

我国主要野生沙棘资源的叶片保健成分研究

胡建忠*, 卢顺光, 温秀凤

水利部沙棘开发管理中心, 北京
Email: bfuswc@163.com

收稿日期: 2021年6月9日; 录用日期: 2021年7月26日; 发布日期: 2021年8月4日

摘要

为了掌握我国沙棘属植物主要种(亚种)的叶片保健成分,对西藏、新疆、青海、甘肃等地野生的中国沙棘(*Hippophae rhamnoides ssp. sinensis*)、柳叶沙棘(*H. salicifolia*)、云南沙棘(*H. r. ssp. yunnanensis*)、蒙古沙棘(*H. r. ssp. mongolica*)、中亚沙棘(*H. r. ssp. turkestanica*)、江孜沙棘(*H. gyantsensis*)、肋果沙棘(*H. Neurocarpa*)、西藏沙棘(*H. tibetana*)共8个种(亚种),取叶样23个,测定了总黄酮、总多酚、总多糖、生物碱4个指标,发现云南沙棘的总黄酮、总多酚含量最高,其次为蒙古沙棘、中国沙棘、江孜沙棘和中亚沙棘。考虑到目前我国人工种植沙棘情况,建议在东北地区主推蒙古沙棘,新疆主推蒙古沙棘和中亚沙棘,黄土高原地区主推中国沙棘,西藏主推江孜沙棘和中亚沙棘,用于建立叶用林,开发沙棘茶等保健产品。

关键词

沙棘, 野生资源, 叶片, 保健成分, 中国

Study on Functional Ingredients of Leaves of Main Wild Seabuckthorn Resources in China

Jianzhong Hu*, Shunguang Lu, Xiufeng Wen

China National Administration Center for Seabuckthorn Development, Beijing
Email: bfuswc@163.com

Received: Jun. 9th, 2021; accepted: Jul. 26th, 2021; published: Aug. 4th, 2021

*第一作者。

Abstract

23 leaf samples from 8 species and sub-species, namely, *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*, *H. salicifolia*, *H. r. ssp. yunnanensis*, *H. r. ssp. mongolica*, *H. r. ssp. turkestanica*, *H. gyantsensis*, *H. Neurocarpa*, *H. tibetana*, were collected from natural resources locations in Tibet, Xinjiang, Qinghai, Gansu, to analyze the total flavonoids, total polyphenol, total polysaccharide and alkaloids of them, which showed that the total flavonoids and total polyphenol of *H. r. ssp. yunnanensis* was the highest, then came *H. r. ssp. mongolica*, *Hippophae r. ssp. sinensis*, *H. gyantsensis*, and *H. r. ssp. turkestanica*. Considering the artificial afforestation of Genus *Hippophae* in China, the suggestions of leaves forests should be established from *H. r. ssp. mongolica* in the Northeastern China, *H. r. ssp. mongolica* and *H. r. ssp. turkestanica* in Xinjiang, *Hippophae r. ssp. sinensis* in the Loess Plateau, and *H. gyantsensis* and *H. r. ssp. turkestanica* in Tibet, to get leaves for making tea and other functional products.

Keywords

Seabuckthorn, Wild Resources, Leaves, Functional Ingredients, China

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国自改革开放以来, 国民经济突飞猛进, 人民生活水平不断提高, 社会进步表现在方方面面, 举世瞩目。但在健康素养的发展方面却相对滞后, 健康问题日益凸显。2020年初席卷全球的新冠疫情, 迄今为止不仅没有根除, 而且愈演愈烈。人民的健康要求已经上升到国家战略层次, 《“健康中国2030”规划纲要》和《国民营养计划(2017~2030年)》相继提出并开展实施[1]。据第七次全国人口普查结果, 60岁以上老年人口达26,402万人, 占总人口比例18.70%。我国正在步入老龄化社会。遍及老、中、青的亚健康问题, 以及婴幼儿群体营养补充需求, 对营养保健食品市场提出了更高的要求。在全民防疫保健和养生风潮的社会大背景下, 我国营养保健食品行业的强势增长, 必将势不可挡。

