

中图分类号: R932; R285 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2023)06-0042-05
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2023.06.011



钝药野木瓜果实的抗氧化及体外降血糖活性研究*

谢华松¹, 魏爱红¹, 邹玉冰¹, 李龙辉¹, 龙昊邦¹, 张声源^{1,2Δ}

(1. 嘉应学院医学院, 广东 梅州 514031; 2. 广东省山区特色农业资源保护与精准利用重点实验室, 广东 梅州 514031)

摘要:目的 研究钝药野木瓜果实中果肉、果皮及种子的抗氧化及降血糖活性。方法 采用 DPPH 和 ABTS 自由基清除实验, 铁还原力法检测其抗氧化活性, 均以维生素 C 作阳性对照; 采用 α -葡萄糖苷酶及 α -淀粉酶抑制模型评价其降血糖活性, 均以阿卡波糖为阳性对照。结果 果皮清除 DPPH 自由基能力 [$IC_{50} = (0.586 \pm 0.016) \text{ mg/mL}$] 和 ABTS⁺ 能力 [$IC_{50} = (2.850 \pm 0.08) \text{ mg/mL}$] 显著强于果肉 [$IC_{50} = (1.177 \pm 0.029) \text{ mg/mL}$, $(3.403 \pm 0.11) \text{ mg/mL}$] 和种子 [$IC_{50} = (4.603 \pm 0.281) \text{ mg/mL}$, $(15.984 \pm 0.19) \text{ mg/mL}$], 果肉的铁还原能力 [$(164.530 \pm 3.78) \mu\text{mol VitC/g}$] 显著强于果皮 [$(147.330 \pm 1.51) \mu\text{mol VitC/g}$] 和种子 [$(75.010 \pm 3.73) \mu\text{mol VitC/g}$] ($P < 0.05$)。相关性分析结果显示, 钝药野木瓜果皮、种子和果肉的总酚、总黄酮含量与清除 ABTS⁺、DPPH 自由基能力及铁还原能力均呈显著正相关 ($P < 0.05$)。果肉抑制 α -葡萄糖苷酶活性 [$IC_{50} = (15.85 \pm 0.70) \text{ mg/mL}$] 及 α -淀粉酶活性 [$IC_{50} = (20.35 \pm 0.021) \text{ mg/mL}$] 的能力显著强于果皮 [$IC_{50} = (30.16 \pm 1.30) \text{ mg/mL}$, $(37.11 \pm 1.12) \text{ mg/mL}$] 和种子 [$IC_{50} = (119.89 \pm 0.98) \text{ mg/mL}$], 未测出 ($P < 0.05$)。结论 钝药野木瓜果实中果肉和果皮是天然抗氧化剂的潜在来源, 同时钝药野木瓜果肉也具有成为降血糖药物的潜力。

关键词: 钝药野木瓜; 果实; 总黄酮; 总酚; 体外作用; 降血糖; 抗氧化

Antioxidant Activity and *in Vitro* Hypoglycemic Activity of the Fruit of *Stauntonia Leucantha*

XIE Huasong¹, WEI Aihong¹, ZOU Yubing¹, LI Longhui¹, LONG Haobang¹, ZHANG Shengyuan^{1,2}

(1. Medical College of Jiaying University, Meizhou, Guangdong, China 514031; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Conservation and Precision Utilization of Characteristic Agricultural Resources in Mountainous Areas, Meizhou, Guangdong, China 514031)

Abstract: Objective To study the antioxidant activity and hypoglycemic activity of the pulp, peel and seeds in the fruit of

*基金项目: 广东省中医药局科研项目[20212244]; 广东省梅州市医药卫生科研项目[2020-B-81]; 嘉应学院科研项目[2020KJY09]。

第一作者: 谢华松, 男, 硕士, 讲师, 研究方向为天然药物活性成分, (电子信箱)xiehuasong21@163.com。

Δ通信作者: 张声源, 男, 博士, 副教授, 研究方向为药食两用植物活性成分, (电子信箱)mcdμ.Llzhang@yeah.net。

923-929.

