

文章编号 1674-7054(2018)02-00129-07

海马齿和长茎葡萄蕨藻的营养成分分析及评价

唐贤明¹, 刘小霞², 孟凡同², 王爱民², 顾志峰², 刘春胜²

(1. 海南省海洋与渔业科学院, 海口 570206; 2. 海南大学 南海海洋资源利用国家重点实验室 / 海洋学院 / 热带生物资源教育部重点实验室, 海口 570228)

摘 要: 为了解海马齿(*Sesuvium portulacastrum*)和长茎葡萄蕨藻(*Caulerpa lentillifera*)的营养结构, 笔者测定了2种植物的粗营养成分、氨基酸组成及矿物质含量, 并进行了营养学评价。结果表明: (1) 海马齿和长茎葡萄蕨藻中水分含量较高, 占90%以上; 粗蛋白含量分别占其干质量的14.23%和9.22%, 两者脂肪含量均较低, 分别占其干质量的2.16%和0.81%; 灰分、多糖和粗纤维含量较多, 均占其干质量的80%以上。(2) 海马齿和长茎葡萄蕨藻尽管蛋白质含量不是很高, 但氨基酸分析显示, 两者氨基酸种类齐全, 配置良好, 氨基酸评分分别为61.31和66.69, 高于海带(47)和紫菜(54); 第1限制性氨基酸均为胱氨酸+甲硫氨酸, 呈味氨基酸分别占氨基酸总量的40.69%和49.13%, 谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、天冬氨酸等含量亦较高。(3) 海马齿和长茎葡萄蕨藻中Na、K、Mg、Ca、Fe、Mn、Zn、Se等矿物质元素含量较高。海马齿和长茎葡萄蕨藻富含人体必需氨基酸及矿物质元素, 具有较高的食用开发价值。

关键词: 海马齿; 长茎葡萄蕨藻; 氨基酸; 矿物质; 营养学评价

中图分类号 S 917.3

文献标志码 A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2018.02.001

海洋是开发食品、能源、水资源和生活空间的战略开发基地。近年来, 海洋蔬菜的开发前景逐渐被认知, 海洋蔬菜营养价值较高, 有保健功能, 各类海藻菜肴以及加工品普遍为人们所喜爱, 具有可观的开发前景和潜力^[1]。海马齿(*Sesuvium portulacastrum*)又名滨水菜, 隶属番杏科(Aizoaceae)海马齿属(*Sesuvium*), 是一种多年生肉质草本植物, 广泛分布于全球热带和亚热带沿海地区, 在我国多见于海南、广东、福建、台湾等省份^[2]。海马齿在环境修复中应用广泛——可用于沿海防风固沙, 去除富营养化水体的氮、磷营养盐和有机质^[3-4], 同时还是一种具有潜在保健功能的野生蔬菜, 含有丰富的有益矿物质元素钙、铁、钾等, 叶片多肉多汁, 含盐、微酸等, 具有清除体内毒素, 帮助消化, 益气润肠的功效, 常吃有益于心血管系统和神经系统^[5], 在印度及东南亚一些国家, 海马齿被人工驯化栽培作为蔬菜食用, 在食用时用煮沸的清水漂洗2~3遍, 可去除多余的盐分^[6]。长茎葡萄蕨藻(*Caulerpa lentillifera*)俗称海葡萄, 隶属蕨藻科(caulerpaceae)、蕨藻属(*Caulerpa*)^[7], 原产于日本的冲绳、菲律宾、马来西亚和印尼等地海域^[8]。相关研究表明, 长茎葡萄蕨藻可去除富营养化水体中的氮、磷等营养盐^[9], 同时, 藻粉还可用于吸附废水中的碱性染料^[10]和重金属离子^[11]。此外, 长茎葡萄蕨藻又称绿色鱼子酱, 富含高蛋白、高膳食纤维, 且含氨基酸种类齐全, 有丰富的呈味氨基酸和不饱和脂肪酸, 矿物质钠、钾、钙、镁等元素含量也丰富, 与其他海藻相比, 是潜在的高营养价值保健食品^[12], 除做成沙律生食外^[13], 亦可用于饲料、肥料及新型药物提取^[14]。近年来, 海南、福建等地成功引进长茎葡萄蕨藻, 并初步开展了规模化繁育相关研究^[15-16]。目前, 海马齿相关研究多集中于其耐盐机理^[17-18], 而长茎葡萄蕨藻刚突破工厂化养殖, 相关基础研究刚刚起步^[20-21]。在海南, 海马齿为三沙市各岛屿常见盐生植物, 长茎葡萄蕨藻可在岛上人工养殖, 两者不仅有助于改善环境, 且味

