

我国野生沙棘果实的主要风味物质含量分析

胡建忠^{1,2}

¹水利部沙棘开发管理中心, 北京

²国际沙棘协会技术委员会, 北京

Email: bfuswc@163.com

收稿日期: 2021年7月4日; 录用日期: 2021年8月4日; 发布日期: 2021年8月13日

摘要

沙棘果实不仅是重要的工业原料, 事实上也可鲜食, 是重要的“第三代”水果之一。为了评定我国沙棘属植物野生种(亚种)果实主要风味物质含量水平, 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), 取果实样品29个, 用紫外分光光度计测定了果肉、籽和全果3个范畴的干基的总糖、总酸及3种有机酸、多酚等呈味物质含量, 计算了糖酸比, 发现沙棘种(亚种)干果肉糖酸比值在1以上的有肋果沙棘(6.49)、江孜沙棘(2.76)和蒙古沙棘(1.07); 1以下的有中亚沙棘(0.67)、中国沙棘(0.54)和柳叶沙棘(0.41)、西藏沙棘(0.20)和云南沙棘(0.07)。糖酸比大者, 沙棘果实酸甜适中, 风味较好, 不过由于一些酚类物质的出现, 造成了一些种(亚种)如中亚沙棘、江孜沙棘果实以苦涩味为主。考虑到我国沙棘人工种植情况, 以鲜食为主要用途的沙棘林, 在东北、新疆应主要种植蒙古沙棘; 在黄土高原和冀北、辽西等地, 应主要种植蒙中杂交沙棘, 一些选育出的中国沙棘优良类型也可用于建立鲜食沙棘林, 作为这些地区杂交沙棘的补充。

关键词

沙棘, 野生资源, 果实风味, 糖酸比, 多酚, 中国

Analysis of Main Flavoring Substances' Contents in Fruits of Main Wild Seabuckthorn Resources in China

Jianzhong Hu^{1,2}

¹China National Administration Center for Seabuckthorn Development, Beijing

²Scientific Committee of International Seabuckthorn Association, Beijing

Email: bfuswc@163.com

Received: Jul. 4th, 2021; accepted: Aug. 4th, 2021; published: Aug. 13th, 2021

Abstract

The fruits of Seabuckthorn were not only industrial materials but in fact, edible fresh fruits as one of the so-called third-generation fruits. The fruits of 29 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 evaluate the favor compounds levels by the analysis for total sugars, acids, polyphenols, and other flavoring substances in dried pulps, seeds and total fruits with the ultraviolet spectrophotometer method, and the sugar acid ratio (SAR) were also calculated, which showed that the SAR was more than 1 for *H. Neurocarpa* (6.49), *H. gyantsensis* (2.76), and *H. r. ssp. mongolica* (1.07), and less than 1 for *H. r. ssp. turkestanica* (0.67), *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis* (0.54), *H. salicifolia* (0.41), *H. tibetana* (0.20), and *H. r. ssp. yunnanensis* (0.07). Seabuckthorn fruits with high SAR had good favor with moderate acid and sweet collocation as usual, but some phenols made the fruits of *H. r. ssp. turkestanica*, *H. gyantsensis* tasting in bitterness. In consideration of the artificial afforestation of Seabuckthorn in China, the suggestions of fresh fruits resources forests should be established with *H. r. ssp. mongolica* in the Northeastern China and Xinjiang region, and the hybrid clones from *H. r. ssp. mongolica* and *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis* in the Loess Plateau, Northern Hebei, and Western Liaoning, and newly selected good types from *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis* can also be used for forestation as a supplement of the hybrids.

