

# 沙棘叶不同溶剂提取物活性物质含量及抗氧化性研究

辛燕花<sup>1,2</sup>, 赵三虎<sup>1\*</sup>, 王瑜<sup>3</sup>, 陈柯文<sup>1</sup>, 梁雅婷<sup>1</sup>, 闫娜<sup>1</sup>, 赵春艳<sup>1</sup>, 张建华<sup>1</sup>, 吴承薨<sup>1</sup>

(1. 忻州师范学院, 山西 忻州 034000; 2. 广州万物生健康产业有限公司, 广东 广州 510642; 3. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003)

**摘要:** 分别以甲醇、水、无水乙醇、丙酮、乙酸乙酯为提取剂, 研究沙棘叶不同提取物的活性物质含量变化及抗氧化活性。结果表明: 所有活性物质含量以甲醇作为提取剂, 料液比为 1:10 (g/mL) 时含量最高, 得到的总黄酮、总多糖、总有机酸、抗坏血酸、氨基酸含量分别为 (19.84±0.10)、(64.26±1.38)、(3.41±10.08)、(95.55±0.26)、(7.41±0.07) mg/g。5 种提取物均具有一定的抗氧化活性, 且都是在料液比 1:10 (g/mL) 时达到最大值, 以甲醇作为提取剂, 羟基自由基清除率达到最大值 85.64%, 以丙酮为提取剂, 超氧阴离子自由基清除率和还原力达到最大值, 分别为 98.28%、0.85。进一步对活性物质和抗氧化活性的相关性进行分析, 发现沙棘叶不同溶剂提取物活性物质与抗氧化活性呈显著正相关。  
**关键词:** 沙棘叶; 不同提取剂; 提取物; 活性物质; 抗氧化活性

## Study on the Active Substances and Antioxidant Activity of Different Solvent Extracts of Seabuckthorn Leaves

XIN Yan-hua<sup>1,2</sup>, ZHAO San-hu<sup>1\*</sup>, WANG Yu<sup>3</sup>, CHEN Ke-wen<sup>1</sup>, LIANG Ya-ting<sup>1</sup>, YAN Na<sup>1</sup>,  
ZHAO Chun-yan<sup>1</sup>, ZHANG Jian-hua<sup>1</sup>, WU Cheng-meng<sup>1</sup>

(1. Xinzhou Teachers University, Xinzhou 034000, Shanxi, China; 2. Ones Sun Health Industry Limited Company, Guangzhou 510642, Guangdong, China; 3. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Science, Yantai 264003, Shandong, China)

**Abstract:** This study aimed to investigate the antioxidant activities and active components of various solvent extracts (methanol, water, anhydrous ethanol, acetone, and ethyl acetate) of seabuckthorn leaves. The highest levels of total flavonoids, total polysaccharides, total organic acids, ascorbic acid, and amino acids, with values of (19.84±0.10), (64.26±1.38), (3.41±10.08), (95.55±0.26), and (7.41±0.07) mg/g, respectively, were observed in the methanol extract of the leaves, at a material:liquid ratio of 1:10 (g/mL). The five solvent extracts showed relatively strong antioxidant activities at a material:liquid ratio of 1:10 (g/mL). The methanol extract showed the strongest hydroxyl radical scavenging activity of 85.64%. The acetone extract showed the strongest superoxide anion radical scavenging activity and reducing power, at 98.28% and 0.85, respectively. Further correlation analysis revealed a significant positive correlation between the content of active components and antioxidant activity in the different solvent extracts of seabuckthorn leaves.

**Key words:** seabuckthorn leaves; different extractants; extrancts; active components; antioxidant activity

引文格式:

辛燕花, 赵三虎, 王瑜, 等. 沙棘叶不同溶剂提取物活性物质含量及抗氧化性研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(17): 44-49.

XIN Yanhua, ZHAO Sanhu, WANG Yu, et al. Study on the Active Substances and Antioxidant Activity of Different Solvent Extracts of Seabuckthorn Leaves[J]. Food Research and Development, 2021, 42(17): 44-49.

