

高娟娟, 李栋, 苏丹, 等. 沙棘果油的提取工艺及其营养因子应用研究进展 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(13): 400–407. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060224

GAO Juanjuan, LI Dong, SU Dan, et al. Research Progress on the Extraction Technology of Seabuckthorn Fruit Oil and the Application of Nutritional Factors[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(13): 400–407. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060224

· 专题综述 ·

沙棘果油的提取工艺及其营养因子应用研究进展

高娟娟, 李 栋, 苏 丹, 吴天琪, 赵俊梅, 张雯萱, 宋 颖, 高 山*

(河北科技大学食品科学与工程学院, 河北石家庄 050000)

摘 要: 沙棘果油中含有丰富的生物活性物质, 主要包括不饱和脂肪酸、类胡萝卜素、甾类化合物和生育酚等多种成分, 对人体有着多方面的保健作用, 在医药、食品以及化妆品等多个领域有着广泛的应用。该文章主要介绍了有关沙棘果油的五种提取工艺, 分别为有机溶剂提取法、压榨离心法、酶法提取、超临界 CO₂ 萃取法、超声波辅助法, 并对沙棘果油不同提取工艺的得油率、优点以及缺点进行了对比, 同时对沙棘果油的功效成分、保健作用及其在各个领域的开发利用情况进行概述, 以为沙棘果油产业的发展提供理论基础和依据。

关键词: 沙棘果油, 提取工艺, 营养因子, 功能特性, 应用

中图分类号: TS221

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)13-0400-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060224

本文网刊:



Research Progress on the Extraction Technology of Seabuckthorn Fruit Oil and the Application of Nutritional Factors

GAO Juanjuan, LI Dong, SU Dan, WU Tianqi, ZHAO Junmei, ZHANG Wenxuan, SONG Ying, GAO Shan*

(College of Food Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: Seabuckthorn fruit oil is rich for bioactive substances, mainly including unsaturated fatty acids, carotenoids, steroids and tocopherols, which has specific health functions and been widely used in medicine, food and cosmetics. This paper mainly introduces the five extraction processes of seabuckthorn fruit oil, which are organic solvent extraction, squeezing and centrifugation, enzymatic extraction, supercritical CO₂ extraction, and ultrasonic assisted method. The oil yield, advantages and disadvantages of different extraction processes of seabuckthorn fruit oil are compared. The functional components, health function and the development and utilization in various fields of sea buckthorn fruit oil are summarized. The paper provides theoretical basis for the development of seabuckthorn fruit oil industry.

Key words: seabuckthorn fruit oil; extraction process; nutritional factors; functional features; utilization

沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.), 也叫酸柳、酸刺、黑刺、醋刺柳、沙枣, 内蒙古叫酸溜溜等, 是一种用途广泛的野生植物, 属胡颓子科(Elaeagnaceae)沙棘属的灌木或小乔木, 目前广泛分布于亚洲、欧洲和北美^[1-2]。中国是世界上天然沙棘种质资源最丰富的国家, 也是人工种植沙棘面积最大的国家, 同时也是沙棘资源利用最早的国家^[3-5]。作为一种药食同源性的植物, 沙棘不仅具有防风固沙、固土保肥和净化

空气等生态效益, 同时由于其具备丰富的营养物质而用于保健功能产品的开发利用。沙棘油是一种提取自沙棘籽、沙棘果肉和沙棘全果的特种油脂, 根据提取部位不同, 从沙棘中分离得到的油可分为三种, 分别为沙棘果油、沙棘籽油和全果油。成熟的沙棘种子中含 5.62%~19.51% 的沙棘籽油, 果肉约含沙棘果油 2.02%~34.26%^[6]。这些油均富含多不饱和脂肪酸、维生素 E、植物甾醇、类胡萝卜素和生育酚等生

收稿日期: 2021-06-29

作者简介: 高娟娟(1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: 1813032554@qq.com。

* 通信作者: 高山(1989-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 食品科学, E-mail: gaoshanmyday@163.com。

物活性成分。

沙棘果油作为一种功能性油脂,伴随着果汁的加工提取出来的,具有独特的脂肪酸组成,不仅富含油酸和亚油酸,其棕榈油酸含量明显高于一般植物油。此外,沙棘果油中还含有人体必需的多种营养活性成分,包括生育酚、植物甾醇、类胡萝卜素、黄酮等脂质伴随物,起到优异的抗氧化效果,具有开发为营养功能丰富的脂肪乳饮料的潜在价值^[7-9]。沙棘果油生物活性物质优于沙棘籽油,其非皂化质成分是沙棘籽油的 2 倍多^[10]。在功效上具有保护心脏、抗氧化、抗癌、抗高脂血症及治疗心血管疾病等多种药用及保健价值^[11]。有相关临床试验表明,沙棘果油可显著缩短复发性阿弗他溃疡(RAU)愈合时间和疼痛时间,对重型复发口腔溃疡有明显疗效^[12]。沙棘果油作为特种功能性油脂,在食品、医药保健品、化妆品等领域已经有了广泛的应用。

目前有关沙棘果油的提取方法有机溶剂提取法、压榨离心法、酶法、超临界萃取法以及超声波辅助酶法提取,提取方法不同对应沙棘果油油脂得率以及果油中多种生物活性成分含量也存在较大差异。因此,本论文主要综述了沙棘果油现有的提取工艺研究进展,比较了不同提取工艺的优缺点以及对沙棘果油得油率的影响,同时对沙棘果油的功效成分、保健作用及其在各个领域的开发利用情况进行概述,以期对沙棘果油产业化进程提供理论基础与依据。

1 沙棘果油的提取方法

沙棘果油的提取工艺包括有机溶剂提取法、压榨离心法、酶法提取法、超临界 CO₂ 萃取法、超声波辅助法等,工业生产中使用最多的是有机溶剂提取法。

1.1 有机溶剂提取法

有机溶剂提取法是从固体物中萃取化合物的一种方法,是经典的油脂提取方法。赵统超等^[13]利用响应面分析法考察料液比、提取时间、离心转速对索氏提取对沙棘果油得油率的影响,研究结果表明最佳的提取工艺为用石油醚(60~90 ℃)按照料液比 1:8,提取时间 3.5 h,离心转速 9350 r/min,最佳得油率为 21.9%。该方法实验操作步骤简单,仪器设备要求低,得油率高,适宜用于工业化生产。但由于在实验过程中用到大量的有机溶剂,所以对环境有较大的污染。近年来,由于有机溶剂提取法与超声波辅助提取法相结合的提取技术具有提油效率高、提取时间短,可提高油脂品质等优点被广泛应用于天然产物的提取^[14]。