Keywords

Seabuckthorn, Wild Resources, Fruit Flavor, Sugar Acid Ratio, Polyphenol, 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

人体所需的营养素主要为蛋白质、脂肪、糖类、维生素、矿物质、水和食物纤维 7 大类，其中食物纤维是近年来才加入这一行列的。大多数水果蔬菜都含有丰富的水分，是维生素、矿物质和食物纤维的主要来源，可保持人体酸碱平衡，具有重要的医药保健功用[1]。人类对水果的利用已进入第三代。第三代水果的营养价值比前两代水果高得多，同时多为药食同源，使种植和开发第三代水果成为 21 世纪果品发展的新趋势[2]。

沙棘属植物(*Hippophae*)是第三代水果中的佼佼者，在我国青藏高原及周边地区广为分布和种植[3]，国内现有各类沙棘资源 200 万 hm^2 ，涉足沙棘产品的加工企业有 200 余家，年产值已达 70 亿元[4]。目前，沙棘主要开发的是果实和叶子两大类资源，而重点是对果实的开发，产品有饮料食品、保健品、药品、化妆品等 10 大类数百种。因此，沙棘工业原料林[5]主要以提供沙棘果实，附带提供叶子为经营目标。

进入 21 世纪以来，我们致力于野生的中国沙棘(*H. rhamnoides* ssp. *sinensis*)与引进的大果沙棘——实际上为蒙古沙棘(*H. r. ssp. mongolica*)之间开展的杂交沙棘育种研究，其中一些杂交亚种口感很好[6]，有培育为鲜食亚种、在市场以水果形式直接销售的广阔前景。水果风味物质包括挥发性呈香物质和非挥发性呈味物质[7]。因此，本文初步选题研究了我国分布和种植的主要野生沙棘资源的糖、酸、多酚等与风

味有关的一些非挥发性呈味物质,以期逐步摸清家底,循序渐进,再开展挥发性呈香物质研究,为继之而来以鲜食为主要用途的沙棘选择育种、杂交育种和引种工作奠定科学基础。

2. 材料与方 法

用于取样分析的沙棘果实来源于西藏、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、柳叶沙棘(*H. salicifolia*)、云南沙棘(*H. r. ssp. yunnanensis*)、蒙古沙棘、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,29个果实样品。

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

种、亚种名	测试编号	送样时间	采样地点	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
中国沙棘	ZG1	2019.10.23	青海班玛县玛可河林场	100°52'11"	32°42'19"	3319
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	ZY1	2019.11.6	新疆乌什县	79°14'27"	41°13'14"	1422
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
中亚沙棘	KS2	2019.10.26	新疆塔县塔干乡托格伦夏村	75°16'26"	37°46'37"	3073
中亚沙棘	KS3	2019.10.26	新疆塔县班迪尔乡巴扎尔村	75°20'56"	37°37'16"	3235
中亚沙棘	KS4	2019.10.26	新疆塔县提孜那甫乡兰杆村	75°13'24"	37°51'02"	3034
中亚沙棘	KS5	2019.10.26	新疆塔县塔干乡3村	75°20'26"	37°37'21"	3222
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	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	西藏隆子县隆子河	92°17'12"	28°27'10"	3980
江孜沙棘	QSX1	2020.10.15	西藏曲水县	90°11'04"	29°25'36"	3775
江孜沙棘	QSX2	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

Continued

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

沙棘果实取样后立即混入冰块, 快递至化验机构。然后按照有关标准[8] [9] [10]和文献[11]所述高效液相色谱法, 采用紫外分光光度计测定干果肉、干籽和干全果等 3 个范畴的总糖、总酸和总多酚等含量。

3. 结果与分析

3.1. 总糖含量

总糖是指样品中原本有的和水解后能产生具有还原性的糖, 包括所有还原糖(果糖、葡萄糖、麦芽糖、乳糖)和酸水解后能生成还原糖的双糖(蔗糖)、多糖等。总糖是制作糕点、蜜饯、果酒等诸多食品的重要理化指标。

参试 8 个种或亚种沙棘的 28 个果实样品的 3 类总糖含量测定数据, 全部列于表 2, 其中 3 份中亚沙棘果实量太少, 1 份肋果沙棘果肉与籽很难分离, 因此这 4 份果实只测了干全果的总糖含量。

Table 2. Total sugar contents of dry fruits of species and sub-species of *Hippophae*