- [3] 周迪, 周永明. 肿瘤化疗相关性血小板减少症的中医病机特点及治疗对策[J]. 上海中医药杂志, 2022, 56(2): 6-9.
- [4] VAD DEN BERG J, HOVINGA JAK, PFLEGER C, et al. Daratumumab for immune thrombotic thrombocytopenic purpura [J]. Blood Adv, 2020, 6(3): 993-997.
- [5] 张丹捷, 赵鑫, 孙乐, 等. 金银花炒炭前后凉血止血作用变化研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(3): 603-605.
- [6] 陈毅, 王海丽, 薛露, 等. 茜草的研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(13): 2771-2779.
- [7] 黄琪, 李丽丽, 程春松, 等. 黄芩炭对早孕流产大鼠子宫出血保护作用及机制研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(21): 4691-4697.
- [8] NANDINI C, MADHUNAPANTULA SV, BOVILLA VR, et al. Platelet enhancement by *Carica papaya* L. leaf fractions in cyclophosphamide induced thrombocytopenic rats is due to elevated expression of CD₁₁₀ receptor on megakaryocytes [J]. J Ethnopharmacol, 2021, 275: 114074.
- [9] 白珍, 尼哈, 莲花, 等. 蒙药熊胆及几种家畜胆对环磷酰胺致血小板减少性出血模型的作用研究[J]. 现代中药研究与实践, 2018, 32(4): 31-35.
- [10] 赵新民, 彭晓赞, 尹志芳, 等. 免疫性血小板减少症治疗新药研究进展[J]. 中国临床药理学杂志, 2018, 34(22): 2657-2660.
- [11] 万敏, 谭晶晶, 周林. 健脾益气摄血方对模型小鼠血小板减少性紫癜的改善作用[J]. 中国药业, 2022, 31(6): 55-60.
- [12] ZUFFEREY A, KAPUR R, SEMPLE JW. Pathogenesis and Therapeutic Mechanisms in Immune Thrombocytopenia (ITP)[J]. Clin Med, 2017, 6(2): 16.
- [13] 王文娟, 宋正波, 张沂平. 重组人血小板生成素治疗肺癌患者化疗或放疗后血小板减少的临床分析[J]. 中国新药与临床杂志, 2018, 37(7): 413-417.
- [14] 黄伟, 陈绍红, 刘铀, 等. 构树总黄酮对免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J]. 中国现代应用药学, 2017, 34(1): 8-11.
- [15] 赵桂芝, 王晓君, 俞忠明. 桑黄多糖对环磷酰胺所致免疫损伤大鼠生长及外周血的影响[J]. 中国现代应用药学, 2017, 34(6): 832-835.
- [16] 刘现辉, 郭晓娜. 补气消痰汤对免疫性血小板减少症模型小鼠的白细胞介素系列因子及 TNF- α 的影响[J]. 中华中医药学刊, 2017, 35(1): 196-199.
- [17] 王明镜, 许勇钢, 丁晓庆, 等. 免疫性血小板减少症患者促炎因子与抑炎因子分泌失衡[J]. 中国实验血液学杂志, 2018, 26(2): 522-527.

(收稿日期: 2022-07-22; 修回日期: 2022-10-14)

Stauntonia leucantha. **Methods** DPPH and ABTS free radical scavenging tests and iron reduction method were adopted to detect its antioxidant activity with vitamin C as the positive control. The α -glucosidase and α -amylase inhibition models were adopted to evaluate the hypoglycemic effect of the fruit of *Stauntonia leucantha* with acarbose as the positive control. **Results** The DPPH free radical scavenging ability [$IC_{50} = (0.586 \pm 0.016)$ mg/mL] and ABTS⁺ radical scavenging ability [$IC_{50} = (2.850 \pm 0.081)$ mg/mL] of the peel were significantly better than those of the pulp [$IC_{50} = (1.177 \pm 0.029)$ mg/mL, (3.403 ± 0.11) mg/mL] and those of the seed [$IC_{50} = (4.603 \pm 0.281)$ mg/mL, (15.984 ± 0.19) mg/mL]. The iron reduction ability of the pulp [(164.530 ± 3.78) μ mol VitC/g] was significantly better than that of the peel [(147.330 ± 1.51) μ mol VitC/g] and that of the seed [(75.010 ± 3.73) μ mol VitC/g] ($P < 0.05$). The correlation analysis result showed that the contents of total polyphenols and total flavonoids in the peel, seed and pulp of the fruit of *Stauntonia leucantha* were significantly positively correlated with the ABTS⁺ free radical scavenging ability, the DPPH free radical scavenging ability and the iron reduction ability ($P < 0.05$). The α -glucosidase inhibition activity [$IC_{50} = (15.85 \pm 0.70)$ mg/mL] and α -amylase inhibition activity [$IC_{50} = (20.35 \pm 0.021)$ mg/mL] of the pulp were significantly better than those of the peel [$IC_{50} = (30.16 \pm 1.30)$ mg/mL, (37.11 ± 1.12) mg/mL] and those of the seed [$IC_{50} = (119.89 \pm 0.98)$ mg/mL, not available] ($P < 0.05$). **Conclusion** The antioxidant activity result showed that the pulp and peel of the fruit of *Stauntonia leucantha* were potential sources of natural antioxidants. The hypoglycemic activity results showed that the pulp of *Stauntonia leucantha* has the potential to be developed into hypoglycemic drugs.