近年来围绕植物保健的有关研究很多[2][3][4][5][6], 对许许多多植物资源的营养保健成分和利用价值, 开展了卓有成效的研究。我国地大物博, 可用于保健开发的植物种类多之又多, 本文即是对原产于我国、且在青藏高原及周边地区广为分布的野生沙棘属(*Hippophae*)植物[7]的叶片保健成分开展的有关研究, 以期为提高我国居民的健康水平有所贡献。

2. 材料与方法

用于取样分析的沙棘叶来源于西藏、新疆、青海、甘肃等地的天然沙棘林, 取样时间为2019年、2020年的9月至10月。基本情况详见表1, 涉及到中国沙棘(*H. rhamnoides* ssp. *sinensis*)、柳叶沙棘(*H. salicifolia*)、云南沙棘(*H. r. ssp. yunnanensis*)、蒙古沙棘(*H. r. ssp. mongolica*)、中亚沙棘(*H. r. ssp. turkestanica*)、江孜沙棘(*H. gyantsensis*)、肋果沙棘(*H. Neurocarpa*)、西藏沙棘(*H. tibetana*)共8个种或亚种, 23个叶样品。

Table 1. Basic information of leaves collecting locations of species and sub-species of *Hippophae*
表 1. 不同沙棘种(亚种)叶采样地点基本信息

种、亚种名	测试编号	送样时间	采摘地点	经度	纬度	海拔(m)
中国沙棘	QY1	2019.10.11	甘肃合水县连家砭林场	108°27'25"	36°02'11"	1209
中国沙棘	QY2	2019.10.11	甘肃合水县连家砭林场	108°27'27"	36°02'12"	1209
中国沙棘	QY3	2019.10.11	甘肃合水县连家砭林场	108°27'22"	36°02'08"	1218
柳叶沙棘	MMX	2020.10.22	西藏错那县麻麻乡	91°48'06"	27°52'27"	2976
云南沙棘	LZ1	2019.10.16	西藏林芝市巴宜区	94°34'30"	29°33'51"	3879
云南沙棘	LZ2	2019.10.16	西藏林芝市巴宜区	94°30'40"	29°33'53"	3081
蒙古沙棘	ZYH	2019.9.18	新疆青河县塔克什肯口岸	90°48'26"	46°11'26"	1072
蒙古沙棘	SQH	2019.9.18	新疆青河县塔克什肯口岸	90°48'26"	46°11'26"	1071
中亚沙棘	ZD1	2019.9.21	西藏札达县桑达沟	79°48'04"	31°30'12"	3681
中亚沙棘	ZD2	2019.9.21	西藏札达县桑达沟	79°48'04"	31°30'12"	3680
中亚沙棘	ZD3	2019.9.21	西藏札达县象泉河	79°40'52"	31°28'45"	3590
中亚沙棘	ZD4	2019.9.21	西藏札达县象泉河	79°40'25"	31°28'59"	3585
中亚沙棘	AX1	2019.11.1	新疆阿克陶县	75°52'00"	39°00'17"	1523
中亚沙棘	AX2	2019.11.1	新疆阿克陶县	75°41'51"	39°07'34"	1427
江孜沙棘	CN1	2019.10.16	西藏错那县曲卓木乡	91°48'09"	28°18'10"	4370
江孜沙棘	LZX1	2019.10.16	西藏隆子县	92°17'12"	28°27'10"	3980
江孜沙棘	HZ1	2019.10.16	西藏墨竹工卡县	91°56'11"	29°45'23"	3955
江孜沙棘	QSX	2020.10.15	西藏曲水县	90°11'04"	29°25'36"	3775
肋果沙棘	LG1	2019.10.9	青海门源县仙米林场	101°58'05"	37°24'23"	3115
肋果沙棘	XML	2020.10.06	青海门源县仙米林场	101°58'05"	37°24'23"	3068
西藏沙棘	PL1	2019.9.21	西藏普兰县仁贡村	81°06'20"	30°26'58"	4056
西藏沙棘	PL2	2019.9.21	西藏普兰县仁贡村	81°06'20"	30°26'58"	4052
西藏沙棘	NC1	2019.10.16	西藏墨竹工卡县念村	92°15'21"	29°41'29"	4322

