

大果沙棘不同品种、不同部位油脂的提取及元素分析

方亮¹, 李珍^{2*}, 李杰²

(1. 新正检验检测有限公司, 乌鲁木齐 830009; 2. 乌鲁木齐谱尼测试科技有限公司, 乌鲁木齐 830000)

摘要: 目的 对比分析大果沙棘不同品种、不同部位沙棘油的含量及油中元素含量。**方法** 以5个大果沙棘品种为原料, 溶剂法提取沙棘果实和种籽的油, 对比不同提取部位沙棘油含量, 通过电感耦合等离子体发射光谱法对不同品种沙棘油中的元素进行分析。**结果** 果油含量大于籽油, 其中深秋红果油含量最高, 平均值达30.69%, 向阳籽油含量最高, 平均值达15.52%, 除乌兰沙林外, 其他4个品种大果沙棘总含油量均在43%~45%之间, 属同一水平; 沙棘油中富含人体所需的K、Na、Ca、Mg、Zn、Fe、Mn和Cu元素, 未检出Pb、Cd、Ni污染元素, 不同品种沙棘油中各元素含量存在一定差异, 但籽油各元素含量均高于果油。**结论** 本研究所选品种沙棘果的沙棘油中富含人体所需的矿物质元素, 且Ca元素含量高, 污染元素含量低, 是一种具有较高营养价值和安全性的植物油脂, 极具开发潜力。

关键词: 大果沙棘; 果油; 籽油; 元素

Extraction and element analysis of oil from different varieties and parts of *Hippophae rhamnoides*

FANG Liang¹, LI Zhen^{2*}, LI Jie²

(1. Xinzheng Inspection and Testing Co., Ltd., Urumqi 830009, China;
2. Urumqi PONY Test Technology Co., Ltd., Urumqi 830000, China)

ABSTRACT: Objective To compare the content of oil and element in different varieties and different parts of sea-buckthorn species. **Methods** Five varieties of large-fruited sea-buckthorn were used as the testing materials, extraction oil from the fruits and seeds of sea-buckthorn by solvent method, the oil content was compared in different extraction parts of sea-buckthorn, and the elements content of sea-buckthorn oil in different parts was analyzed by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. **Results** The content of fruit oil was higher than that of seed oil, among which the content of Deep Autumn Red sea-buckthorn oil was the highest, with an average value of 30.69%, and that of Xiangyang sea-buckthorn seed oil was the highest, with an average value of 15.52%. Except for Wulanshalin, the total oil content of the other 4 varieties of sea-buckthorn was in the same level of 43%-45%. Sea-buckthorn oil was rich in K, Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn and Cu elements needed by human body, and no pollution elements such as Pb, Cd, Ni were detected. There were some differences in element content of sea-buckthorn oil among different sea-buckthorn varieties, but the content of each element in seed oil was higher than that in fruit oil. **Conclusion** Sea-buckthorn oil from the varieties of seabuckthorn fruit selected in this study is rich in mineral

*通信作者: 李珍, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向为食品检测与分析。E-mail: lizhen121212@126.com

*Corresponding author: LI Zhen, Master, Intermediate Engineer, Urumqi PONY Test Technology Co., Ltd., Urumqi 830000, China. E-mail: lizhen121212@126.com

elements needed by human body, with high content of Ca element and low content of polluting elements, sea-buckthorn oil is a kind of plant oil with high nutritional value and safety, and has great development potential.

KEY WORDS: large-fruited sea-buckthorn; fruit oil; seed oil; elements

0 引言

沙棘(*Hippophae rhamnoides*)属胡颓子科沙棘属落叶性灌木,小浆果类果树,能在极端的环境中生长,是我国北方重要的造林树种^[1-2]。我国沙棘种植面积占全世界沙棘生长面积的 90%以上,主要分布于新疆、内蒙古、宁夏、青海和甘肃等 19 个省(区)^[3-4],不同的地理环境在一定程度上影响着沙棘的品质、营养成分,新疆阿勒泰地区的大果沙棘因特殊的气候环境条件,果实大、产量高、品质优异,早在 2009 年,阿勒泰大果沙棘种植区就被命名为全国优质大果沙棘种植示范基地^[5-6]。