Key words: *Stauntonia leucantha*; fruit; total flavonoids; total phenols; *in vitro* effect; hypoglycemic activity; antioxidant activity

自由基的化学性质活泼,其引发的氧化损伤可导致如糖尿病、癌症、心脑血管疾病、动脉粥样硬化等许多疾病发生^[1-2]。研究表明,天然植物中含有丰富的抗氧化活性物质(黄酮类、多糖、有机酸以及酚类等)^[3],且其中的黄酮类、酚类等成分均具有良好的降血糖作用^[4],部分天然产物中含有降血糖活性的有效成分^[5-6]。钝药野木瓜 *Stauntonia leucantha* Diels ex Y. C. Wu 属木通科野木瓜属植物,俗称绕绕藤、五叶木通、八月瓜,主要分布于贵州、四川、安徽、江浙和两广等地,其入药部位主要为藤茎、叶,味甘性温,具有除湿消痹、活血散瘀、祛风止痛、利水通经等功效^[7-9]。近年来,野木瓜属植物被发现含有三萜苷元、苷类、木脂素类、黄酮类、酚类、脂肪酸类、甾醇类成分,具有镇痛抗炎、抗肿瘤、抗病毒、促进神经细胞生长、抗氧化、放射增敏和驱虫等作用。民间习惯食用钝药野木瓜果实,但国内外对此研究报道较少。为进一步深入挖掘钝药野木瓜果实的食用和药用价值,本研究拟对广东省梅州山区该果实的果皮、果肉、种子的抗氧化及降血糖作用进行探讨,为其在食药领域的综合开发利用提供科学依据。现报道如下。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

仪器:UV-1800型紫外-可见分光光度计(日本Shimadzu公司);Q-Gard A2型超纯水仪(德国Millipore公司);BT125D型电子分析天平、BS110s型电子分析天平(德国Sartorius公司);GL-25M型高速离心机(上海赵迪生物科技有限公司);JP-100S型超声波清洗器(深圳市洁盟清洗设备有限公司);WJX-A1000型高速多功能粉碎机(浙江省永康市红太阳机电有限公司);pHSJ-3F型pH计(上海精科仪器有限公司);DHP-9052型电热恒温培养箱(上海一恒科学仪器有限公司);

Spark型Tecan酶标仪(上海帝肯贸易有限公司)。

试剂:1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH,批号为D141336)、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS,批号为P112193)、无水柠檬酸(批号为H1827027)、铁氰化钾(批号为I1814108)、对氨基苯磺酸(批号为E1929192)、4-硝基苯基- β -D-吡喃葡萄糖苷(pNPG,批号为D1717029)、没食子酸(批号为K1805015)、芦丁(批号为L2010248),均购自上海阿拉丁生化科技股份有限公司;磷酸二氢钠(批号为20190301)、可溶性淀粉(批号为20180501),均购自天津市大茂化学试剂厂;十二水磷酸氢二钠(西陇科学股份有限公司,批号为2110141);3,5-二硝基水杨酸(DNS,国药集团化学试剂有限公司,批号为20170904); α -淀粉酶(批号为SLCF5282)、 α -葡萄糖苷酶(批号为SLCG0041),均购自美国Sigma公司;牛血清蛋白(上海百研生物科技有限公司,批号为WXBC2003V);维生素C(VitC,批号为C10701117)、福林酚(批号为C10496226)、硝酸铝(批号为C10373927),均购自上海麦克林生化科技有限公司;其余试剂均为分析纯。钝药野木瓜果实于2020年10月采自广东省梅州市平远县,经嘉应学院医学院张声源副教授鉴定为正品。

