纯;蛋白胨、酵母膏、牛肉膏、琼脂为生物试剂。

SCIENTZ-10N 冷冻干燥机,宁波新芝生物科技股份有限公司;RE-52B 旋转蒸发器,博通股份有限公司;UV9600 紫外-可见分光光度计,北京瑞利分析仪器公司;DHG-9123A 恒温鼓风干燥箱,上海一恒科技有限公司;KDC-12 低速离心机,科大创新股份有限公司。

1.3 鱼腥草叶多糖的提取、纯化

1.3.1 鱼腥草叶多糖的提取

鱼腥草叶于 60 °C 烘干至恒重,粉碎过 40 目筛,用乙醚按料液比 1:80 回流加热脱脂→加入 20~30 倍的水在 50 °C 搅拌提取 3 h,提取 2~3 次→过滤,合并滤液→真空浓缩至原体积的 20%→70% 乙醇沉淀→离心(4000 rpm, 30 min)→冷冻干燥→用 Sevage^[5] 试剂(V 样品:V 氯仿:V 正丁醇=20:4:1)脱蛋白→用 H_2O_2 脱色^[6]至淡黄色→冷冻干燥得鱼腥草多糖粗品。粗提取率=粗提取干燥后得到的总糖/干燥后提取原料=2.0840 g/100 g=2.084%。

1.3.2 鱼腥草叶多糖的纯化

称取鱼腥草叶多糖粗品 30 mg,用 5 mL 蒸馏水加热溶解,经 Toyopearl 50 F(1.5 cm×80 cm)柱层析,用 0.1 mol/L NaCl 溶液洗脱,流速 0.1 mL/min,每管收集 3 mL,用苯酚-硫酸法测吸光度。

1.4 鱼腥草叶多糖的纯度鉴定、分子量测定及单糖组分的鉴定

1.4.1 鱼腥草叶多糖的纯度鉴定

1.4.1.1 样品处理

用经 Toyopearl 50 F 分离分段后所得样品分别经 Toyopearl DEAE 柱层析进一步纯化后配制 5 mg/mL 样品溶液,用 0.45 μm 微孔滤膜过滤后即可进样。

1.4.1.2 高效液相色谱条件

色谱:G-6000 凝胶色谱柱(6.0×400 nm, 13 μm);流动相:蒸馏水;流速 0.5 mL/min;进样量 10 μL;柱温:30 °C;检测器为 ELSD 检测器。

1.4.2 鱼腥草叶多糖的分子量测定

1.4.2.1 建立葡聚糖标准曲线

分别用葡萄糖和 T-200 葡聚糖标定 V_i 和 V_0 。将已知相对分子量的 Dextran 系列标准品(T-5、T-20、T-100、T-200)溶于蒸馏水中,配制成 10 mg/mL 的标准溶液,过 0.45 μm 为微滤膜后进样。由保留时间 V_e 计算得到相应的分配系数(KaV),以分子量的对数($\lg Mw$)为横坐标, KaV 为纵坐标绘制标准曲线。

1.4.2.2 色谱条件

色谱柱:G-6000 凝胶色谱柱(6.0×400 nm);流动相:蒸馏水;流速 0.8 mL/min;进样量 10 μL;柱温:30 °C;检测器为 ELSD 检测器

1.4.3 鱼腥草叶多糖中单糖组分的鉴定

1.4.3.1 鱼腥草叶多糖水解

称取纯化多糖各约 10 mg 置于 5 mL 带塞试管中,加入 2 mol/L 的三氟乙酸溶液 4 mL,110 °C 水解 6 h,将水解样品减压浓缩蒸干,用甲醇除去三氟乙酸。

1.4.3.2 水解产物、单糖标准品的衍生化

分别取 10 mg 葡萄糖、鼠李糖、木糖、甘露糖、阿拉伯糖、半乳糖标准品及各水解产物于 10 mL 试管中,加入 10 mg 盐酸羟胺、1 mL 吡啶,于 90 °C 水浴条件下反应 30 min 冷却至室温后加入醋酸酐 1 mL,再于 90 °C 水浴条件下反应 30 min,最终生成具有挥发性的糖腈乙酸酯衍生物,过膜(0.22 μm)处理,之后直接进行 GC-MS 分析,根据样品与标准品的保留时间对照,得到各种样品多糖的单糖组成。