1.2 压榨离心法

采用压榨离心法提取沙棘果油的工艺较为简单、稳定。李炜等^[15]为提高沙棘果油的提取率,通过正交实验设计法,以果油收率和棕榈酸的含量为指标,优选沙棘果浆压榨离心提取沙棘果油的工艺参数。研究结果表明,最佳的压榨离心提取工艺参数为:果浆加热至 60 ℃,以 8000 r/min 离心 10 min。压

榨离心法提取沙棘果油与前文提到的有机提取法相比具有安全、绿色、设备和工艺简单和投资小等优点。同时,使用压榨离心法提取沙棘果油对沙棘果油中的功效成分棕榈油酸的破坏性较小,提取率高。但该方法最大的缺点是沙棘果油的提取率不足 1%,不适用生产大批量的沙棘果油。因此,现关于沙棘果油的提取方法中很少用到压榨离心法。

1.3 酶法提取法

应用酶法提取沙棘果油的种类较多,有复合酶法提取、水酶复合法提取以及单一的果胶酶法提取沙棘果油,而复合酶法提取时,酶的种类又分为很多种。当使用复合酶法提取使用的酶种类较多时,就会导致加工成本的提高。而当使用单一的酶进行提油时,由于沙棘果的细胞壁组成结构较为复杂,用单一的酶提油其出油率也会下降。在工业生产中为了降低成本同时提高沙棘果油的提取效率,有学者研究可通过水酶复合法提取沙棘果油。酶法提取沙棘果油安全温和而无毒害,反应彻底,提取率高,提取后的果汁易于进行澄清处理,有利于后续澄清沙棘果汁的加工,有望解决沙棘果汁分层的难题。陈松等^[16]以沙棘果浆为原材料通过水酶复合法来提取沙棘果油,通过正交实验确定了水酶复合提取法的最佳工艺参数为:沙棘果浆 pH 为 3,果胶酶添加量 0.3%,在 55 ℃下酶了反应 4 h,按料水比 1:1.0 加入热水,于 70 ℃下作用 2 h。在最佳条件下沙棘果浆出油效率高达 91%左右。康健等^[17]从成本和提油率两方面出发考虑最终选择用果胶酶和胃蛋白酶作为最终提油时使用的复合酶。研究结果表明,酶法提取沙棘果油的最佳工艺条件:果胶酶用量 0.50%、胃蛋白酶用量 0.15%、提取时间 6 h、酶解温度 55 ℃,此条件下果油得率 4.946%,最佳工艺条件下的果油提取率为 82.16%~97.17%。酶法提取沙棘果油由于该方法在提取过程中容易出现乳化现象,因此只适用于实验中而很少用于工业生产。

1.4 超临界 CO₂ 萃取法

超临界 CO₂ 流体萃取(SFE)是利用超临界流体的溶解能力与其密度的关系,即利用压力和温度对超临界流体溶解能力的变化而进行的。由于超临界 CO₂ 萃取法提取效率高、安全性高、耗能较少,萃取物价格低廉,使得该技术在食品工业、医药工业以及化学工业等各个领域有着广泛的应用。研究表明,用超临界和亚临界萃取技术获得的果油中无溶剂残留现象,且油品质量高,能保护其中的生物活性物质不被破坏^[18-19]。

在沙棘果油的提取中,为获得高出油率且原有营养因子的生物活性物质最大限度的保留的沙棘果油,郑宏伟等^[20]研究表明萃取沙棘油的最佳工艺参数:萃取压力选择为 26 MPa、萃取温度 47 ℃、萃取时间 4 h、CO₂ 流速 7 kg/h、分离压力 6.0 MPa,在此工艺条件下沙棘油萃取率 5.82%。Šťastová等^[21]用

该方法对比研究沙棘果实和沙棘种子的提油率,发现使用该方法提取到的沙棘果油的含量更高,其主要原因可能是由于果油在二氧化碳中的溶解度高于籽油。Xu 等^[22]用该方法提取沙棘果实中的沙棘果油,最终沙棘油得率为 20.8%,结果与郑宏伟等^[20]研究结果存在较大差异,出现这种现象的主要原因在于 CO₂ 的流速相差较大,导致油在 CO₂ 中的溶解性不同,最终得油率也不同。

1.5 超声波辅助酶法

超声波在液体中可以产生机械效应、空化作用以及热效应等^[23]破坏细胞壁,进而暴露更多的酶促位点^[24]。吴非等^[25]在超声波辅助水酶法(Ultrasonic-Assisted Enzymatic, UAE)提取米胚油的研究及其成分分析中发现,超声波辅助酶法的提油率比普通水酶法的提油率较高,用超声波处理后发现植物细胞壁有明显的破坏,有利于油脂的释放。冯红霞等^[26]在超声波辅助酶法提取油茶籽油的影响因素研究中也得出了同样的结论。刘俭等^[27]研究表明沙棘果油的最优提取工艺为超声功率 125 W、超声酶解时间 3 h、pH3.5、复合酶添加量 1.2%、超声酶解温度 50 ℃,该条件下沙棘果油得油率为(3.494±0.025)%。

表 1 对上文提到的 5 种沙棘果油的提取方法所对应的提取率、出油率以及各提取工艺的优缺点进行总结对比。由表可知,有机溶剂提取沙棘果油的得油率最高,由于提取效率高且成本低,所以在工业生产中得到了广泛应用。但提取油中有较高含量的有机溶剂残留,对环境污染也较为严重,因此对于产品的应用开发产生了不利的影响。与有机溶剂提取法相比,采用压榨离心法来提取沙棘果油是 5 种提取技术中最为简单的方法,该方法使用设备简单且投资小,然而在压榨离心前对沙棘鲜果的蒸热处理会破坏掉沙棘果油中的生物活性物质,且该方法提取到的沙棘果油含量最低。水酶法较压榨离心法也同样具有操作简单的优点,但由于在操作过程中会产生乳化现象而很少用于工业生产中。超临界 CO₂ 萃取法得油率相对有机溶剂提取法较低,而与其他四种提取方法相比得油率较高。该方法对沙棘果油中的生物活性物质破坏极小且其中的有机溶剂的残留几乎为零,所得生物活性物质在产品中的应用中的产品质量较高。但该方法使用成本较有机溶剂提取法高,造成对沙棘果油的提取不够经济。