基金项目: 国家自然科学基金(31700413); 2019年度山西省高等学校科技创新计划项目(2019L0829); 忻州市科技计划项目(20190104-2)

作者简介: 辛燕花(1986—), 女(汉), 副教授, 博士, 研究方向: 天然活性产物的提取及抗真菌分子机制。

\* 通信作者: 赵三虎(1969—), 男(汉), 教授, 博士, 研究方向: 天然活性产物的提取及抗真菌机制。

沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.)原产于欧亚大陆,在海拔2 500 m~4 300 m的许多国家都有栽培<sup>[1]</sup>。沙棘中含有丰富的维生素、胡萝卜素、微量元素、氨基酸等生物活性物质<sup>[2-4]</sup>。因此,沙棘已被临床用于治疗辐射损伤、烧伤、口腔炎症、胃溃疡等疾病<sup>[5-7]</sup>。沙棘叶含有丰富的活性物质<sup>[8]</sup>,具有抗氧化、免疫调节<sup>[9]</sup>、抗应激和炎症<sup>[10]</sup>的活性功能。目前,针对沙棘叶中的活性成分提取分离研究较多,不同的提取剂对沙棘叶中的活性物质及抗氧化性的影响尚未见报道。

本文采用羟基自由基、超氧阴离子自由基和还原力3种体外抗氧化模型对沙棘叶甲醇提取物以及水相、丙酮相、乙醇相和乙酸乙酯相等5个极性部位的抗氧化活性进行研究,并测定其总多糖、总黄酮、总有机酸、抗坏血酸和氨基酸含量,进行相关性分析,为沙棘叶资源开发利用提供一定的理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

沙棘叶:采摘于山西庞泉沟风景区。芦丁标准品、谷氨酸标准品、没食子酸标准品、抗坏血酸标准品:美国Sigma公司。

### 1.2 仪器与设备

LGJ-10N 真空冷冻干燥机:北京亚星仪科科技发展有限公司;YZH-92A 水浴恒温振荡器:江西省生物仪器制造有限公司;752 紫外分光光度计:上海精研电子科技有限公司;LH-4035 低速离心机:安徽中科中佳科学仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 沙棘叶处理

将沙棘嫩叶放置在真空冷冻干燥机中,冷阱温度 $-40^{\circ}\text{C}$ ,真空度20 Pa,加热板温度 $10^{\circ}\text{C}$ 。冷冻干燥10 h至质量不变,粉碎备用。

#### 1.3.2 样液制备

称取沙棘叶2.0 g,按照料液比1:5、1:10、1:20、1:30、1:40(g/mL)加入一定体积双蒸水, $50^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴1 h,3 000 r/min离心10 min,取上清液,获得沙棘叶的水提取溶液。按照同样的方法,制备甲醇提取溶液、乙醇提取溶液、乙酸乙酯提取溶液和丙酮提取溶液,备用。

#### 1.3.3 总黄酮含量的测定

总黄酮含量的测定参照文献[11]进行,以芦丁标准液的质量浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,在510 nm处测定吸光值,绘制标准曲线,其回归方程为 $y=0.92x+0.0218$ , $R^2=0.9915$ 。

#### 1.3.4 总多糖含量的测定

总多糖含量的测定参照文献[12]进行,以葡萄糖标准液的质量浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,在489 nm处测定吸光值,绘制标准曲线,其回归方程为 $y=3.4464x-0.0016$ , $R^2=0.9997$ 。

#### 1.3.5 氨基酸含量的测定

氨基酸含量的测定参照文献[13]进行,以谷氨酸标准液的质量浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,在570 nm处测定吸光值,绘制标准曲线,其回归方程为 $y=4.4989x-0.0349$ , $R^2=0.9992$ 。

#### 1.3.6 总有机酸含量的测定

总有机酸含量的测定参照文献[14]进行,以没食子酸标准液的质量浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,在730 nm处测定吸光值,绘制标准曲线,其回归方程为 $y=1.987x+0.0052$ , $R^2=0.9997$ 。

#### 1.3.7 抗坏血酸含量的测定

抗坏血酸含量的测定参照文献[15]进行,以抗坏血酸标准液的质量浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,在244 nm处测定吸光值,绘制标准曲线,其回归方程为 $y=0.0615x-0.0153$ , $R^2=0.9998$ 。