表 2. 参试沙棘种(亚种)果实的总糖含量

种(亚种)名	测试编号	干果肉总糖含量(%)	干籽总糖含量(%)	干全果总糖含量(%)
中国沙棘	QY1	43.53	13.04	32.97
	QY2	23.18	12.89	19.91
	QY3	1.28	4.62	2.13
	ZG1	36.37	11.82	28.95
	平均	26.09	10.59	20.99
柳叶沙棘	MMX	25.93	10.38	21.32
云南沙棘	LZ1	5.86	9.00	6.86
	LZ2	3.61	5.28	4.17
	平均	4.73	7.14	5.51
蒙古沙棘	SQH	21.94	10.36	19.20
	ZYH	38.52	11.99	33.53
	平均	30.23	11.18	26.36
中亚沙棘	ZD1	29.10	16.29	24.83
	ZD2	41.20	12.56	34.90
	ZD3	29.52	8.76	22.86
	ZD4	24.67	11.10	21.34
	ZY1	28.59	12.40	25.47
	AX1	5.25	10.54	6.33
	AX2	4.00	16.14	6.32
	KS2			22.53
	KS3			30.66
	KS4			46.16
	平均	23.19	12.54	24.14

Continued

	CN1	23.39	16.55	19.26
	LZX1	41.30	15.95	31.86
江孜沙棘	HZ1	18.18	15.83	17.31
	QS1	63.32	10.51	46.25
	QS2	13.98	17.10	15.00
	平均	32.03	15.19	25.94
	LG1	15.88	12.66	14.72
肋果沙棘	XML			12.25
	平均	15.88	12.66	13.48
	PL1	2.55	4.54	3.24
西藏沙棘	PL2	5.50	4.58	5.20
	平均	4.03	4.56	4.22

从干全果总糖含量测定结果(表 2)来看, 蒙古沙棘(26.36%)、江孜沙棘(25.94%)、中亚沙棘(24.14%)、柳叶沙棘(21.32%)、中国沙棘(20.99%)居于第一层次, 干全果总糖含量在 20%以上; 肋果沙棘、云南沙棘、西藏沙棘含量较低, 分别为 13.48%、5.51%、4.22%。这些指标是实实在在的总糖含量, 是判断科学饮食、防止疾病(如糖尿病)的重要依据。

除非是做全果粉、原浆等, 一般加工用的实际上为剔除了种子后的纯果肉, 因此再来看看干果肉总糖含量测定结果排序: 江孜沙棘(32.03%) > 蒙古沙棘(30.23%) > 中国沙棘(26.09%) > 柳叶沙棘(25.93%) > 中亚沙棘(23.19%) > 肋果沙棘(15.88%) > 云南沙棘(4.73%) > 西藏沙棘(4.03%)。

而品尝沙棘果实甜不甜, 与总糖高低有关系, 但关系不是太大, 因为甜度主要是由其中所含的果糖所决定。本文没有测定野生沙棘资源果实中总糖的分量, 但可借用之前我们曾经测定的蒙古沙棘和蒙中杂交沙棘鲜全果的有关测定数据:

蒙古沙棘(大果沙棘): 葡萄糖含量为 1019.247 mg/100 g, 果糖含量为 178.489 mg/100 g, 蔗糖含量为 4.520 mg/100 g。

蒙中杂交沙棘: 葡萄糖含量为 923.855 mg/100 g, 果糖含量为 86.204 mg/100 g, 蔗糖含量为 1.895 mg/100 g。

由此可以看出, 大果沙棘比杂交沙棘果糖含量高, 因此果味必然会甜, 而事实上也确实如此。另外还可以做出推断, 各野生沙棘总糖中的分量, 也基本上应为按葡萄糖、果糖和蔗糖的含量依次递减的次序。

3.2. 总酸含量

总酸是指样品中最终能释放出的氢离子数量, 包括样品中所有酸性成分的总量, 如未离解的酸和已离解的酸, 其浓度大小可借碱滴定, 故总酸度又可称为“可滴定酸度”。

表 3 中列有 8 个种或亚种的 25 个果实样品的总酸含量测定数据, 其中 1 份肋果沙棘因果肉与籽难于分离可只测了干全果数据。与表 2 不同的是, 3 份中亚沙棘因果实量太少而未能测任何一个总酸含量。