沙棘油是从沙棘果实中提取的植物油脂,按照提取部位的不同,分为沙棘果油和沙棘籽油。沙棘油是一种具有较高营养与药用价值的优质植物油,作为沙棘的精华部分,具有“液体黄金”的美誉,在食品、药品、保健品和化妆品中具有广泛的应用前景^[7-9]。沙棘油中含有不饱和脂肪酸、维生素 E、类胡萝卜素和甾醇等多种有益于身体健康的生物活性物质^[10-12]。沙棘油中无机成分对于沙棘油的营养性、安全性和稳定性起着重要的作用,特别是与人体健康息息相关的无机元素的含量^[13-15]。据报道,不同加工部位来源的沙棘油,其内部脂肪酸组成及脂质伴随物存在明显差异^[16-17],但对不同沙棘品种不同部位沙棘油含量和元素含量的差异分析鲜有报道,对于新疆阿勒泰大果沙棘油更是尚无研究。

本研究以阿勒泰 5 个不同品种大果沙棘为研究对象,采用溶剂法提取沙棘油,对比果实和种籽的含油量,探究不同品种、不同部位沙棘油含量及元素含量差异,为引种培育优良沙棘品种提供科学依据,并为新疆地区特种植物油料—沙棘油的开发利用提供支持。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

来自新疆阿勒泰地区 5 个不同品种的大果沙棘:向阳、深秋红、楚易、状元黄、乌兰沙林(新疆康元生物技术集团股份有限公司)。

1.2 仪器与试剂

5110 电感耦合等离子体发射光谱仪(安捷伦科技有限公司); HD-350C 石墨电热板(湖南昊德仪器设备有限公司); DZF-6050 真空干燥箱(上海博迅实业有限公司); GZX-9146MBE 电热鼓风干燥箱(上海博迅实业有限公司医

疗设备厂); DV215CD 分析天平[500 g±0.0001 g, 奥豪斯仪器(上海)有限公司]; DK-98-IIA 电热恒温水浴锅(天津市泰斯特仪器有限公司); FSJ-A05E2 粉碎机(小熊电器股份有限公司); RE-2000A 旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂)。

硝酸(优级纯, 国药集团化学试剂有限公司); 高氯酸(优级纯, 四川西陇化工有限公司); 无水乙醚(优级纯, 天津市北联精细化学品开发有限公司); 100 μg/mL 多元素混合标准储备液(K、Na、Ca、Mg、Fe、Zn、Cu、Mn、Al、Ni、Pb、Cd, 钢研纳克检测技术股份有限公司); K [(1.54±0.043) mg/L]、Na [(0.613±0.028) mg/L]、Ca [(1.43±0.051) mg/L]、Mg [(0.118±0.011) mg/L]、Fe [(1.50±0.073) mg/L]、Zn [(1.50±0.088) mg/L]、Cu [(0.450±0.018) mg/L]、Mn [(1.52±0.06) mg/L]、Al [(0.290±0.028) mg/L]、Ni [(1.51±0.08) mg/L]、Pb [(0.152±0.012) mg/L]、Cd [(0.034±0.004) mg/L](环境保护部标准样品研究所); 5 μg/L 的 Al、As、Ba、Cd、Co、Cr、Cu、Mn、Mo、Ni、Pb、Se、Sr、Zn 及 50 μg/L 的 K 波长校正液(美国 Agilent Technologies 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品前处理

新鲜沙棘果于 2020 年 9 月初采自新疆阿勒泰地区, 4 °C 低温箱保存, 快速送入实验室进行果籽分离, 分别置于电热鼓风干燥箱进行烘干处理(60 °C, 8 h), 取出, 冷却。将干制的沙棘果和沙棘籽粉碎过筛(40 目), 得到沙棘果粉和籽粉, 分别装入自封袋, 置于干燥器皿, 以备提取沙棘油。

