

刺梨多糖的理化性质、体外抗氧化和 α -葡萄糖苷酶抑制活性

陈庆¹, 李超², 黄婷², 扶雄², 贾强¹

(1. 广州城市职业学院食品系, 广东广州 510405) (2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

摘要: 采用热水提取和分级醇沉技术, 从无籽刺梨中制备得到两种主要多糖组分, 命名为 RSPs-40 和 RSPs-60, 对其化学组成、理化性质、体外抗氧化活性和 α -葡萄糖苷酶抑制活性进行了研究。结果表明, RSPs-40 和 RSPs-60 的提取率分别为 2.62% 和 1.81%, 总糖含量分别为 42.5% $\pm$ 0.91% 和 45.90% $\pm$ 0.37%, 蛋白质含量均为 2.89%。高效凝胶渗透色谱 (HPGPC) 分析表明 RSPs-40 和 RSPs-60 的分子量大小分别为 228.298 ku 和 124.144 ku。单糖组成分析表明 RSPs-40 主要由阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、果糖和半乳糖醛酸组成, 摩尔比为 0.24:0.37:3.22:0.27:1.44, 而 RSPs-60 主要由阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖和半乳糖醛酸组成, 摩尔比为 1.58:2.06:2.37:1.69。体外抗氧化实验结果表明 RSPs-40 和 RSPs-60 较好的 DPPH 自由基清除活性和 ABTS 自由基清除活性; 体外降血糖实验结果表明 RSPs-40 和 RSPs-60 表现出较强的 α -葡萄糖苷酶抑制活性, 二者均优于阿卡波糖。RSPs-60 抗氧化和 α -葡萄糖苷酶抑制活性优于 RSPs-40。这些结果表明无籽刺梨多糖可发一种有前途的抗氧化和降血糖膳食补充剂, 应用于食品和医药领域。

关键词: 无籽刺梨; 多糖; 分级; 抗氧化; 降血糖

文章编号: 1673-9078(2019)11-114-119

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.11.016

Physicochemical Characterization, *in vitro* Antioxidant and α -Glucosidase Inhibitory Activity of Polysaccharides from *Rosa sterilis* Fruit

CHEN Qing¹, LI Chao², HUANG Ting², FU Xiong², JIA Qiang¹

(1. Department of Food, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou 510405, China)

(2. School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, 510640, China)

Abstract: Two main polysaccharide fractions (RSPs-40 and RSPs-60) were isolated from *Rosa sterilis* fruit by hot water extraction and fractional alcohol precipitation, respectively. The physicochemical characteristic, antioxidant and α -glucosidase inhibition activity of RSPs-40 and RSPs-60 were investigated. The results showed that the extraction yields of RSPs-40 and RSPs-60 were 2.62% and 1.81%, respectively. The total sugar contents of RSPs-40 and RSPs-60 were 42.5% $\pm$ 0.91% and 45.90% $\pm$ 0.37%, respectively. Protein contents were all 2.89%. The average molecular weights of RSPs-40 and RSPs-60 were 228.298 ku and 124.144 ku, respectively. Monosaccharide composition analysis showed that RSPs-40 mainly consisted of arabinose, galactose, glucose, fructose, and galacturonic acid in a molar ratio of 0.24:0.37:3.22:0.27:1.44, while RSPs-60 was mainly composed of arabinose, galactose, glucose, and galacturonic acid in a molar ratio of 1.58:2.06:2.37:1.69. The results of *in vitro* antioxidant assays showed that RSPs-40 and RSPs-60 exhibited good DPPH and ABTS free radical scavenging activity. The results of *in vitro* hypoglycemic assays showed that RSPs-40 and RSPs-60 exhibited stronger α -glucosidase inhibitory activity than acarbose. The antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities of RSPs-60 were better than those of RSPs-40. Overall, these results suggested that the polysaccharides from *R. sterilis* fruit could be explored as a promising antioxidant and hypoglycemic dietary supplement.

