

辣木茶多糖的提取工艺优化及抗氧化活性研究

张秀芬,何文,莫周美,黄珍玲,杨海霞,梁振华,谢君锋,黎萍,
刘连军,施泽升,李恒锐*

(广西南亚热带农业科学研究所,广西 龙州 532415)

摘要:为充分开发利用辣木茶资源,以辣木茶为原料,优化辣木茶多糖的提取工艺,并考察其体外抗氧化活性。通过单因素和正交试验研究料液比、浸提时间、浸提温度对辣木茶多糖提取率的影响,优化最佳提取工艺条件;考察辣木茶多糖清除·OH自由基、·O₂⁻自由基、DPPH自由基的效果。结果表明,最优提取工艺参数为料液比1:60,浸提时间105 min,浸提温度80℃,此时提取率最大为145.14 mg·g⁻¹;辣木茶多糖对·OH、·O₂⁻、DPPH具有较好的清除作用。

关键词:辣木茶;多糖;提取工艺;抗氧化性

中图分类号:TS201.2 文献标志码:A 文章编号:1001-7461(2020)05-0219-06

Extraction and Antioxidant Activity of Tea Polysaccharides from *Moringa oleifera* Tea

ZHANG Xiu-fen, HE Wen, MO Zhou-mei, HUANG Zhen-ling, YANG Hai-xia, LIANG Zhen-hua,
XIE Jun-feng, LI Ping, LIU Lian-jun, SHI Ze-sheng, LI Heng-rui*

(Guangxi Southern Subtropical Agriculture Science Research Institute, Longzhou 532415, Guangxi, China)

Abstract: In order to fully utilize the *Moringa oleifera* tea resources, the extraction technology of polysaccharides from the tea was studied and the antioxidant activity was researched. Based on the single-factor experiments, the effect of solid to liquid ratio, extraction time and temperature on the extraction rate were studied and the extraction process was optimized by orthogonal array design. The antioxidant activity of tea polysaccharides was evaluated by assaying its scavenging activities to the free radicals of OH·, ·O₂⁻, and DPPH. The results showed that the optimum extraction conditions were solid to liquid ratio: 1:60, extraction time: 105 min, and extraction temperature: 80℃. In these conditions, the extraction yield of polysaccharides reached 145.14 mg·g⁻¹. The obtained extract had a better scavenging effect against three kinds of free radicals mentioned above, and DPPH.

Key words: *Moringa oleifera* tea; polysaccharide; extraction; antioxidant activity

辣木(*Moringa oleifera*)别名湄罗豆、鼓槌树、洋椿树、牛奶树、马萝卜等,原产印度、非洲,因其根部有辣味而得名,属辣木科(Moringaceae)辣木属(*Moringa*)。辣木适应性好、易栽种,全身都可食用,辣木中富含Ca、K、Zn、Fe、维生素、不饱和脂肪酸以及蛋白质等,还含有多种人体必需氨基酸,具有很高的营养价值^[1-3]。我国自20世纪60年代在台

湾、云南、广东、广西、福建等地开始引进种植^[4],目前已经研发出辣木菜、辣木油、辣木酸奶、辣木蛋糕、辣木饼、辣木果冻、辣木乳饮料、辣木茶等新型食品^[5]。多糖是由10个以上的单糖组成的高分子化合物,具有抗炎、抗癌、抗病毒、抗氧化、降血糖及免疫调节等生理活性^[4]。辣木多糖为辣木中重要的有效成分之一,其含量为8.16%~33.61%,具有降血

收稿日期:2019-06-26 修回日期:2020-06-04

基金项目:广西区直属公益性科研院所基本科研业务费专项(GXNYRKS201910),(GXNYRKS201911);广西区自然科学基金面上项目(2020GXNSFAA259069)。