收稿日期 2017-10-20 修回日期 2018-01-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41366003); 现代农业产业技术体系专项(CARS-50); 海南省重大科技计划项目(ZDKJ2017002)

作者简介: 唐贤明(1979-), 男, 山东莱阳人, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 水产养殖研究

通信作者: 顾志峰(1975-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 水产养殖研究, E-mail: hnugu@163.com; 刘春胜(1984-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向: 水产养殖研究, E-mail: lcs5113@163.com

道鲜美,营养价值高,还可以作为岛上居民蔬菜补充。目前,科研工作者对这两种植物的研究多倾向于进化水质、改善环境,对其化学成分和营养特性却鲜有研究。笔者对海马齿和长茎葡萄蕨藻可食用部位进行营养组成测定和分析,综合评价其营养价值,旨在为合理开发利用海马齿和长茎葡萄蕨藻提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料 海马齿采自海南省陵水县黎安港海区,长茎葡萄蕨藻由海南大学海洋学院贝类与生态养殖实验室提供。

1.2 粗营养成分分析 (1)水分:采用常压恒温干燥法(GB/T 5009.3-2010)(电热鼓风干燥箱:上海一恒科学仪器有限公司)测定。(2)粗脂肪:采用索氏抽提法(GB/T 5009.6-2003),样品经盐酸水解后,利用石油醚溶剂在脂肪抽提机中抽提(Soxtec System HT6, Tecator, Sweden)测定。(3)粗蛋白:采用凯氏定氮法(GB/T 5009.5-2010),使用凯斯定氮仪(1030- Auto-analyzer, Tecator, Sweden)测定。(4)灰分:采用 550 °C 高温灼烧法(GB/T 5009.4-2010),用箱式电阻炉(上海一恒科学仪器有限公司)测定。各营养成分测量均重复 3 次。

1.3 氨基酸成分分析 采用国标食品中氨基酸的测定方法(GB/T 5009.124-2003),样品经盐酸水解后,进行氨基酸的分析测定(日立 L-8800 高速氨基酸分析仪)。两种植物氨基酸成分测量均重复 3 次。

1.4 蛋白质营养价的化学法评价 根据 FAO/WHO(1973)提出的人体必需氨基酸均衡模式,根据以下公式,按氨基酸计分方法(%干质量)进行评价(AAS)。

$$AAS = \frac{\text{待评蛋白质氨基酸含量}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{粗蛋白})}{\text{FAO 评分模式中氨基酸含量}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{粗蛋白})} \times 100\%$$

1.5 矿物质含量测定 样品经湿法消化后定容备用。K、Na、Ca、Mg、Fe、Zn、Mn 等 7 种元素由原子吸收光谱仪(美国 Thermo Fisher 公司,型号:TAS-990 Super AFG)测定;Cu、Sn、Se、Ni、Cr、Mo、Cd、As、Pb 等 9 种元素由电感耦合等离子体质谱仪(北京普析通用仪器有限责任公司,型号:X Series)测定;Hg 元素由原子荧光光谱仪(北京海光仪器公司,型号:AFS-9800 全自动四灯位原子荧光光度计)测定。两种植物矿物质成分测量均重复 3 次。