1.4.3.3 色谱条件

色谱柱:DB-1701 毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);升温程序:180 °C 保持 1 min,以 2 °C/min 升至 220 °C 保持 1 min,以 5 °C/min 升至 250 °C 保持 2 min;载气(He)流速:1 mL/min;进样量 0.5 μL。

质谱条件:电子轰击源 EI,电子能量 70 eV,倍增器电压 350 v,接口温度 250 °C,离子源温度 220 °C,质量数扫描范围 35~650。

1.5 鱼腥草叶多糖体外抗氧化活性试验

1.5.1 DPPH·自由基清除实验

DPPH·自由基清除实验采用的是 Sulaiman 等人提到的方法^[7],并稍作修改。往试管中加入 1 mL 不同浓度的多糖溶液(0.1、0.2、0.4、0.8、1.6 mg/mL)和 2 mL DPPH·乙醇溶液(0.1 mmol/L),于 37 °C 水浴锅中避光反应 30 min。在 517 nm 下测量吸光度值,空白对照组用乙醇替代样品。样品 DPPH·清除能力(%)=[(空白对照组的吸光度-样品组吸光

度)/空白对照组的吸光度] × 100%。以抗坏血酸为阳性标准对照品。

1.5.2 螯合能力实验

在 Ooi 等人方法^[8]的基础上稍微改良后设计了此螯合能力实验。往试管中加入 1 mL 不同浓度的多糖溶液(0.0125、0.025、0.05、0.1、0.2、0.4、0.8、1.6 mg/mL)、100 μL 六水三氯化铁溶液(2.0 mM)和 2.6 mL 蒸馏水,混合均匀。室温下静置 5 min 后,加入 300 μL 菲啰啉(5.0 mM)。室温中反应 10 min 后,在 562 nm 下测量吸光值,空白对照组用蒸馏水替代样品。样品螯合能力(%) = [(空白对照组的吸光度-样品组吸光度)/空白对照组的吸光度] × 100%。以乙二胺四乙酸(EDTA)为阳性标准对照品。

1.5.3 铁氰化钾还原实验

在 Zhuang 等采用方法^[9]的基础上稍微改良后设计了此还原力实验。往试管中加入 1 mL 不同浓度的多糖溶液(0.5、1、1.5、2、2.5 mg/mL)、2 mL 磷酸钠缓冲溶液(0.2 M, pH 6.6)和 2 mL 1% 铁氰化钾溶液,置于 50 °C 水浴锅中反应 20 min 后加入 2 mL 10% 三氯乙酸,离心取 2 mL 上清液,加入 2 mL 蒸馏水和 400 μL 1% 六水氯化铁,反应 10 min,在 700 nm 处测量其吸光强度。空白对照组用蒸馏水替代样品,以抗坏血酸为阳性标准对照品。

1.6 鱼腥草叶多糖的抑菌试验

1.6.1 多糖溶液抑菌效果的测定^[10,11]

制备营养琼脂平板,用无菌移液器移取 200 μL 菌液(1.5×10^7 CFU/mL)于平板上,用涂布棒涂布均匀。在琼脂平板中央放上牛津杯,各取 80 μL 5 mg/mL 的多糖溶液及对照品溶液(蒸馏水、75% 乙醇)加于孔内,放置 1 h,然后置 37 °C 生化培养箱中培养 24 h,采用十字交叉法测量抑菌圈直径。实验重复 3 次,取其平均值为测定结果。

1.6.2 最小抑菌浓度(MIC)的测定^[12-14]

采用 2 倍稀释法,以蒸馏水为溶剂,将多糖溶液配制一系列梯度浓度的样品溶液,待用。在 96 孔板中,每孔加入 160 μL 营养肉汤培养液,从 A ~ G 行依次加入一系列梯度浓度的样品溶液 20 μL,混匀。H 行加入蒸馏水作为对照。用无菌移液器吸取稀释的菌液(1.5×10^6 CFU/mL)20 μL 加入孔,补足每孔总体积为 200 μL。从 A ~ G 行样品终浓度依次为 15、7.5、3.75、1.875、0.9375、0.46875、0.234375 mg/mL。培养板在 37 °C 生化培养箱中培养 20 h