1.2 方法

1.2.1 醇提物制备

取样品果实,将其果皮、果肉、种子晒干,粉碎,按料液比1:2(g/mL)分别加入95%乙醇浸泡12 h,40℃超声(功率200 W,频率40 kHz)提取40 min,滤过,重复3次,合并滤液后减压浓缩,得到种子、果肉、果皮乙醇提取物分别为65.11,16.40,23.60 g,于5℃贮存,备用。

1.2.2 总酚、总黄酮含量测定

以没食子酸为对照品,采用福林酚法测定总酚含量^[10-11]。以没食子酸当量(每1 g样品中酚类化合物的

没食子酸当量 mg GA / g) 为横坐标、吸光度为纵坐标进行线性回归。以芦丁为对照品, 采用硝酸铝法测定总黄酮含量^[12-13]。以芦丁当量(每 1 g 样品中黄酮类化合物的芦丁当量 mg RT / g) 为横坐标、吸光度为纵坐标进行线性回归。

1.2.3 抗氧化活性测定

DPPH 法: 取 3 种醇提物各适量, 分别制成醇提液。各取 1.0 mL 及 VitC 溶液(阳性对照, 下同) 1 mL, 分别加入 1.0 mL 0.1 mmol / L DPPH 无水乙醇溶液, 置于暗处, 室温下反应 20 min, 分别计算醇提液和 VitC 溶液对 DPPH 自由基的清除率^[14-15]。

ABTS 法: 精密移取不同质量浓度的醇提液及 VitC 溶液各 100 μ L, ABTS⁺ 溶液 3.9 mL, 置同一试管中, 室温放置 10 min, 以 100 μ L 无水乙醇和 3.9 mL 磷酸盐缓冲液(PBS) 的混合溶液调零, 分别计算醇提液及 VitC 溶液对 ABTS⁺ 的清除率^[16-17]。

铁还原能力法: 分别精密移取 2.5 mL 的 PBS 和 $K_3Fe(CN)_6$ 溶液于 10 mL 试管中, 摇匀, 50 $^{\circ}C$ 恒温水浴反应 20 min, 急速冷却, 加入 2.5 mL 三氯乙酸溶液, 摇匀, 6 000 r / min 离心 10 min, 取上清液 2.5 mL 于试管中, 依次加入 2.0 mL 蒸馏水与 0.5 mL $FeCl_3$ 溶液混匀, 于 700 nm 波长处测定吸光度(A_i)。以与待测溶液等量的无水乙醇为对照, 以与 $K_3Fe(CN)_6$ 溶液、三氯乙酸溶液和 $FeCl_3$ 溶液等量的蒸馏水为空白, 同法测定对照的吸光度(A_0)和空白的吸光度(A_j)。以 VitC 的质量浓度为横坐标、吸光度为纵坐标进行线性回归, 以 3 种醇提液的吸光度与 VitC 相比, 计算铁还原能力^[18-19]。

1.2.4 降血糖活性测定

α -葡萄糖苷酶活性: 取 0.067 mol / L PBS 110 μ L、醇提液 10 μ L、 α -葡萄糖苷酶溶液(1 U / mL) 20 μ L, 混匀, 37 $^{\circ}C$ 孵育 15 min, 加入 4.0 mmol / L pNPG 20 μ L, 混匀, 37 $^{\circ}C$ 反应 15 min, 加入 0.2 mol / L 无水碳酸钠 80 μ L 终止反应, 混匀, 测定吸光度, 并分别计算醇提液及阿卡波糖溶液(阳性对照, 下同) 对酶活性的抑制率^[20-21]。

α -淀粉酶活性: 制备系列质量浓度的 3 种醇提液和阿卡波糖溶液, 分别加入 120 μ L α -淀粉酶溶液, 混合, 37 $^{\circ}C$ 孵育 5 min, 取出, 加入 1% 淀粉底物缓冲液 120 μ L, 混匀, 37 $^{\circ}C$ 反应 15 min, 取出后加 DNS 溶液 200 μ L, 置沸水浴 5 min, 取出, 冷却至室温, 加入 1 040 μ L PBS; 测定吸光度, 并分别计算醇提液和阿卡波糖溶液对酶活性的抑制率^[21-22]。