#### 1.3.8 抗氧化能力测定

超氧阴离子自由基清除能力、羟基自由基清除能力、还原能力测定参照文献[16-18]进行。

## 1.4 数据处理

数据处理采用SPSS Statistics 21软件对数据进行处理和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同溶剂提取物含量分析

#### 2.1.1 总黄酮含量分析

不同提取剂对沙棘叶总黄酮含量的影响见图1。

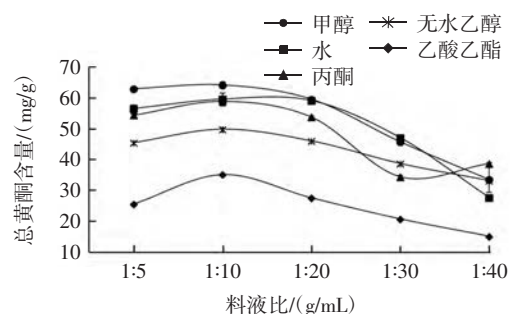


图1 不同提取剂对沙棘叶中总黄酮含量的影响

Fig.1 Effects of different extracts on the content of total flavonoids in seabuckthorn leaves

由图1可以看出,用不同的提取剂提取沙棘叶中的总黄酮,总黄酮含量差异性较大,同一种提取剂在不同的料液比下,总黄酮含量也呈现出明显的差异。

从图1可以看出,相比其它4种提取剂,用甲醇作为提取剂,提取出沙棘叶中的总黄酮含量最高,其次是水>丙酮>无水乙醇>乙酸乙酯。

提取剂相同时,随着提取溶剂体积的增加,5种提取剂提取出的总黄酮含量呈现先上升后下降的趋势。其中,当以甲醇作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,总黄酮的含量最高,为(64.26±1.38) mg/g。

### 2.1.2 总多糖含量分析

对沙棘叶的总多糖含量进行测定分析,结果见图2。

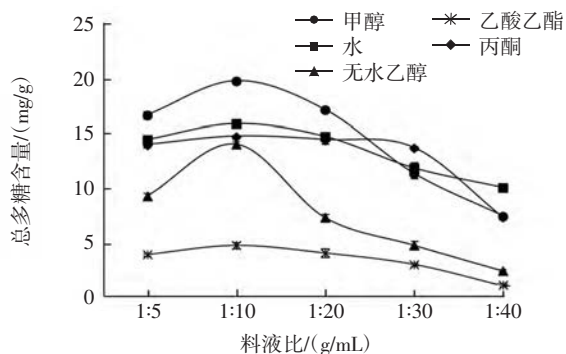


图2 不同提取剂对沙棘叶中总多糖含量的影响

Fig.2 Effects of different extracts on the content of total polysaccharide in seabuckthorn leaves

由图2可以看出,用不同的提取剂提取沙棘叶中的总多糖,总多糖含量差异性较大,同一种提取剂在不同的料液比下,总多糖含量也呈现出明显的差异。相比其它4种提取剂,用甲醇作为提取剂,提取出沙棘叶中的总多糖含量最高。

提取剂相同时,随着提取溶剂体积的增加,5种提取剂提取出的总多糖含量呈现先上升后下降的趋势。其中,当以甲醇作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,总多糖含量为(19.84±0.64) mg/g。

### 2.1.3 氨基酸含量分析

不同提取剂对沙棘叶氨基酸含量的影响见图3。

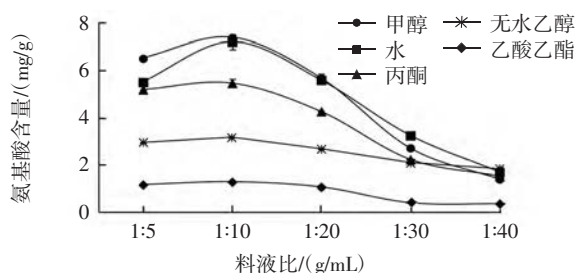


图3 不同提取剂对沙棘叶中氨基酸含量的影响

Fig.3 Effects of different extracts on the content of amino acids in seabuckthorn leaves