后,将显色剂碘硝基四唑紫(INT)20 μL 入各孔,继续培养 4 h,观察其颜色变化。每一浓度梯度做 3 组平行实验,重复 2 次。

1.7 数据统计方法

用 Excel 软件对数据进行统计、分析,所有数据取三次重复的平均值;用 Origin 8.0 软件对数据进行拟合以及图形化处理。

2 结果与分析

2.1 鱼腥草叶多糖提取纯化结果

粗鱼腥草叶多糖,经 Toyopearl 50 F(1.5 cm × 80 cm)柱层析纯化,用 0.1 mol/L NaCl 溶液洗脱,流速 0.1 mL/min,每管收集 3 mL,用苯酚-硫酸法测定吸光度结果如图 1。由图 1 可见,呈现 3 个明显且基本对称的洗脱峰,说明鱼腥草叶多糖主要由 3 种多糖组成。收集糖反应阳性高峰,用蒸馏水透析 24 h,浓缩,95% 乙醇沉淀,冷冻真空干燥,得精制鱼腥草叶多糖,回收率为 65%。经 1.4.1.1 处理纯化后的鱼腥草叶多糖用 HPLC 进行纯度鉴定,HPLC 洗脱曲线呈现单一对称峰,初步判定 HCP 是均一多糖。

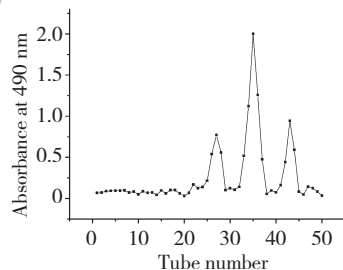


图 1 Toyopearl 柱层析洗脱曲线

Fig. 1 Elution chromatogram of Toyopearl column chromatography

2.2 鱼腥草叶多糖的分子量测定

2.2.1 葡聚糖标曲

HCP1、HCP2、HCP3,在 HPLC 上洗脱的保留时间 V_e 分别是 7.440、8.680、9.0750 min,由保留时间 V_e 计算得到相应的分配系数, KaV 和 V_e 存在如下关系: $KaV = V_e - V_0 / V_1 - V_0$,以分子对数($\lg Mw$)为横坐标, KaV 为纵坐标绘制得葡聚糖标准曲。采用分配系数对葡聚糖标准的值进行线性回归处理,回归处理得方程得标准曲线: $KaV = -0.3683x + 1.8271$, $R_2 = 0.9988$ 。根据标准曲线的数量关系推测得到分子量的分布是 HCP1 为 486861.8 Da, HCP2 为 9480.2 Da, HCP3 为 5758.6 Da。显然,HCP1 的分

子量远远比 HCP2、HCP3 大得多, HCP1 的分子量比 HCP2、HCP3 约大两个数量级。

2.2.2 鱼腥草叶多糖中单糖组分的鉴定

确定多糖中单糖组成是研究进一步研究多糖功能特性的重要前提,也是进行多糖结构分析的主要依据。图 2(A)为单糖标准品糖脲乙酸酯衍生化后的气质色谱图,由图 2(A)可知鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、甘露糖、葡萄糖、半乳糖的保留时间分别为 5.20、5.47、5.70、10.13、10.45、11.11 min。图 2(B、

C、D)为 HCP1、HCP2、HCP3 糖脲乙酸酯衍生化后的气质色谱图。将 HCP1、HCP2、HCP3 的气质色谱图中的各单糖保留时间与单糖标准品的保留时间进行对比,质谱图进一步确认可知, HCP1 含有甘露糖、葡萄糖、半乳糖,面积归一法算得比例为 1.407 : 1 : 3.755,半乳糖的含量最高,甘露糖次之,葡萄糖含量最少; HCP2 含有甘露糖、葡萄糖,面积归一法算得比例为 2.919 : 1,甘露糖的含量比葡萄糖的要高; HCP3 由甘露糖组成。