2 沙棘果油的营养成分

从沙棘果实中提取出来的沙棘果油中的生物活性物质随着果实的成熟度、果实大小、果实种类、地理位置、气候和提取方法而发生改变^[28]。沙棘果油中的生物活性因子研究较多的分别有脂肪酸、类胡萝卜素、生育酚。除以上几种生物活性物质外,在沙棘叶子、果实和籽粕中黄酮类化合物含量较高^[29-30],而关于沙棘果油中黄酮类化合物的提取工艺以及种类的研究较少。

2.1 棕榈油酸

沙棘油中富含不饱和脂肪酸,而沙棘果油和沙棘籽油中的不饱和脂肪酸组成存在较大差异。赵二劳等^[31]和臧茜茜等^[32]在研究沙棘油中脂肪酸含量时得出了相似的结果,即沙棘果油中不饱和脂肪酸含量约为 60% 以上,沙棘籽油中的不饱和脂肪酸含量约为 80% 以上。然而沙棘果油是唯一被确认为提供人体必需脂肪酸 1:1(亚油酸:亚麻酸)比例的油^[33]。与其他植物油相比,沙棘果油中不饱和脂肪酸主要为棕榈油酸(35.5%),而沙棘籽油中棕榈油酸含量仅为 0.948%~4.4%。沙棘果油中的棕榈油酸具有重要的药用价值^[34-35]。棕榈油酸在人体的新陈代谢中起着至关重要的作用^[36]。Yoon 等^[37]发现棕榈油酸能够抑制重要的黑色素生成酶的表达,这表明棕榈油酸具有潜在的亮肤应用。Gao 等^[38]通过动物实验研究证明,沙棘果油中提取出的棕榈油酸可以通过调节抗氧化酶来缓解高脂血症引起的氧化应激和肝脏损伤,该提取物对高脂血症仓鼠具有抗血脂作用,可用于未来功能性食品和膳食补充剂的开发。

此外,棕榈油酸也具有一定的副作用,Oyanagi 等^[39]发现棕榈油酸在左旋肉毒碱存在时具有脂毒性。

2.2 类胡萝卜素

国内外对于沙棘果油中的类胡萝卜素的含量研究结果有所不同。在沙棘果油中的类胡萝卜素主要有 α -、 β -和 γ -胡萝卜素,叶黄素,玉米黄质,番茄红素和角黄素^[40]。有关沙棘油中类胡萝卜素的研究主要集中于类胡萝卜素的组成及提取方法。Alexandru 等^[41]采用浸渍和超声辅助提取的两种方法来研究沙棘副产品中沙棘油的类胡萝卜素含量,发现超声辅助提取技术所提取的类胡萝卜素的含量更高。司天雷等^[42]研究了分子蒸馏法处理沙棘果油,类胡萝卜素和 β -胡萝卜素含量分别下降 196.87 mg/100g 和 5.25 mg/100 g,

表 1 沙棘果油的提取工艺比较

Table 1 Comparison of extraction technology of seabuckthorn fruit oil

	有机溶剂提取法	压榨提取法	酶法提取	超临界CO ₂ 萃取法	超声波辅助酶法
得油率	21.95%~27.89% ^[11]	不足1% ^[14]	2.093% ^[16]	5.82% ^[20]	3.494%±0.025% ^[25-27]
优点	操作简单,条件温和,低成本,高效率	工艺简单稳定	安全温和而无害,反应彻底,提取率高,提取后的果汁易于进行澄清处理	对提取物的品质影响较小	条件温和,活性成分多,设备简单,满足食用油脂生产安全、高效、营养和绿色原则
缺点	安全性较弱,环境污染较为严重	得油率较低	易产生乳化现象,需要进行破乳以提高油脂提取率	操作环境和仪器设备要求高,生产成本低	酶制剂较为昂贵,生产成本低

损失率分别为 1.9% 和 24.6%。

2.3 生育酚

生育酚是天然脂溶性抗氧化剂维生素 E 的重要组成部分^[43]。食品工业生产中,生育酚常被用作天然的抗氧化添加剂之一,而在油脂中存在的生育酚具有提高油脂稳定性的作用。经过调查研究可知,沙棘中维生素 E 的含量是所有果蔬中最高的,其含量是普通水果维生素的数百倍,是蔬菜中维生素含量的数十倍以上^[44-45]。存在于沙棘果油中的维生素 E 通过与自由基发生氧化反应而产生生育酚,该物质促使 ROO· 发生化学反应生成氢过氧化物,最终通过阻断脂质过氧化连锁反应来实现抗氧化的效果^[46]。生育酚作为沙棘果油的重要功效成分,具有治疗多种疾病,预防动脉硬化,延缓衰老,提高机体免疫力等作用^[47]。

3 沙棘果油的功能特性

沙棘果油是沙棘的精华,具有抗氧化,保肝和抗高血脂血症,调节机体的免疫功能等药理价值,沙棘果油中富含的各种生物活性物质使其被广泛开发应用于食品及药品领域。然而,关于沙棘果油的部分健康作用还未进行临床试验,同时沙棘果油所起到的保健功效的作用机理尚不明确,这在一定程度上制约了沙棘果油产品的开发。因此,需要加大科研投入进行系统的临床试验和作用机理的研究,为进一步扩大沙棘果油应用范围提供理论支撑。

3.1 免疫调节和抗癌作用

肿瘤的发生与机体的免疫系统的健全与否密切相关^[48]。邹元生等^[49]通过给予 ConA 诱导的 SPF 级昆明小鼠不同剂量的沙棘果油,发现高剂量组的沙棘果油能显著提高小鼠免疫力,同时小鼠的免疫器官无负面影响。其作用机理主要是由于沙棘果油能明显增强 ConA 诱导的小鼠脾淋巴细胞增值能力,能明显增强小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞功能。蔡永国等^[50]也得出了同样的结果。沙棘果油可以调节环磷酰胺(CTX)诱导的免疫抑制性 Balb/c 小鼠肠道菌群的多样性和组成,从而增强肠黏膜和全身免疫反应^[51]。该结果为了解沙棘果油的功能及其作为新型益生菌和免疫调节剂的应用提供依据。