由图3可知,沙棘叶中氨基酸含量受提取剂的影响也较大,用不同的提取剂提取沙棘叶中的氨基酸,氨基酸含量差异明显。其中,同一种提取剂采用不同

的料液比,得到的氨基酸含量也呈现出明显的差异。相比其它4种提取剂,用甲醇作为提取剂,提取出沙棘叶中的氨基酸含量最高,其次是水>丙酮>无水乙醇>乙酸乙酯。

提取剂相同时,随着提取溶剂体积的增加,5种提取剂提取出的氨基酸含量呈现先上升后下降的趋势。其中,当以甲醇作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,氨基酸含量为(7.41±0.07) mg/g。

### 2.1.4 总有机酸含量分析

对沙棘叶总有机酸含量进行测定,结果见图4。

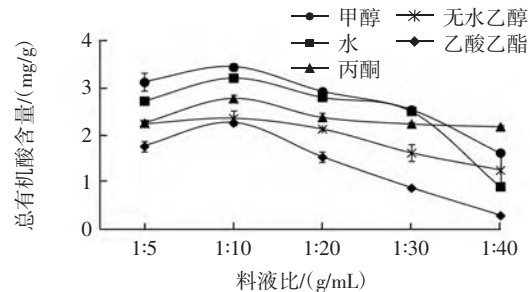


图4 不同提取剂对沙棘叶中总有机酸含量的影响

Fig.4 Effects of different extracts on the content of total organic acids in seabuckthorn leaves

沙棘叶总有机酸含量的变化随着提取剂的不同,呈现出明显的差异。从图4可以看出,提取剂对沙棘叶总有机酸含量的变化有很大的影响。呈现出的大致规律是甲醇>水>丙酮>无水乙醇>乙酸乙酯。其中,同一种提取剂采用不同的料液比,得到的总有机酸含量也呈现出明显差异。

提取剂相同时,随着提取溶剂体积的增加,5种提取剂提取出的总有机酸含量呈现先上升后下降的趋势。其中,当以甲醇作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,总有机酸含量为(3.45±0.05) mg/g。

### 2.1.5 抗坏血酸含量分析

对沙棘叶中的抗坏血酸含量进行测定,结果见图5。

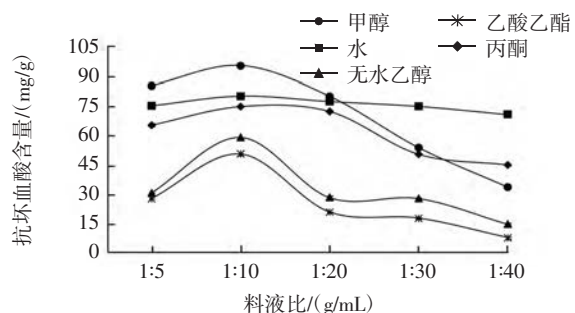


图5 不同提取剂对沙棘叶中抗坏血酸含量的影响

Fig.5 Effects of different extracts on the content of ascorbic acid in seabuckthorn leaves

沙棘叶中抗坏血酸含量随着不同提取剂及料液比的不同而呈现出显著的变化。其中,同一种提取剂

采用不同的料液比,得到的抗坏血酸含量也呈现出显著性的差异。

提取剂相同时,随着提取溶剂体积的增加,5种提取剂提取出的抗坏血酸含量呈现先上升后下降的趋势,在料液比为1:5(g/mL)和1:10(g/mL)时,以甲醇作为提取剂得到的抗坏血酸含量较高,随着提取溶剂的增加,以水作为提取剂得到的抗坏血酸含量较高。其中,当以甲醇作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,抗坏血酸含量为(95.55±0.18)mg/g。

### 2.2 不同溶剂提取物抗氧化能力分析

#### 2.2.1 羟基自由基清除能力测定

提取剂对沙棘叶羟基自由基清除能力的影响见图6。

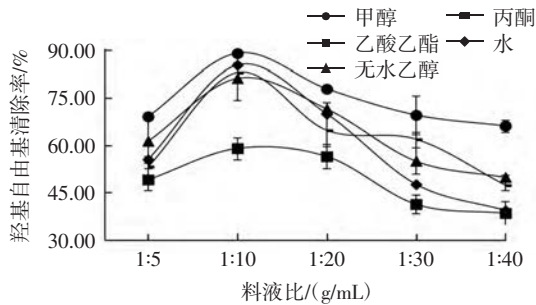


图6 不同提取剂对沙棘叶中羟基自由基清除率的影响  
Fig.6 Effects of different extracts on the hydroxyl radical scavenging in seabuckthorn leaves

