

沙棘化学成分及药理作用的研究进展

周浩楠^{1,2} 胡 娜¹ 董 琦¹ 王洪伦^{1*}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所 中国科学院藏药研究重点实验室 青海省藏药研究重点实验室 青海 西宁 810008;
2. 中国科学院大学 北京 100049)

摘要: 沙棘 *Hippophae rhamnoides* L. 是中国西部地区最具代表性的生态林树种之一。作为一种药食同源植物,沙棘常用于生产多种保健食品、饮品和治疗多种疾病。现主要综述沙棘在化学成分和药理作用方面的研究,以期对沙棘资源后续的研究与开发提供一定的参考。

关键词: 沙棘; 民族药; 化学成分; 药理作用; 生物活性; 研究进展; 综述

中图分类号: R96

文献标志码: A

文章编号: 1006-0103(2020)02-0211-07

DOI: 10.13375/j.cnki.wcjs.2020.02.023

Research progress on the chemical composition and pharmacological action of *Hippophae rhamnoides*

ZHOU Haonan^{1,2}, HU Na¹, DONG Qi¹, WANG Honglun^{1*}

(1. Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Qinghai Provincial Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai, 810008 P. R. China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049 P. R. China)

Abstract: *Hippophae rhamnoides* L. is one of the most representative ecological forest species in western China. As a kind of medicine and food homologous plant, it is often used to produce a variety of health-care foods, beverages and cure diseases of human body. This paper mainly reviews the researches on the chemical constituents and pharmacological effects of *H. rhamnoides* to provide certain reference for the research and development of *H. rhamnoides*.

Key words: *Hippophae rhamnoides* L.; Ethnodrug; Chemical composition; Pharmacological action; Biological activity; Advance in the study; Review

CLC number: R96

Document code: A

Article ID: 1006-0103(2020)02-0211-07

沙棘 *Hippophae rhamnoides* L. 为胡颓子科沙棘属多年生灌木或乔木,又名酸醋柳、黑刺、酸刺、其察日嘎纳(蒙名)、达尔布(藏名)、吉汗(维吾尔名)等^[1-2]。沙棘在中国、印度、俄罗斯、芬兰及蒙古等国家均有分布。1983年出版的《中国植物志》收录了国产沙棘4个种5个亚种,具体为中国沙棘、云南沙棘、蒙古沙棘、中亚沙棘、江孜沙棘^[3],主要分布在中国的西北、东北、西南、华北等地区,全国分布约有130万公顷,占世界总面积的95%以上,素有“沙棘王国”之称^[3]。沙棘早在中国古代就是藏医、蒙医的常用药材,公元8世纪的藏医名著《四部医典》记载:沙棘具

有健脾养胃、破淤止血、祛痰、利肺、化湿、壮阴、升阳的作用,还记载了沙棘的汤、散、丸、膏、酥、灰、酒等7种制剂与84种沙棘处方。唐代藏医药著《月王药珍》、清代药学经典《晶珠本草》和19世纪著名蒙药名著《无误蒙药鉴》中均记载了沙棘具有利肺止咳、活血化淤、利心脏血脉、消痰浊、增强体阳、开胃舒胸、饮食爽口、容易消化等功效。1977年,沙棘被首次载入《中国药典》,此后各版药典均有收录^[4]。现对近年来国内外对沙棘的化学成分及功效方面的研究进行简要综述,为沙棘药用资源的研究与开发提供一定的参考。

基金项目: 青海省科技厅项目(2017-SF-A8; 2017-ZJ-Y11; 2019-ZJ-7023)