1.3.2 沙棘油提取与测定

参考 NY/T 1285—2007《油料种籽含量的测定 残余法》, 分别取 2 g 沙棘果粉和籽粉于已干燥至恒重的滤纸筒内(a), 称完将样包一起置于真空干燥箱 105 °C 干燥 3 h, 然后放入干燥器冷却至室温, 称其质量(b), 将样包分别装入抽提筒内, 倒入乙醚没过样品浸泡过夜, 将浸泡后的乙醚放入脂肪抽提器的抽提瓶, 在抽提筒内重新倒入乙醚, 使样包完全浸泡, 接通冷凝水, 80 °C 水浴, 索氏抽提 6 h 后取出样包, 放入烘箱 105 °C 干燥 2 h, 取出放入干燥器, 冷却至室温, 分别称其质量(c); 将抽提瓶内收集到的油, 在 40 °C 的水浴, 用旋转蒸发器减压蒸干乙醚, 得到油样用于下一步元素检测用。样品含油量计算方法见公式(1):

$$w = \frac{b-c}{b-a} \times 100 \quad (1)$$

公式中: w 为样品含油量, %; a 为恒重滤纸筒质量, g; b 为滤纸筒加烘干样包质量, g; c 为滤纸筒加抽提后样包质量, g。

1.3.3 沙棘油中元素提取与测定

以 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》为参考,分别取 0.2 g 果油和籽油于 100 mL 玻璃烧杯中,加入 10 mL 硝酸,0.5 mL 高氯酸,置于石墨电热板上进行消解,为提高消解率,在消解过程中盖上表面皿,直至消解液无色透明,开始冒白烟,取下表面皿继续加热至消化液澄清透明,剩余 0.5 mL,冷却,纯水转移定容至 25 mL 比色管,混匀待测,同时做试剂空白,与样品同法处理。元素含量 X 计算方法见公式(2):

$$X = \frac{(A - A_0) \times V \times f}{m} \quad (2)$$

公式中: X 为样品元素的含量, mg/kg; A 为样品溶液中元素的质量浓度, mg/L; A_0 为空白溶液中元素的质量浓度, mg/L; V 为样品溶液的定容体积, mL; f 为样品稀释倍数; m 为样品质量, g。

1.3.4 标准溶液配制

用 5% 的硝酸溶液配制不同梯度的工作曲线, K、Na、Al、Ca 的质量浓度为 0.5、1、2、3、4、5 mg/L, Mg、Fe、Zn、Mn、Cu、Ni、Pb、Cd 的质量浓度为 0.1、0.2、0.4、0.8、1.0、2.0 mg/L。仪器经调谐、光学初始化达最佳条件,待稳定后,电感耦合等离子体发射光谱法(inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, ICP-OES)测定标准溶液与试样溶液中各元素含量。以标准系列溶液中元素的浓度为横坐标(X),相应分析谱线强度响应值为纵坐标(Y),绘制标准曲线,进而计算待测样品各元素的含量。

1.3.5 加标回收测定

精密称取 3 份沙棘油作为回收率研究对象,根据各元素含量加入混合标准溶液,进行加标回收实验,平行测定 3 次,取 3 次测定结果平均值,元素提取按 1.3.3 同法处理。

1.3.6 仪器条件

首先用波长校正液,对仪器波长进行校正;确保仪器处于最佳工作状态。优化后仪器条件为:等离子体气流量: 12.0 L/min; RF 功率: 1.2 KW; 雾化器流量: 0.7 L/min; 蠕动泵速: 50 r/min; 辅助气流量: 1 L/min; 待测元素 K、Na 径向观测,其余元素轴向观测。

1.3.7 数据处理与分析

采用 Excel 2016 进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 沙棘油含量测定

据文献报道^[18],由于沙棘生长环境条件的不同及地域性差异,沙棘果油含量的变幅为 2.02%~34.26%,均值为 9.16%,沙棘籽油含量的变幅为 5.62%~19.51%,均值为 9.91%。本研究所得阿勒泰地区大果沙棘的果油和籽油含量见表 1,均高于报道平均水平。由表 1 可知,5 个不同品