如图6所示,不同提取剂对沙棘叶羟基自由基清除能力的影响不同。羟基自由基清除能力呈现出的大致规律是甲醇>水>丙酮>无水乙醇>乙酸乙酯。其中,同一种提取剂采用不同的料液比,羟基自由基清除能力也呈现出显著性的差异。

提取剂相同时,随着提取溶剂体积的增加,5种提取剂对羟基自由基清除能力影响呈现先上升后下降的趋势。其中,当以甲醇作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,羟基自由基清除率为(89.37±0.10)%。

#### 2.2.2 超氧阴离子自由基清除能力测定

提取剂对超氧阴离子自由基的清除能力的影响见图7。

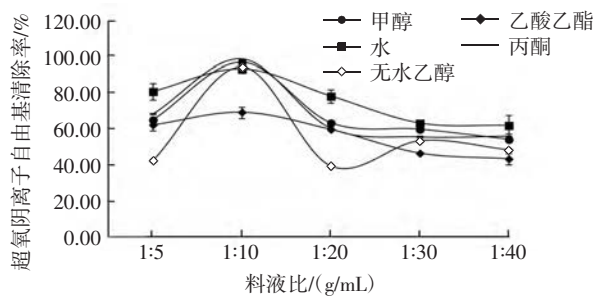


图7 不同提取剂对沙棘叶中超氧阴离子自由基清除率的影响  
Fig.7 Effects of different extracts on the superoxide anion radical scavenging in seabuckthorn leaves

如图7所示,不同提取剂对沙棘叶超氧阴离子自由基清除能力的影响不同。超氧阴离子自由基清除能力呈现出的大致规律是丙酮>水>甲醇>无水乙醇>乙酸乙酯。其中,同一种提取剂采用不同的料液比,超氧阴离子自由基清除能力也呈现出明显的差异。

提取剂相同时,随着提取溶剂体积的增加,5种提取剂对超氧阴离子自由基清除能力的影响呈现先上升后下降的趋势。其中,当丙酮作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,超氧阴离子自由基清除率为(98.28±0.00)%。

#### 2.2.3 还原力测定

还原力受提取剂的影响见图8。

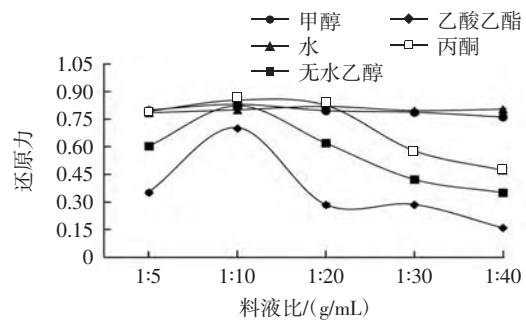


图8 不同提取剂对沙棘叶中还原力的影响  
Fig.8 Effects of different extracts on the reducing power in seabuckthorn leaves

从图8可以看出,沙棘叶提取物还原力的大小随着提取剂的不同而不同。其中,以甲醇和水作为提取剂时,还原力较为接近。在料液比1:5(g/mL)和1:10(g/mL)时,以丙酮作为提取剂,测定得到的还原力与甲醇和水作为提取剂时较为相近,随着料液比的增加,还原力逐渐下降,低于以水和甲醇作为提取剂测定得到的还原力。

提取剂相同时,随着提取溶剂体积的增加,5种提取剂对还原力大小的影响呈现先上升后下降的趋势。在沙棘叶原料与提取剂的比值为1:10(g/mL)处达到最高。其中,当丙酮作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,还原力为0.85±0.01。

### 2.3 提取物含量与抗氧化性相关性分析

对提取物与抗氧化相关性进行分析,结果见表1。

表1 沙棘叶抗氧化性与活性物质含量相关系数  
Table 1 Correlation coefficient between antioxidant capacity and active components of seabuckthorn leaves

指标	还原力	·OH	O <sub>2</sub> <sup>-·</sup>	总多糖	总黄酮	抗坏血酸	总有机酸	氨基酸
还原力	1	0.643**	0.618**	0.854**	0.804**	0.878**	0.750**	0.724**
·OH	0.643**	1	0.651**	0.675**	0.773**	0.562**	0.750**	0.731**
O <sub>2</sub> <sup>-·</sup>	0.618**	0.651**	1	0.680**	0.652**	0.734**	0.654**	0.690**