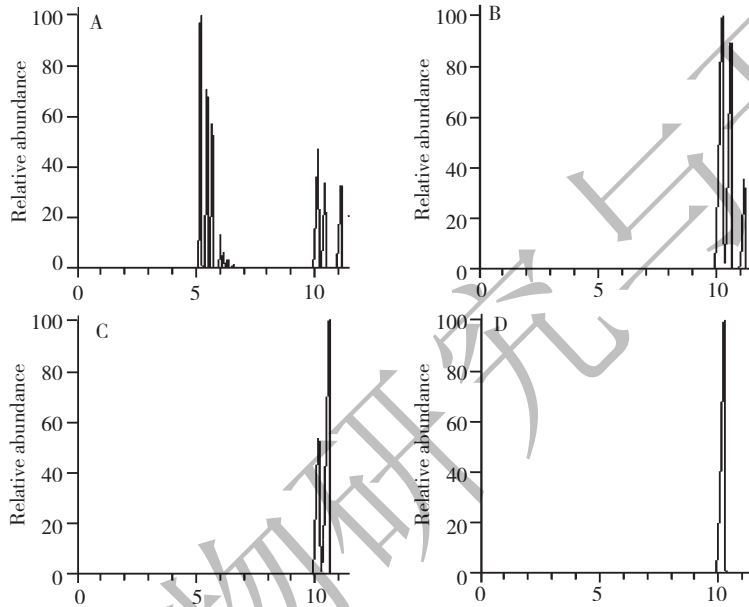


图 2 混合标准品(A)、HCP1(B)、HCP2(C)及 HCP3(D)的 GC-MS 色谱图

Fig. 2 GC-MS chromatograms of mixed standards (A), HCP1 (B), HCP2 (C) and HCP3 (D)

2.3 鱼腥草叶多糖体外抗氧化活性试验

2.3.1 DPPH·自由基清除实验结果

自由基清除剂对 DPPH·的清除程度与所接受的电子数量有相关性,即清除程度与抗氧化剂的供氢能力有关^[15]。由图 3 可知,在 0.1 ~ 1.6 mg/mL 内鱼腥草叶多糖对 DPPH·有一定的清除作用,且清除能力与多糖浓度呈正相关, HCP3 对 DPPH·的清除作用最弱,且随着浓度的增大对 DPPH·清除作用稍微变大但并不是特别明显; HCP2 随着浓度的增大,对 DPPH·清除作用明显增大; HCP1 对 DPPH·的清除作用最强,且随着浓度的增大,对 DPPH·清除作用的增大最为明显,比 HCP2、HCP3 明显得多。显然,清除能力 HCP1 > HCP2 > HCP3,在其他条件相同的情况下,同浓度的 HCP1、HCP2、HCP3 的多糖溶液均小于同浓度条件下的 Vc 清除能力。由 2.2.1 可知, HCP1 的分子量比 HCP2、

HCP3 约大两个数量级。由此推测在一定程度上,多糖对 DPPH·的清除作用,可能与多糖的分子量成正相关。

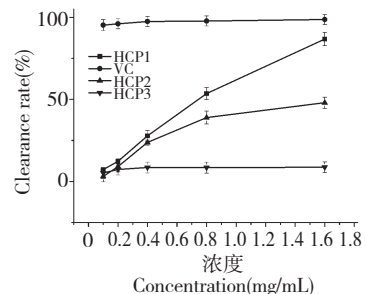


图 3 野生鱼腥草叶多糖对 DPPH·的清除能力

Fig. 3 DPPH· scavenging ability of HCP

2.3.2 螯合能力实验

Fe²⁺螯合能力的测定是评价抗氧化物质抗氧化

活性的一个重要指标。由图 4 可知,3 种多糖对 Fe^{2+} 均具有一定的螯合能力。在多糖质量浓度为 0.0125 ~ 1.6 mg/mL 时,多糖对 Fe^{2+} 螯合能力随着浓度的增大而增大,且 HCP1 > HCP2 > HCP3。此外,HCP1、HCP3 在浓度为 0.0125 ~ 0.8 mg/mL 内,随着浓度的增大, Fe^{2+} 的螯合能力随着浓度的增大明显增大,而在浓度超过 0.8 mg/mL 时,随着浓度的增大,多糖对 Fe^{2+} 的螯合能力改变不大,趋于稳定。HCP2 在浓度为 0.0125 ~ 1.6 mg/mL 时,多糖对 Fe^{2+} 的螯合能力随着浓度的增大明显增大,螯合能力与浓度呈正相关关系。其中,HCP1 在 0.4 mg/mL 时对 Fe^{2+} 螯合能力与 EDTA 对 Fe^{2+} 螯合能力几乎相当,超过 0.4 mg/mL HCP1 对 Fe^{2+} 螯合能力比 EDTA 强。