沙棘叶片取样后立即杀青,然后快递至化验机构,按照有关规范要求及相关文献[8][9],开展了保健类4个主要营养成分测定分析。其中:

总黄酮用分光光度法,以芦丁为标准品绘制曲线,外标法定量;

总多酚用分光光度法,以没食子酸为标准品绘制曲线,外标法定量;

多糖用苯酚硫酸法,以葡萄糖为标准物质,分光光度法绘制标准曲线,外标法定量;

生物碱用分光光度法,以盐酸小檗碱为标准品绘制曲线,外标法定量。

3. 结果与分析

下面是对不同沙棘种(亚种)叶含有的4个保健成分测定结果的系统分析。

3.1. 总黄酮

总黄酮指黄酮类化合物,是许多中草药利用的十分重要的有效成分。有关研究表明,与沙棘果相比,

沙棘叶中总黄酮的含量能高出 2.5~64 倍[10], 沙棘叶黄酮具有降脂、抗氧化、抗炎、抗心血管疾病等作用。对 23 个沙棘叶样品取样测定总黄酮的结果, 列于表 2。

Table 2. Total flavonoids in dry leaves of different species and sub-species of *Hippophae*
表 2. 不同沙棘种(亚种)干叶总黄酮含量

种、亚种名	测试编号	干叶总黄酮含量(%)	种、亚种名	测试编号	干叶总黄酮含量(%)
中国沙棘	QY1	6.28	江孜沙棘	CN1	5.45
中国沙棘	QY2	5.52	江孜沙棘	LZX1	4.98
中国沙棘	QY3	5.77	江孜沙棘	HZ1	8.41
小计		5.86	江孜沙棘	QS2	4.53
柳叶沙棘	MMX	4.58	小计		5.84
云南沙棘	LZ1	7.49	肋果沙棘	LG1	5.94
云南沙棘	LZ2	14.05	肋果沙棘	XML	3.47
小计		10.77	小计		4.71
蒙古沙棘	SQH	5.19	西藏沙棘	NC1	8.98
蒙古沙棘	ZYH	6.09	西藏沙棘	PL1	4.14
小计		5.64	西藏沙棘	PL2	4.87
中亚沙棘	AX1	4.43	小计		6.00
中亚沙棘	AX2	5.76			
中亚沙棘	ZD1	5.71			
中亚沙棘	ZD2	7.75			
中亚沙棘	ZD3	4.50			
中亚沙棘	ZD4	5.72			
小计		5.64			

表 2 中各参试沙棘干叶总黄酮的测定结果平均值, 以云南沙棘含量最高, 达 10.77% (7.49%~14.05%); 紧接着为西藏沙棘、中国沙棘、江孜沙棘、蒙古沙棘、中亚沙棘, 总黄酮含量分别为 6.00% (4.14%~8.98%)、5.86% (5.52%~6.28%)、5.84% (4.53%~8.41%)、5.64% (5.19%~6.09%)、5.64% (4.43%~7.75%), 相互间含量差异不大; 肋果沙棘和柳叶沙棘分别排在第七和第八位, 总黄酮平均含量分别为 4.71% (3.47%~5.94%)、4.58%, 其中柳叶沙棘较含量最高的云南沙棘低了 6.19 个百分点, 两者含量差异很大。