韩春卉等^[52]报道,将不同剂量的沙棘油作用于肉瘤 S180 干扰过的 6~8 周昆明小鼠,结论沙棘油具有抑制小鼠 S180 肿瘤的作用、明显增强小鼠 NK 细胞活性、能显著提高小鼠的单核巨噬细胞吞噬功能,而 NK 细胞活性及单核巨噬细胞吞噬能力的提高,对应机体的肿瘤细胞的生长受到抑制。刘雪梅^[53]在研究沙棘果油对 H22 肝癌小鼠的抑瘤作用的结果显示,沙棘果油对 H22 肝癌移植性肿瘤小鼠有明显的抑瘤效应,并可能通过调节免疫功能、抑制 BCL2f 表达和提高 BAX 表达来发挥其肿瘤抑制作用。

3.2 保肝作用

肝脏经常受到多种环境污染物和药物的影响,所有这些都会给这个重要器官带来负担,损害和削弱

肝脏,最终导致肝炎或肝硬化^[54]。邹元生等^[55]通过沙棘果油来研究其保肝作用效果,结果显示,用沙棘果油处理过的实验组的肝伤程度明显低于肝损伤对照组。也有许多学者得出了同样的结论。程体娟等^[56]研究发现沙棘果油对 CCl₄ 及扑热息痛诱发的肝损伤、肝丙二醛的增高有明显抑制作用,并能降低 CCl₄ 中毒小鼠 SGPT 活力,且能明显对抗扑热息痛中毒小鼠肝谷胱甘肽的耗竭。沙棘果油中的 α -生育酚和 β -胡萝卜素等活性成分具有较强的抗氧化性,可以在肝毒素对肝脏毒害的过程中为肝细胞提供保护作用^[57]。

3.3 抗氧化作用

郑鹏等^[58]在研究沙棘果油对于过氧化氢诱导氧化损伤的保护作用中发现,加入低剂量的沙棘果油浓度就会减少氧化损伤细胞的数目,并通过检测超氧化物阴离子数量来确定沙棘果油的抗氧化作用,得出的结果与氧化损伤细胞检测结果相符。通过该实验可以得出以下结论,在日常生活中我们可以进行多次少量的摄入沙棘果油来达到抗氧化保护机体的功效。此外,研究已经证明某些脂肪酸和甾醇的补充会改善皮肤的老化,其中皮肤老化的一个外在原因是紫外线的照射会导致人体表皮和真皮中自由基的生成以及脂质过氧化,而棕榈酸可显著抑制人体皮肤真皮层中性粒细胞中调理酶诱导的 H₂O₂ 生成,进而抑制脂质过氧化,验证了沙棘果油的抗氧化性^[59]。

3.4 抗炎作用

牙周炎是一种导致牙周韧带和牙槽骨丧失的炎症性疾病。发炎症的主要原因是促炎因子如 TNF- α 、IL-1 β 和 IL-6 的过度分泌,而根据研究发现酚类提取物可以显著抑制促炎因子的分泌^[60-61]。沙棘果油富含酚类物质,有外国学者研究发现沙棘漱口水对某些牙周病原体具有杀菌作用,并具有抑制单一菌株和多菌株生物膜形成的能力,起主要作用的营养成分极有可能是沙棘果油中的酚类物质^[62]。相关研究者通过观察动物体内淋巴细胞增殖现象,发现沙棘果提取物对 ConA/LPS 引起的淋巴细胞增殖有显著的抑制作用^[63]。在一项研究中^[64],沙棘被局部用于治疗 4 个月至 12 岁儿童的溃疡性口腔炎,其在 2 d 后有显著改善,同时它也被证明对白血病患者的溃疡性口腔炎有效。此外,王欣欣^[65]用不同剂量的沙棘果油来干预特异性皮炎的小鼠,结果表明沙棘果油能够减轻特异性小鼠皮肤局部炎症反应,降低 AD 小鼠由 Ig E 介导的超敏反应强度,抑制特异性皮炎小鼠局部引流淋巴结的免疫应答强度。

3.5 治疗心血管疾病

心血管疾病是全世界人民的主要死因^[66],心血管疾病也容易引起高血压、脂质代谢紊乱等多种疾病并发。Marciniak 等^[67]研究沙棘果油对人体心血管疾病具有潜在的积极作用。而引起心血管疾病的主要病理因素是动脉粥样硬化,其中巨噬细胞是引发动脉粥样硬化和心血管疾病的重要管理者和推动者。

当疾病发生时,巨噬细胞内胆固醇堆积,形成泡沫细胞,分泌活性氧等物质,最后引起氧化应激反应,从而驱动动脉粥样硬化和心血管疾病的发生发展^[68]。沙棘果油中的黄酮预防心血管疾病的机制极有可能是降低 NADPH 氧化酶蛋白的表达,从而降低机体的氧化应激能力,进而阻止动脉粥样硬化和心血管疾病^[69]。

4 沙棘果油的开发与利用

4.1 沙棘果油在食品中的应用

沙棘果油作为一种功能性油脂,其直接以胶囊、口服液及瓶装油的产品形式存在于市面上^[70],而关于沙棘果油在乳液方面的应用很少,为将沙棘果油应用于脂肪乳产品行业中,人们研究出了沙棘果油的纳米乳液和沙棘果油微胶囊制作的最佳配方^[71]。为提高山西老陈醋的抗氧化性及其中的营养成分的保留,赵瑞欢^[72]向老陈醋沉淀物中加入 15% 沙棘果油,所制成的成品不仅保留了原老陈醋醋沉淀中的黄丽和多龄类物质,且兼具沙棘果油中的活性物质,具有一定的营养保健价值。张昊^[73]通过一定的工艺手段首次将传统中药材沙棘果油与口香糖相结合制成具有营养补充这一功效的保健口香糖。

4.2 沙棘果油在日用品中的应用

沙棘果油在日用品中也有相关产品的开发,分别有乳霜,香波以及一些特种化妆品,沙棘以沙棘油或者沙棘水溶物的形式存在于这些化妆品中^[74]。由于沙棘果油中富含滋养健康皮肤的必需营养物质,杨万政等^[75]发明了一种具有美白抗衰老功效的沙棘组合物,其中所占比例较高的沙棘果油通过与其他成分组合形成一种具有防止皮肤老化和淡斑作用的护肤膏。