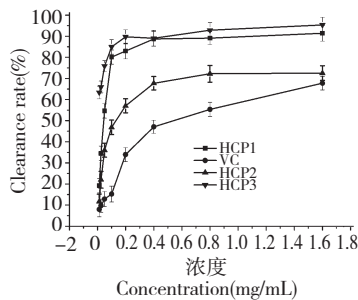


图 4 野生鱼腥草叶多糖对 Fe^{2+} 的螯合能力
Fig. 4 Fe^{2+} chelating ability of HCP

2.3.3 铁氰化钾还原能力结果

铁氰化钾还原能力的测定是评价抗氧化物质抗氧化活性的一个重要指标。抗氧化剂通过自身还原给出电子,从而清除自由基,还原能力越强,抗氧化性越强^[16,17]。由图 5 可知,3 种多糖均有一定的铁氰化钾还原力,在多糖浓度 0.5 ~ 2.5 mg/mL 内对

铁氰化钾的还原力随着浓度的增大而增大,且相同浓度下,对铁氰化钾还原能力为 HCP1 > HCP2 > HCP3。此外,HCP1 随着多糖的浓度的增大,对铁氰化钾还原能力的增大最为明显;HCP2 随着多糖的浓度的增大,对铁氰化钾还原能力的增大比 HCP1 要弱一些;HCP3 随着多糖的浓度的增大,对铁氰化钾还原能力的增大强度最弱。

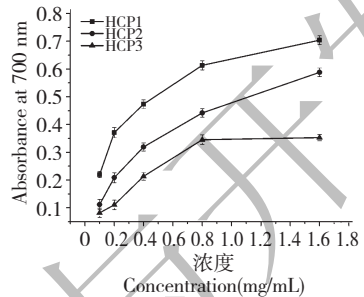


图 5 鱼腥草叶多糖铁氰化钾还原力的影响
Fig. 5 Potassium ferricyanide reducing power of HCP

2.4 多糖溶液抑菌效果的测定结果

由表 1 可知,3 种多糖对枯草芽孢杆菌、弧球杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、志贺氏菌、沙门氏菌这几种供试菌均有一定的抑制效果,而且 HCP1、HCP2 对多数供试菌的抑制效果比 75% 乙醇强,其中抑制效果 HCP1 > HCP2 > HCP3。此外,HCP1 对不同菌的抑制效果是金黄色葡萄球菌 > 弧球杆菌 > 沙门氏菌 > 志贺氏菌 > 枯草芽孢杆菌 > 大肠杆菌;HCP2 对不同菌的抑制效果是金黄色葡萄球菌 > 弧球杆菌 > 沙门氏菌 > 志贺氏菌 > 大肠杆菌 > 枯草芽孢杆菌;HCP3 对不用菌的抑制效果是金黄色葡萄球菌 > 弧球杆菌 > 沙门氏菌 > 大肠杆菌 > 志贺氏菌、枯草芽孢杆菌。

表 1 3 种多糖的抑制效果

Table 1 Antibacterial effects of 3 polysaccharides

样品 Sample	抑菌圈直径 Diameter of inhibition zone (cm)					
	枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	弧球杆菌 <i>Coryneform bacteria</i>	金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	志贺氏菌 <i>Shigella</i>	沙门氏菌 <i>Salmonella</i>
HCP1	3.53	4.46	4.63	3.46	3.83	3.93
HCP2	2.23	3.16	3.23	2.33	2.60	3.00
HCP3	1.33	2.13	2.33	1.43	1.33	2.13
75% 乙醇 75% Ethanol	1.83	2.05	3.57	2.88	1.79	1.96

注:牛津杯直径 6 mm,蒸馏水直径 6 mm 左右。

Note:oxford cup diameter 6 mm, distilled water diameter about 6 mm.

由表 2 可知,3 种不同的多糖对不同的供试菌的最低抑制浓度不尽相同,其中 HCP1、HCP2 对金

黄色葡萄球菌的抑制效果最强, MIC 为 0.9375 mg/mL, HCP3 对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑制效

果最强, MIC 为 1.875 mg/mL。此外 HCP1 对不同供试菌的最低抑制浓度是弧球杆菌 > 枯草芽孢杆菌、沙门氏菌 > 大肠杆菌、志贺氏菌 > 金黄色葡萄球菌; HCP2 对不同供试菌的最低抑制浓度是弧球杆