Key words: *Rosa sterilis* fruit; polysaccharides; fractionation; antioxidant; hypoglycemic

收稿日期: 2019-06-28

基金项目: 广东省自然科学基金项目 (2018A030310383); 广州科技计划项目 (201803050001)

作者简介: 陈庆 (1987-), 女, 硕士, 研究方向: 食品营养与检测

通讯作者: 李超 (1986-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 功能碳水化合物

无籽刺梨 (*Rosa sterilis*), 俗称金刺梨, 属蔷薇科蔷薇属落叶灌木, 是有籽刺梨的近缘品种, 主要分布于贵州毕节、安顺、兴仁等地^[1]。传统医学主要以刺梨根、叶以及果实等入药, 用于消食健脾、止泻、解暑等功效, 对于治疗积食腹胀、高血脂、肠炎、高血压、夜盲症、维生素 C 缺乏症等疾病都有一定的效果,

其中《本草纲目拾遗》、《黔书》等对其药理作用均有详实的记载,它同时也被《贵州省中药材、民族药材质量标准》收录。刺梨果富含 Vc、超氧化物歧化酶(SOD)、黄酮、多糖、多种人体必需的氨基酸及微量元素,具有多种生理功能,被誉为“贵州山珍”,是一种极具开发价值的第三代水果^[2,3]。

植物多糖是一种重要的生物反应调节剂,大量研究表明许多植物多糖具有抗氧化、抗凝血、抗肿瘤和增强免疫等生物活性,且具有作用温和、毒副作用小等优点,具有较大的开发应用价值^[4,5]。据文献报道,刺梨多糖具有较显著的抗氧化和降血糖活性,具有极大的开发和应用潜力^[6-8]。无籽刺梨,作为是有籽刺梨的近缘品种,富含活性多糖,然而,目前国内外关于无籽刺梨多糖的化学组成、结构特征和生物活性尚不清楚,限制其进一步的研究和利用。

过量的活性氧将严重破坏人体组织细胞,例如脂质、核酸、蛋白质和酶系统,导致衰老、糖尿病、癌症等疾病发生,因此,抑制氧化应激能够有效预防或治疗各种慢性疾病^[4]。 α -葡萄糖苷酶是一种位于小肠刷边缘的关键消化酶,能够催化 α -(1,4)-糖苷键水解,使寡糖水解生成葡萄糖。抑制 α -葡萄糖苷酶的活性,能够降低餐后血糖水平,提高胰岛素敏感性,从而预防糖尿病及其并发症^[8]。

因此,本论文以无籽刺梨为原料,采用热水浸提和分级醇沉法从无籽刺梨果中提取分离活性多糖,采用分析化学和现代仪器分析对多糖的化学组成、理化性质、抗氧化和 α -葡萄糖苷酶抑制活性进行研究,为研究和开发具有抗氧化和降血糖功效的多糖功能因子提供一定的理论依据,填补无籽刺梨多糖研究方面的空白,同时对于开发无籽刺梨资源具有重要的理论和应用意义。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

无籽刺梨果,贵州华凯农业科技发展有限公司;普鲁兰系列标准品,购自日本 Showa 公司;牛血清蛋白、DPPH、ABTS 和 α -葡萄糖苷酶,购自美国 Sigma-Aldrich 公司;阿卡波糖,购自拜耳医药保健有限公司;其它试剂均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

冷冻干燥器(18-N),广州德菲科学仪器有限公司;多功能酶标仪(Varioskan Flash),美国 Thermo 公司;Dionex ICS 3000 离子色谱仪,美国 Dionex 公

司;数控超声波清洗器(KQ-300DE),昆山市超声仪器有限公司;高效液相色谱仪 1260,美国 Agilent 公司;Vector 33 红外光谱仪,德国 Bruker 公司;紫外可见分光光度计(TU-1901),北京普析通用仪器有限公司。

1.2 实验方法与步骤

1.2.1 无籽刺梨多糖的提取及分级醇沉

将干燥无籽刺梨果,用去离子水冲洗干净,置于 45℃ 的恒温干燥箱中干燥 24~48 h,采用多功能粉碎机进行粉碎,过 40 目筛,保存在干燥器中备用。称取适量样品粉末,按照 1:8 g/mL 的料液比加入 95%乙醇,于 70℃ 下回流提取 4 h,以除去样品中油脂、色素和小分子物质。真空抽滤,将滤渣置于 40℃ 的烘箱中干燥 12 h,装入密封袋中保存备用。