4.3 沙棘果油在医药方面的应用

体外研究以及体内人类和动物模型研究发现,沙棘果油中所含有的不饱和脂肪酸、类胡萝卜素、甾类化合物和生育酚等多种生物活性物质,使沙棘果油在医药方面具有一系列有益的抗炎、抗癌、抗氧化和抗动脉粥样硬化作用。目前含有沙棘果油的药品开发种类较多,目前有 19 种含有沙棘配方的药品是由国家食品药品监督管理局批准允许销售的。代表药品有心达康片、五味沙棘散、双磺沙棘桉青软膏、沙棘果油软胶囊等。这些药品主要针对治疗心血管系统、皮肤系统、呼吸系统、生殖系统疾病和消化系统疾病^[76]。

5 结语与展望

通过现有的提取技术从沙棘果实中提取出来的沙棘果油已经在食品、药品以及日用品中有了广泛的应用。与此同时,沙棘果油的提取方法的局限性及其功效成分在人体内的作用机理的不明确,使得沙棘果油的应用与开发得到限制。现关于沙棘果油的提取工艺大多采用传统的有机溶剂萃取、压榨离心、酶解以及超临界二氧化碳萃取等方法,而各方法对沙棘果油的得油率和生物活性含量以及生态环境的破坏

性存在不同的影响。目前应用最为广泛的提取方法是使用有机溶剂进行提取,但该方法残溶较大,对机体有一定的副作用,同时在沙棘果油的提取过程中也会对环境造成较大的污染。从提取效率方面来看超临界 CO₂ 提取技术较有机溶剂提取法的提取效率高,但是由于操作环境要求高,若用于工业化生产就会面临生产成本高的问题。

此外,沙棘果油在医药研究中的药物制品开发时间很早,较新的药品开发较少。且由于沙棘果油中存在较高含量的不饱和脂肪酸及其他脂溶性物质,从而限制了其在饮料等水相中的应用。由此看来,一方面,国家在积极鼓励创新开发新的沙棘果油提取技术的同时,环境卫生检测部门应做到当加强管理力度,对工业生产残留的有机溶剂要做到正确处理以防对环境造成污染。另一方面需进一步投入科研完善其作用机制,以扩大沙棘果油在药品以及食品领域的开发应用。

加强沙棘果油的综合利用,一方面使沙棘果油的原材料沙棘种植面积增大,起到防风固沙、固氮的生态效益。另一方面为缓解我国治疗疾病的医学压力,为人类幸福提供社会效益。最后,沙棘果油产品的开发拓宽了我国经济市场,也带来更好的生态、社会以及经济效益,有利于提高我国经济实力。

参考文献

- [1] ABLIZ A, LIU J, MAO L, et al. Effect of dynamic high pressure microfluidization treatment on physical stability, microstructure and carotenoids release of sea buckthorn juice[J]. *LWT*, 2021, 135: 110277.
- [2] RUAN C J, RUMPUNEN K, NYBOM H. Advances in improvement of quality and resistance in a multipurpose crop: Sea buckthorn[J]. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2013, 33(2): 126-144.
- [3] 石佳, 于明晓, 徐昊, 等. 沙棘果油微胶囊化制备工艺的优化及其表征[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(7): 173-177, 184. [SHI J, YU M X, XU H, et al. Optimization and characterization of microencapsulation technology for seabuckthorn fruit oil[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(7): 173-177, 184.]
- [4] 卢顺光, 卢健, 温秀凤. 沙棘植物资源分布与营养学应用综述[J]. *中国水土保持*, 2019(7): 45-49. [LU S G, LUJ, WENX F. Summary of the distribution of seabuckthorn plant resources and its application in nutrition[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2019(7): 45-49.]
- [5] 钱学射, 金敬红. 沙棘的药用研究与开发[J]. *中国野生植物资源*, 2015, 34(6): 68-72. [QIAN X S, JIN J H. Medical research and development of sea-buckthorn[J]. *Chinese Wild Plant Resources*, 2015, 34(6): 68-72.]
- [6] 阮成江, 李代琼. 沙棘含油量及影响因子研究综述[J]. *西北植物学报*, 2001(2): 207-214. [RUAN C J, LI D Q. A review of research on oil content and influencing factors of sea buckthorn[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2001(2): 207-214.]
- [7] OLAS B. The beneficial health aspects of sea buckthorn (*Elaeagnus rhamnoides*(L.) A. Nelson) oil[J]. *Journal of Ethnopharmacology*

logy, 2018, 213: 183–190.

[8] 蒋忠荣, 张涛, 王涛, 等. 沙棘果油纳米乳液的性质与抗氧化活性研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(12): 59–64. [JIANG Z Z, ZHANG T, WANG T, et al. Study on the properties and antioxidant activity of seabuckthorn fruit oil nanoemulsion[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(12): 59–64.]

[9] 丁健, 关莹, 阮成江, 等. 沙棘果油提取工艺的正交试验优化及其脂肪酸组分测定[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 13–18. [DING J, GUAN Y, RUAN C J, et al. Optimization by orthogonal array design of sea buckthorn fruit oil extraction and determination of fatty acid composition[J]. Food Science, 2016, 37(2): 13–18.]

[10] 刘晓松, 李森, 薛红梅, 等. 浅析几种特种植物油料资源的开发与利用[J]. 粮食与食品工业, 2020, 27(5): 17–21. [LIU X S, LI S, XUE H M, et al. Analysis on the development and utilization of several special vegetable oil resources[J]. Cereal & Food Industry, 2020, 27(5): 17–21.]

[11] KREJCAROVÁ J, STRAKOVÁ E, SUCHÝ P, et al. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a potential source of nutraceuticals and its therapeutic possibilities—A review[J]. Acta Veterinaria Brno, 2015, 84(3): 257–268.

[12] 钟胜频, 钟元蒂, 钟声, 等. 沙棘果油治疗重型复发性口腔溃疡的临床研究[J]. 赣南医学院学报, 2019, 39(11): 1152–1153, 1159. [ZHONG S P, ZHONG Y F, ZHONG S, et al. A clinical study of seabuckthorn fruit oil in the treatment of severe recurrent oral ulcers[J]. Journal of Gannan Medical University, 2019, 39(11): 1152–1153, 1159.]

[13] 赵统超, 张宇, 王丽红, 等. 沙棘果油索氏提取及体外抗氧化活性研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(22): 145–148. [ZHAO T C, ZHANG Y, WANG L H, et al. Study on soxhlet extraction technology and antioxidant activity of seabuckthorn fruit oil[J]. Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(22): 145–148.]