续表 1 沙棘叶抗氧化性与活性物质含量相关系数  
Continue table 1 Correlation coefficient between antioxidant capacity and active components of seabuckthorn leaves

指标	还原力	·OH	O <sub>2</sub> ·	总多糖	总黄酮	抗坏血酸	总有机酸	氨基酸
总多糖	0.854**	0.675**	0.680**	1	0.887**	0.929**	0.851**	0.897**
总黄酮	0.804**	0.773**	0.652**	0.887**	1	0.831**	0.931**	0.941**
抗坏血酸	0.878**	0.562**	0.734**	0.929**	0.831**	1	0.807**	0.851**
总有机酸	0.750**	0.750**	0.654**	0.851**	0.931**	0.807**	1	0.858**
氨基酸	0.724**	0.731**	0.690**	0.897**	0.941**	0.851**	0.858**	1

注:\*\*在0.01水平(双侧)上显著相关。

由表1可见,沙棘叶各极性部位对还原力、羟基自由基、超氧阴离子自由基清除能力与提取物中不同物质含量均显示正相关。

各极性部位还原力与总多糖、总黄酮、抗坏血酸和总有机酸含量显示相关性较高。各极性部位羟基自由基清除能力与总黄酮和总有机酸的含量显示相关性较高。各极性部位超氧阴离子自由基清除能力与抗坏血酸的含量显示相关性较高。综合提取物不同物质和抗氧化性结果发现,甲醇、水和丙酮部位抗氧化活性最好,总多糖、总黄酮、抗坏血酸和总有机酸等含量也较高。由此表明,沙棘叶抗氧化的物质基础可能是总多糖、总黄酮、抗坏血酸和总有机酸等物质。

### 3 讨论与结论

沙棘叶活性物质的含量受到不同提取剂及料液比的影响,本研究结果表明,沙棘叶中的总黄酮、总多糖、总有机酸、抗坏血酸和氨基酸含量都是在料液比为1:10(g/mL)时达到最大值。这可能是由于料液比为1:10(g/mL)时,溶剂对沙棘叶中活性物质的溶解已基本达到饱和,继续增加溶剂的用量,并不能显著提高活性物质的提取量。有研究者研究菠萝蜜果皮总黄酮的提取时发现,料液比对黄酮得率的影响很大,随料液比增大,黄酮提取率逐渐增大,持续增大料液比,黄酮提取率反而降低。因为在一定范围内,料液比增大利于增加溶剂和原料的接触效果,增大浓度差,加快溶剂扩散,从而提高黄酮浸出率;而当料液比过大时,黄酮溶出量达到饱和,而其它杂质溶出增多,反而降低了黄酮提取率<sup>[19]</sup>。

本研究发现溶剂对沙棘叶活性物质有明显的影响,多数研究文献也证实了活性物质的提取率受提取剂的影响较大。有研究者指出,沙棘叶中的芦丁(黄酮类物质)含量受到不同溶剂的影响,沙棘叶中水提物芦丁的提取量和提取率都低于醇提物<sup>[20]</sup>。沙棘叶中粗

多糖提取率随着提取剂的不同,得率也不相同,有文献报道,采用乙酸乙酯、甲醇、蒸馏水提取沙棘粗多糖,得率分别为1.52%、1.71%和2.41%,比水提取得到的多糖得率要高<sup>[21]</sup>,与本试验研究结果有区别。赵玉琪等研究者<sup>[22]</sup>对沙棘叶黄酮的提取研究发现,甲醇水溶液的提取率高于乙醇、丙酮、氯仿、乙酸乙酯和水等溶剂,并且抗氧化能力强,与本研究结果一致。

本研究发现,不同提取剂及料液比对沙棘叶的抗氧化活性也有显著影响。有文献报道,用氯仿、乙酸乙酯、丙酮、甲醇4种不同溶剂对沙棘籽分别进行8h萃取,甲醇作为萃取剂的提取物具有最高的抗氧化活性<sup>[23]</sup>。有研究者采用不同浓度的丙酮、甲醇、酸化甲醇、乙酸乙酯对沙棘籽提取物抗氧化活性进行评估发现,70%丙酮提取物具有最强的还原力<sup>[24]</sup>,本试验结果表明,当丙酮作为提取剂,在料液比为1:10(g/mL)时,还原力达到最大值为0.85,该报道与本研究结果较为相似。