称取预处理后的粉末,按 1:20 g/mL 的料液比加入去离子水,于 95℃ 条件下搅拌提取 2 h,重复提取 1 次,抽滤收集滤液,于 45℃ 条件下旋转蒸发浓缩至原体积的 1/4。采用 Sevage 试剂进行脱蛋白 10 次以上,直至无明显蛋白析出,然后通过 AB-8 大孔树脂对多糖溶液进行脱色^[8]。抽滤收集滤液,缓慢加入无水乙醇至乙醇体积分数达到 40%,于 4℃ 中过夜醇沉,于 4500 r/min 离心 15 min 分离收集多糖,得到 40%醇沉组分。继续向上清液中添加一定量无水乙醇,至乙醇体积分数达到 60%,于 4℃ 中醇沉过夜,离心分离收集多糖,得到 60%醇沉多糖组分。按照同样的方法,得到 80%的醇沉组分(RSPs-80 得率很低,不做进一步分析)。将两种多糖组分置于 45℃ 烘箱中,蒸发残留乙醇溶液,然后用少量去离子水溶解,冷冻真空干燥即得到两种主要多糖组分,分别命名 RSPs-40 和 RSPs-60。

得率(%) = 多糖组分质量/刺梨粉末质量 × 100%

1.2.2 化学组成测定

采用苯酚-硫酸法和考马斯亮蓝法分别测定样品中的总糖含量和蛋白质含量^[9]。

1.2.3 分子量的测定

参考文献报道方法测定样品的分子量分布^[10]。采用磷酸二氢钾缓冲液(0.02 M)配制 1 mg/mL 的多糖样品溶液,过 0.22 μ m 水相膜后,通过高效液相色谱仪(HPGPC)进行测定。测试条件:色谱柱为 TSK-gel G5000 (7.8×300 mm I.D., 10 μ m) 和 TSK-gel G3000 (7.8×300 mm I.D., 7 μ m) 凝胶柱串联使用;检测器:示差检测器;流动相:磷酸二氢钾缓冲液(0.02 M, pH 6.0);柱温:35±0.1℃;检测器温度:45±0.1℃;流速:0.6 mL/min;进样量:20 μ L。采用不同分子量的普鲁蓝标准品(5.9、9.6、21.1、4.71、107、200、

344和708 ku) 绘制标准曲线, 并根据回归方程计算样品分子量大小。

1.2.4 单糖组成测定

参考文献报道方法分析多糖样品中的单糖组成^[10]。分别将 5 mg RSPs-40 和 RSPs-60 粉末充分溶解用 4 mL 三氟乙酸 (2 M), 然后转移到 10 mL 安培管中, 用酒精喷灯将安培瓶的瓶口密封后, 于 105~110 °C 的干燥箱内反应 6 h。水解完成后敲碎安培管口, 打开氮吹仪, 50 °C 条件下吹扫以除去过量的三氟乙酸, 向安培瓶中加入 4 mL 色谱纯甲醇, 溶解后转入旋蒸瓶中, 减压浓缩至完全干燥, 重复 3 次。最后用超纯水溶解残渣, 并定容至 100 mL。取 1 mL 样品溶液过 0.22 μm 水相滤膜, 注入到液相瓶中, 通过离子色谱仪进行测定。

1.2.5 红外光谱 (FT-IR) 分析

采用傅里叶红外光谱仪 (FT-IR) 分析多糖样品的结构特征^[9]。分别称取 3 mg 的 RSPs-40 和 RSPs-60 与溴化钾粉末充分混匀, 研磨压片, 在 4000~500 cm⁻¹ 波长范围内进行光谱扫描。

1.2.6 抗氧化活性测定

1.2.6.1 DPPH 自由基清除能力

参考文献报道方法并加以修改^[10]。将 1 mL 多糖样品溶液 (0~0.4 mg/mL) 与 3 mL DPPH 溶液 (75 μM) 涡旋混匀后, 置于室温下避光反应 30 min, 然后测在 517 nm 处的吸光度。用蒸馏水代替样品作为空白对照, 甲醇溶液代替 DPPH 溶液用作本底对照, 抗坏血酸作为阳性对照, 所有测试一式三份进行平行实验。

DPPH 自由基清除率计算公式如下:

$$\text{DPPH 自由基清除率}(\%) = [1 - (A_s - A_b)/A_c] \times 100\%$$

其中: A_s 是样品反应溶液的吸光度, A_b 是本底对照溶液的吸光度, 其中包括 3 mL 50% 甲醇溶液和 1 mL 样品溶液, A_c 是空白对照溶液的吸光度, 其中包括 3 mL DPPH 和 1 mL 50% 甲醇溶液。以多糖浓度为横坐标, 抑制率为纵坐标, 进行线性拟合, 根据拟合直线方程, 计算抑制率为 50% 时多糖的浓度, 即半抑制率值 (IC₅₀)。