作者简介: 周浩楠, 正攻读中药学-天然药物化学专业的硕士学位。Email: hnzhou@nwipb.cas.cn

* 通信作者(Correspondent author), Email: hlwang@nwipb.cas.cn

1 沙棘的化学成分

1.1 黄酮类成分

目前已从沙棘属植物中分离出近 50 个黄酮类化合物,主要以槲皮素、山奈酚、异鼠李素、芦丁、儿茶素、芹菜素和杨梅素等为母核,糖原为葡萄糖、鼠李糖、槐糖、芸香糖等^[5-7]。沙棘各部位黄酮种类、含量因不同产地、不同品种,存在很大的差异。对不同品种沙棘叶中所含总黄酮的含量对比研究,发现雄性沙棘 > 大果沙棘 > 中果沙棘 > 小果沙棘。枝叶混合所含黄酮含量的大小依次为大果沙棘 > 雄性沙棘 > 中果沙棘 > 小果沙棘^[8]。对同一品种沙棘不同部位黄酮的含量研究发现:干浆果 > 叶子 > 果渣 > 鲜果汁 > 鲜浆果^[9]。对芬兰产海滨沙棘、俄罗斯产蒙古沙棘和中国沙棘的黄酮醇苷的含量研究发现:海滨沙棘 > 中国沙棘 > 蒙古沙棘^[10]。采用了分光光度法测定沙棘不同部位总黄酮的含量,对比发现:叶 > 果肉 > 全果渣 > 果皮 > 籽^[11]。从沙棘各部位中分离并且已被鉴定的黄酮类成分有:异鼠李素、槲皮素、芦丁、异鼠李素-3-O-β-D-(6-O-反式芥子酰基)槐二糖-7-O-α-L-鼠李糖苷、山奈素-3-O-β-D-(6-O-反式芥子酰基)槐二糖-7-O-α-L-鼠李糖苷、槲皮素-3-O-β-D-(6-O-反式芥子酰基)槐二糖-7-O-α-L-鼠李糖苷、山奈酚、山奈酚-3-O-芸香糖苷、表儿茶素、儿茶素、6,9-dihydroxy-4,7-megastigmadien-3-one、表没食子儿茶素、没食子儿茶素、山奈素-3-β-D-(6"-对羟基桂皮酰基)葡萄糖苷、异鼠李素-7-O-鼠李糖-3-O-葡萄糖苷、槲皮素-3-O-β-D-槐二糖-7-O-α-L-鼠李糖苷、山奈素-3-O-β-D-槐二糖-7-O-α-L-鼠李糖苷、异鼠李素-3-O-β-D-槐二糖-7-O-α-L-鼠李糖苷、异鼠李素-3-O-β-D-槐二糖-7-O-α-L-异鼠李糖苷、槲皮素-3-O-β-D-芸香糖苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖苷、异鼠李素-3-O-β-D-芸香糖苷、丁香亭-3-O-β-D-芸香糖苷、异鼠李素-3-O-β-D-葡萄糖苷、山奈素-7-O-α-L-鼠李糖苷等^[12-15]。

1.2 萜类和甾体类化合物

文献先后测定出沙棘中含有的三萜类化合

物主要有:熊果酸、齐墩果酸、科罗素酸、桦木酸、路路通酸、2α-羟基乌苏酸等三萜酸类^[16-17]。沙棘不同部位所含三萜类化合物的含量不同,采用 HPLC 测定沙棘不同部位所含三萜类化合物的含量,大小依次为:沙棘叶 > 沙棘果实 > 沙棘茎。采用柱前衍生高效液相色谱-荧光检测/质谱联用(HPLC-FLD-APCI/MS)法对青藏高原不同产地沙棘中三萜酸的含量进行分析,不同地方产沙棘三萜酸的含量依次为:湟中 > 大通 > 互助 > 平安^[17]。对青海沙棘总三萜含量与树龄和部位的关系进行研究,结果表明:成年沙棘中总三萜的含量依次为根 > 茎 > 叶,而沙棘幼苗中总三萜的含量依次为叶 > 茎 > 根^[18]。对沙棘种子、鲜果浆和全果浆的总甾醇量进行了分析,其含量大小分别为种子 > 全果浆 > 鲜果浆^[19]。从沙棘中分离鉴定出甾体类化合物,如 β-谷甾醇、β-豆甾醇、不饱和醛类、α-香树精、β-香树精、高二根醇、熊果醇、胆固醇、α-香树酯醇、β-香树酯醇、酰化 β-谷甾醇、环-羊毛甾-二醇、豆甾二烯酮、麦角甾烯醇、β-谷甾醇乙酸酯、Δ⁷-豆甾烯醇乙酸酯、Δ⁵-麦角甾烯醇乙酸酯等^[21-23]。

1.3 有机酸类及酚类

沙棘中含有大量的有机酸,如苹果酸、柠檬酸、琥珀酸、奎尼酸、酒石酸、乳酸、抗坏血酸、丁二酸、草酸、没食子酸、芥子酸、龙胆酸、水杨酸、咖啡酸、肉桂酸等,其中,以奎尼酸和苹果酸为主,有机酸的总量为 3.86%~4.52%^[19,24-27]。沙棘果实中含有苹果酸、柠檬酸、酒石酸、奎宁酸、草酸和琥珀酸,除叶子外,根茎和其他器官内均含有琥珀酸、酸模酸^[1,18]。沙棘中的多酚类化合物主要存在于沙棘叶、果实、根及种子中^[28],其中,主要以没食子酸、儿茶素为母核的多酚类化合物有近 30 多种^[5],主要包括乌索酸、β-香豆素及原儿茶酸、没食子酸、咖啡酸、对香豆酸、阿魏酸、芥子酸、龙胆酸、水杨酸、肉桂酸、绿原酸、香草酸等酚酸^[19,29]。

1.4 油和脂肪酸类

沙棘不同部位中均含有丰富的脂肪油、脂肪酸及挥发油类成分,通常沙棘油是指种子油和果肉油,其中,沙棘种子的含油量高达 9%~18%,果实中的含油量为 2%~5%,果肉中的含油量为 3%~9%^[30],其中,脂肪酸种类主要有月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、十六稀酸、硬脂酸等^[5]。此外,