作者简介:张秀芬。研究方向:天然产物化学。E-mail:xiufenzhang2012@163.com

*通信作者:李恒锐。研究方向:作物栽培研究。E-mail:442670063@qq.com

糖、抗氧化、抗病毒等功能^[6-7]。

茶是一种健康自然饮品,受到人们的欢迎。辣木茶作为一种新型花草茶,是以辣木鲜叶为原料制成的绿茶,含有多种营养成分,有的成分可以减轻和预防疾病^[8-9],具有独特的香味和口感,对健康有益,受到广大消费者的喜爱。茶多糖是一种复合多糖,易溶于热水。近年来发现,茶多糖是茶叶中一种具有重要生理活性的物质,具有抗氧化、抗肿瘤、降血糖等功能。关于辣木茶多糖的研究,具有广阔的前景。本试验以广西南亚热带农业科学研究所自制的辣木茶为原料,以水为溶剂提取辣木茶多糖,利用单因素和正交试验设计对辣木茶多糖提取工艺进行优化研究,采用苯酚-硫酸法测定辣木茶多糖含量,通过对羟基自由基 OH·、超氧阴离子自由基 O₂⁻、1,2-二苯基-2-苦肟基(DPPH)的清除试验探究其抗氧化活性,为辣木茶资源开发利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

辣木茶产于广西南亚热带农业科学研究所;苯酚;硫酸;硫酸亚铁、双氧水、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、盐酸、1,10-菲咯琳、邻苯三酚、葡萄糖、Trizma base、1,2-二苯基-2-苦肟基均为分析纯。

1.2 仪器与设备

电子分析天平,丹佛仪器(北京)有限公司;T6新世纪紫外可见分光光度计,上海圣科仪器设备有限公司;HH2 型数显恒温水浴锅,金坛市科析仪器有限公司;FW135 型中草药粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公司;鼓风干燥箱,上海精宏实验设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 辣木茶多糖提取率的测定

1.3.1.1 葡萄糖标准曲线的绘制 参考张涛等^[10]和张强等^[11]葡萄糖标准曲线的绘制方法,并根据实际情况进行改进。方法如下:称经 105℃烘干 4 h 后的葡萄糖 0.100 g,溶解后定容至 100 mL,得到 1 mg·mL⁻¹ 的葡萄糖标准储液。分别量取 2.0、4.0、6.0、8.0、10.0 mL 葡萄糖标准储液至 100 mL 容量瓶中,用水定容后得到质量浓度为 20、40、60、80、100 μg·mL⁻¹ 的葡萄糖标准液。量取标准品溶液 0.5 mL 于 15 mL 试管中,加入 0.5 mL 6% (质量分数)苯酚溶液,摇匀,再加入 2.5 mL 浓硫酸,纯水作空白对照。30 min 后分别测 490 nm 处的吸光度(A),以葡萄糖浓度(μg·mL⁻¹)为横坐标,吸光度为纵坐标,绘制标准曲线。

1.3.1.2 样品中茶多糖的提取及含量测定 将辣

木茶用中草药粉碎机粉碎,得到辣木茶粉,称取一定量的辣木茶粉,置于 250 mL 三角锥瓶中,以超纯水为溶剂,按不同的料液比、浸提温度和浸提时间进行水浴浸提。浸提完成后,抽滤,收集滤液,得到辣木茶多糖提取液。

取稀释 50 倍后的辣木茶浸提滤液 0.5 mL,加 0.5 mL 6% (质量分数)苯酚溶液,摇匀,然后加入 2.5 mL 浓硫酸,30 min 后测 490 nm 处的吸光度。由标准曲线回归方程计算出茶多糖提取物的浓度,代入式(1)计算茶多糖的提取率。

$$R=(\rho\times v\times n)/(m\times 1000)$$

式中:R 为茶多糖提取率/(mg·g⁻¹);ρ 为提取液中茶多糖浓度/(μg·mL⁻¹);v 为茶多糖提取液体积(mL);n 为稀释倍数;m 为辣木茶粉质量(g)。

1.3.2 单因素试验

1.3.2.1 料液比对提取率的影响 量取 60 mL 超纯水,按照料液比(g:mL)分别为 1:20、1:30、1:40、1:50、1:60,称取对应质量的辣木茶粉,于 80℃水浴浸提 60 min,抽滤得到澄清液,测其多糖含量,确定最佳料液比。