1.2.6.2 ABTS 自由基清除能力

参考文献报道方法加以适当修改^[10]。将 10 mL ABTS 溶液 (7 mM) 与 10 mL 过硫酸钾溶液 (2.45 mM) 混合, 室温下暗处静置 12~16 h 后, 用 PBS (pH 7.4) 将 ABTS⁺ 溶液稀释至波长 734 nm 处的吸光度值 0.70 (±0.02)。量取 0.4 mL 样品溶液 (0~1.0 mg/mL) 与 3 mL ABTS⁺ 溶液中混匀后, 在室温下避光反应 6 min, 然后测量在波长 734 nm 处的反应溶液的吸光度。抗坏血酸 (Vc) 用于阳性对照, 所有测试一式三份进行平行实验。ABTS 自由基清除率计算公式如下:

$$\text{ABTS 自由基清除率}(\%) = (A_b - A_1)/A_b \times 100\%$$

其中: A_1 是含糖反应溶液的吸光度, A_b 是不存在多糖溶液的吸光度。

1.2.7 α-葡萄糖苷酶抑制活性实验

参考文献报道的方法稍作修改^[11]。在试管中分别添加 50 μL 不同浓度的多糖溶液、100 μL 的 α-葡萄糖苷酶溶液 (0.35 U/mL), 涡旋混匀, 于 37 °C 下孵育 10 min, 继续加入 100 μL 的 4-硝基酚-α-D-呋喃葡萄糖苷溶液 (1.5 mM)。继续孵育 20 min 后, 加入 1 mL Na₂CO₃ 溶液 (1 M) 终止反应。采用酶标仪检测反应液在 400 nm 处的吸光度。0.1 M 磷酸盐缓冲液 (pH 6.9) 作为空白对照, 阿卡波糖作为阳性对照, 所有测试一式三份进行平行实验。α-葡萄糖苷酶的抑制率计算公式如下:

$$\alpha\text{-葡萄糖苷酶抑制率}(\%) = [1 - (A_s - A_b)/A_c] \times 100\%$$

其中: A_c 为只加 α-葡萄糖苷酶的吸光度, A_s 表示加入样品和酶的吸光度, A_b 表示只加样品的吸光度。

1.3 数据分析处理

采用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA) 和 Duncan 检验进行差异显著性分析, 图中数据点上标有不同字母表示有显著性差异, 相同字母表示无显著性差异 ($p < 0.05$)。

2 结果与讨论

2.1 刺梨多糖的提取率和化学组成比较

采用热水提取、Sevag 试剂脱蛋白和大孔树脂 AB-8 脱色得到无籽刺梨多糖提取液, 通过分级醇沉, 得到两种主要多糖组分, 命名 RSPs-40 和 RSPs-60, 分别对它们的提取率、总糖和蛋白质含量进行分析, 结果如表 1 所示。可以看出, 40% 乙醇醇沉得到的多糖得率大于 60% 乙醇醇沉样品, 总得率为 4.43%。RSPs-40 和 RSPs-60 的总糖含量不同, RSPs-60 的总糖含量比 RSPs-40 略高, 但蛋白质含量无显著差异。

表 1 RSPs-40 和 RSPs-60 的得率和化学组成

Table 1 The yields and chemical compositions of RSPs-40 and

RSPs-60			
组成	提取率/%	总糖含量/%	蛋白质含量/%
RSP-40	2.62	42.50±0.91	2.89±0.02
RSP-60	1.81	45.90±0.37	2.89±0.06

2.2 分子量分布

采用 HPGPC 测定 RSPs-40 和 RSPs-60 的分子量分布, 结果如图 1 所示。可以看出, RSPs-40 和 RSPs-60

的峰型为单一对称峰,表明这两个组分为均一多糖,出峰时间分别为 22.91 min 和 24.19 min。普鲁兰标准品所建立的标准曲线为 $\text{LogMw} = -0.004813x^3 + 0.229311x^2 - 3.954604x + 28.86550$ ($R^2 = 0.999867$)。根据标准曲线计算, RSPs-40 和 RSPs-60 的平均分子量分别为 228.298 kDa 和 124.144 kDa。RSPs-40 分子量大于 RSPs-60,可以知道醇沉分级能够将不同的多糖组分分开,而随着乙醇浓度的升高,醇沉出多糖的分子量减小。