1.3 数据处理

采用 Origin 8.5 软件分析, 结果以 $\bar{X} \pm s$ 表示; 采用 SPSS 25.0 统计学软件进行单因素差异显著性分析和 Pearson 相关性分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总酚、总黄酮含量

没食子酸回归方程为 $Y_1 = 95.577X_1 + 0.0321$ ($r = 0.9965$)、芦丁回归方程为 $Y_2 = 12.823X_2 - 0.0032$ ($r = 0.9994$)。结果表明, 没食子酸、芦丁分别在 2.00 ~ 10.00 μ g / mL、8.00 ~ 72.00 μ g / mL 质量浓度范围内与相应吸光度线性关系良好。结果果肉的总酚含量(6.40 mg GA / g) 最高, 其次为果皮(4.40 mg GA / g), 最低为种子(0.04 mg GA / g)。果皮的总黄酮含量最高(6.84 mg RT / g), 其次为果肉(2.14 mg RT / g), 最低为种子(0.28 mg RT / g)。

2.2 体外抗氧化活性

DPPH 自由基清除能力: DPPH 自由基的清除能力见图 1。3 种醇提液对 DPPH 自由基均有一定清除能力, 且种子在 0.62 ~ 20.00 mg / mL, 果皮和果肉在 0.16 ~ 20.00 mg / mL 范围内, 清除能力随质量浓度的增加而增强。对 DPPH 自由基清除能力, VitC [半数抑制浓度 (IC_{50}) = (0.007 $\pm$ 0.000 01) mg / mL] > 果皮 [IC_{50} = (0.586 $\pm$ 0.016) mg / mL] > 果肉 [IC_{50} = (1.177 $\pm$ 0.029) mg / mL] > 种子 [IC_{50} = (4.603 $\pm$ 0.281) mg / mL]; 且两两之间差异显著 ($P < 0.05$)。

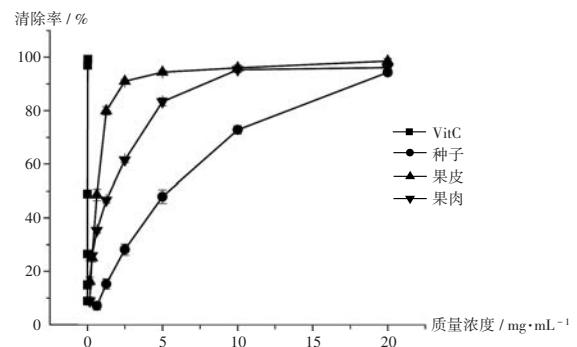


图1 DPPH自由基清除能力

Fig. 1 DPPH free radical scavenging ability

ABTS 自由基清除能力: ABTS 自由基清除能力见图 2。3 种醇提液对 ABTS 自由基均有一定清除能力, 且种子在 2.34 ~ 75.00 mg / mL, 果皮和果肉在 0.59 ~ 75.00 mg / mL 范围内清除能力随质量浓度的增加而增强。ABTS 自由基清除能力大小为, VitC [IC_{50} = (0.023 $\pm$ 0.000 47) mg / mL] > 果皮 [IC_{50} = (2.850 $\pm$ 0.08) mg / mL] > 果肉 [IC_{50} = (3.403 $\pm$ 0.11) mg / mL] > 种子 [IC_{50} = (15.984 $\pm$ 0.19) mg / mL]; 且两两之间差异显著 ($P < 0.05$)。

铁还原能力: VitC 回归方程为 $Y = 14.109X + 0.4883$ ($R^2 = 0.9932$), 同法得 3 种醇提液的回归方程。结果见图 3。果肉的铁还原能力为 (164.530 $\pm$ 3.78) μ mol VitC / g, 显著强于果皮的 (147.330 $\pm$ 1.51) μ mol VitC / g 和种子的 (75.010 $\pm$ 3.73) μ mol VitC / g ($P < 0.05$);