Table 3. Total acid contents of dry fruits of species and sub-species of *Hippophae*
表 3. 参试沙棘种(亚种)果实的总酸含量

种(亚种)名	测试编号	干果肉总酸含量(%)	干籽总酸含量(%)	干全果总酸含量(%)
中国沙棘	QY1	36.45	2.05	24.54
	QY2	65.51	1.73	45.24
	QY3	42.63	1.25	32.13
	ZG1	48.54	1.02	34.19
	平均	48.28	1.51	34.02
柳叶沙棘	MMX	62.84	1.01	44.47
云南沙棘	LZ1	68.15	4.96	48.06
	LZ2	65.14	6.25	45.56
	平均	66.65	5.61	46.81
蒙古沙棘	SQH	30.61	1.49	23.73
	ZYH	25.69	3.87	21.58
	平均	28.15	2.68	22.66
中亚沙棘	ZD1	39.89	0.16	26.66
	ZD2	22.78	0.89	17.97
	ZD3	28.47	1.88	19.93
	ZD4	70.53	6.15	54.70
	ZY1	12.47	7.14	11.44
	AX1	65.14	3.85	52.63
	AX2	1.87	10.35	3.48
	平均	34.83	3.24	26.14
江孜沙棘	CN1	4.17	0.69	2.06
	LZX1	2.90	0.40	1.97
	HZ1	3.55	0.51	2.43
	QS1	29.49	0.81	20.22
	QS2	17.85	0.24	12.11
	平均	11.59	0.53	7.76
肋果沙棘	LG1	2.45	0.20	1.64
	XML			11.17
	平均	2.45	0.20	6.40
西藏沙棘	PL1	15.87	1.66	10.95
	PL2	24.13	1.26	16.65
	平均	20.00	1.46	13.80

从干全果总酸含量测定结果(表 3)来看, 云南沙棘(46.81%)、柳叶沙棘(44.47%)居于第一层次, 干全果总酸含量在 40%以上; 中国沙棘(34.02%)、中亚沙棘(26.14%)、蒙古沙棘(22.66%)居于第二层次, 干全

果总酸含量在 20%~40%；西藏沙棘(13.80%)、江孜沙棘(7.76%)、肋果沙棘(6.40%)含量较低，在 15%以下。这些指标是实实在在的总酸含量，是确定科学饮食的重要依据。

同样，除非是做全果粉、原浆等，一般加工用的实际上仍为剔除种子后的果肉，因此再来看看干果肉总酸含量测定结果的排序为：云南沙棘(66.65%)、柳叶沙棘(62.84%)、中国沙棘(48.28%)、中亚沙棘(34.83%)、蒙古沙棘(28.15%)、西藏沙棘(20.00%)、江孜沙棘(11.59%)、肋果沙棘(2.45%)。

从 3 种主要有机酸的测定结果(表 4)来看，苹果酸含量很大，奎宁酸含量较少，而柠檬酸含量甚微，且在干果肉中未能检出。从干全果苹果酸含量来看，云南沙棘为 41.76%，中国沙棘为 21.84%，中亚沙棘为 11.68%，其余 5 种(亚种)含量均在 10%以下。

Table 4. Three mean organic acid contents of dry fruits of species and sub-species of *Hippophae*

表 4. 参试沙棘种(亚种)果实 3 种有机酸含量平均值

种(亚种)名	苹果酸(%)			柠檬酸(%)			奎宁酸(%)		
	干果肉	干籽	干全果	干果肉	干籽	干全果	干果肉	干籽	干全果
中国沙棘	31.09	0.91	21.84	未检出	0.28	0.08	17.20	0.32	12.10
柳叶沙棘	5.82	0.02	4.09	未检出	0.05	0.02	8.63	0.09	6.09
云南沙棘	59.42	5.01	41.76	未检出	0.32	0.11	7.23	0.28	4.94
蒙古沙棘	9.84	0.72	7.90	未检出	0.49	0.10	18.31	1.46	14.66
中亚沙棘	15.75	0.81	11.68	未检出	1.12	0.27	23.85	1.31	14.20
江孜沙棘	6.01	0.34	3.92	未检出	0.04	0.01	1.05	0.06	0.72
肋果沙棘	2.40	0.17	3.05	未检出	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03
西藏沙棘	19.59	1.42	13.52	未检出	0.02	0.00	0.41	0.04	0.28