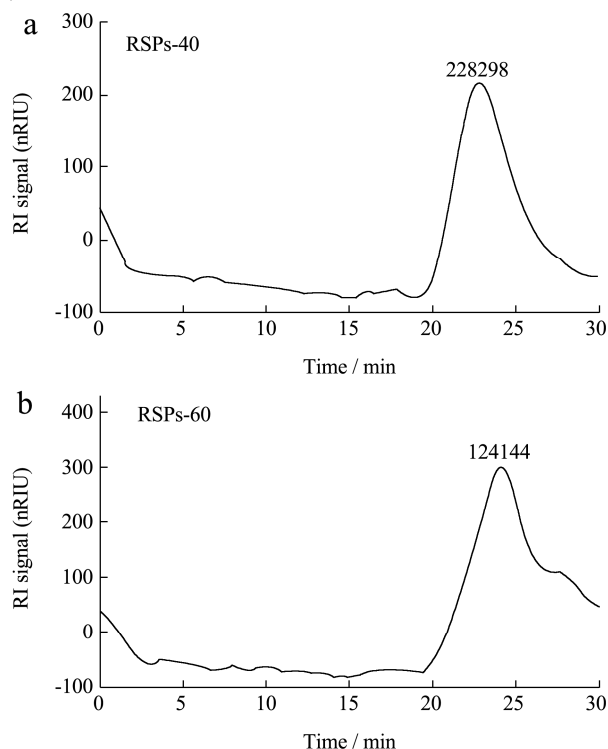


图 1 RSPs-40 和 RSPs-60 的分子量分布

Fig.1 Molecular weight distributions of RSPs-40 and RSPs-60

2.3 单糖组成分析

采用离子色谱仪分析 RSPs-40 和 RSPs-60 的单糖组成,结果如图 2 所示。可以看出, RSPs-40 主要由岩藻糖、阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、木糖、甘露糖、果糖、半乳糖醛酸和葡萄糖醛酸组成,其中阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、果糖和半乳糖醛酸是最主要的组成单糖,摩尔比为 0.24:0.37:3.22:0.27:1.44。而 RSPs-60 同样包含岩藻糖、阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、木糖、甘露糖、果糖、半乳糖醛酸和葡萄糖醛酸,其中阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖和半乳糖醛酸是其最主要的组成单糖,摩尔比为 1.58:2.06:2.37:1.69。单糖组成结果表明 RSPs-40 和 RSPs-60 具有相同的单糖类别,但含量差异较大。

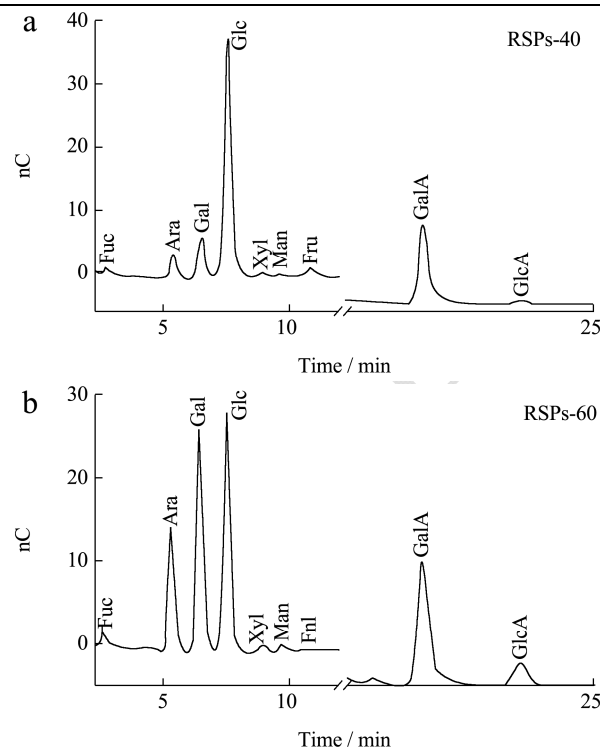
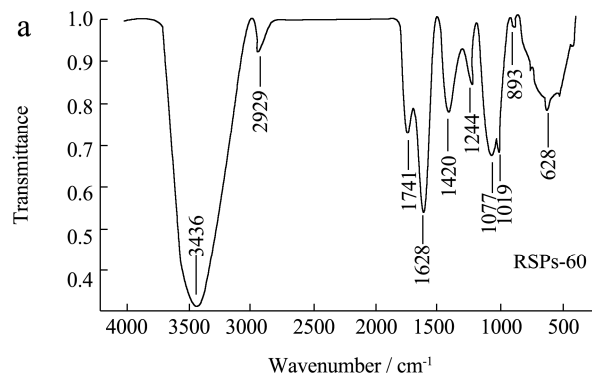