[14] 林可, 王斌, 张丹丹, 等. 超声波辅助溶剂法提取沙棘果油工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(7): 161–166. [LIN K, WANG B, ZHANG D D, et al. Study on the optimization of ultrasonic-assisted solvent extraction of sea-buckthorn fruit oil and its antioxidant activity[J]. China Condiment, 2021, 46(7): 161–166.]

[15] 李炜, 李瑾, 陈英, 等. 正交实验法优选沙棘果油的提取工艺[J]. 西北药学杂志, 2017, 32(4): 440–443. [LI W, LI J, CHEN Y, et al. Optimization of the extraction process of sea buckthorn pulp oil from *Hippophae rhamnoides* L. by orthogonal test[J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2017, 32(4): 440–443.]

[16] 陈松, 唐年初, 郭贯新, 等. 水酶复合法提取沙棘果油的研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(4): 9–11. [CHEN S, TANG N C, GUO G X, et al. Extraction of seabuckthorn fruit oil by enzymatic hydrolysis followed by aqueous extraction[J]. China Oils and Fats, 2009, 34(4): 9–11.]

[17] 康健, 顾晶晶, 王继国, 等. 沙棘果油的酶法提取及其脂肪酸的测定[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 260–262. [KANG J, GU J J, WANG J G, et al. Enzymatic extraction of seabuckthorn fruit oil and its fatty acids profile analysis[J]. Food Science, 2011, 32(2): 260–262.]

[18] YANG B, AHOTUPA M, MÄÄTTÄ P, et al. Composition

and antioxidative activities of supercritical CO₂-extracted oils from seeds and soft parts of northern berries[J]. Food Research International, 2011, 44(7): 2009–2017.

[19] ZHENG L, SHI L K, ZHAO C W, et al. Fatty acid, phytochemical, oxidative stability and *in vitro* antioxidant property of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies[J]. LWT, 2017, 86: 507–513.

[20] 郑宏伟, 苏海建, 张帅, 等. 沙棘果油的超临界 CO₂ 萃取及其在卷烟中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(4): 286–288. [ZHENG H W, SU H J, ZHANG S, et al. Supercritical CO₂ extraction of sea buckthorn fruit oil and its application in cigarette[J]. Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43(4): 286–288.]

[21] ŠTĚASTOVÁ J, JEŽ J, BARTLOVA M, et al. Rate of the vegetable oil extraction with supercritical CO₂—III. Extraction from sea buckthorn[J]. Chemical Engineering Science, 1996, 51(18): 4347–4352.

[22] XU X, GAO Y, LIU G, et al. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oil using response surface methodology[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(7): 1223–1231.

[23] LARMO P S, YANG B, HYSSÄLÄ J, et al. Effects of sea buckthorn oil intake on vaginal atrophy in postmenopausal women: A randomized, double-blind, placebo-controlled study[J]. Maturitas, 2014, 79(3): 316–321.

[24] JAIN S, ANAL A K. Optimization of extraction of functional protein hydrolysates from chicken egg shell membrane (ESM) by ultrasonic assisted extraction (UAE) and enzymatic hydrolysis[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 69: 295–302.

[25] 吴非, 李钊, 周琪, 等. 超声波辅助水酶法提取米胚油及其成分分析[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 233–241. [WU F, LI Z, ZHOU Q, et al. Ultrasonic-assisted aqueous enzymatic extraction and chemical composition of rice germ oil[J]. Food Science, 2020, 41(24): 233–241.]

[26] 冯红霞, 江连洲, 李杨, 等. 超声波辅助酶法提取油茶籽油的影响因素研究[J]. 大豆科技, 2019(S1): 298–301. [FENG H X, JIANG L Z, LI Y, et al. Study on impact factors of the ultrasound-assisted enzymatic aqueous extraction of oil from tea seed[J]. Soy Technology, 2019(S1): 298–301.]

[27] 刘俭, 蔡永国, 张兵, 等. 超声波辅助酶法提取沙棘果油及其体外抗氧化能力分析[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(10): 87–94. [LIU J, CAI Y G, ZHANG B, et al. Ultrasonic-assisted enzymatic extraction and *in vitro* antioxidant properties of seabuckthorn fruit oil[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(10): 87–94.]

[28] ZEB A. Important therapeutic uses of sea buckthorn (*Hippophae*): A review[J]. Journal of Biological Sciences, 2004, 4(5): 687–693.

[29] 姜少娟. 沙棘果渣黄酮类成分的提取与分离[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006. [JIANG S J. Extraction and isolation of flavonoids in fruit marc of *Hippophae rhamnoides* L.[D]. Yangling: Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2006.]