3.2. 总多酚

酚类是由一个 6 碳(芳香环或轮状环)组成的化合物, 具有强大的输送电子能力。当人类摄入多酚后, 多酚就变成巨大的自由基清除剂使机体受益。有关研究也揭示出沙棘叶中总多酚含量同样显著高于果实[11]。对 23 个沙棘叶样品取样测定总多酚的结果, 列于表 3。

Table 3. Total polyphenol in dry leaves of different species and sub-species of *Hippophae*
表 3. 不同沙棘种(亚种)干叶总多酚含量

种、亚种名	测试编号	干叶总多酚含量(%)	种、亚种名	测试编号	干叶总多酚含量(%)
中国沙棘	QY1	5.97	江孜沙棘	CN1	5.31
中国沙棘	QY2	6.01	江孜沙棘	LZX1	3.75
中国沙棘	QY3	6.68	江孜沙棘	HZ1	7.05
小计		6.22	江孜沙棘	QS2	5.66
柳叶沙棘	MMX	4.34	小计		5.44
云南沙棘	LZ1	6.30	肋果沙棘	LG1	3.99
云南沙棘	LZ2	7.45	肋果沙棘	XML	3.35
小计		6.88	小计		3.67
蒙古沙棘	SQH	5.67	西藏沙棘	NC1	7.05
蒙古沙棘	ZYH	8.00	西藏沙棘	PL1	0.12
小计		6.84	西藏沙棘	PL2	0.66
中亚沙棘	AX1	2.90	小计		2.61
中亚沙棘	AX2	2.63			
中亚沙棘	ZD1	4.28			
中亚沙棘	ZD2	6.50			
中亚沙棘	ZD3	3.45			
中亚沙棘	ZD4	3.71			
小计		3.91			

表 3 中各参试沙棘干叶总多酚的测定结果平均值, 以云南沙棘和蒙古沙棘含量最高, 分别为 6.88% (6.30%~7.45%)、6.84% (5.67%~8.00%); 位列三至八位的分别为中国沙棘、江孜沙棘、柳叶沙棘、中亚沙棘、肋果沙棘、西藏沙棘, 总多酚含量分别为 6.22% (5.97%~6.68%)、5.44% (3.75%~7.05%)、4.34%、3.91% (2.63%~6.50%)、3.67% (3.35%~3.99%)、2.61% (0.12%~7.05%), 其中西藏沙棘含量最低, 较含量最高的云南沙棘低了 4.27 个百分点, 含量差异也很大。

3.3. 总多糖

多糖是由糖苷键结合的糖链, 至少要超过 10 个单糖组成的聚合糖高分子碳水化合物。沙棘叶中含有丰富的水溶性多糖, 具抗氧化、抑菌等活性[12], 有开发功能性食品的潜力。对 23 个沙棘叶样品取样测定总多酚的结果, 列于表 4。

表 4 中各参试沙棘干叶总多糖的测定结果平均值, 以江孜沙棘和云南沙棘含量最高, 分别为 23.72% (2.45%~36.34%)、21.24% (11.76%~30.72%); 位列三至八位的分别为蒙古沙棘、西藏沙棘、中国沙棘、中亚沙棘、肋果沙棘、柳叶沙棘, 总多糖含量分别为 17.56% (14.84%~20.27%)、15.47% (5.97%~6.68%)、13.83% (9.97%~20.87%)、13.28% (3.82%~30.96%)、11.03% (6.11%~15.95%)、9.06%, 其中柳叶沙棘含量最低, 较最高的江孜沙棘低了 14.66 个百分点, 含量差异十分巨大。

Table 4. Total polysaccharide in dry leaves of different species and sub-species of *Hippophae*
表 4. 不同沙棘种(亚种)干叶总多糖含量