图 2 RSPs-40 和 RSPs-60 的单糖组成图谱

Fig.2 Monosaccharide composition chromatograms of RSPs-40 and RSPs-60

2.4 红外光谱分析

RSPs-40 和 RSPs-60 的红外光谱图,结果如图 3 所示。在波数 3466 cm^{-1} (3436 cm^{-1})、 2929 cm^{-1} 和 1638 cm^{-1} (1628 cm^{-1}) 的特征吸收峰分别表示 O-H 伸缩振动、C-H 伸缩振动和 C=O 结合水的特征峰,表明为多糖的典型特征吸收峰^[10]。RSPs-40 在波数 1108 cm^{-1} 出现的特征吸收峰,表示吡喃糖环的特征吸收峰。RSPs-60 在波数 1741 cm^{-1} 的吸收峰为乙酰基或者羧酸酯中 C=O 的特征峰^[12]; 在 893 cm^{-1} 处有吸收峰,表示 β -构型糖苷键; 在 1077 cm^{-1} 处吸收峰表示吡喃糖环的特征吸收^[13,14]。FT-IR 结果表明 RSPs-40 和 RSPs-60 呈现典型多糖特征吸收,但是结构不同。



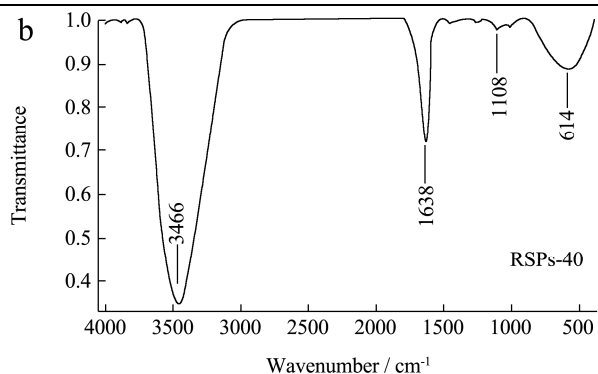


图3 RSPs-40 和 RSPs-60 的红外光谱图

Fig.3 FT-IR spectra of RSPs-40 and RSPs-60

2.5 DPPH 自由基清除能力

DPPH·是一种稳定的以氮为中心的自由基，在 517 nm 处有较强的吸收峰，抗氧化剂提供的电子或氢原子与 DPPH·发生反应，导致其在 517 nm 的吸光值变小，根据吸光值的变化反映抗氧化剂的抗氧化能力^[10]。如图 4 所示，RSPs-40 和 RSPs-60 呈现较好的 DPPH·自由基清除能力，并呈剂量关系。在浓度 0.2~0.4 mg/mL 范围内，RSPs-60 对 DPPH 自由基清除作用略优于 RSPs-40。但随着多糖浓度增加，RSPs-40 和 RSPs-60 的清除率趋于平缓，基本稳定在 74.50% 左右，其 IC₅₀ 值分别为 0.22 和 0.20 mg/mL。当浓度为 0.4 mg/mL 时，RSPs-40 和 RSPs-60 对 DPPH 自由基清除率分别为 74.64% 和 75.39%，而抗坏血酸的抑制率达到 96.80%。表明 RSPs-40 和 RSPs-60 具有较好的 DPPH 自由基清除能力，可开发一种天然的抗氧化剂。

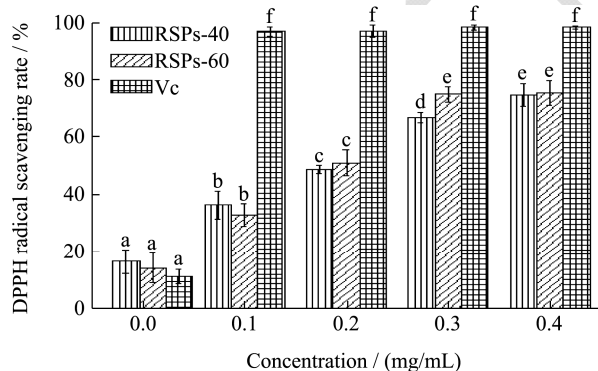


图4 RSPs-40 和 RSPs-60 的 DPPH 自由基清除能力

Fig.4 DPPH radical scavenging abilities of RSPs-40 and RSPs-60

2.6 ABTS 自由基清除能力

RSPs-40 和 RSPs-60 的 ABTS 自由基清除能力，结果如 5 所示。可以看出，RSPs-40 和 RSPs-60 具有良好的 ABTS 自由基清除能力，随着浓度增加，清除率逐渐上升。在低浓度范围内，RSPs-60 对 ABTS 自