沙棘俗称“酸刺”“酸溜溜”，就是因期果实很酸而得名。沙棘果实品尝后的第一感觉，往往很酸，但酸之余，事实上还会有酸甜、酸涩、苦涩等不同的口感。苹果的有关研究表明，苹果品质主要取决于含酸量，含糖量影响相对较小[12]。由此可判断，苹果酸含量很高的云南沙棘、中国沙棘和中亚沙棘的果实，应该是很酸的。品尝后发现，这点对前 2 种来说是对的，但对于中亚沙棘，果实味主要为苦涩。据此本文对 4 个沙棘样品还测了单宁酸的含量，结果发现，2 个中亚沙棘样品，一个为 7.90%，另一个为 1.58%；一个中国沙棘样品含量为 4.62%；一个蒙古沙棘样品含量为 1.14%。从中亚沙棘 2 个样品单宁酸含量相差很大的情况，可以说明除了单宁酸外，还有其他造成中亚沙棘苦涩味道的因子，这点将在后边多酚部分再做说明。

3.3. 糖酸比

顾名思义，糖酸比就是总糖与总酸含量之间的比值。可溶性糖和有机酸既是水果的重要营养成分，也是水果的重要风味物质，其构成和含量水平是决定水果甜酸风味的关键因素。对于加工用沙棘，一般要求高糖高酸，以获得目标物质的高产量；而对于鲜食用沙棘，则要求高糖中酸，才能达到风味浓、品质优的基本目标。

按 8 种(亚种)将各样品测定数据进行平均，得到平均的总糖、总酸含量，并计算得到的糖酸比，全部列于表 5。

虽然表 5 中列有籽的糖酸比，但由于籽主要用于播种育种、直接榨籽油或制作全果粉，不直接食用，下面只是对干果肉糖酸比的有关分析。

Table 5. Sugar acid ratios of dry fruits of species and sub-species of *Hippophae*
表 5. 参试沙棘种(亚种)果实的糖酸比

种(亚种)名	总糖(%)			总酸(%)			糖酸比		
	干果肉	干籽	干全果	干果肉	干籽	干全果	干果肉	干籽	干全果
中国沙棘	26.09	10.59	20.99	48.28	1.51	34.02	0.54	7.00	0.62
柳叶沙棘	25.93	10.38	21.32	62.84	1.01	44.47	0.41	10.30	0.48
云南沙棘	4.73	7.14	5.51	66.65	5.61	46.81	0.07	1.27	0.12
蒙古沙棘	30.23	11.18	26.36	28.15	2.68	22.66	1.07	4.17	1.16
中亚沙棘	23.19	12.54	24.14	34.83	3.24	26.14	0.67	3.87	0.92
江孜沙棘	32.03	15.19	25.94	11.59	0.53	7.76	2.76	28.59	3.34
肋果沙棘	15.88	12.66	13.48	2.45	0.20	6.40	6.49	62.20	2.10
西藏沙棘	4.03	4.56	4.22	20.00	1.46	13.80	0.20	3.12	0.31

干果肉糖酸比值在 1 以上的沙棘种(亚种)有肋果沙棘(6.49)、江孜沙棘(2.76)和蒙古沙棘(1.07)。这几类现场品尝的结果表明,肋果沙棘和蒙古沙棘果实品味好,酸甜适中;而江孜沙棘果实为苦涩味,不宜鲜食。

干果肉糖酸比值在 1 以下的沙棘种(亚种)有中亚沙棘(0.67)、中国沙棘(0.54)和柳叶沙棘(0.41)、西藏沙棘(0.20)和云南沙棘(0.07)。这 5 种沙棘果实普遍较酸,特别是云南沙棘相对更酸,但酸度感觉并不像测试沙棘种(亚种)数据显示的那么大。5 种中,西藏沙棘和中亚沙棘 2 种例外,这两种并不酸。西藏沙棘果实酸甜可口,在野生沙棘中几乎可以稳占口感第一的位置,但在测定中注意到总酸含量实际上也不高,但总糖含量更低,才导致糖酸比数值很低,也说明了糖酸比这一指标也应具体情况具体分析,有时并不能说明一切。此外,由于西藏沙棘只取样 2 个,因此,今后还需要继续取样核实。而中亚沙棘在前面已经初步分析过,酸味感并不明显,因为苦涩味完全压制出了酸味。