沙棘果油和籽油中含有大量的不饱和脂肪酸如油酸、亚油酸、亚麻酸等,总含量高达66.92%、86.52%,沙棘籽中不饱和脂肪酸高达80%。其中,单不饱和脂肪酸分别为53.71%、26.05%,多不饱和脂肪酸分别为13.21%、60.47%^[11-31]。

早在20世纪初,人们就已经在沙棘果中发现了200多种沙棘挥发油成分。利用GC-MS联用技术,从沙棘果实中分离得到77种挥发油成分,以分子量较小的烷烃类如壬烷、辛烷等为主要成分,同时,还有3-甲基-2-丁醇、糠醛及棕榈酸等醇类、醛类、低级脂肪酸类^[32-33]。通过GC-MS联用技术,从沙棘果实中分离得到46个挥发油成分,其中,包括糠醛、苯甲醛、苯甲酸乙酯、8-十七烷烯、2-十三烷酮、十二碳烯醇、香叶基丙酮、白苏酮、4,5-二甲基壬烷、苯甲酸异戊酯、十八碳醛、法尼基丙酮、十六烷醛、二十二烷、二十五烷、二十八烷、肉豆蔻酸、十五烷酸、棕榈酸、岩芹酸等^[34]。

1.5 生物碱

沙棘果实中除了含有大量的黄酮类化合物等较为特征的化合物之外,还含有一定量的生物碱^[24,35]。通过生物碱碘-碘化钾试剂显色方法得知沙棘籽粕中含有生物碱成分。对沙棘进行分离纯化,得到了一种生物碱成分,但未能准确鉴定其结构。使用乙醇对沙棘籽粕进行提取,并使用萃取、柱层析手段从乙醇提取液中分离出总生物碱。通过分离纯化沙棘籽粕生物碱,得到生物碱5,11-二羟基色胺、5-羟色胺和Shepherdine。从沙棘籽粕中分离出了两种新型有机酰胺生物碱4-[(E)-p-连翘基氨基]-1-丁醇(1)、4-[(Z)-p-香豆酰氨基]-1-丁醇(2)和一种吡啶并吡啶类生物碱^[36]。

1.6 多糖类

沙棘中含有大量的多糖类成分,其中,含可溶性糖8%~15%,葡萄糖和果糖占总糖量的80%。其不同部位含有的多糖量不同,顺序依次为:沙棘果>沙棘果皮>沙棘叶,沙棘果实中含有的多糖多以阿拉伯糖、木糖、半乳糖、甘露糖、鼠李糖、葡萄糖、果糖等单糖构成^[37-40];沙棘叶中的多糖则以鼠李糖、阿拉伯糖、甘露糖、葡萄糖和半乳糖等5种单糖构成^[41]。

1.7 维生素类及微量元素

沙棘成熟鲜果和枝叶中含有多种营养成分,

其中,维生素类主要有Vit A、Vit C、Vit E、Vit F、Vit K₁、Vit P、Vit B₁、Vit B₂、Vit B₁₂等^[5-42]。此外,沙棘成熟鲜果中含有糖类、果胶、鞣质、脂肪、总类胡萝卜素、蛋白质、果胶质、水溶性糖类、灰分;沙棘茎叶中含有多种微量元素,特别是一些人体必需的微量元素铁、硒、钾、钠、钙、镁等元素的含量很高^[43-44]。对俄罗斯大果沙棘叶中的营养成分进行分析并发现其中含粗灰分、粗脂肪、粗蛋白、粗纤维、磷、无氮浸出物^[39]。

1.8 其他成分

沙棘果和叶中均含有一定量的蛋白质和种类丰富的氨基酸,如赖氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、甲硫氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸等8种必需氨基酸,以及其他一些如天门冬氨酸、脯氨酸、谷氨酸等含量较高的氨基酸,还有其它各种痕量氨基酸^[35,38]。此外,沙棘中含有大量的超氧化物歧化酶(SOD)、卵磷脂、脑磷脂等磷脂类化合物^[45]。

2 沙棘的药理作用

2.1 增强免疫功能

沙棘果实和叶片提取物对免疫系统具有不同程度的调节能力。通过研究沙棘粉对辐射损伤小鼠的保护及免疫功能作用,证明了沙棘粉对X射线辐射损伤小鼠具有一定的增强免疫及保护作用,特别对于体液免疫有明显的调节作用^[46]。沙棘叶和果实的乙醇提取物能够抑制铬诱导的氧化损伤,且具有显著的细胞保护特性,证明了沙棘对机体具有抗氧化和免疫调节功效^[47]。将沙棘叶片超临界二氧化碳提取物先后在由内毒素诱导引起的败血症及对破伤风和白喉类毒素引起的的体液免疫和细胞免疫方面的作用进行了研究,证明了其提取物可用于治疗败血症,且对由破伤风和白喉类毒素引起的体液免疫和细胞免疫有增强作用^[48]。通过建立佐剂诱导的关节炎大鼠模型,来评估沙棘叶提取物的免疫调节活性,结果证明:沙棘叶提取物具有显著的抗炎活性且具有治疗关节炎的潜力^[49]。应用乙酸引起小鼠腹腔毛细血管通透性亢进炎症模型,研究并证明了五味沙棘散具有免疫调节和抗感染作用^[50]。