1.3.2.2 浸提温度对提取率的影响 称取 1.2 g 辣木茶粉,料液比(g:mL)1:50,分别于 50、60、70、80、90、100℃,水浴浸提 60 min,抽滤得到澄清液,测其多糖含量,确定最佳浸提温度。

1.3.2.3 浸提时间对提取率的影响 称取 1.2 g 辣木茶粉,料液比(g:mL)1:50,分别 100℃水浴浸提 30、60、90、120、150 min,抽滤得到澄清液,测其多糖含量,确定最佳浸提时间。

1.3.3 正交试验 在单因素试验基础上,选取料液比、浸提时间、浸提温度 3 个因子为考察因素,以茶多糖提取率为研究对象,采用三因素三水平 L₉(3³)进行正交试验以期获得不同提取方法中各因素对提取茶多糖质量分数的贡献率及浸提率较高的试验组合。辣木茶多糖提取条件工艺优化正交因素水平(表 1),正交试验组合(表 2)。

表 1 正交试验因素水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment			
水平	因素		
	A 料液比 (g:mL)	B 浸提时间 /min	C 浸提温度 /℃
1	40	75	80
2	50	90	90
3	60	105	100

1.3.4 辣木茶多糖的制备 称取 25.0 g 辣木茶粉,按正交试验优化的最佳提取工艺进行浸提,浸提结束后,抽滤,收集滤液,经旋转蒸发仪浓缩至 100

mL,转移至细胞培养皿中,60℃烘干得到辣木茶多糖样品,-20℃保存待用。

1.3.5 辣木茶多糖抗氧化活性的测定 测定辣木茶多糖抗氧化活性的方法见参考文献[12]。

1.3.5.1 辣木茶多糖清除·OH的能力 用超纯水溶解 1.3.4 中获得的多糖样品,配制成不同质量浓度梯度(0.312 5、0.625、1.25、2.5、5.0 mg·mL⁻¹)的溶液。测定过程如下:取 2.0 mL PBS 磷酸盐缓冲溶液(0.2 mol·L⁻¹,pH=7.4,下同)加于 15 mL 试管中,再加入 8.0 mL 蒸馏水,作空白参比管(A_{空参});依次向 15 mL 试管中加 2.0 mL PBS,1.5 mL 1,10-菲咯琳(5.0 mmol·L⁻¹,下同),1.0 mL FeSO₄(0.75 mmol·L⁻¹,下同)和 5.5 mL 蒸馏水,混匀,作未损伤管(A_{未损});依次向 15 mL 试管中加入 2.0 mL PBS,1.5 mL 1,10-菲咯琳,1.0 mL FeSO₄,4.5 mL 蒸馏水和 1.0 mL H₂O₂(0.1%),混匀,作损伤管(A_损);依次量取 2.0 mL PBS,1.0 mL 辣木茶多酚浸提液和 7.0 mL 蒸馏水于 15 mL 试管中,作样品参比管(A_{样参});依次量取 2.0 mL PBS,3.5 mL 蒸馏水,1.5 mL 1,10-菲咯琳,1.0 mL FeSO₄,1.0 mL 辣木茶多酚浸提液和 1.0 mL H₂O₂于 15 mL 试管中,作样品管(A_{样品})。将上述试管置于 37℃ 恒温水浴锅中反应 60 min,测 536 nm 波长处的吸光度 A 值。以不同质量浓度的 Vc 作为阳性对照。设置 3 组平行试验,用其平均值按式(2)计算·OH 清除率(%)。

清除率 $D = [(A_{\text{样品}} - A_{\text{样参}}) - (A_{\text{损}} - A_{\text{空参}})] / (A_{\text{未损}} - A_{\text{损}}) \times 100\%$ (2)