种中除了向阳和状元黄果油含量差异不显著外,其他品种大果沙棘果油含量均呈极显著差异($P < 0.01$),深秋红>向阳≈状元黄>楚易>乌兰沙林;不同品种沙棘籽油含量也存在一定差异,向阳≈楚易≈状元黄>乌兰沙林≈深秋红,沙棘果油含量均高于籽油,主要因为果皮中含有大量挥发性酯类、酚类等物质^[19]。与其他品种相比较,深秋红果皮色泽较深,呈橘红色,酚类物质含量丰富^[20-21],油脂含量相对较高,但籽粒扁小,油脂含量偏低;向阳和状元黄,种籽粒大饱满,增加了油脂的积累,综合果油和籽油含量,沙棘含油量为向阳>状元黄>楚易>深秋红>乌兰沙林,但总体含量均在 43%~45%之间波动,除了乌兰沙林含量稍低于 33%,5 个品种总体含油量都在同一水平。

表 1 不同品种沙棘果油和籽油含量($n=3$)
Table 1 Fruit oil and seed oil content of different varieties of sea-buckthorn ($n=3$)

品种	果油/%	RSD/%	籽油/%	RSD/%
楚易	27.87 ^C	0.14	15.26 ^{ab}	0.30
深秋红	30.69 ^A	0.07	12.32 ^c	0.33
向阳	29.28 ^B	0.05	15.52 ^a	0.23
乌兰沙林	20.10 ^D	0.13	12.61 ^c	0.32
状元黄	28.89 ^B	0.04	14.80 ^b	0.21

注: RSD: relative standard deviation, 相对标准偏差; a~c: 品种间差异显著($P < 0.05$), A~D: 品种间差异极显著($P < 0.01$), 下同。

2.2 元素谱线选择和标准曲线

由于各元素有不同的光谱干扰,根据谱线标曲线性灵敏度,本研究各元素选择的谱线分别为: K (766.491 nm)、Na (589.592 nm)、Ca (396.847 nm)、Mg (279.553 nm)、Fe (238.204 nm)、Zn (213.857 nm)、Cu (327.395 nm)、Mn (257.610 nm)、Al (308.215 nm)、Pb (283.3 nm)、Ni (231.604 nm)、Cd (228.2 nm)。

在选定仪器条件下进行测定,根据浓度与响应值的关系绘制标准曲线,得到线性回归方程和相关系数,见表 2,各元素的相关系数在 0.99954~0.99999 之间,线性范围良好,满足检测要求,根据标准工作曲线,可求出不同品种沙棘油各元素含量值。

2.3 加标回收率与标准品测定

由于元素提取前处理方法的复杂性,通过标准品和加标回收来确保实验方法的准确性与可靠性,结果见表 3,按各元素标准证书要求稀释得到标准值和扩展不确定度,所测结果均在标准值范围内;经统计得出各元素的加标回收率在 96.4%~103.2%之间,回收率均在规定范围(60%~120%),且回收率均处于较高水平,此实验方法不仅可靠且准确度高。

表 2 12 种元素工作曲线
Table 2 Linear regression equations of 12 kinds of elements

元素	浓度范围/(mg/L)	线性方程	检出限/(mg/kg)
K	0.5~5.0	$Y=951.21+56352.24X+725.44X^2$	7.0
Na	0.5~5.0	$Y=21588.56+500275.55X$	3.0
Ca	0.5~5.0	$Y=155.68+53626.49X$	5.0
Al	0.5~5.0	$Y=131.56+1468.68X$	0.5
Mg	0.1~2.0	$Y=31.95+2521.70X$	5.0
Fe	0.1~2.0	$Y=14.76+4143.01X$	1.0
Zn	0.1~2.0	$Y=24.63+14231.05X$	0.5
Mn	0.1~2.0	$Y=41.54+75024.96X$	0.1
Cu	0.1~2.0	$Y=18.21+10874.57X$	0.2
Ni	0.1~2.0	$Y=9.55+1383.97X$	0.5
Pb	0.1~2.0	$Y=12.30+620.21X$	0.02
Cd	0.1~2.0	$Y=18.60+13459.20X$	0.003

表 3 标准物质与加标回收率结果($n=3$)
Table 3 Results of standard solution and recoveries ($n=3$)