或许以为水果滋味“非酸即甜”,但凡品尝过沙棘果实的人,却都不会这样认为。因为,大部分沙棘果实是以酸味为主的酸甜味,或酸中带甜,或甜中有酸。

一般来说,甜和酸是水果最为重要的口感,主要分别由果糖和有机酸产生。水果的甜度既取决于糖和酸的含量,也取决于糖和酸的种类及比例即糖酸比。从糖的角度来说,不同糖组分对甜度的贡献不同,果糖、蔗糖和葡萄糖的甜度分别为 1.75、1 和 0.75,因此含果糖多的水果肯定甜一些。

甜度还与水果中含酸的多少有关。火龙果和猕猴桃的口感偏酸,但它们的含糖量却远高于口感很甜的西瓜。草莓比菠萝吃起来感觉更甜,但草莓含糖量却远低于菠萝,仅是菠萝的一半,但菠萝的酸味较强,遮掩了其自身的甜味[13]。由此可见,水果并不是越甜含糖量就越高。水果中含糖量变幅较小,含酸量变幅较大,因此含酸量是决定糖酸比大小的主要因素。

参试 8 种(亚种)沙棘中,6 种果味以酸味为主,2 种以苦涩味为主。虽然总糖含量高也压不住有机酸造成的酸味,但也能品尝到总糖特别是果糖所产生的些许甜味。所以,在 6 种果实以酸为主的沙棘中,西藏沙棘、肋果沙棘、蒙古沙棘为酸甜味,而云南沙棘、柳叶沙棘、中国沙棘一般为纯酸味。总糖含量高,同样也压不住酚类物质造成的苦涩味道。中亚沙棘、江孜沙棘这 2 种(亚种)的苦涩味较为强烈,几乎到了难以下咽的程度。关于沙棘果实的苦涩味,以后还将进行深入研究;同时也需要研究水果升高血糖的能力,也就是血糖生成指数(GI 值),对于糖尿病患者来说,这个指数十分重要。鲜食沙棘,必须要搞清楚 GI 值,不能因补充有关糖分,而造成糖尿病的产生或加重。

3.4. 多酚含量

多酚是芳香环上的两个及以上氢(-H)被羟基(-OH)取代的一类芳香族化合物。多酚具有强大的输送电子能力，故当人类摄入多酚后，多酚就变成巨大的自由基清除剂使机体受益；还可通过和金属形成螯合物，有助于排出人体吸入的金属物质，从而达到解毒的目的。

参试 8 个种或亚种的全部 29 个果实样品的多酚含量测定数据详见表 6。同样由于 3 份中亚沙棘果实量太少，1 份肋果沙棘果肉与籽很难分离，因此这 4 份果实只测了干全果多酚含量。

Table 6. Total polyphenols contents of dry fruits of species and sub-species of *Hippophae*

表 6. 参试沙棘种(亚种)果实的多酚含量

测试沙棘	测试编号	干果肉多酚含量(%)	干籽多酚含量(%)	干全果多酚含量(%)
中国沙棘	QY1	6.36	1.69	4.74
	QY2	7.79	1.80	5.89
	QY3	4.53	2.74	4.08
	ZG1	4.71	1.81	3.84
	平均	5.85	2.01	4.64
柳叶沙棘	MMX	0.14	0.26	0.17
云南沙棘	LZ1	10.34	1.18	7.43
	LZ2	8.49	1.26	6.09
	平均	9.42	1.22	6.76
蒙古沙棘	ZYH	0.65	1.21	0.76
	SQH	1.82	1.74	1.80
	平均	1.24	1.47	1.28
中亚沙棘	ZD1	1.91	1.71	1.84
	ZD2	2.37	1.83	2.25
	ZD3	0.99	2.12	1.35
	ZD4	1.41	1.78	1.50
	ZY1	0.67	1.97	0.92
	AX1	0.82	1.89	1.04
	AX2	0.13	1.76	0.44
	KS2			2.80
	KS3			2.50
	KS4			3.59
	KS5			0.58
	平均	1.19	1.86	1.71