2.2 抗氧化

沙棘中所富含的维生素类、黄酮类及多酚类

化合物等有效成分均具有较强的抗氧化作用,也是很有效的活性氧清除剂和脂质抗氧化剂。对沙棘种子水提取物、沙棘种子油、沙棘叶提取物中富含酚的部分及沙棘果实醇提物、水提物及沙棘膏进行体外抗氧化活性测定试验,结果表明:沙棘不同部位的提取物对 DPPH 自由基都具有一定的清除能力,同时证明了沙棘不同部位提取物具有一定的抗氧化活性及抗脂质过氧化作用^[51-53]。沙棘叶和果实的乙醇提取物对硝普钠诱导的 J-774 巨噬细胞细胞毒性的抗氧化活性,后续对沙棘叶和果实乙醇提取物对铬诱导的氧化应激的保护作用进行了研究。证明沙棘叶和果实乙醇提取物对硝普钠诱导的氧化应激具有显著的保护作用,且可保护大鼠免受铬诱导的氧化损伤^[54-55]。

2.3 抗衰老

沙棘黄酮对 D-半乳糖致衰老大鼠具有抗衰老和提高机体非特异型免疫的功能^[56]。柳叶沙棘籽油对竭力运动后小鼠组织的衰老具有一定的延缓作用,并具有一定的安全性^[57]。沙棘籽粕醇提物对 D-半乳糖诱导致衰老小鼠具有一定的抗氧化功效,并在细胞水平上证明了沙棘籽粕醇提物具有自由基清除能力及抗衰老功效^[58]。

2.4 治疗心血管疾病

肝脏和脂肪组织是沙棘黄酮调节糖、脂代谢的主要靶组织,其通过调节肝脏和脂肪组织中相关基因的表达、改善肝脏和脂肪组织功能来实现的^[59]。沙棘籽粕中提取的总黄酮通过改善胰岛素敏感性和阻断血管紧张素信号途径发挥其抗高血压作用,证明了沙棘籽粕可用于治疗心血管疾病非糖尿病患者的高胰岛素血症^[60]。沙棘籽油还具有减少血脂异常、心血管危险因素和高血压方面的功效^[61],其原因可能是由于沙棘油中存在 $\omega-3$ 和 9 脂肪酸。通过建立大鼠急性心肌梗塞模型,研究并证明了沙棘抗心肌缺血作用较为明显的部位为非黄酮部位,并且其抗心肌缺血作用是多部位、多组分共同作用的结果。沙棘乙醇提取物对大鼠离体心脏缺血再灌注损伤具有一定的保护作用,且揭示了其作用机制可能与自噬相关^[62]。通过建立高脂血症大鼠模型,研究并证明了沙棘叶提取物具有调节实验性高脂血症大鼠血脂和控制体重的作用^[63]。

2.5 降血糖

文献采用小鼠高血糖模型降糖实验方法证明沙棘果渣总黄酮可明显降低高血糖小鼠的空腹血糖^[60-64]。文献研究并考察了沙棘叶多酚提取物的体外降糖能力,证明了沙棘叶多酚提取物 B 对猪胰 α -淀粉酶具有一定的抑制作用^[65]。对沙棘叶粗多糖通过体外酶动力学研究、体内小鼠耐糖量模型和糖尿病小鼠模型实验研究,证明了沙棘叶粗多糖具有良好的降糖作用。

2.6 保护肝脏

沙棘多糖和沙棘籽油在护肝方面有显著的药理作用。沙棘可保护氧化胆固醇诱导的肝毒性,可改善体重的下降和肝脏中谷胱甘肽(GSH)等生化指标的水平,增加肝肾重量与体重比,同时还降低了丙氨酸转氨酶(ALT)、天冬氨酸转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)的在血浆中的含量^[66]。沙棘多糖对对乙酰氨基酚(APAP)诱导的肝毒性的保护作用及机制,揭示了沙棘多糖抑制 APAP 诱导的 JNK 磷酸化并增加 Bcl-2/Bax 的比例,降低 Keap-1 的表达并增加了 Nrf-2 的核表达^[41]。同时,沙棘多糖对 APAP 诱导的小鼠急性肝损伤引起的 AST 和 ALT 水平增加有明显的抑制作用,还抑制了 TLR4 和 p-JNK 的表达。此外,沙棘多糖对脂多糖(LPS)及 D-半乳糖(D-Gal N)诱导所致小鼠急性肝损伤具有一定的保护作用,其作用机制可能与其抗氧化和抗炎活性以及与上调 SOD2 的表达以及抑制 Bax 的表达有关^[67-68]。