元素	标准值/(mg/L)	测量值/(mg/L)	加标量/(mg/L)	回收率/%	RSD/%
K	1.54±0.043	1.5183	2	102.2	0.42
Na	0.613±0.028	0.6125	2	101.5	0.55
Ca	1.43±0.051	1.4118	2	98.8	0.60
Al	0.290±0.028	0.3033	1	97.6	0.67
Mg	0.118±0.011	0.1172	0.6	98.4	0.59
Fe	1.50±0.073	1.5180	0.6	98.7	0.52
Zn	1.50±0.088	1.4970	0.6	103.2	0.40
Mn	1.52±0.06	1.5420	0.6	99.8	0.48
Cu	0.450±0.018	0.4533	0.4	98.8	0.62
Pb	0.152±0.012	0.1440	0.4	96.4	0.94
Ni	1.51±0.08	1.5221	0.4	98.4	0.72
Cd	0.034±0.004	0.033	0.4	96.6	0.99

注: “±”后的数据为不确定度。

2.4 不同品种沙棘油元素分析

5 个品种的沙棘果油中同一元素含量存在一定差异(表 4), 深秋红和状元黄中 K 元素均极显著高于其他品种($P<0.01$), 向阳和状元黄中 Na 元素含量均极显著低于其他品种($P<0.01$), 深秋红中 Ca 元素含量显著高于其他品种($P<0.01$), 向阳中 Mg 元素含量极显著低于其他品种($P<0.01$), 其他各品种间差异不显著($P>0.01$), 状元黄中 Fe 元素含量显著低于其他品种($P<0.05$), 楚易中 Cu 元素含量显著高于其他品种($P<0.05$), 其他 4 个品种间均无显著差

异($P>0.05$), 不同品种果油中 Mn 含量差异不显著($P>0.05$), Pb、Ni、Cd 未检出。

5 个品种的沙棘籽油中同一元素含量也存在一定差异(表 5), 但各元素含量均高于果油。其中, 深秋红、状元黄和楚易籽油中 K 极显著高于其他品种($P<0.01$), 其他 3 个品种间差异极显著($P<0.01$); 深秋红中 Ca 元素含量显著高于其他品种($P<0.01$), 向阳中 Mg 元素含量明显低于其他品种($P<0.01$), 其他品种间差异不显著($P>0.05$), 楚易中 Zn 元素含量显著高于其他品种($P<0.01$), 向阳和状元黄中 Na

元素含量差异显著,且低于其他品种($P<0.05$),状元黄中 Fe 元素含量显著低于其他品种($P<0.05$),其他 4 个品种间无显著差异($P>0.05$),不同品种籽油中 Cu、Mn 含量差异不显著($P>0.05$),Pb、Ni、Cd 未检出。

综上,对人体有害的金属元素 Pb、Ni、Cd 在沙棘油中均未检出,但测得少量的 Al,含量仅次于 Fe,略高于

Mg 含量,分析主要是由于样品消解过程中在酸性条件下 Al(OH)₃ 可转化为毒性较大的 Al(OH)²⁺和 Al(OH)⁺ 2 形态,沙棘油本身不会对人体带来铝的毒害^[22]。无论果油还是籽油 Ca 元素含量均是最高,且深秋红中含量最高,其次是乌兰沙林。向阳中的 K、Na、Ca、Mg 等元素,不论在果油还是籽油中含量都是最低的。

表 4 不同品种沙棘果油元素含量($n=3$)
Table 4 Element content in sea-buckthorn fruit oil of different varieties ($n=3$)

元素	深秋红/(mg/kg)	楚易/(mg/kg)	向阳/(mg/kg)	乌兰沙林/(mg/kg)	状元黄/(mg/kg)
K	43.9±0.18 ^A	35.1±0.58 ^B	6.9±0.35 ^D	19.2±0.19 ^C	46.0±0.66 ^A
Na	61.9±0.97 ^A	59.8±0.88 ^A	38.0±0.65 ^B	55.3±0.75 ^A	47.7±0.55 ^B
Ca	299.8±2.12 ^A	185.7±2.08 ^B	86.04±1.05 ^C	201.9±1.13 ^B	90.3±1.08 ^{BC}
Al	21.5±1.08 ^A	14.7±0.35 ^A	7.9±0.36 ^B	12.7±0.20 ^{AB}	12.8±0.21 ^{AB}
Mg	12.2±0.38 ^A	11.2±0.29 ^A	4.95±0.18 ^C	9.8b±0.22 ^{AB}	10.4±0.71 ^A
Fe	22.6±0.51 ^a	24.5±0.48 ^a	24.6±0.50 ^a	24.1±0.43 ^a	17.6±0.82 ^b
Zn	0.91±0.08 ^B	3.9±0.31 ^A	1.1±0.18 ^B	-	0.5±0.03 ^B
Mn	0.2±0.03 ^a	0.4±0.05 ^a	0.3±0.02 ^a	0.3±0.03 ^a	0.4±0.02 ^a
Cu	0.5±0.08 ^b	1.4±0.15 ^a	0.7±0.07 ^b	0.5±0.04 ^b	0.5±0.06 ^b
Pb	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-