种、亚种名	测试编号	干叶总多糖含量(%)	种、亚种名	测试编号	干叶总多糖含量(%)
中国沙棘	QY1	9.97	江孜沙棘	CN1	28.02
中国沙棘	QY2	10.64	江孜沙棘	LZX1	8.08
中国沙棘	QY3	20.87	江孜沙棘	HZ1	51.56
小计		13.83	江孜沙棘	QS2	7.22
柳叶沙棘	MMX	9.06	小计		23.72
云南沙棘	LZ1	11.76	肋果沙棘	LG1	15.95
云南沙棘	LZ2	30.72	肋果沙棘	XML	6.11
小计		21.24	小计		11.03
蒙古沙棘	SQH	14.84	西藏沙棘	NC1	36.34
蒙古沙棘	ZYH	20.27	西藏沙棘	PL1	2.45
小计		17.56	西藏沙棘	PL2	7.62
中亚沙棘	AX1	8.17	小计		15.47
中亚沙棘	AX2	11.06			
中亚沙棘	ZD1	20.05			
中亚沙棘	ZD2	30.96			
中亚沙棘	ZD3	5.64			
中亚沙棘	ZD4	3.82			
小计		13.28			

3.4. 生物碱

生物碱是存在于自然界(主要为植物)中的一类含氮的碱性有机化合物,为中草药重要的有效成分,也是形成茶叶滋味的重要物质,具有增强大脑皮质的兴奋程度、减少疲乏感等生理功能[13]。对 23 个沙棘叶样品取样测定总多酚的结果,列于表 5。

Table 5. Total alkaloids in dry leaves of different species and sub-species of *Hippophae*
表 5. 不同沙棘种(亚种)干叶生物碱含量

种、亚种名	测试编号	干叶生物碱含量(%)	种、亚种名	测试编号	干叶生物碱含量(%)
中国沙棘	QY1	0.69	江孜沙棘	CN1	1.30
中国沙棘	QY2	0.76	江孜沙棘	LZX1	0.76
中国沙棘	QY3	1.11	江孜沙棘	HZ1	0.45
小计		0.85	江孜沙棘	QS2	0.65
柳叶沙棘	MMX	0.67	小计		0.79
云南沙棘	LZ1	0.95	肋果沙棘	LG1	1.36
云南沙棘	LZ2	0.32	肋果沙棘	XML	0.67
小计		0.63	小计		1.02
蒙古沙棘	SQH	1.29	西藏沙棘	NC1	0.19

Continued

蒙古沙棘	ZYH	1.16	西藏沙棘	PL1	0.10
小计		1.22	西藏沙棘	PL2	0.13
中亚沙棘	AX1	1.03	小计		0.14
中亚沙棘	AX2	0.97			
中亚沙棘	ZD1	1.20			
中亚沙棘	ZD2	0.65			
中亚沙棘	ZD3	0.46			
中亚沙棘	ZD4	0.40			
小计		0.78			

表 5 中各参试沙棘干叶生物碱的测定结果平均值, 以蒙古沙棘、肋果沙棘含量分居前两位, 分别为 1.22% (1.16%~1.29%)、1.02% (0.67%~1.36%); 中国沙棘、江孜沙棘、中亚沙棘、柳叶沙棘、云南沙棘分别居三至七位, 含量分别为 0.85% (0.69%~1.11%)、0.79% (0.45%~1.30%)、0.78% (0.40%~1.20%)、0.67%、0.63% (0.32%~0.95%); 西藏沙棘名列第八, 含量仅为 0.14% (0.10%~0.19%), 较含量最高的蒙古沙棘低了 0.08 个百分点, 含量差异较大。

4. 结论与讨论

在全球新冠疫情影响下, 我国营养保健食品行业发展虽然面临着严峻的挑战, 不过也存在着潜在的机遇。在目前这一时代大背景下, 充分利用沙棘属植物起源于青藏高原、且在我国分布有较多沙棘资源的优势, 从分析野生沙棘资源入手, 为开展人工资源种植提供科学依据, 才能充分开发沙棘营养保健食品的健康效能, 并为下一步筹谋精准消费市场、弘扬健康科学的保健理念, 特别是着力于为国民健康服务, 更好地推动我国国家战略目标下的经济社会高质量发展步伐。