试验进一步对不同提取物中活性物质含量与抗氧化活性进行相关性分析,发现活性物质的含量与抗氧化性呈现显著正相关。尤其是抗坏血酸、总多糖、总黄酮的含量与抗氧化活性的相关系数较高,由此证明抗坏血酸、多糖、黄酮化合物可能是沙棘叶抗氧化作用的物质基础。

### 参考文献:

- [1] NEGI P S, CHAUHAN A S, SADIA G A, et al. Antioxidant and antibacterial activities of various seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed extracts[J]. The Global Seabuckthorn Research and Development, 2006, 92(1):119-124.
- [2] SKURIDIN G M, CHANKINA O V, LEGKODYMOV A A, et al. Trace element composition of common sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) tissues[J]. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2013, 77(2): 207-210.
- [3] ŠNĚ E, GALO BURDA R, SEGLIŇA D. Sea buckthorn vegetative parts—A good source of bioactive compounds[J]. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B Natural, Exact, and Applied Sciences, 2013, 67(2): 101-108.
- [4] TRINEEVA O V, SAFONOVA E F, SINKEVICH A V, et al. Assay of amino acids in medicinal plants by TLC (using stinging nettle leaves and common sea buckthorn fruits as examples)[J]. Pharmaceutical Chemistry Journal, 2015, 49(5): 323-328.
- [5] BALA M, GUPTA M, SAINI M N, et al. Sea buckthorn leaf extract protects jejunum and bone marrow of (60)cobalt-gamma-irradiated mice by regulating apoptosis and tissue regeneration[J]. Evidence Based Complementary and Alternative Medicine, 2015, 2015: 765705.
- [6] DOGRA R, TYAGI S P, KUMAR A. Efficacy of seabuckthorn (*Hip-*