菌 > 枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、志贺氏菌、沙门氏菌 > 金黄色葡萄球菌; HCP3 对不同供试菌的最低抑制浓度是枯草芽孢杆菌、弧球杆菌 > 志贺氏菌、沙门氏菌 > 金黄色葡萄球菌、大肠杆菌。

表 2 3 种多糖的最低抑制浓度

Table 2 Minimum inhibition concentrations of the 3 polysaccharides

样品 Sample	最低抑制浓度 Minimum inhibition concentration (mg/mL)					
	枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	弧球杆菌 <i>Coryneform bacteria</i>	金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	志贺氏菌 <i>Shigella</i>	沙门氏菌 <i>Salmonella</i>
HCP1	3.75	7.5	0.9375	1.875	1.875	3.75
HCP2	3.75	7.5	0.9375	3.75	3.75	3.75
HCP3	7.5	7.5	1.875	1.875	3.75	3.75

3 结论

采用 Toyopearl 柱层析将鱼腥草叶多糖进行分离纯化分段, 可得到 3 种多糖, HCP1 含有甘露糖、葡萄糖、半乳糖, 面积归一法算得比例为 1.407 : 1 : 3.755, 半乳糖的含量最高, 甘露糖次之, 葡萄糖含量最少; HCP2 含有甘露糖、葡萄糖, 面积归一法算得比例为 2.919 : 1, 甘露糖的含量比葡萄糖的要高; HCP3 由甘露糖组成。

在抗氧化实验中, 在试验所选浓度范围内, 3 种多糖都具有对 DPPH· 的清除能力、Fe²⁺ 的螯合能力、铁氰化钾的还原能力, 且在测试浓度范围内随着多糖质量浓度的增加而增加。HCP1 随着浓度的增大, 对 DPPH· 清除作用的最强且增大最为明显, 比 HCP2、HCP3 明显的多, HCP3 对 DPPH· 清除作用不明显且随着浓度的增大变化不明显; HCP1、HCP2、HCP3 对 Fe²⁺ 的螯合能力各不相同, 且 HCP1 在 0.4 mg/mL 时对 Fe²⁺ 螯合能力与 EDTA 对 Fe²⁺ 螯合能力几乎相当, 超过 0.4 mg/mL HCP1 对 Fe²⁺ 螯合能力比 EDTA 强; 随着多糖浓度的增大对铁氰化钾还原力的增大的趋势 HCP1 最为明显, HCP2 次之, HCP3 最弱。总的来说, HCP1 的抗氧化效果最强, HCP3 的抗氧化效果最弱, 而 HCP1 的分子量远远比 HCP2、HCP3 的分子量要高, 推测可能看氧化的效果在一定程度上与分子量呈正相关。

在抑菌试验中, 3 种多糖对枯草芽孢杆菌、弧球杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、志贺氏菌、沙门氏菌均有一定的抑制效果。3 种不用的多糖对不同的供试菌有不同的抑制效果, HCP1 对不同菌的抑制效果是金黄色葡萄球菌 > 弧球杆菌 > 沙门氏菌 > 志

贺氏菌 > 枯草芽孢杆菌 > 大肠杆菌; HCP2 对不同菌的抑制效果是金黄色葡萄球菌 > 弧球杆菌 > 沙门氏菌 > 志贺氏菌 > 大肠杆菌 > 枯草芽孢杆菌; HCP3 对不用菌的抑制效果是金黄色葡萄球菌 > 弧球杆菌 > 沙门氏菌 > 大肠杆菌 > 志贺氏菌、枯草芽孢杆菌。其中 HCP1、HCP2 对金黄色葡萄球菌的抑制效果最强, HCP3 对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑制效果最强。

参考文献

- 1 Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China (中华人民共和国药典). Beijing: China Medical Science Press, 2010. Vol I, 11.
- 2 Li LH (李利华). Study on ultrasonic extraction of polysaccharide from *Houttuynia cordata* Thunb. *Anhui J Sci Agric* (安徽农业科学), 2010, 38: 2571-2573.
- 3 Du LP (杜丽平), Xiao DG (肖冬光). Present situation and prospect for bioactivities of polysaccharide. *Chem Ind Times* (化工时刊), 2005, 19(4): 31-35.
- 4 Zheng JQ (郑晶泉). Research progress of antioxidant antioxidant experiment. *For Med Sci* (国外卫生医学分册), 2000, 27(1): 37.
- 5 Zhang P (张萍), He MP (贺茂萍), Yin L (殷力), et al. Study on the removal of protein from pomegranate peel by Seavage. *Food Technol* (食品科技), 2013, 38(12): 219-222.
- 6 Yang W (杨闻). Isolation, purification and antibacterial activity of *Flos magnoliae* polysaccharide. Xi'an: Shanxi Normal University (陕西师范大学), MSc. 2013.
- 7 Sulaiman SF, Yusoff NAM, Eldeen IM, et al. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight *Malaysian bananas* (*Musa sp.*). *J Food*