Continued

	CN1	2.54	2.16	2.31
	LZX1	2.68	2.21	2.51
江孜沙棘	HZ1	1.29	1.66	1.43
	QS1	3.48	1.89	2.97
	QS2	0.66	0.63	0.65
	平均	2.13	1.71	1.97
肋果沙棘	LG1	1.15	1.83	1.39
	XML			0.18
	平均	1.15	1.83	0.79
西藏沙棘	PL1	3.89	0.70	2.78
	PL2	2.16	0.69	1.68
	平均	3.02	0.70	2.23

从干全果多酚含量测定结果来看,云南沙棘(6.76%)、中国沙棘(4.64%)居于第一层次,干全果多酚含量在4%以上;西藏沙棘(2.23%)、江孜沙棘(1.97%)、中亚沙棘(1.71%)、蒙古沙棘(1.28%)居于第二层次,干全果多酚含量在1%~4%;肋果沙棘(0.79%)、柳叶沙棘(0.17%)居于第三层次,干全果多酚含量在1%以下。这些指标是实实在在的干全果多酚含量测定数据,是对野生沙棘资源开展进一步开发利用的重要依据。

一般来说,果实多酚相对含量在幼果期最高,随着果实发育而迅速下降。在果实成熟过程中,除少数几种可形成苦涩味的物质如绿原酸、儿茶素、表儿茶素、根皮素和原花青素等物质含量有所增加外,多种酚类物质处于缓慢下降或稳定状态,且绝对含量随果实发育而增加[14]。苹果、柿子、香蕉、石榴等随着果实的成熟度增加,单宁类物质会形成聚合物而失去水溶性,涩味也随之消失。

如前所述,本文测定了4个种(亚种)沙棘的单宁酸含量,欲探究单宁酸是不是造成苦涩味的主要原因。但结果回答不了这一点,因为同为中亚沙棘,一个含量很高,一个很低。因此,一些沙棘种(亚种)果实有苦涩味的原因,应该是由一些多酚类物质所致。本文虽然测定了多酚,但未能对绿原酸、儿茶素、表儿茶素、根皮素和原花青素等具体化合物做出测定,是一缺憾,但也为未来开展研究留下了很好的方向。

4. 结论

参试沙棘果实的糖、酸、多酚等指标的分析测定,让我们了解了不同沙棘的相关情况,特别是对果实风味指标有了初步的了解。干果肉糖酸比值在1以上的沙棘种(亚种)有肋果沙棘(6.49)、江孜沙棘(2.76)和蒙古沙棘(1.07)。现场品尝的结果表明,肋果沙棘和蒙古沙棘果实不太酸,较为酸甜可口,特别是选育出大果沙棘的蒙古沙棘;而江孜沙棘呈苦涩味。干果肉糖酸比值在1以下的沙棘种(亚种)有中亚沙棘(0.67)、中国沙棘(0.54)和柳叶沙棘(0.41)、西藏沙棘(0.20)和云南沙棘(0.07),普遍较酸,其中中亚沙棘果味苦涩,西藏沙棘虽然果肉糖酸比较低,但果实风味很好。但本文只是重点分析了非挥发性呈味物质,即蔗糖、果糖和葡萄糖等糖类,柠檬酸、苹果酸和酒石酸等酸类,及一些涩味物质,而对酯类、醛类、萜烯类和醇类等挥发性呈香物质并未触及,这些工作留待日后继续进行深入研究。