沙棘叶片的开发方向, 主要是生产沙棘保健茶以及其他保健产品。从对 8 个沙棘种(亚种)干叶的 4 个主要保健指标的测定分析比较结果来看, 总黄酮含量测定结果为 4.58% (柳叶沙棘)~10.77% (云南沙棘); 总多酚含量测定结果为 2.61% (西藏沙棘)~6.88% (云南沙棘); 总多糖含量测定结果为 9.06% (柳叶沙棘)~23.72% (江孜沙棘); 生物碱含量测定结果为 0.14% (西藏沙棘)~1.22% (蒙古沙棘)。为了更加清楚地进行综合比较, 将参试 8 种(亚种)沙棘的 4 个主要保健指标测定值的平均值统一列入图 1, 一目了然。

图 1 中横坐标所列沙棘种(亚种)从左到右的次序, 实际上是按 4 个指标等权合计值排列的。即云南沙棘的保健价值最高, 柳叶沙棘最低。由于黄酮和多酚的功用更好, 是更加重要的两个指标, 因此下面按这两个值重新做图, 详见图 2。

可以看出, 图 1 和图 2 的沙棘种(亚种)排序完全相同。如果考虑到西藏沙棘、肋果沙棘暂无人工种植, 且生物量较小; 以及柳叶沙棘分布仅局限于喜马拉雅山南坡, 云南沙棘主要分布于西藏芝、云南迪庆等地, 目前也无人工种植的情况, 可以重点推荐蒙古沙棘、中国沙棘、江孜沙棘和中亚沙棘, 作为我国提取叶片保健成分的主要沙棘种(亚种)资源。其中, 东北地区应主推蒙古沙棘; 新疆应主推蒙古沙棘和中亚沙棘; 黄土高原地区应主推中国沙棘; 西藏应主推江孜沙棘和中亚沙棘。

云南沙棘的总黄酮平均值达 10.77%, 总多酚含量平均值达 6.88%, 这两个重要指标均居参试 8 个种(亚种)的第一位, 但目前我国尚未有云南沙棘的人工种植。在考察中我们注意到, 云南沙棘雄株枝叶生长十分茂盛, 叶片大[14]。加之有研究[15]指出, 在四川西南部、西藏东部, 云南沙棘常与中国沙棘交错分布, 有时候甚至从植株形态上较难区分。据此, 可以考虑在我国北方(如黄土高原)进行引种栽培试验, 在增加引入地生物多样性的同时, 建设保健成分含量更高的叶用型沙棘资源基地。