[30] 李晓花. 沙棘有效成分动态变化研究[D]. 长春: 吉林农业

- 大学, 2003. [LI X H. Study on the dynamic changes of the effective components of seabuckthorn[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2003.]
- [31] 赵二芳, 徐芬, 尹爱萍, 等. 沙棘果油与沙棘籽油脂肪酸组成及其抗氧化活性[J]. *中国油脂*, 2017, 42(12): 120-123. [ZHAO E L, XU F, YI A P, et al. Fatty acid compositions and antioxidant activities of sea buckthorn pulp oil and sea buckthorn seed oil[J]. *China Oils and Fats*, 2017, 42(12): 120-123.]
- [32] 臧茜茜, 邓乾春, 从仁怀, 等. 沙棘油功效成分及药理功能研究进展[J]. *中国油脂*, 2015, 40(5): 76-81. [ZANG X X, DENG Q C, CONG R H, et al. Review on functional components and pharmacological property of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oil[J]. *China Oils and Fats*, 2015, 40(5): 76-81.]
- [33] 林童, 卢贞希, 刘改霞, 等. 葡萄籽油的脂肪酸组成、抗氧化活性及其在可食性口红中的应用[J]. *中国油脂*, 2021, 46(3): 118-121. [LIN T, LU Z X, LIU G X, et al. Fatty acid composition and antioxidant activity of grape seed oil and its application in edible lipstick[J]. *China Oils and Fats*, 2021, 46(3): 118-121.]
- [34] 李悦, 刘玉娇, 宋志姣, 等. 腾冲红花茶籽油脂肪酸组成比较与质量评价[J]. *粮食与油脂*, 2021, 34(3): 50-52, 66. [LI Y, LIU Y J, SONG Z J, et al. Comparative analysis of fatty acid components and quality indicators of *Camellia reticulata* Lindl. seed oil[J]. *Cereals & Oils*, 2021, 34(3): 50-52, 66.]
- [35] SURYAKUMAR G, GUPTA A. Medicinal and therapeutic potential of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 138(2): 268-278.
- [36] HU W, FITZGERALD M, TOPP B, et al. A review of biological functions, health benefits, and possible de novo biosynthetic pathway of palmitoleic acid in macadamia nuts[J]. *Journal of Functional Foods*, 2019, 62: 103520.
- [37] YOON W J, KIM M J, MOON J Y, et al. Effect of palmitoleic acid on melanogenic protein expression in murine b16 melanoma[J]. *Journal of Oleo Science*, 2010, 59(6): 315-319.
- [38] GAO S, HU G, LI D, et al. Anti-hyperlipidemia effect of sea buckthorn fruit oil extract through the AMPK and Akt signaling pathway in hamsters[J]. *Journal of Functional Foods*, 2020, 66: 103837.
- [39] OYANAGI E, UCHIDA M, MIYAKAWA T, et al. Palmitoleic acid induces the cardiac mitochondrial membrane permeability transition despite the presence of L-carnitine[J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2015, 463(1-2): 29-36.
- [40] YANG B, KALLIO H P. Fatty acid composition of lipids in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries of different origins[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49(4): 1939-1947.
- [41] CORBU A R, ROTARU A, NOUR V. Edible vegetable oils enriched with carotenoids extracted from by-products of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*): The investigation of some characteristic properties, oxidative stability and the effect on thermal behaviour[J]. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2020, 142(2): 735-747.
- [42] 司天雷, 马靖轩, 马传国. 分子蒸馏对沙棘果油品质影响的研究[J]. *中国油脂*, 2018, 43(5): 11-15. [SI T L, MA J X, MA C G. Study on the effect of molecular distillation on the quality of seabuckthornfruit oil[J]. *China Oils and Fats*, 2018, 43(5): 11-15.]
- [43] 王峰, 王海平, 刘金凤, 等. 分析沙棘的营养保健功能及其开发利用研究进展[J]. *农业开发与装备*, 2018(2): 159, 163. [WANG F, WANG H P, LIU J F, et al. Analyze the nutrition and health function of seabuckthorn and the research progress of its development and utilization[J]. *Agricultural Development and Equipment*, 2018(2): 159, 163.]
- [44] 周洋, 杨文婧, 操丽丽, 等. 生育酚抑制油脂氧化机制研究进展[J]. *中国油脂*, 2018, 43(8): 32-38. [ZHOU Y, YANG W J, CAO L L, et al. Progressin mechanism of tocopherol inhibiting oil oxidation[J]. *China Oils and Fats*, 2018, 43(8): 32-38.]
- [45] 常应九, 高庆超, 曹效海, 等. 沙棘活性成分及其对胃肠微生物影响的研究进展[J]. *包装工程*, 2019, 40(21): 15-22. [CHANG Y J, GAO Q C, CAO X H, et al. Research progress of seabuckthorn active ingredients and their effects on gastrointestinal microorganisms[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(21): 15-22.]
- [46] PRABHUDESAI M S, PARASKAR P M, KEDAR R, et al. Sea buckthorn oil tocopherol extraction's by-product utilization in green synthesis of polyurethane coating[J]. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2020, 122(4): 1900387.
- [47] 王丹. 天然抗氧化剂的作用机制及其在食用油脂储存中的研究进展[J]. *现代食品*, 2020(9): 65-67. [WANG D. The mechanism of natural antioxidants and its research progress in edible oil storage[J]. *Modern Food*, 2020(9): 65-67.]
- [48] 郑玉, 张宏方, 于东波, 等. 沙棘抗肿瘤及相关免疫研究进展[J]. *中国中医药现代远程教育*, 2016, 14(17): 150-152. [ZHENG Y, ZHANG H F, YU D P, et al. Progress on anti-tumor and related immune research of *Hippophae rhamnoides* [J]. *Chinese Medicine Modern Distance Education of China*, 2016, 14(17): 150-152.]
- [49] 邹元生, 聂勇, 李新兰. 沙棘果油对小鼠免疫调节的实验研究[J]. *水资源开发与管理*, 2011, 9(4): 1-6. [ZOU Y S, NIE Y, LI X L. Experimental study of seabuckthorn fruit oil on the effect of immune regulation in mice[J]. *Water Resources Development and Management*, 2011, 9(4): 1-6.]
- [50] 蔡永国, 袁江玲, 朱国强, 等. 沙棘果油提高小鼠免疫功能的实验研究[J]. *疾病预防控制中心通报*, 2020, 35(1): 1-4. [CAI Y G, YUAN J L, ZHU G Q, et al. Experimental study on seabuckthorn fruit oil to improve the immune function of mice[J]. *Bulletin of Disease Control & Prevention(China)*, 2020, 35(1): 1-4.]
- [51] ZHANG J, ZHOU H, HE S, et al. The immuno-enhancement effects of sea buckthorn pulp oil in cyclophosphamide-induced immunosuppressed mice[J]. *Food & Function*, 2021, 12(7): 7954-7963.
- [52] 韩春卉, 李燕俊, 张靖, 等. 沙棘油抗肿瘤作用及对小鼠NK和单核-巨噬细胞活性的影响[J]. *中国热带医学*, 2010, 10(5): 571-572. [HAN C H, LI Y J, ZHANG J, et al. Anti-tumor effect of sea buckthorn oil and its effect on NK and monocyte-macrophage activity in mice[J]. *China Tropical Medicine*, 2010, 10(5): 571-572.]
- [53] 刘雪梅. 沙棘果油对H₂₂肝癌小鼠的抑瘤作用[J]. *内蒙古民族大学学报(自然科学版)*, 2020, 35(4): 340-344. [LIU X M.