由基清除率略优于 RSPs-40。随着多糖浓度增加，RSPs-40 和 RSPs-60 对 ABTS 自由基清除率趋于一致，但均弱于抗坏血酸 (Vc)。当样品浓度为 1.0 mg/mL 时，RSPs-40 和 RSPs-60 对 ABTS 自由基清除率分别为 46.84% 和 46.24%，而 Vc 的清除率达到 91.57%。这表明 RSPs-40 和 RSPs-60 具有良好的 ABTS 自由基清除能力，虽效果低于 Vc，但仍可开发为一种无毒副作用的潜在抗氧化剂。

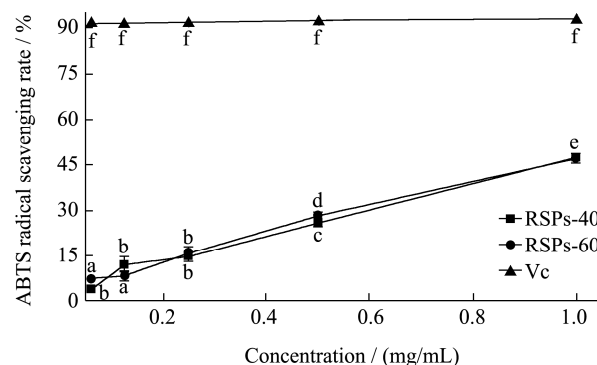


图5 RSPs-40 和 RSPs-60 的 ABTS 自由基清除能力

Fig.5 ABTS radical scavenging abilities of RSPs-40 and RSPs-60

2.7 α-葡萄糖苷酶抑制活性

RSPs-40 和 RSPs-60 对 α-葡萄糖苷酶的抑制活性，结果如图 6 所示。在实验浓度范围内 (0~1.0 mg/mL)，RSPs-40 和 RSPs-60 表现出显著的 α-葡萄糖苷酶抑制活性，呈剂量依赖关系。当样品溶液浓度增加到 1.0 mg/mL 时，RSPs-40 和 RSPs-60 对 α-葡萄糖苷酶抑制率分别为 87.19% 和 88.77%，而阿卡波糖对 α-葡萄糖苷酶的抑制率为 36.18%。阿卡波糖是一种降血糖药物，可以阻止淀粉和其他碳水化合物的降解，降低餐后血糖水平，主要用于治疗 II 型糖尿病，但具有一定的毒副作用^[15,16]。相比阿卡波糖，RSPs-40 和 RSPs-60 具有较强的 α-葡萄糖苷酶抑制活性，可开发一种天然无毒的降血糖剂，替代传统降血糖药物。

Wang 等从有籽刺梨中分离得到两个多糖组分 (PR-1) 和 (PR-2)，分子量范围分别为 6200~7.4 ku 和 559.8~106.6 ku，其中 PR-1 主要由半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖和阿拉伯糖组成，摩尔比为 1.16:1.22:1.35:1.00，具有较强抗氧化和 α-葡萄糖苷酶抑制活性，但弱于阳性对照^[6]。Chen 等从有籽刺梨多糖中纯化一种新型水溶性多糖 (RRT1)，分子量大小为 97.58 ku，由甘露糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖和木糖组成，摩尔比为 2.88:1.39:2.83:1.00:69.11:3.04:2.52:3.41，具有较好的抗氧化活性^[7]。Wang 等从有籽刺梨多糖中纯化

一种新型酸性多糖(RTFP-3),分子量大小为67.2 ku,主要由阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖和岩藻糖组成,摩尔比为3.65:3.43:1.00:1.83,具有较显著的 α -葡萄糖苷酶抑制活性,但其活性弱于阿卡波糖^[8]。当前刺梨多糖研究结果表明RSPs-40和RSPs-60具有不同结构特征和生物活性,尤其 α -葡萄糖苷酶抑制活性最为显著,可开发一种天然抗氧化和降血糖剂。