注:“-”未检出,a~d:品种间同一元素差异显著($P<0.05$),A~D:品种间同一元素差异极显著($P<0.01$),下表同。

表 5 不同品种沙棘籽油元素含量($n=3$)
Table 5 Element content in sea-buckthorn seed oil of different varieties ($n=3$)

元素	深秋红/(mg/kg)	楚易/(mg/kg)	向阳/(mg/kg)	乌兰沙林/(mg/kg)	状元黄/(mg/kg)
K	66.8±0.75 ^A	52.3±0.61 ^A	11.3±0.16 ^C	25.0±0.47 ^B	56.9±0.63 ^A
Na	65.1±0.62 ^a	62.1±0.70 ^a	42.2±0.41 ^c	62.2±0.71 ^a	52.5±0.60 ^b
Ca	313.9±2.03 ^A	223.9±1.06 ^B	92.3±0.99 ^C	233.9±1.25 ^B	113.9±1.01 ^C
Al	24.8±0.51 ^a	15.8±0.49 ^b	12.1±0.37 ^b	17.1±0.31 ^{ab}	12.3±0.30 ^b
Mg	14.0±0.33 ^A	12.3±0.31 ^A	4.97±0.17 ^C	10.5±0.29 ^{AB}	11.4±0.32 ^A
Fe	27.9±0.51 ^a	25.3±0.44 ^a	25.8±0.46 ^a	24.8±0.44 ^a	18.5±0.77 ^b
Zn	0.99±0.07 ^B	4.2±0.11 ^A	1.4±0.11 ^B	0.4±0.05 ^B	0.6±0.07 ^B
Mn	0.2±0.01 ^a	0.5±0.06 ^a	0.4±0.07 ^a	0.6±0.03 ^a	0.4±0.06 ^a
Cu	0.7±0.05 ^a	1.4±0.11 ^a	0.8±0.06 ^a	-	0.5±0.04 ^a
Pb	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-

3 结论与讨论

本研究通过对新疆阿勒泰地区 5 个不同大果沙棘品种不同部位含油量的对比分析, 发现沙棘果油含量高于籽油, 这一结果与曾凡正等^[23]对不同部位沙棘油脂类成分含量的研究结果一致, 果油中脂类物质含量高于籽油。不同品种果油含量的差异性大于籽油, 这主要是由于不同品种沙棘果皮色泽、果粒大小差异较大, 脂类、酚类物质的积累量不同引起的。

对不同品种沙棘油的 12 个元素分析发现, 沙棘油中富含人体所需的 K、Na、Ca、Mg、Zn、Fe、Mn、Cu 等矿物质元素, 其中 Ca 元素含量是其他 11 种元素含量的 1~2 倍; 由于沙棘种植区远离市区地处山区, 生长环境天然无污染, 未检出 Pb、Cd、Ni 污染元素。不同品种沙棘油同一元素含量存在一定差异性, 主要源于不同品种对同一元素的需求不同, 且不同品种沙棘的矿物质元素含量均存在广泛的遗传多样性; 此外沙棘籽油中的元素含量高于果油, 主要是因为不同部位对元素的吸收和富集能力不同, 其中沙棘籽作为植物的种子, 是吸取储存营养物质的地方, 所测得的元素含量也就相对较高。

对比不同品种不同部位含油量及元素发现, 5 个品种中深秋红为最优品种, 其次是楚易。但是本研究检测元素范围相对较小, 未能对各元素含量占总元素的含量比进行分析, 接下来可进一步扩大元素检测范围, 为沙棘油产地溯源研究提供数据支撑, 为进一步提高沙棘油品质, 选取优良的沙棘品种提供理论指导。