沙棘籽油也有显著的护肝作用,可显著降低 CCl₄ 造模的肝纤维化大鼠血清中的 ALT、AST 水平^[69]。还可显著促进肝脏中的甘油三酯和胆固醇向肝外转运,同时,对实验性大鼠肝纤维化肝脏中 TIMP-1 基因的表达有抑制作用。使用 CCl₄ 对小鼠进行诱导性肝损伤造模并使用沙棘种子油及沙棘叶黄酮进行治疗给药,结果表明:沙棘种子油的保肝作用与水飞蓟素的保肝作用相当,该结论也从小鼠的肝脏组织病理学方面得到支持,同时,也说明一定剂量的沙棘叶黄酮对小鼠急性肝损伤有保护作用^[70-71]。

2.7 治疗胃肠道疾病

利用体外模拟肠道模型,研究并揭示了沙棘浆果汁中的多酚对结肠微生物组成和多样性具有一定的影响^[72]。沙棘原花青素可以明显降低

溃疡指数,提高血浆 EGF 的水平,降低血浆 NO 浓度的调节来促进大鼠细胞的增殖而抑制细胞凋亡,实现对应激性胃溃疡的保护作用^[73]。此外,沙棘籽油能明显地抑制幽门结扎引起的胃溃疡,使胃蛋白酶的活性、胃液量和游离酸量明显降低,说明沙棘籽油具有显著地抑制实验性胃溃疡的功能,并且表现为胃蛋白酶活性和游离酸的降低^[74]。

2.8 妇科疾病

文献使用复方沙棘籽油栓与甲硝唑联合用药,来用于临床治疗萎缩性阴道炎。同时,有研究发现复方沙棘籽油栓对子宫/宫颈病变行全子宫切除术术后阴道残端息肉有一定的治疗作用,且无复发^[75-76]。

2.9 其他作用

沙棘叶的提取物对脂多糖(LPS)诱导的小鼠巨噬细胞系 RAW 264.7 以剂量依赖的方式显著性抑制 NO 的产生,并具有治疗炎症疾病的潜力^[77]。此外,沙棘黄酮糖苷配基和黄酮醇单糖苷与抗流感的活性高度相关。另外,沙棘中的黄酮类化合物有消炎及促进毛细血管血液循环的作用,因此,沙棘对慢性咽炎、哮喘、咳嗽等呼吸系统疾病的治疗均有很好的作用,并且能显著地增加心脏的收缩和舒张功能,有明显的抗心肌缺血及抗心律失常作用^[5]。沙棘油含有多种生理活性物质,是天然镇痛药,具有促进组织的再生和上皮组织的愈合,可用于治疗烧伤、烫伤、褥疮及其他皮肤病,并且沙棘油有一定抗肿瘤、抗抑郁及抗辐射作用,是保护人体组织损伤比较理想的制剂^[78-81]。

3 结论

沙棘作为一种药食同源植物,不仅含有大量的营养成分,还有多种生物活性物质,具有很好的营养保健作用和药用价值,我们应该合理地开发和利用沙棘资源,使其具有极大的开发价值,创造更多的社会效益。

参考文献:

- [1] 葛孝炎,史国富. 沙棘化学成分的研究概况[J]. 中草药, 1986, 8: 42-44.
- [2] 徐国钧. 中草药彩色图谱[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1997.
- [3] 王瑞琴, 杨晓光, 许文婷, 等. 沙棘多糖的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 221-224.
- [4] 侯冬岩, 回瑞华, 李铁纯, 等. 沙棘的研究进展[J]. 鞍山师范学院学报, 2002, 4(1): 49-53.
- [5] 李淑珍, 武飞, 陈月林, 等. 沙棘活性成分及功效研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2015, 24(1): 51-53.
- [6] 李海丽. 沙棘化学成分及药用价值分析[J]. 甘肃科技纵横, 2005, 34(1): 54-100.
- [7] 刘朵花, 李建辉, 吴伸. 沙棘果肉和叶中黄酮类化合物组分的比较研究[J]. 沙棘, 1999, 12(3): 28-30.
- [8] 秦莉, 程文杰, 王军扬, 等. 四种沙棘枝叶总黄酮含量的比较研究[J]. 家畜生态报, 2013, 34(2): 45-59.
- [9] 王尚义. 沙棘果渣提取与精制沙棘黄酮的研究及工业化分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学硕士学位论文, 2007.
- [10] 士小宁, 白婧, 张春, 等. 三种沙棘(海滨沙棘、中国沙棘、蒙古沙棘)果实的黄酮醇苷成分[J]. 国际沙棘研究与开发, 2006, 4(4): 21-24.
- [11] 邢金香. 沙棘不同部位总黄酮含量的比较研究[J]. 山西林业科技, 2018, 47(3): 4-5.
- [12] 杨亮, 叶蓁, 李教社, 等. 中国沙棘叶化学成分的研究(III)[J]. 沙棘, 2005, 17(4): 28-29.
- [13] 陈维, 张浩, 顾恒, 等. 中国沙棘果实中的黄酮苷类成分[J]. 华西药学杂志, 2007, 22(4): 367-370.
- [14] 雍正平, 陈维, 张浩, 等. 中国沙棘果实的化学成分及其体外抗氧化活性研究[J]. 华西药学杂志, 2010, 25(6): 633-636.
- [15] 刘江, 徐硕, 宋秋月, 等. 沙棘种子化学成分研究[J]. 亚太传统医药, 2012, 8(4): 26-28.
- [16] 滕晓萍, 王宏昊, 花圣卓, 等. HPLC 法测定沙棘叶、果实、枝条中齐墩果酸和熊果酸的含量[J]. 国际沙棘研究与开发, 2013, 11(4): 1-3, 28.
- [17] 周武, 胡娜, 王煜伟, 等. 柱前衍生高效液相色谱-荧光检测/质谱联用测定青藏高原产沙棘果实中的 5 种三萜成分[J]. 华西药学杂志, 2018, 33(5): 535-538.
- [18] 王文娟. 青海沙棘总三萜含量与树龄和部位的关系[J]. 草业科学, 2014, 31(2): 342-345.
- [19] 刘勇, 廉永善, 王颖莉, 等. 沙棘的研究开发评述及其重要意义[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(9): 1547-1552.
- [20] 江贞仪, 李国锋, 姜厚理, 等. 沙棘种子抗胃溃疡活性成分的分离与鉴定[J]. 第二军医大学学报, 1987, 5: 336-337.
- [21] 党权. 沙棘(*Hippophae Rhamnoides*. L) 果实的化学成分研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学硕士学位论文, 2008.
- [22] 郭震. 沙棘果实化学成分的分离与鉴定[J]. 转化医学电子杂志, 2015, 2(4): 123-124.
- [23] 阮栋梁, 杨晓静, 李和. 沙棘叶中甾醇的分离与鉴定[J]. 沙棘, 2004, 17(2): 18-21.
- [24] 徐德平, 胡长鹰, 梅金龙, 等. 沙棘籽粕中生物碱及其抗心肌缺血活性[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(6): 937-939.
- [25] 刘瑞, 张弘弛. 沙棘化学成分的研究进展[J]. 山西大同大学学报: 自然科学版, 2009, 25(2): 43-44, 54.