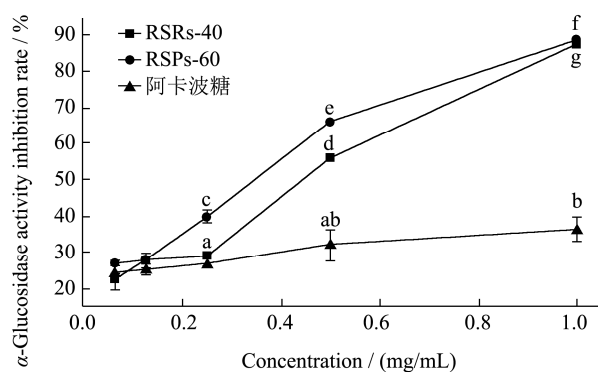


图6 RSPs-40和RSPs-60对 α -葡萄糖苷酶的抑制活性

Fig.6 Inhibitory effects of RSPs-40 and RSPs-60 on α -glucosidase activity

3 结论

本文以无籽刺梨为原料,从其中分离得到两种多糖组分,命名为RSPs-40和RSPs-60,得率分别为2.62%和1.81%,总糖含量分别为42.5%和45.90%,蛋白质含量均为2.89%。结构分析表明RSPs-40和RSPs-60的平均分子量大小分别为228.298 ku和124.144 ku,其中RSPs-40主要由阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、果糖和半乳糖醛酸组成,摩尔比为0.24:0.37:3.22:0.27:1.44,而RSPs-60主要由阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖和半乳糖醛酸组成,摩尔比为1.58:2.06:2.37:1.69。体外抗氧化实验结果表明RSPs-40和RSPs-60具有较好的DPPH和ABTS自由基清除活性,并表现出明显的量效关系;体外降血糖实验结果表明二者具有较强的 α -葡萄糖苷酶抑制活性,优于商品降血糖药物-阿卡波糖。这些结果表明无籽刺梨多糖可开发为一种具有抗氧化和降血糖功效的膳食补充剂,应用于功能性食品和医药行业。

参考文献

- [1] 郑元,辛培尧,高健,等.无籽刺梨的研究与应用现状及展望[J].贵州林业科技,2013,41(2):62-64
ZHENG Yuan, XIN Pei-yao, GAO Jian, et al. The current situation and outlook of research and development of rosa

- sterilis [J]. Guizhou Forestry Science and Technology, 2013, 41(2): 62-64
- [2] 张丹,韦广鑫,曾凡坤.贵州不同产地无籽刺梨的基本营养成分及香气物质比较[J].食品科学,2016,37(22):166-172
ZHANG Dan, WEI Guang-xin, ZENG Fan-kun. Proximate nutritional composition and volatile aroma compounds of *Rosa Sterilis* S. fruits from different growing areas of Guizhou province [J]. Food Science, 2016, 37(22): 166-172
- [3] Liu M H, Zhang Q, Zhang Y H, et al. Chemical Analysis of dietary constituents in *Rosa roxburghii* and *Rosa sterilis* fruits [J]. Molecules, 2016, 21(9): 1204
- [4] Wang M, Zhu P, Zhao S, et al. Characterization, antioxidant activity and immunomodulatory activity of polysaccharides from the swollen culms of *Zizania Latifolia* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 95: 809-817
- [5] 吴静,胡居吾,熊伟,等.樟树果实多糖对巨噬细胞RAW264.7的免疫调节作用[J].现代食品科技,2018,34(9): 2-18,309
WU Jing, HU Ju-wu, XIONG Wei, et al. Immunomodulatory effect of polysaccharide isolated from cinamomum camphora fruits on macrophage RAW264.7 [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(9): 2-18, 309
- [6] Wang H, Li Y, Ren Z, et al. Optimization of the microwave-assisted enzymatic extraction of *rosa roxburghii* trutt. polysaccharides using response surface methodology and its antioxidant and α -D-glucosidase inhibitory activity [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 112: 473-482
- [7] Chen G, Kan J. Characterization of A novel polysaccharide isolated from *Rosa roxburghii* trutt fruit and assessment of its antioxidant *in vitro* and *in vivo* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 107: 166-174
- [8] Wang L, Chen C, Zhang B, et al. Structural characterization of a novel acidic polysaccharide from *Rosa roxburghii* trutt fruit and its α -glucosidase inhibitory activity [J]. Food & Function, 2018, 9: 3974-3985
- [9] 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):38-44
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): 38-44

(下转第253页)