1.3.5.2 辣木茶多糖清除·O₂⁻的能力 用超纯水溶解 1.3.4 中获得的多糖样品,配制成不同质量浓度梯度(0.312 5、0.625、1.25、2.5、5.0 mg·mL⁻¹)的溶液。辣木茶多酚清除·O₂⁻能力的测定方法如下:依次加入 2.55 mL Tris-HCl(0.05 mol·L⁻¹,pH=8.2,下同)溶液,0.05 mL 邻苯三酚(45 mmol·L⁻¹,下同)溶液,0.4 mL 蒸馏水于 10 mL 试管中,反应 4 min,测反应体系于 325 nm 处的吸光度值 B₀;按照上述方法,用样品溶液替换蒸馏水,反应 4 min 后测 325 nm 波长处的吸光度值 B₁;同样按照上述方法,依次加入 2.55 mL Tris-HCl 溶液,0.4 mL 样品,0.05 mL 蒸馏水,反应 4 min,测其吸光度值 B₂;以不同质量浓度的 Vc 作为阳性对照。设置 3 组平行试验,用其平均值按式(3)计算对·O₂⁻的清除率 D(%)。

$D = [B_0 - (B_1 - B_2)] / B_0 \times 100\%$ (3)

式中,B₀为邻苯三酚在 325 nm 处的吸光度,B₁为样品和邻苯三酚在 325 nm 处的吸光度,B₂为样品

在 325 nm 处的吸光度。

1.3.5.3 辣木茶多糖清除 DPPH 的能力 用超纯水溶解 1.3.4 中获得的多糖样品,配制成不同质量浓度梯度(0.312 5、0.625、1.25、2.5、5.0、10.0 mg·mL⁻¹)的溶液。测定方法如下:向 10 mL 试管中依次加入 2.0 mL·DPPH 溶液(0.1 mmol·L⁻¹,下同)和 1.0 mL 70%(体积分数)乙醇,避光静置 30 min 后于 517 nm 处测定其吸光度 C₀;测定 1 mL 多糖样品溶液与 2.0 mL 70%乙醇混合液的吸光度 C₁;再测定 1.0 mL 多糖样品溶液及 2.0 mL·DP-PH 溶液的吸光度 C₂;以不同质量浓度的 Vc 作为阳性对照。平行测定 3 次,用其平均值按式(4)计算·DPPH 清除率。

$D = [C_0 - (C_2 - C_1)] / C_0 \times 100\%$ (4)

式中,C₀为空白对照液的吸光度,C₁为样品的本底吸光度,C₂为加入样品后的吸光度。

2 结果与分析

2.1 葡萄糖标准曲线的绘制结果

以葡萄糖浓度(μg·mL⁻¹)为横坐标,吸光度为纵坐标,绘制标准曲线,得标准曲线方程:Y=0.0141X+0.1165,R²=0.999(图 1)。表明在 0~100 μg·mL⁻¹ 的葡萄糖浓度范围内,质量浓度与吸光度值呈良好的线性关系。

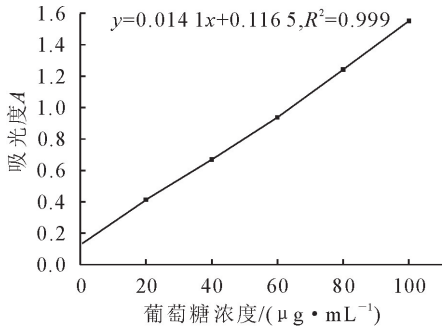


图 1 葡萄糖标准曲线

Fig. 1 The standard curve of glucose

2.2 单因素试验结果

2.2.1 不同料液比对辣木茶多糖提取率的影响

由图 2 可见,随着溶剂增加,茶多糖提取率先增大后降低。当料液比为 1:50,茶多糖提取率达最大,为 122.28 mg·g⁻¹,之后呈下降趋势,这是因为原料里的多糖含量是有限的,当达到一定的料液比时,多糖基本全部溶出,此时,原料表面与溶剂之间的浓度差不再是影响得率的主要因素。同时溶剂溶解的其他杂质也增多,多糖得率反而下降^[13]。故提取辣木茶多糖适宜的料液比为 1:50。