参考文献

- [1] 张泽宁, 李芳, 郭彩云, 等. 中国沙棘伐桩萌枝能力对平茬高度的响应[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2020, 40(6): 34-39.
ZHANG ZN, LI CF, GUO CY, *et al.* Response of sprouting ability of *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis* to stubble height [J]. *J Southwest For Univ (Nat Sci)*, 2020, 40(6): 34-39.
- [2] 魏军. 青海省不同沙棘品种抗寒性比较[J]. 农业工程技术, 2020, 40(32): 31-32.
WEI J. Comparison of cold resistance of different sea buckthorn varieties in Qinghai province [J]. *Agric Eng Technol*, 2020, 40(32): 31-32.
- [3] 陈学林, 廉永善. 沙棘属植物的分布格局及其成因[J]. 西北植物学报, 1994, (6): 105-110.
CHEN XL, LIAN YS. The geographical distribution patterns and its formative factors on the genus *Hippophae* L. [J]. *Acta Bot Boreali-Occidentalia Sin*, 1994, (6): 105-110.
- [4] 马赞花, 冯图, 李仰征, 等. 沙棘(*Hippophae rhamnoides*)对经客土改良石漠化土壤的适应性[J]. 中国沙漠, 2021, 41(1): 228-233.
MA YH, FENG T, LI YZ, *et al.* Adaptability of the *Hippophae rhamnoides* seedlings on different degrees of soil dressing for rocky desertification [J]. *Desert China*, 2021, 41(1): 228-233.
- [5] 王威威. 阿勒泰地区沙棘资源分布及种植开发研究[J]. 乡村科技, 2019, (19): 110-111.
WANG WW. Research on the distribution and planting development of sea-buckthorn resources in Aletai area [J]. *Rural Technol*, 2019, (19): 110-111.
- [6] 胡建忠, 金争平, 吕荣森. 新疆阿勒泰地区沙棘资源及种植开发[J]. 水资源开发与管理, 2011, 9(1): 34-41.
HU JZ, JIN ZP, LV RS. Seabuckthorn resources and planting development in Altay region, Xinjiang [J]. *Water Resour Dev Manage*, 2011, 9(1): 34-41.
- [7] ZHENG HX, MAO LK, YANG JY, *et al.* Effect of oil content and emulsifier type on the properties and antioxidant activity of sea buckthorn oil-in-water emulsions [J]. *J Food Qual*, 2020: 1-8. DOI: 10.1155/2020/1540925
- [8] 傅强, 杨群英, 杨广德, 等. 药用沙棘油质量标准的研究[J]. 中药材, 1997, (3): 155-158.
FU Q, YANG QY, YANG GD, *et al.* Study on the quality standard of *Hippophae rhamnoides* oil for pharmaceutical uses [J]. *J Chin Med Mater*, 1997, (3): 155-158.
- [9] 尼亚孜·乌吉艾合买提, 刘续元, 阿卜来海提·阿卜杜瓦伊提, 等. 沙棘不同部位化学成分和药理作用研究概况[J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(12): 72-76.
NIYAZI WJAHMT, LIU XY, ABLHT ABDWYT, *et al.* Research advances on chemical constituents and pharmacological effects of various parts of *Hippophae rhamnoides* [J]. *Chin J Ethnomed Ethnopharm*, 2020, 29(12): 72-76.
- [10] 张逸, 黄凤洪, 马方励, 等. 沙棘油提取工艺研究进展[J]. 中国油脂, 2016, 41(3): 16-20.
ZHANG Y, HUANG FH, MA FL, *et al.* The extraction technology of fruit oil of sea-buckthorn [J]. *China Oils Fats*, 2016, 41(3): 16-20.
- [11] CHANG M, GUO Y, JIANG Z, *et al.* Seabuckthorn pulp oil nanoemulsions fabricated by ultra-high pressure homogenization process: A promising carrier for nutraceutical [J]. *J Food Eng*, 2020, 287: 110129.
- [12] 郑满荣, 吕晓玲, 王建新, 等. 3 种沙棘油的主要成分及抗氧化能力比较[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(8): 24-29.
ZHENG MR, LV XL, WANG JX, *et al.* Main components and antioxidant activity of three kinds of seabuckthorn oil (*Hippophae rhamnoides* L.) [J]. *Food Res Dev*, 2018, 39(8): 24-29.
- [13] DOGRA R, TYAGI SP, KUMAR A, *et al.* Efficacy of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) oil vis-a-vis other standard drugs for management of gastric ulceration and erosions in dogs [J]. *Vet Med Inter*, 2013, (260): 176848.
- [14] 刘宏伟, 符靛. 沙棘油中多元素的电感耦合等离子体质谱分析[J]. 中国油脂, 2016, 41(10): 109-112.
LIU HW, FU L. Determination of multi-elements in sea-buckthorn oil by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *China Oils Fats*, 2016, 41(10): 109-112.
- [15] 周巍熹, 唐萍, 胡怀容, 等. 沙棘强化 VC 含片的制备工艺研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(6): 1306-1310.
ZHOU WX, TANG P, HU HR, *et al.* Preparation of seabuckthorn