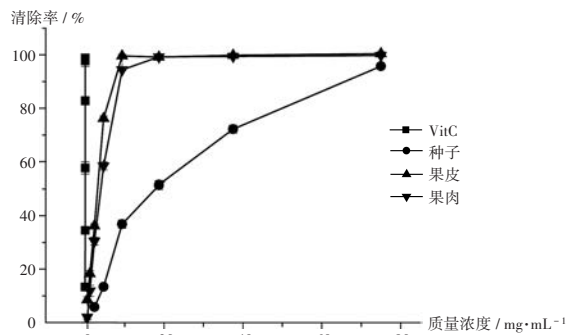


图2 ABTS⁺清除能力

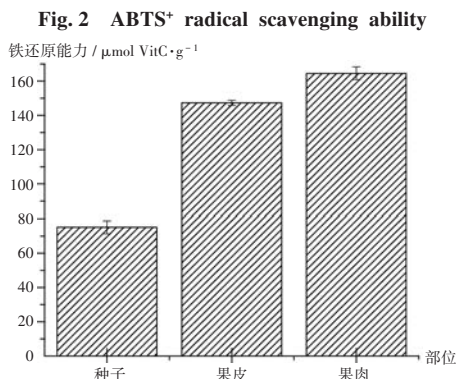


图3 铁还原能力

Fig. 3 Iron reduction ability

且单因素方差分析和 Duncan 法分析显示,果皮、果肉及种子与 VitC 的铁还原能力存在显著差异($P < 0.05$)。

总酚、总黄酮含量与抗氧化能力的相关性分析:结果见表1。果肉、种子中的总酚、总黄酮含量与清除 ABTS⁺、DPPH 自由基能力及铁还原能力均呈极显著正相关($P < 0.01$);果皮的总酚、总黄酮含量与清除 ABTS⁺ 能力呈极显著正相关($P < 0.01$)。

2.3 降血糖活性

抑制 α -葡萄糖苷酶活性:3种醇提液及阿卡波糖溶液对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制率见图4。3种醇提

表1 抗氧化活性与总酚、总黄酮含量的相关性考察

Tab.1 Correlation between the antioxidant activity and the content of total phenols and flavonoids

部位	指标	总酚	总黄酮
种子	清除 DPPH 自由基能力	0.955**	0.950**
	清除 ABTS ⁺ 能力	0.938**	0.937**
	铁还原能力	0.993**	0.993**
果皮	清除 DPPH 自由基能力	0.815*	0.815*
	清除 ABTS ⁺ 能力	0.963**	0.963**
	铁还原能力	0.905*	0.905*
果肉	清除 DPPH 自由基能力	0.901**	0.932**
	清除 ABTS ⁺ 能力	0.987**	0.987**
	铁还原能力	0.916**	0.916**

注:* $P < 0.05$,为显著相关;** $P < 0.01$,为极显著相关。

Note:* $P < 0.05$ refers to significant correlation, and ** $P < 0.01$ refers to extremely significant correlation.

液对 α -葡萄糖苷酶活性均具一定抑制作用,且在 3.12~200.00 mg/mL 范围内时抑制率均随质量浓度的增加而升高。当果肉质量浓度大于 50 mg/mL 时,对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制作用趋于饱和。对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制作用大小为,阿卡波糖 [$IC_{50} = (3.08 \pm 0.27) \text{ mg/mL}$] > 果肉 [$IC_{50} = (15.85 \pm 0.70) \text{ mg/mL}$] > 果皮 [$IC_{50} = (30.16 \pm 1.30) \text{ mg/mL}$] > 种子 [$IC_{50} = (119.89 \pm 0.98) \text{ mg/mL}$];且两两之间差异显著($P < 0.05$)。