2.2.2 不同浸提温度对辣木茶多糖提取率的影响

由图 3 可知,随着浸提温度不断升高,辣木茶多糖

提取率呈增大趋势;在 100℃时,茶多糖提取率达最大,为 153.46 mg·g⁻¹,可能是高温有利于溶剂的渗透,利于多糖释放。故最佳浸提取温度为 100℃。

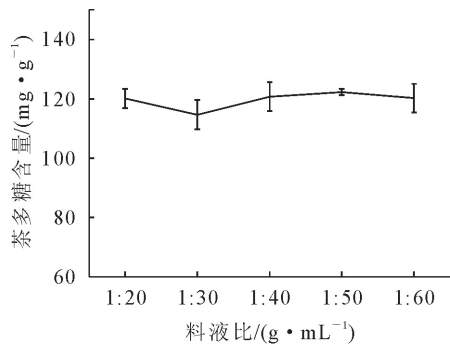


图 2 料液比对茶多糖提取率的影响

Fig. 2 Effects of solid to liquid ratio of tea polysaccharides extraction rate

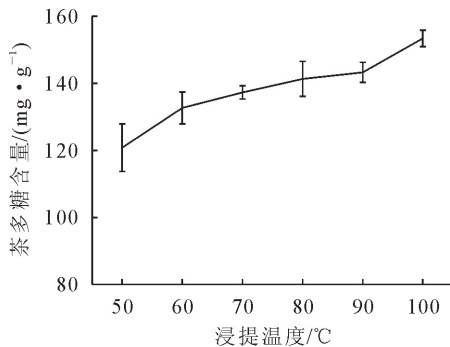


图 3 浸提温度对茶多糖提取率的影响

Fig. 3 Effects of extraction temperature on tea polysaccharides extraction rates

2.2.3 不同浸提时间对辣木茶多糖提取率的影响

由图 4 可知,浸提时间<90 min 时,随着浸提时间的延长,辣木茶多糖提取率增大;在 90 min 时,提取率达最大,为 140.89 mg·g⁻¹;浸提时间>90 min 时,随着浸提时间的延长,提取率呈降低趋势,时间过长不利于多糖的提取,可能是由于时间延长,溶质在两相中的浓度差减小,多糖不再析出,同时继续加热的话,可能会导致多糖水解及发生氧化反应,导致多糖提取率下降。故提取辣木茶多糖适宜的浸提时间是 90 min。

2.3 正交试验结果

正交试验结果见表 2,通过极差 R 的大小可得出各因素对茶多糖提取率的影响顺序依次为:料液比>浸提温度>浸提时间,其中料液比对茶多糖的提取率影响最大,最优提取工艺的水平选定为 A3B3C1,即料液比是 1:60,浸提时间 105 min,浸提温度 80℃,在此条件下进行平行验证试验,得到辣木茶多糖提取率为 145.14 mg·g⁻¹。

由表 3 可知,料液比对提取率影响显著($P < 0.10$),浸提时间和浸提温度对提取率影响不显著

($P > 0.10$),F 值大小为 $F_A > F_C > F_B$,这与表 2 的结果一致。

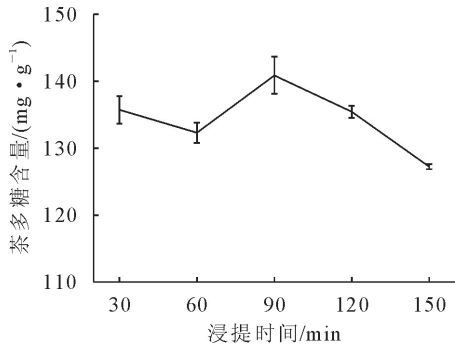


图 4 浸提时间对茶多糖提取率的影响

Fig. 4 Effect of extraction time on tea polysaccharides extraction rates

表 2 正交试验设计及结果

Table 2 Results and design of orthogonal experiment

试验号	A 料液比 (g : mL)	B 浸提时间 /min	C 浸提温度 /℃	提取率 /(mg·g ⁻¹)
1	1 : 40	75	80	103.58
2	1 : 40	90	90	91.64
3	1 : 40	105	100	100.99
4	1 : 50	75	90	108.79
5	1 : 50	90	100	85.59
6	1 : 50	105	80	108.44
7	1 : 60	75	100	115.45
8	1 : 60	90	80	124.51
9	1 : 60	105	90	125.59
K ₁	98.737	109.273	112.177	
K ₂	100.940	100.580	108.673	
K ₃	121.850	111.673	100.677	
R	22.113	11.093	11.500	
最优水平	A3	B3	C1	