- pophae rhamnoides*) oil vis-a-vis other standard drugs for management of gastric ulceration and erosions in dogs[J]. *Veterinary Medicine International*, 2013, 2013: 176848.
- [7] RODHE Y, WOODHILL T, THORMAN R, et al. The effect of sea buckthorn supplement on oral health, inflammation, and DNA damage in hemodialysis patients: A double-blinded, randomized crossover study[J]. *Journal of Renal Nutrition*, 2013, 23(3): 172-179.
- [8] GEETHA S, SAI RAM M, MONGIA S S, et al. Evaluation of antioxidant activity of leaf extract of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) on chromium(VI) induced oxidative stress in albino rats[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2003, 87(2/3): 247-251.
- [9] GANJU L, PADWAD Y, SINGH R, et al. Anti-inflammatory activity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaves[J]. *International Immunopharmacology*, 2005, 5(12): 1675-1684.
- [10] KALLIO H, YANG B R, PEIPPO P. Effects of different origins and harvesting time on vitamin C, tocopherols, and tocotrienols in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50(21): 6136-6142.
- [11] 尹建波,刘艳霞,顾明广,等.沙棘落叶中总黄酮的提取和含量测定[J].*化学工程与装备*, 2014(4):23-24,16.  
YIN Jianbo, LIU Yanxia, GU Mingguang, et al. Extraction and determination of total flavonoids from leaves of *Hippophae rhamnoides* [J]. *Chemical Engineering & Equipment*, 2014(4): 23-24,16.
- [12] 张倩茹,凌蕾,何芋岐,等.苯酚硫酸法测定茵苗艾纳香中多糖含量[J].*中国民族民间医药*, 2019, 28(14): 30-32.  
ZHANG Qianru, LING Lei, HE Yuqi, et al. Determination of polysaccharide content of *Blumea balsamifera* by phenol sulfuric method[J]. *Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy*, 2019, 28(14): 30-32.
- [13] 董玉,石任兵,陈朝军.石菖蒲中总氨基酸的含量测定 [J].*时珍国医国药*, 2008, 19(10): 2500-2501.  
DONG Yu, SHI Renbing, CHEN Chaojun. Determination of total amino acid in *acours tatarinowii schott*[J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2008, 19(10): 2500-2501
- [14] 王育苗. 鹅不食草总有机酸的提取与分析[J]. *内蒙古中医药*, 2017, 36(5): 123-124.  
WANG Yumiao. Extraction and analysis of total organic acids from *Centipede grass*[J]. *Nei Mongol Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2017, 36(5): 123-124.
- [15] 唐乐攀,周永妍,余爱农.紫外分光光度法和高效液相色谱法测定 Maillard 体系中抗坏血酸含量的比较[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(10): 79-82.  
TANG LEPAN, ZHOU Yongyan, YU Ainong. Comparison of UV spectrophotometry and HPLC in determination of ascorbic acid in Maillard reaction[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(10): 79-82.
- [16] 杨立红,刘林德,姜华,等.野生元蘑多糖的分离鉴定及其清除氧自由基作用[J]. *食品科学*, 2007, 28(11): 81-85.  
YANG Lihong, LIU Linde, JIANG Hua, et al. Isolation and identification of saccharides from *Hohenbuehelia serotina* and its effect on scavenging oxygen free radicals[J]. *Food Science*, 2007, 28(11): 81-85.
- [17] 刘进杰,王伟霞,严娜,等.葡萄皮多酚抗氧化性及提取工艺研究[J]. *食品科技*, 2018, 43(9): 267-274.  
LIU Jinjie, WANG Weixia, YAN Na, et al. Antioxidant activity and extract technology of polyphenols from grape skin[J]. *Food Science and Technology*, 2018, 43(9): 267-274.
- [18] 陈欣,龚兰,刘冠卉.食用真菌多糖提取条件的优化及其还原力的比较[J]. *食品科学*, 2010, 31(14): 140-144.  
CHEN Xin, GONG Lan, LIU Guanhui. Extraction and ferric reducing antioxidant power of polysaccharides from four edible fungi[J]. *Food Science*, 2010, 31(14): 140-144.
- [19] 邓梦琴.菠萝蜜果皮总黄酮的提取、分离纯化、结构鉴定及其抗氧化活性研究[D]. 广州:华南农业大学, 2016.  
DENG Mengqin. Extraction, separation, purification, identification and anti-oxidative activity of flavonoids in jackfruit peel[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [20] 张吉科,林美珍,张小民,等.不同提取溶剂与时间对沙棘叶某些成分含量的比较研究[J]. *国际沙棘研究与开发*, 2014, 12(1): 1-5.  
ZHANG Jike, LIN Meizhen, ZHANG Xiaomin, et al. Comparative study on different extraction solvents and time to some component content of seabuckthorn leaf[J]. *The Global Seabuckthorn Research and Development*, 2014, 12(1): 1-5.
- [21] 郭凤霞.沙棘中 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制剂的筛选[D]. 西宁:青海师范大学, 2010.  
GUO Fengxia. Alpha-glucosidase enzyme inhibitor's screening from *Hippophae rhamnoides* L.[D]. Xining: Qinghai Normal University, 2010.
- [22] 赵玉琪,殷丽君.沙棘叶黄酮的提取及其对抗氧化性的影响[J]. *食品工业科技*, 2006, 27(4): 70-72,75.  
ZHAO Yuqi, YIN Lijun. Extraction of flavonoids from *Hippophae rhamnoides* L. leaves and their antioxidant activity[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2006, 27(4): 70-72,75.
- [23] NEGI P S, CHAUHAN A S, SADIA G A,等.不同沙棘籽提取物的抗氧化和抗菌活性研究[J]. *国际沙棘研究与开发*, 2006, 4(1): 1-6.  
NEGI P S, CHAUHAN A S, SADIA G A, et al. Antioxidant and antibacterial activities of various seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed extracts[J]. *The Global Seabuckthorn Research and Development*, 2006, 4(1): 1-6.
- [24] 樊金玲,丁霄霖.沙棘籽提取物抗氧化活性与酚类组成的研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2006, 18(4): 529-534, 554.  
FAN Jinling, DING Xiaolin. Antioxidant activity and phenolic components of sea buckthorn seed extracts[J]. *Natural Product Research and Development*, 2006, 18(4): 529-534, 554.

加工编辑:张璐

收稿日期:2020-10-28