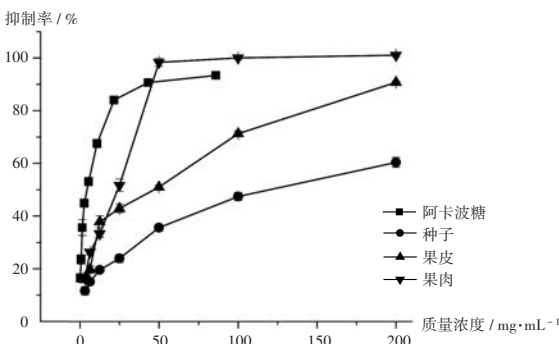


图4 α -葡萄糖苷酶活性抑制率

Fig. 4 Inhibitory rate of α -glucosidase activity

抑制 α -淀粉酶活性:3种醇提液及阿卡波糖溶液对 α -淀粉酶活性的抑制率见图5。3种醇提液对 α -淀粉酶活性均具一定抑制作用,且种子、果皮在 6.25~200.00 mg/mL,果肉在 15.00~45.00 mg/mL 范围内抑制率随质量浓度的增加而升高。当质量浓度小于 30 mg/mL 时,果肉对 α -淀粉酶活性的抑制作用小于阿卡波糖,当超过 30 mg/mL 时前者抑制作用大于后者。对 α -淀粉酶活性抑制作用的大小为,阿卡波糖 [$IC_{50} = (0.34 \pm 0.016) \text{ mg/mL}$] > 果肉 [$IC_{50} = (20.35 \pm 0.021) \text{ mg/mL}$] > 果皮 [$IC_{50} = (37.11 \pm 1.12) \text{ mg/mL}$];且两两之间差异显著($P < 0.05$)。种子未测出。

3 讨论

3.1 抗氧化活性

崔霖芸^[12]对野木瓜的抗氧化研究发现,醇提取物中总黄酮含量及抗氧化活性均强于水提取物,黄酮是野木

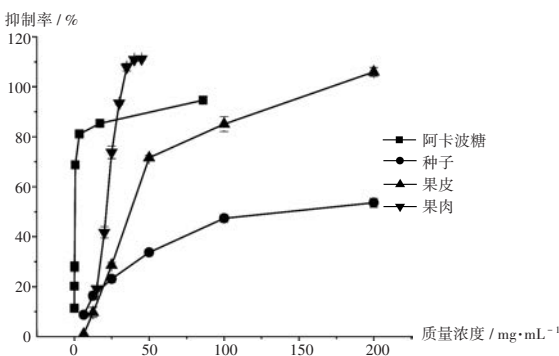


图5 α -淀粉酶活性抑制率

Fig. 5 Inhibitory rate of α -amylase activity

瓜抗氧化活性的物质基础。由此可知,醇溶剂能有效提取野木瓜的抗氧化有效成分。本研究结果表明,果皮、果肉及种子对DPPH自由基及ABTS⁺清除能力的强弱顺序一致,均为果皮>果肉>种子,而铁还原力法的强弱顺序却为果肉>果皮>种子,其原因可能为,3种评价方法的作用机制不同^[23],DPPH法和ABTS法是基于自由基机制,铁还原力法基于铁离子的价态改变反映抗氧化能力;种子、果皮及果肉中的抗氧化有效成分和含量不同,如本研究中发现3个部位的总酚、总黄酮含量及其与不同抗氧化方法的相关性不一致。结果显示,总黄酮与总酚是钝药野木瓜发挥抗氧化活性的物质基础,该结果丰富了钝药野木瓜食用药用的科学内涵。

3.2 降血糖活性

陈瑛等^[24]研究发现,野木瓜具有良好的降血糖作用。本研究结果表明,果皮、果肉对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶活性均有明显的抑制作用,其中果肉的抑制能力最强,表明果肉中富含降血糖活性成分,后续可对其活性成分进行富集和分离纯化,以评估其单体化合物的降血糖能力。

钝药野木瓜果实中的果皮、果肉具有良好的抗氧化及降血糖作用,后续可研究测定果皮、果肉不同溶剂提取物的总酚、总黄酮含量并进一步对提取物中的总酚、总黄酮分离纯化,明确活性物质基础;也可对果肉中的降血糖活性成分进行富集和分离纯化,评估其单体化合物的降血糖能力,以分析构效关系,阐明其药用科学内涵。