注:K₁、K₂、K₃ 代表该因素水平 1、2、3 所对应的茶多糖提取率平均值,R 为各因素不同水平下茶多糖提取率的极差。

2.4 辣木茶多糖抗氧化活性

2.4.1 辣木茶多糖清除·OH 由图 5 可知,辣木茶多糖对·OH 有一定的清除作用,随着辣木茶多糖浓度增大,对·OH 的清除率增大,当辣木茶多糖浓度为 5 mg·mL⁻¹ 时,清除率可达到 83.18%,清除率具有剂量依赖性。在 0.3~2.5 mg·mL⁻¹ 浓度时,辣木茶多糖清除·OH 的效果优于 Vc,当浓度为 5 mg·mL⁻¹ 时,Vc 对·OH 的清除效果比辣木茶多糖的清除效果好。

2.4.2 辣木茶多糖清除 O₂⁻ 由图 6 可知,辣木茶多糖对 O₂⁻ 有一定的清除作用,在 1.25~5.0 mg·mL⁻¹ 时表现出清除 O₂⁻ 的能力,且随着浓度增大,清除自由基的作用增强。相同浓度时,Vc 清除 O₂⁻ 的能力优于辣木茶多糖,当 Vc 浓度>1.25 mg·mL⁻¹ 时,清除率趋于平缓。

表 3 方差分析结果

因素	偏差平方和	自由度	均方和	F 值	F 临界值	显著性
料液比	976.309	2	488.1545	11.972	9.000	*
时间	204.396	2	102.198	2.506	9.000	
温度	208.470	2	104.235	2.556	9.000	
误差	81.55	2	40.775			

注: $P<0.10$:显著“*”; $P>0.10$:不显著。

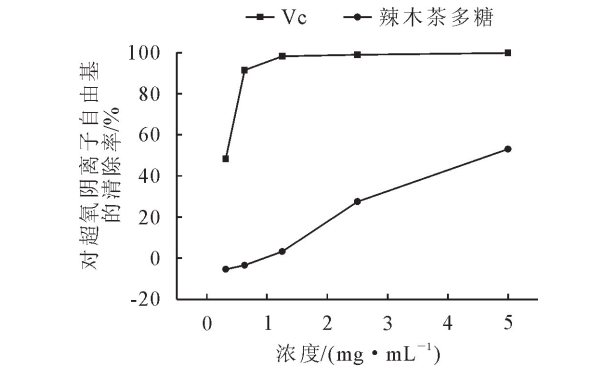
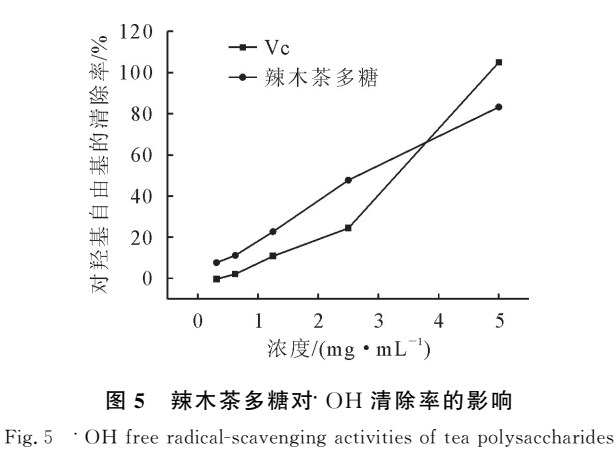


图 5 辣木茶多糖对·OH 清除率的影响

Fig. 5 ·OH free radical-scavenging activities of tea polysaccharides

图 6 辣木茶多糖对·O₂⁻ 清除率的影响

Fig. 6 ·O₂⁻ free radical-scavenging activities of tea polysaccharides

2.4.3 辣木茶多糖清除 DPPH 由图 7 可知:辣木茶多糖对 DPPH 有一定的清除作用。当辣木茶多糖浓度<1.25 mg·mL⁻¹ 时,随着辣木茶多糖浓度增大,清除 DPPH 的能力增强,当浓度为 1.25 mg·mL⁻¹ 时,清除率达到最大,为 84.2%,当浓度继续增大时,清除 DPPH 的能力逐渐减弱,当浓度为 10 mg·mL⁻¹ 时,清除率降低至 44.5%。Vc 在低浓度时对 DPPH 的清除率已≥95%,随着 Vc 浓度增加,清除率趋于平缓。浓度相同时,辣木茶多糖对 DPPH 的清除作用不及 Vc。