- Comp Anal*, 2011, 24(1):1-10.
- 8 Ooi KL, Muhammad TST, Tan ML, *et al.* Cytotoxic, apoptotic and anti- α -glucosidase activities of 3,4-di-Ocaffeoyl quinic acid, an antioxidant isolated from the polyphenolic-rich extract of *Elephantopus mollis* Kunth. *J Ethnopharmacol*, 2011, 135:685-695.
 - 9 Zhuang Y, Chen L, Sun L, *et al.* Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *J Funct Foods*, 2012, 4:331-338.
 - 10 Wan JH(万京华), Zhang XL(章晓联), Xin SL(辛善禄). Antibacterial effect of Herba Commelinae (Yazhical). *Pub Health Prevent Med*(公共卫生与预防医学), 2005, 16(1):25-27.
 - 11 Mathabe MC, Nikolova RV, Lall N, *et al.* Antibacterial activities of medicinal plants used for the treatment of diarrhoea in Limpopo Province, South Africa. *J Ethnopharmacol*, 2006, 105:286-293.
 - 12 Amoo SO, Ndhkala AR, Finnie JF, *et al.* Antibacterial, antifungal and anti-inflammatory properties of *Burchellia bubalina*. *S Afr J Botany*, 2009, 75:60-63.
 - 13 Yasunaka K, Abe F, Nagayama A, *et al.* Antibacterial activity of crude extracts from Mexican medicinal plants and purified coumarins and xanthenes. *J Ethnopharmacol*, 2005, 97:293-299.
 - 14 Wang HT(王海涛). Anti-microorganism activity and anti-microbial mechanism of Soybean isoflavone. Liaoning: Liaoning Normal University(辽宁师范大学), MSc. 2009.
 - 15 Yang B, Zhao MR, Shi JH, *et al.* Effect of ultra-sonic treatment on the recovery and DPPH radical scavenging activity of polysaccharides from longan fruit pericarp. *Food Chem*, 2008, 106:685-690.
 - 16 Sun YL(孙元琳), Shan F(陕方), Li XL(李秀玲), *et al.* Antioxidant activities of tartary buckwheat vinegar and its polysaccharide substances. *Food Ind Technol*(食品工业科技), 2011, 32:123-125.
 - 17 Meng XJ(孟宪军), Liu XJ(刘晓晶), Sun XY(孙希云), *et al.* Antioxidant activity and antibacterial activity of blueberry polysaccharide. *Food Sci*(食品科学), 2010, 31:110-114.

《天然产物研究与开发》青年编委会

青年编委(以姓氏笔划为序)

Members

丁克	王红兵	戈惠明	尹文兵	尹胜	吕兆林
DING Ke	WANG Hongbing	GE Huiming	YIN Wenbing	YIN Sheng	LV Zhaolin
伍婉卿	刘相国	孙昊鹏	孙桂波	孙黔云	李芸霞
WU Wanqing	LIU Xiangguo	SUN Haopeng	SUN Guibo	SUN Qianyun	LI Yunxia
李良成	李国友	邱莉	汪海波	沐万孟	张炳火
LI Liangcheng	LI Guoyou	QIU Li	WANG Haibo	MU Wanmeng	ZHANG Binghuo
陈益华	林茂祥	林昌俊	欧阳杰	易华西	罗应刚
CHEN Yihua	LIN Maoxiang	LIN Changjun	OU Yangjie	YI Huaxi	LUO Yinggang
周文	胡友财	袁涛	夏永刚	高慧敏	唐金山
ZHOU Wen	HU Youcai	YUAN Tao	XIA Yonggang	GAO Huimin	TANG Jinshan
黄胜雄	韩淑燕	蓝蔚青	廖晨钟	潘卫东	薛永波
HUANG Shengxiong	HAN Shuyan	LAN Weiqing	LIAO Chenzhong	PAN Weidong	XUE Yongbo