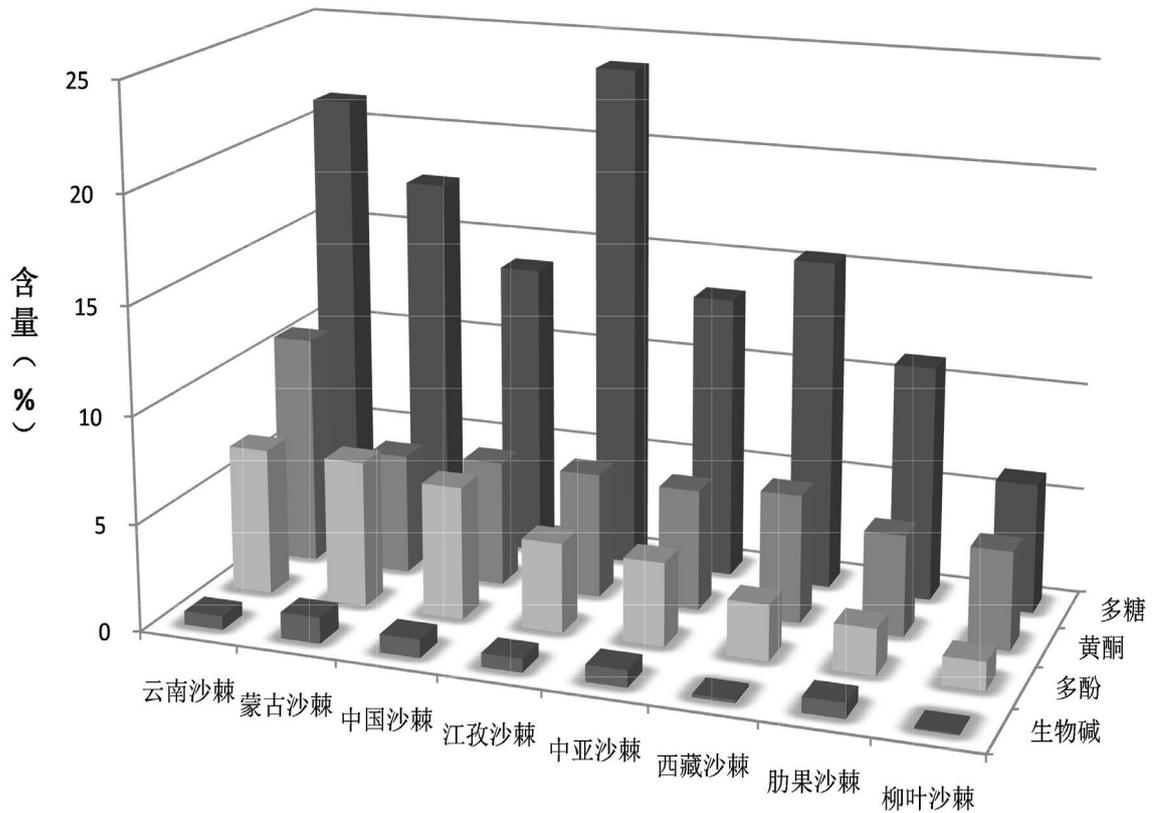


Figure 1. Sequence of complex of 4 main functional ingredients of different species and sub-species of *Hippophae*
图 1. 不同沙棘种(亚种)按四个主要保健成分含量的排序图