- Antitumor effect of sea buckthorn fruit oil on H₂₂ hepatocellular carcinoma mice[J]. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Science Edition)*, 2020, 35(4): 340–344.]
- [54] VAN EYKEN P, NEMOLATO S, FAA G, et al. Hepatic injury to the newborn liver due to drugs[J]. *Current Pharmaceutical Design*, 2012, 18(21): 3050–3060.
- [55] 邹元生, 苏琳, 张敬晶, 等. 沙棘果油药理研究进展[J]. 沙棘, 2006(1): 24–26. [ZOU Y S, SU L, ZHANG J J. Research progress in pharmacology of sea buckthorn fruit oil[J]. *SeaBuckthorn*, 2006(1): 24–26.]
- [56] 程体娟, 李天健, 段志兴, 等. 沙棘果油的急性毒性及其对实验性肝损伤的保护作用[J]. 中国中药杂志, 1990(1): 45–47, 64. [CHENG T J, LI T J, DUAN Z X, et al. Acute toxicity of sea buckthorn fruit oil and its protective effect on experimental liver injury[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 1990(1): 45–47, 64.]
- [57] BHARTEE M, BASISTHA B C, PRADHAN S. Seabuckthorn-A secret wonder species[J]. *SMU Medical Journal*, 2014, 1(2): 102–115.
- [58] 郑鹏, 王波, 王前. 沙棘果油对过氧化氢诱导氧化损伤的保护作用[J]. 广西植物, 2020, 40(9): 1349–1356. [ZHENG P, WANG B, WANG Q. Protective effects of sea buckthorn fruit oil on oxidative damage induced by hydrogen peroxide[J]. *Guihaia*, 2020, 40(9): 1349–1356.]
- [59] TUDOR C, BOHN T, IDDIR M, et al. Sea buckthorn oil as a valuable source of bioaccessible xanthophylls[J]. *Nutrients*, 2020, 12(1): 76.
- [60] WANG X, WU J. Modulating effect of fatty acids and sterols on skin aging[J]. *Journal of Functional Foods*, 2019, 57: 135–140.
- [61] LANDETE J M, CURIEL J A, RODRÍGUEZ H, et al. Aryl glycosidases from *Lactobacillus plantarum* increase antioxidant activity of phenolic compounds[J]. *Journal of Functional Foods*, 2014, 7: 322–329.
- [62] SMIDAL, PENTELESCU C, PENTELESCU O, et al. Benefits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) pulp oil-based mouthwash on oral health[J]. *Journal of Applied Microbiology*, 2019, 126(5): 1594–1605.
- [63] GEETHAS, RAM M S, SINGH V, et al. Anti-oxidant and immunomodulatory properties of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*)-An *in vitro* study[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2002, 79(3): 373–378.
- [64] SHARMAA, SHARMA S, KHATTRI S, et al. Role of sea buckthorn oil in management of chronic periodontitis: Follow-up study[J]. *Int J Dent Res*, 2016, 4: 33–37.
- [65] 王欣欣. 基于 Th1/Th2 平衡研究沙棘果油及其有效成分对特异性皮炎小鼠的干预作用[D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2020. [WANG X X. Based on Th1/Th2 balance to study the intervention effect of seabuckthorn fruit oil and its active ingredients on atopic dermatitis mice[D]. Shenyang: Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, 2020.]
- [66] 王颖超. 沙棘黄酮对粥样硬化大鼠抗氧化及 NADPH 氧化酶亚基的影响[D]. 西宁: 青海大学, 2014. [WANG Y C. Effects of seabuckthorn flavonoids on antioxidation and NADPH oxidase subunits in atherosclerotic rats[D]. Xining: Qinghai University, 2014.]
- [67] SAYEGH M, MIGLIO C, RAY S. Potential cardiovascular implications of sea buckthorn berry consumption in humans[J]. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2014, 65(5): 521–528.
- [68] 李鸿, 白鹭, 覃琴, 等. 黄酮化合物通过巨噬细胞介导的抗动脉粥样硬化作用及机制研究进展[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(12): 2827–2834. [LI H, BAI L, QIN Q, et al. Research progress of anti-atherosclerosis effect and mechanism of flavonoids mediated by macrophages[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2020, 45(12): 2827–2834.]
- [69] MARCINIAK B, KONTEK R, ŻUCHOWSKI J, et al. Novel bioactive properties of low-polarity fractions from sea-buckthorn extracts (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson)-(in vitro)[J]. *Bio-medicine & Pharmacotherapy*, 2021, 135: 111141.
- [70] 李翔宇, 田梦媛. 沙棘饮品的发展现状[J]. 农产品加工(学刊), 2014(15): 61–62. [LI X Y, TIAN M Y. Discussion the situation of the development of the sea-buckthorn drink[J]. *Agricultural Products Processing (Journal)*, 2014(15): 61–62.]
- [71] 朱立斌, 朱丹, 牛广财, 等. 沙棘果汁饮料的研制及其抗氧化活性研究[J]. 饮料工业, 2020, 23(2): 45–50. [ZHU L B, ZHU D, NIU G C, et al. Preparation and antioxidant activity of sea buckthorn juice beverage[J]. *Beverage Industry*, 2020, 23(2): 45–50.]
- [72] 赵瑞欢. 山西老陈醋沉淀物成分分析、抗氧化性评价及沙棘果油醋粉的研制[D]. 太原: 山西大学, 2014. [ZHAO R H. Composition analysis, assessment on antioxidant activity of the sediment in the Shanxi super-mature vinegar and preparation of buckthorn oil and vinegar powder[D]. Taiyuan: Shanxi University, 2014.]
- [73] 张昊. 沙棘口香糖的制备[J]. 品牌(下半月), 2015(2): 177. [ZHANG H. Preparation of sea buckthorn chewing gum[J]. *Brand (Second Half of The Month)*, 2015(2): 177.]
- [74] 刘雪凌, 权永荣, 陈旭华. 沙棘产品的开发及应用前景[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(16): 8960–8961, 8987. [LIU X L, QUAN Y R, CHEN X H. Development and application prospect of *Hippophae rhamnoides* Linn. products[J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(16): 8960–8961, 8987.]
- [75] 杨万政, 李云飞, 薛乐珍, 等. 一种沙棘组合物及应用和由其制备形成的护肤膏和该护肤膏的制备方法: CN106726972A[P]. 2016-12-37. YANG W Z, LI Y F, XUE L Z, et al. Sea buckthorn composition and application, skin care cream prepared therefrom, and preparation method of the skin care cream: CN106726972A[P]. 2016-12-37.
- [76] 文华英, 张文会, 刘小娇, 等. 沙棘在西藏的发展前景探讨[J]. 西藏农业科技, 2019, 41(1): 78–82. [WEN H Y, ZHANG W H, LIU X J, et al. Discussion on the development prospect of seabuckthorn in Tibet[J]. *Tibet Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 41(1): 78–82.]