3 结论与讨论

本试验利用热水法提取辣木茶多糖,在单因素试验的基础上,通过正交试验确定提取辣木茶多糖的最佳工艺条件为:料液比 1 : 60(g : mL),温度 80℃,时间 105 min,此时辣木茶多糖的提取率为

145.14 mg·g⁻¹。各因素对提取率的影响为:料液比>浸提温度>浸提时间。抗氧化试验表明,辣木茶多糖具有一定的抗氧化性,对·OH、·O₂⁻、DPPH 都有很好的清除作用。

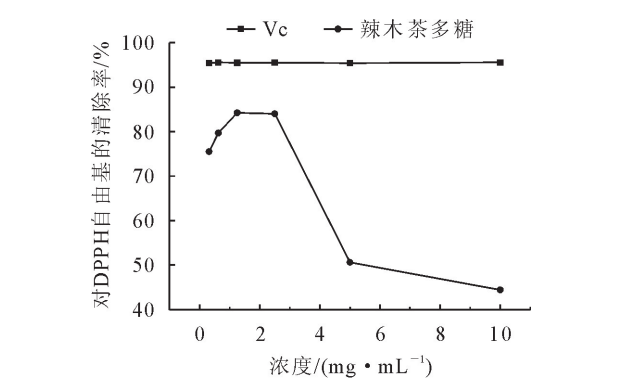


图 7 辣木茶多糖对 DPPH 清除率的影响

Fig. 7 DPPH free radical-scavenging activities of tea polysaccharides

陈瑞娇^[14]报道热水法提取辣木叶多糖时,最优条件为:料液比 1 : 20(g : mL),温度 80℃,水浴 90 min,提取 3 次,提取率为 158.6 mg·g⁻¹,本试验中提取 1 次,提取率达到 145.14 mg·g⁻¹,跟文献中提取率差异不大,节省了时间,节约了能源。

抗氧化试验中,辣木茶多糖能够很好的清除·OH、·O₂⁻ 及 DPPH,在浓度 5 mg·mL⁻¹ 时对·OH、·O₂⁻ 的清除率分别为 70.66%、99.87%,梁鹏等^[15]研究辣木茎叶中水溶性多糖提取物对·OH、·O₂⁻ 的清除率随浓度的增大而增加,在浓度 6 mg·mL⁻¹ 时对·OH、·O₂⁻ 的清除率分别为 33.99%、84.9%,由此可以推断,相同浓度时辣木茎叶中水溶性多糖提取物对·OH、·O₂⁻ 的清除效果均不及辣木茶多糖。岳秀洁^[16]的试验结果表明辣木叶多糖对 DPPH 有良好清除效果,与本试验结果具有一致性。另一方面,辣木茶多糖提取物对自由基清除效果普遍都低于 Vc 对照,这可能与提取物的纯度有关,下一步试验将对提取物进行纯化处理,以提高对自由基的清除率。