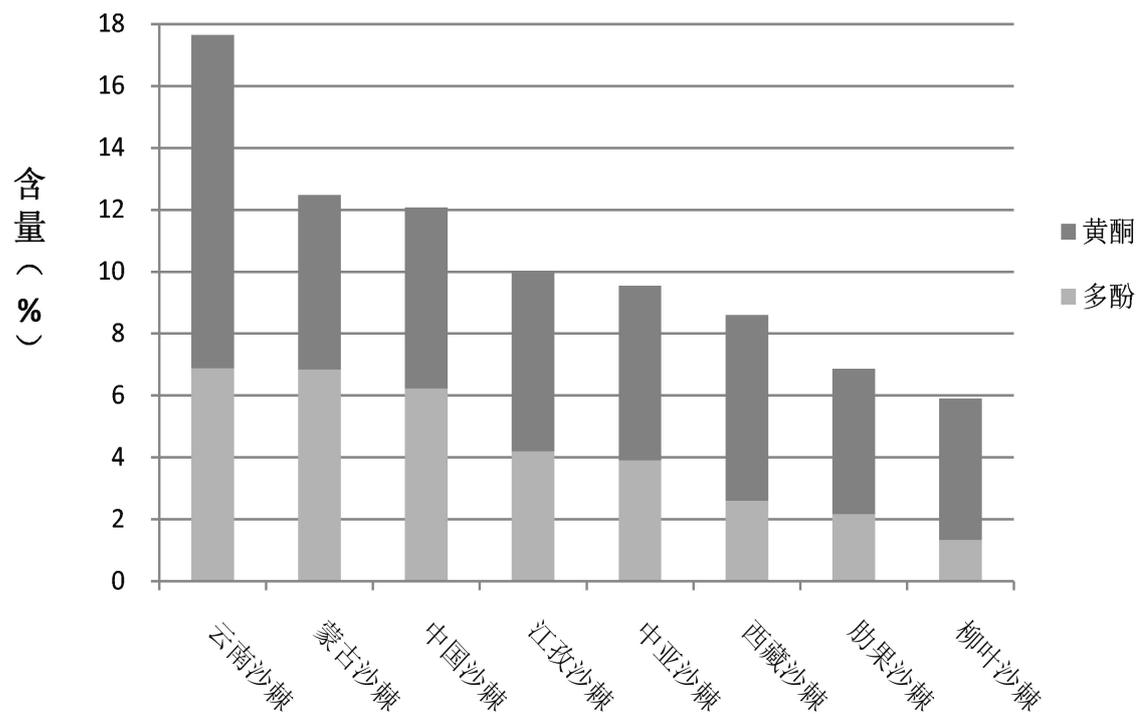


Figure 2. Sequence of complex of total flavonoids and polyphenol of different species and sub-species of *Hippophae*
图 2. 不同沙棘种(亚种)按黄酮 + 多酚含量的排序图

此外, 本文所采集沙棘叶片均为沙棘雌株, 是在同步采集果实时连带枝条一起所采集的, 未采集雄株叶样; 同时, 有些种(亚种)只采集了 1 个(柳叶沙棘)或 2 个(云南沙棘、蒙古沙棘、肋果沙棘)叶样, 代表性有所欠缺, 这两个方面都有待以后工作中通过有针对性地补充取样测定来加以完善。

基金项目

水利部财政项目“水土保持业务”(126216223000200001)。

参考文献

- [1] 伍建军. 国民营养计划背景下的中国营养保健食品行业创新发展趋势[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(8): 3164-3171.
- [2] 薛庆锋, 徐九文. 黑米的营养保健价值及应用发展探讨[J]. 特种经济动植物, 2020, 23(8): 31-33.
- [3] 余熠杨, 邓源喜, 徐情, 等. 胡萝卜的营养保健功能及其开发应用进展[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(17): 129-131.
- [4] 邹春虹. 苦荞营养保健成分及其食品开发分析[J]. 食品界, 2020(8): 121.
- [5] 马斌, 陈胜文, 吴有恒, 等. 木槿花基质栽培技术与营养保健功效[J]. 长江蔬菜, 2021(1): 23-24.
- [6] 邵翠翠, 邓源喜, 杨蓓蓓, 等. 枸杞的营养保健功能及其应用进展[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(7): 217-224.
- [7] 廉永善, 陈学林, 于倬德, 等. 沙棘属植物起源的研究[J]. 沙棘, 1997, 10(2): 1-7.
- [8] 韩丹. 浅谈影响饲料中粗蛋白测定准确度的几个因素[J]. 现代畜牧兽医, 2010(5): 36-37.
- [9] 于晓晨. 粗脂肪测定仪校准方法探讨[J]. 中国计量, 2019(6): 120-121.
- [10] 李月, 刘青, 王悦, 等. 沙棘叶的应用及现代研究进展[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(6): 1326-2332.
- [11] Tian, Y., Liimatainen, J., Alanne, A.L., *et al.* (2017) Phenolic Compounds Extracted by Acidic Aqueous Ethanol from Berries and Leaves of Different Berry Plants. *Food Chemistry*, **220**, 266-281. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.145>
- [12] 包怡红, 秦蕾, 王戈. 沙棘叶多糖的提取工艺及抗氧化作用的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(1): 286-290.
- [13] 戈素芬, 张东为, 任丽华. 辽西优质沙棘品种叶片营养成分分析[J]. 水土保持应用技术, 2021(1): 4-7.
- [14] 胡建忠. 青藏高原的天然沙棘资源[J]. 中国水土保持, 2019(5): 3-4+71-72.
- [15] 吕荣森. 中国沙棘属植物资源研究[J]. 园艺学报, 1990, 17(3): 177-183.