从目前国内沙棘自然分布和人工种植情况来看, 肋果沙棘、柳叶沙棘、西藏沙棘、云南沙棘 4 种(或亚种)仅有自然分布, 目前尚无或基本上无人工种植, 且前两种树体较为低矮, 果实产量自然不高; 柳叶沙棘仅分布在喜马拉雅山南坡的小片区域, 云南沙棘仅局域分布在西藏林芝和云南迪庆等地, 因此, 沙棘果实的获取面临着路途遥远、采收成本高, 且冒着对有限自然资源造成破坏的风险。除此 4 种(亚种)外, 江孜沙棘、蒙古沙棘、中亚沙棘、中国沙棘 4 种(或亚种)既有自然分布, 又有大面积人工种植, 其中江孜沙棘在西藏拉萨、山南和日喀则等地人工种植面积大, 结实量也还可以, 美中不足的是其果味苦涩; 蒙古沙棘在我国东北、新疆等地, 已用于工业原料林建设, 而且糖酸比例又较适宜; 中亚沙棘在南疆、藏北阿里有人工种植, 但果味苦涩也是其问题所在; 中国沙棘在整个黄土高原和冀北、辽西等地, 适应性很强, 是生态建设的先锋树种和伴生树种, 种植区的百姓已经基本上能够适应食用这种酸度的沙棘。因此可选择蒙古沙棘、中国沙棘作为目前我国食用沙棘种植的当家树种, 其中中国沙棘可继续与蒙古沙棘进行亚种间杂交, 从中选择风味更好的杂交种无性系来, 服务于我国的沙棘鲜食市场。以鲜食为主要用途的沙棘林, 在东北、新疆应主要种植蒙古沙棘, 特别是引进的大果沙棘; 在黄土高原和冀北、辽西等地, 应主要种植蒙中杂交沙棘, 而一些优选出的果味呈酸甜味的中国沙棘优良类型, 也可在这些地区用于建立鲜食用沙棘林, 作为杂交沙棘的补充。

沙棘不同种(亚种)的风味物质不同, 受众群和销售额也会随之发生很大变化。目前我国沙棘果实主要用于工业原料, 还涉及不到风味等指标。不过相信随着鲜食市场的逐步开拓, 大众慢慢会接触到沙棘果实的风味品质上来。未雨绸缪, 本文开展的有关研究内容和结果, 希望能对我国沙棘鲜食市场的开拓有所裨益, 或至少有借鉴作用, 最终体现在改善人民大众的生活水平和营养健康方面来。

基金项目

水利部财政项目“水土保持业务”(126216223000200001)。

参考文献

- [1] 李彦章. 水果蔬菜的营养价值和保健功用[J]. 食品与健康, 1999, (10): 35.
- [2] 丁新泉, 刘敏超, 闫翠香. 我国第三代水果产业现状与发展战略[J]. 广东农业科学, 2013(19): 206-209.
- [3] 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.
- [4] 赵东晓, 卢顺光, 胡建忠. 全国沙棘开发三十五周年纪事[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2021: 166-195.
- [5] 胡建忠. 沙棘工业原料林资源建设与开发利用[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2019: 35-54.
- [6] 胡建忠. 沙棘杂种 F₁ 代无性系区域试验示范[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020: 314-315.
- [7] 汤泽波, 冯涛, 庄海宁. 大宗水果风味物质的研究进展[J]. 中国果蔬, 2020, 40(6): 1-9+22.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T15672-2009 食用菌中总糖含量的测定[S]. 2009.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 食品中总酸的测定: GB/T12456-2008 [S]. 2008.
- [10] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T8313-2018 [S]. 2018.
- [11] Zheng, J., Kallio, H., Linderborg, K. and Yang, B. (2011) Sugars, Sugar Alcohols, Fruit Acids, and Ascorbic Acid in Wild Chinese Seabuckthorn (*Hippophaë rhamnoides* ssp. *sinensis*) with Special Reference to Influence of Latitude and Altitude. *Food Research International*, **44**, 2018-2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.007>
- [12] 李晓颖, 谭洪花, 房经贵, 等. 果树果实的风味物质及其研究[J]. 植物生理学报, 2011, 47(10): 943-950.
- [13] 本刊综合. 水果含糖量越高不一定越甜[J]. 发明与创新, 2020(11): 49.
- [14] 乜兰春. 苹果果实酚类和挥发性物质含量特征及其与果实实质关系的研究[D]: [博士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2004.