- [26] 吴紫洁, 阮成江, 李贺, 等. 12 个沙棘品种的果实可溶性糖和有机酸组分研究[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(4): 106-112.
- [27] 陆敏, 张绍岩, 张文娜, 等. 高效液相色谱法测定沙棘汁中 7 种有机酸[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 235-237.
- [28] 牟丹, 唐楠, 黄原林, 等. 沙棘、青海云杉、祁连圆柏总多酚含量的比较研究[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(11): 2879-2881.
- [29] 苏海兰, 魏娟, 毕阳, 等. 超声波辅助提取中国沙棘浆果多酚的工艺优化及其成分分析[J]. 食品与发酵科技, 2017, 53(6): 34-41.
- [30] 陆燕誉. 药用沙棘油[J]. 中国中药杂志, 1989, 14(1): 57-59.
- [31] 薄海波, 秦榕. 沙棘果油与沙棘籽油脂肪酸成分对比研究[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 378-381.
- [32] 胡兰, 热娜, 卡斯木. 两产地沙棘挥发油中化学成分的比较[J]. 华西药学杂志, 2009, 24(2): 152-154.
- [33] 胡兰, 热娜, 卡斯木. 新疆产中国沙棘挥发油成分的 GC-MS 分析[J]. 新疆医科大学学报, 2008, 31(6): 654-655.
- [34] 卢金清, 唐瑶兴, 杨珊, 等. 沙棘挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 中国现代中药, 2011, 13(7): 35-37.
- [35] 邵晓曦, 孙婧, 曹露晔. 沙棘籽粕中生物碱的提取及抗炎镇痛作用研究[J]. 时珍国医国药, 2013, 24(5): 1140-1142.
- [36] Yang JO, Zhou WN, Wang HL, et al. Three new alkaloids from *Hippophae rhamnoides* Linn. subsp. *sinensis* Rousi [J]. *Helvetica Chimica Acta* 2015, 98(9): 1287-1291.
- [37] 蔡菲, 安美忱, 刘安妮. 超声波法优化沙棘果实多糖及结构的初步研究[J]. 农产品加工, 2018, 3(5): 13-16.
- [38] 郭海, 赵明, 郭敏. 三种沙棘浆果成熟过程中的糖、有机酸、黄酮醇和类胡萝卜素组分的变化[J]. 国际沙棘研究与开发, 2009, 7(3): 36-44.
- [39] 祝敏, 展俊岭, 杨洁, 等. 沙棘叶多糖提取方法及生物活性研究现状[J]. 化工时刊, 2018, 32(12): 36-38.
- [40] 武美馥, 周鸿立. 沙棘多糖的研究进展[J]. 吉林化工学院学报, 2018, 35(5): 46-49.
- [41] 王昕旭, 王雪, 张晓慧, 等. 沙棘多糖对扑热息痛诱导的小鼠肝损伤保护作用的研究[J]. 中国免疫学杂志, 2018, 34(7): 972-975.
- [42] 刘安典, 王俊峰, 秦三民, 等. 陕西沙棘叶片主要微量元素与维生素含量分析[J]. 沙棘, 2001, 14(4): 17-19.
- [43] 魏增云, 陈金娥, 张海容. 沙棘的活性化学成分与医疗应用[J]. 沂州师范学院学报, 2010, 26(5): 46-48.
- [44] 吕荣森. 沙棘属(*Hippophae* L.) 植物的系统化学成分分析初报[J]. 国际沙棘研究与开发, 2004, 2(1): 1-3.
- [45] 王葳. 抗氧化剂植物-沙棘. 植物杂志, 1990, 17(6): 10-11.
- [46] 杨芳, 索有瑞, 胡娜. 沙棘 Vp 对辐射损伤小鼠的保护及免疫功能作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(12): 1947-1951.
- [47] S Geetha, M Sai Ram, V Singh, et al. Anti-oxidant and immunomodulatory properties of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) - an *in vitro* study[J]. *J Ethnopharmacology*, 2002, 79(3): 373-378.
- [48] Jayashankar, D Singh, H Tanwar, et al. Augmentation of humoral and cellular immunity in response to Tetanus and Diphtheria toxoids by supercritical carbon dioxide extracts of *Hippophae rhamnoides* L. leaves [J]. *Int Immunopharmacol*, 2017, 44: 123-136.
- [49] Lilly Ganju, Yogendra Padwad, Richa Singh, et al. Anti-inflammatory activity of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves [J]. *Int Immunopharmacol*, 2005, 5(12): 1675-1684.
- [50] 包桂兰, 白月辉, 汤文莉, 等. 五味沙棘散的抗感染及免疫调节作用[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(14): 3399-3400.
- [51] MS Yogendra Kumar, RJ Tirpude, DT Maheshwari, et al. Antioxidant and antimicrobial properties of phenolic rich fraction of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves *in vitro* [J]. *Food Chem* 2013, 141(4): 3443-3450.
- [52] Wei EW, Yang R, Zhao HP, et al. Microwave-assisted extraction releases the antioxidant polysaccharides from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries [J]. *Int J Biolog Macromol* 2019, 123: 280-290.
- [53] 李亚真, 杜蕾蕾, 陈维, 等. 沙棘膏制备过程中黄酮类成分及抗氧化活性的变化研究[J]. 华西药学杂志, 2014, 29(4): 407-409.
- [54] S Geetha, M SaiRam, V Singh, et al. Effect of seabuckthorn on sodium nitroprusside-induced cytotoxicity in murinemacrophages [J]. *Biomed Pharmacother* 2002, 56(9): 463-467.
- [55] S Geetha, M SaiRam, SS Mongia, et al. Evaluation of antioxidant activity of leaf extract of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) on chromium(VI) induced oxidative stress in albino rats [J]. *J Ethnopharmacology*, 2003, 87(2-3): 247-251.
- [56] 冯欣欣, 于文会, 柏慧敏, 等. 沙棘黄酮抗衰老作用及对大鼠非特异性免疫功能的影响研究[J]. 中兽医医药杂志, 2015, 34(5): 5-9.
- [57] 葛晓燕, 房磊. 柳叶沙棘籽油对耐力运动后小鼠抗衰老能力的影响[J]. 动物医学进展, 2017, 38(12): 64-67.
- [58] 张佳婵, 王昌涛, 赵丹, 等. 沙棘粕醇提物的定性定量分析及其对衰老小鼠肝脏抗氧化指标的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(2): 229-238.
- [59] 王捷思. 沙棘籽渣黄酮对糖、脂代谢的调控及机理探讨[D]. 上海: 华东师范大学硕士学位论文, 2011: 1-123.
- [60] Pang XF, Zhao JJ, Zhang W, et al. Antihypertensive effect of total flavones extracted from seed residues of *Hippophae rhamnoides* L. in sucrose-fed rats [J]. *J Ethnopharmacology*, 2008, 117(2): 325-331.
- [61] V Vivek, B Kalpana, K Ashish, et al. Effect of seabuckthorn seed oil in reducing cardiovascular risk factors: A longitudinal