- strengthen VC lozenges [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2013, 29(6): 1306–1310.
- [16] RANJITH A, KUMAR K S, VENUGOPALAN VV, *et al.* Fatty acids, tocopherols, and carotenoids in pulp oil of three sea-buckthorn species (*Hippophae rhamnoides*, *H. salicifolia*, and *H. tibetana*) grown in the Indian Himalayas [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2006, 83(4): 359–364.
- [17] GUTIERREZ L, RATTI C, BELKACEMI K. Effects of drying method on the extraction yields and quality of oils from quebec seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds and pulp [J]. *Food Chem*, 2007, 106(3): 896–904.
- [18] 阮成江, 李代琼. 不同品种沙棘含油量及生化成份研究概况[J]. *陕西林业科技*, 2000, (1): 59–63.
RUAN CJ, LI DQ. Review on oil content and bio-chemical components of different species of sea-buckthorn [J] *Shaanxi Forest Sci Technol*, 2000, (1): 59–63.
- [19] 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, (5): 378–381.
BO HB, QIN R. Comparative study on fatty acid compositions in fructus *Hippophae pulp* and seed oils [J]. *Food Sci*, 2008, (5): 378–381.
- [20] 严娟, 蔡志翔, 沈志军, 等. 桃3种颜色果肉中10种酚类物质的测定及比较[J]. *园艺学报*, 2014, 31(3): 319–328.
YAN J, CAI ZX, SHEN ZJ, *et al.* Determination and comparison of 10 phenolic compounds in peach with three types of flesh color [J]. *Acta Horticult Sin*, 2014, 31(3): 319–328.
- [21] 谭伟, 唐晓萍, 董志刚, 等. 不同果皮颜色酿酒葡萄品种果实不同部位酚类物质含量比较及抗氧化能力分析[J]. *中国农学通报*, 2015, (28): 252–258.
TAN W, TANG XP, DONG ZG, *et al.* Analysis of polyphenol contents and antioxidant capacity in different fruit parts of different wine grape varieties [J]. *Chin Agr Sci Bull*, 2015, (28): 252–258.
- [22] 赵二劳, 石荣花, 李满秀, 等. 化学浸提-分光光度法测定沙棘叶中不同形态铝[J]. *分析科学学报*, 2009, (4): 455.
ZHAO EL, SHI RH, LI MX, *et al.* Determination of various species of aluminum in seabuckthorn leaf by chemical extractions combined with spectrophotometry [J]. *J Anal Sci*, 2009, (4): 455.
- [23] 曾凡正, 邓乾春, 禹晓. 加工部位及提取工艺对沙棘油品质特性及主要脂质伴随物油相迁移的影响[J]. *中国油脂*, 2020, 45(5): 93–99.
ZENG FZ, DENG QC, YU X. Effect of processing parts and extraction technology on the quality property and oil phase migration of main lipid concomitants of sea-buckthorn oil [J]. *China Oils Fats*, 2020, 45(5): 93–99.

(责任编辑: 郑丽 张晓寒)

作者简介

方亮, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向为食品质量与安全控制。
E-mail: fangliang0712@163.com

李珍, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向为食品检测与分析。
E-mail: lizhen121212@126.com