本试验提取方法条件简单,可控性高,提取剂成本低廉,无毒且易于回收,便于实施和推广,为广西产辣木茶开发和深加工提供重要的参考依据。

参考文献：

- [1] DIRIBA B K,EDWARD JM J,SCOTT D Y,*et al.* Variation in the mineral element concentration of *Moringa oleifera* Lam. and *M. stenopetala* (Bak. f.) Cuf. : role in human nutrition [J]. PLoS One,2017,12(4):1-26.
- [2] 张冰溪,施平伟,管庆丰,等. 产自海南辣木叶总黄酮提取条件优化及抗氧化活性研究[J]. 饲料研究,2017(18):34-38.
- [3] IRAM G,ATTIA J,MUHAMMAD S A,*et al.* Use of *Morinda oleifera* flower pod extract as natural preservative and development of SCAR marker for its DNA based identification [J]. BioMed Research International,2016:1-2.
- [4] 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 Z P,LI C,FU X. Physicochemical characterization and antioxidant activity of polysaccharides from different varieties of *Moringa oleifera* leaves[J]. Modern Food Science and Technology,2018,1(34):38-44. (in Chinese)
- [5] 罗金水,潘迎芬,方天赐,等. 一种高香型富硒辣木茶的制作技术[J]. 福建热作科技,2017,42(4):27-28.
- [6] 刘凤霞,王苗苗,赵有为,等. 辣木中功能性成分提取及产品开
发的研究进展[J]. 食品科学,2015,19(36):282-286.
- LIU F X,WANG M M,ZHAO Y W,*et al.* Extraction of functional components from *Moringa oleifera* and development of *Moringa oleifera*-based products [J]. Food Science,2015,19 (36):282-286. (in Chinese)
- [7] 王瑞琴,许文婷,蔡晨晨,等. 辣木多糖的研究进展[J]. 广西糖业,2018(4):28-31.
- WANG R Q,XU W T,CAI C C,*et al.* Research progress of *Moringa oleifera* polysaccharide[J]. Guangxi Sugar Industry, 2018(4):28-31. (in Chinese)
- [8] ADANMA C I,UGOCHI C O. Quality evaluation of tea brewed from blends of soursop (*Annona muricata*) and *Moringa (Moringa oleifera)* leaves[J]. European Journal of Nutrition & Food Safety,2019,10(1):1-15.
- [9] YASARA W H,INDIRA W,ISURU W. Effect of steam blanching,dehydration temperature & time,on the sensory and nutritional properties of a herbal tea developed from *Moringa oleifera* leaves[J]. International Journal of Food Science,2020: 1-11.
- [10] 张涛,马海乐,钟慧慧. 分光光度法测定辣木多糖含量[J]. 粮油食品科技,2004,12(1):32-33.
- [11] 张强,王锐,张京芳. 南瓜叶多糖提取工艺及抗氧化活性研究 [J]. 西北林学院学报,2016,31(6):232-235.
- ZHANG Q,WANG R,ZHANG J F. Extraction and antioxidant activity of polysaccharide from pumpkin leaves[J]. Journal of Northwest Forestry Universit,2016,31(6):232-235. (in Chinese)
- [12] 张秀芬,陈金妹,姚丽云,等. 白芽奇兰茶多酚的提取工艺及其抗氧化活性[J]. 生物加工过程,2016,14(4):48-54.
- ZHANG X F,CHEN J M,YAO L Y,*et al.* Extraction and antioxidant activity of tea polyphenols from baiyaqilan tea [J]. Chinese Journal of Bioprocess and Engineering,2016,14 (4):48-54. (in Chinese)
- [13] 温晋芳,姜在民,苑文柯,等. 唐棣果黄酮类化合物的提取及抗氧化性研究[J]西北林学院学报,2017,32(2):218-224.
- WEN J F,JANG Z M,YUAN W K,*et al.* Extraction and antioxidant activity of flavonoids from the fruit of *Amelanchier sinica* [J]. Journal of Northwest Forestry Universit,2017,32 (2):218-224. (in Chinese)
- [14] 陈瑞娇. 辣木叶多糖的提取及分离纯化[J]中药材,2006,29 (12):1358-1360.
- CHEN R J. Extraction,isolation and purification of the polysaccharides from leaves of *Moringa oleifera* [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials,2006,29 (12):1358-1360. (in Chinese)
- [15] 梁鹏,甄润英. 辣木茎叶中水溶性多糖的提取及抗氧化活性的研究[J]. 食品研究与开发,2013,34(14):25-29.
- LIANG P,ZHEN R Y. Study on the extraction of water-soluble polysaccharide and antioxidant activity from stem and leaves of *Moringa Oleracea* [J]. Food Research and Development,2013,34(14):25-29. (in Chinese)
- [16] 岳秀洁. 辣木叶有效成分的提取、分离纯化及其活性研究 [D]. 广州:华南理工大学,2016.