综上所述,钝药野木瓜果实具有开发成降血糖、抗肿瘤等功效保健食品或药品的潜力,本研究结果可为其在食药领域的综合开发利用提供依据。

参考文献

- [1] TOLEDO P, LUIS HMD, ALEXANDER HMD, et al. Antioxidant ischemic disease [J]. Critical Care Medicine, 2008, 36(12): 3275 - 3276.
- [2] LABAT - ROBERT J, ROBERT L. Longevity and aging: Role of free radicals and xanthine oxidase [J]. Pathologie Biologie, 2014, 62(2): 61 - 66.
- [3] 崔霖芸. 野木瓜提取液的抗氧化活性研究[J]. 中国酿造, 2014, 33(2): 86 - 89.
- [4] DA SILVA MENDONÇA J, DE CÁSSIA AVELLANEDA GUIMARÃES R, ZORGETTO - PINHEIRO VA, et al. Natural Antioxidant Evaluation: A Review of Detection Methods [J]. Molecules, 2022, 27(11): 3563.
- [5] XU Y, WANG LM, HE J, et al. Prevalence and Control of Diabetes in Chinese Adults [J]. Journal of the American Medical Association, 2013, 310(9): 948 - 958.
- [6] HWANG SH, KWON SH, KIM SB, et al. Inhibitory Activities of *Stauntonia hexaphylla* Leaf Constituents on Rat Lens Aldose

Reductase and Formation of Advanced Glycation End Products and Antioxidant [J]. BioMed Research International, 2017, 2017: 4273257.

- [7] 胡冬群, 杜江, 李杨, 等. 贵州钝药野木瓜药材的质量测定[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(4): 123 - 126.
- [8] 胡冬群, 王霞, 危英, 等. 钝药野木瓜中三萜类化合物分离及其含量测定[J]. 中国民族民间医药, 2018, 27(4): 9 - 13.
- [9] 刘天虎, 刘积光. 钝药野木瓜果实全营养成分分析测定[J]. 热带生物学报, 2019, 10(1): 66 - 99.
- [10] 王敏, 田珍燕, 王蔚新. 板栗壳多酚的提取及其抗氧化性能的研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(22): 66 - 72.
- [11] 张鹤, 张莹, 杨逢建, 等. 向日葵茎髓提取物中不同溶剂萃取部位总酚、总黄酮含量与抗氧化活性的相关性[J]. 食品科学, 2018, 39(15): 54 - 59.
- [12] 崔霖芸. 野木瓜提取液中黄酮的测定及其体外抗氧化研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(20): 94 - 97.
- [13] 朱成豪, 唐健民, 韦霄, 等. 鳞尾木中总黄酮含量测定及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(20): 168 - 175.
- [14] 张勇, 黄思涵, 林大都, 等. 福建观音座莲叶提取物不同萃取部位成分含量及与抗氧化相关性分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(14): 49 - 54.
- [15] KRAKOWSKA A, RAFIŃSKA K, WALCZAK J, et al. Comparison of Various Extraction Techniques of *Medicago sativa*: Yield, Antioxidant Activity, and Content of Phytochemical Constituents [J]. Journal of AOAC International, 2017, 100(6): 1681 - 1693.
- [16] 蒋伟, 王嘉莹, 何鸿. 不同提取方法对野木瓜膳食纤维提取及其抗氧化特性的影响研究[J]. 农产品加工, 2019(24): 28 - 31.
- [17] 张明, 帅希祥, 杜丽清, 等. 澳洲坚果青皮多酚提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2017, 38(22): 195 - 199.
- [18] 谢华松, 魏爱红, 张声源, 等. 不同产地莲雾果实抗氧化及抑制亚硝化作用[J]. 食品工业, 2019, 40(10): 228 - 233.
- [19] 庄远杯, 詹佳虹, 张生源, 等. 石韦提取物抗氧化及抑制亚硝化作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2020, 32(4): 681 - 688.
- [20] 何贝桥, 张园园, 庄远杯, 等. 葫芦茶提取物对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2020, 32(12): 2026 - 2030.
- [21] 温正辉, 凌梅娣, 余思萍, 等. 蒲桃不同药用部位乙醇萃取物对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶活性的抑制作用研究[J]. 中国药房, 2019, 30(23): 3246 - 3251.
- [22] 秦昱, 邵元元, 熊硕, 等. 没食子酸对猪胰 α -淀粉酶和蛋白酶的抑制作用[J]. 食品科学, 2015, 36(3): 41 - 45.
- [23] 权春梅, 张兴, 丁瑞革, 等. 天然药物抗氧化活性研究[J]. 安徽农业通报, 2020, 26(17): 36 - 38.
- [24] 陈瑛, 李锦, 吴英良. 野木瓜化学成分及其药理和临床研究进展[J]. 沈阳药科大学学报, 2008, 25(11): 924 - 928.

(收稿日期: 2022 - 04 - 02; 修回日期: 2022 - 10 - 25)