- controlled trial on hypertensive subjects [J]. *Clinical Nutrition* 2017, 36(5): 1231–1238.
- [62] 吕恒慧. 沙棘果中活性物质的提取及其对心脏保护作用的研究[D]. 济南: 山东师范大学硕士学位论文, 2016.
- [63] 何跃生, 于云, 曲树明. 沙棘叶提取物对高脂血症大鼠的调血脂作用[J]. *中药药理与临床*, 2007, 23(5): 144–145.
- [64] 孙琛, 冯野, 谢培, 等. 沙棘果渣总黄酮的降血脂及降血糖作用[J]. *世界中医药* 2018, 13(1): 142–145.
- [65] 柳梅, 任璇, 姚玉军, 等. 沙棘叶多酚提取物抗氧化及体外降血糖活性研究[J]. *天然产物研究与开发* 2017, 29(6): 1013–1019.
- [66] YH Yeh, YL Hsieh, YT Lee, *et al.* Dietary seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) reduces toxicity of oxidized cholesterol in rats [J]. *e-SPEN J* 2012, 7(2): 69–77.
- [67] 张晓慧, 宋亮, 赵世敏, 等. 沙棘多糖对脂多糖诱导的小鼠急性肝损伤的保护作用[J]. *内蒙古农业大学学报: 自然科学版* 2017, 38(3): 1–7.
- [68] 刘芳, 赵世敏, 张威, 等. 沙棘多糖对急性肝损伤小鼠氧化应激的抑制作用及其对 BCL-2/Bax 和 PPAR- γ 的调控[J]. *中国免疫学杂志* 2016, 32(3): 358–361.
- [69] 侯龙辉. 沙棘籽油对实验性大鼠肝纤维化肝脏中 TIMP-1 表达的影响[D]. 西宁: 青海大学硕士学位论文, 2016.
- [70] 李淑珍, 武飞, 杨宁, 等. 沙棘叶黄酮对小鼠急性肝损伤的保护作用[J]. *四川师范大学学报: 自然科学版* 2016, 39(5): 765–769.
- [71] S Attri, G Goel. Influence of polyphenol rich seabuckthorn berries juice on release of polyphenols and colonic microbiota on exposure to simulated human digestion model [J]. *Food Res Inter* 2018, 111: 314–323.
- [72] 徐晓云, 潘思轶, 谢笔钧, 等. 沙棘原花青素对应激性胃溃疡大鼠上皮细胞凋亡与增殖的影响[J]. *中国药理学通报* 2006, 22(11): 1329–33.
- [73] 江京俐, 周远鹏. 沙棘籽油抗实验性胃溃疡和作用机制的研究[J]. *中药新药与临床药理* 2000, 11(1): 25–28.
- [74] 张美兰. 复方沙棘籽油栓与甲硝唑联合治疗萎缩性阴道炎的临床效果[J]. *黑龙江中医药* 2018, 47(5): 139–140.
- [75] 袁淑娜. 复方沙棘籽油栓治疗子宫切除术后阴道残端息肉的临床疗效观察[J]. *药品评价* 2018, 15(22): 31–33.
- [76] Y Padwad, L Ganju, M Jain, *et al.* Effect of leaf extract of Seabuckthorn on lipopolysaccharide induced inflammatory response in murine macrophages [J]. *Int Immunopharmacol*, 2006, 6(1): 46–52.
- [77] G Enkhtaivana, KMM Johna, Muthuraman Pandurangan *et al.* Extreme effects of Seabuckthorn extracts on influenza viruses and human cancer cells and correlation between flavonol glycosides and biological activities of extracts [J]. *Saudi J Biological Sci* 2017, 24(7): 1646–1656.
- [78] 刘雪梅, 张亚婷. 沙棘油对鼠 H₂₂ 肝癌影响的研究[J]. *赤峰学院学报: 自然科学版* 2018, 34(12): 82–83.
- [79] 田俊生, 郝晓芬, 张丽增, 等. 沙棘油抗抑郁作用[J]. *食品科学* 2013, 34(19): 279–283.
- [80] 张晓凤, 薛延团, 张育浩, 等. 沙棘甾醇对酒精性胃黏膜损伤的保护作用[J]. *华西药学杂志* 2020, 35(1): 37–42.
- [81] 花圣卓, 许涛, 王宏昊, 等. 沙棘中抗辐射损伤成分及其作用机理浅析[J]. *国际沙棘研究与开发* 2012, 10(3): 12–16.

收稿日期: 2007–10–12