1.6 数据处理与分析 使用 Excel 和 SPSS18.0 软件处理数据,用单因素方差分析方法进行分析,显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 粗营养成分 海马齿和长茎葡萄蕨藻水分含量分别为 94.61%和 90.27%(表 1)。海马齿中粗蛋白、粗脂肪及其他未测量营养成分分别占干质量的 14.23%、2.16%和 56.14%,显著高于长茎葡萄蕨藻中上述各成分含量($P < 0.05$)。与之相反,长茎葡萄蕨藻中灰分含量占干质量的 56.08%,显著高于海马齿($P < 0.05$)。

表 1 海马齿、长茎葡萄蕨藻的粗营养成分

Tab. 1 Proximate composition of *Sesuvium portulacastrum* and *Caulerpa lentillifera*

海藻 Seaweed	水分含量 / % Water content	干基 / % (以干质量计) Dry basis			
		粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash	其他 Others
海马齿(<i>S. portulacastrum</i>)	94.61± 0.43 ^a	14.23± 0.18 ^a	2.16± 0.02 ^a	27.47± 2.19 ^a	56.14± 2.06 ^a
长茎葡萄蕨藻(<i>C. lentillifera</i>)	90.27± 0.75 ^b	9.22± 0.14 ^b	0.81± 0.03 ^b	56.08± 4.17 ^b	33.89± 4.17 ^b

注:同列数据不同字母表示差异显著($P > 0.05$)

Note: In the same column, values with different letters are significantly different ($P > 0.05$)

2.2 氨基酸组成分析 笔者从海马齿和长茎葡萄蕨藻中共检测出 17 种氨基酸(由于色氨酸在浓盐酸水解过程中被分解而未能被测定(表 2)),其中海马齿可测总氨基酸占其干质量的 13.89%,显著高于长茎葡萄蕨藻(8.84%)。长茎葡萄蕨藻必需氨基酸占氨基酸总量的 35.24%,高于海马齿 30.29%。结果表明,海马齿谷氨酸含量最高,占其干质量 2.37%,其次为脯氨酸和天冬氨酸;长茎葡萄蕨藻中谷氨酸含量亦为最

高, 占其干质量 1.30%, 其次为甘氨酸和天冬氨酸。此外, 在海马齿和长茎葡萄蕨藻中呈味氨基酸分别占氨基酸总量的 40.69%和 49.13%。

表 2 海马齿和长茎葡萄蕨藻的氨基酸组成
Tab. 2 Amino acids content of *S. portulacastrum* and *C. lentillifera* 干质量 dry weight/%

氨基酸 Amino acid	海马齿 <i>S. portulacastrum</i>	长茎葡萄蕨藻 <i>C. lentillifera</i>	氨基酸 Amino acid	海马齿 <i>S. portulacastrum</i>	长茎葡萄蕨藻 <i>C. lentillifera</i>
天冬氨酸(ASP)	1.29± 0.00	0.91± 0.05	苯丙氨酸(PHE)*	0.52± 0.00	0.61± 0.04
苏氨酸(THR)*	0.57± 0.00	0.50± 0.00	赖氨酸(LYS)*	0.79± 0.00	0.40± 0.02
丝氨酸(SER)	0.58± 0.01	0.48± 0.04	游离氨(NH3)	0.34± 0.00	0.37± 0.05
谷氨酸(GLU)	2.37± 0.06	1.30± 0.16	组氨酸(HIS)	0.33± 0.00	0.22± 0.00
甘氨酸(GLY)	0.69± 0.00	1.06± 0.03	精氨酸(ARG)	1.15± 0.00	0.52± 0.01
丙氨酸(ALA)	0.72± 0.02	0.59± 0.04	脯氨酸(PRO)	1.85± 0.00	0.42± 0.04
胱氨酸(CYS)	0.23± 0.01	0.13± 0.01	氨基酸总量(TAA)	13.89± 0.18	8.84± 0.20
缬氨酸(VAL)*	0.70± 0.00	0.45± 0.03	必需氨基酸(EAA)	4.21± 0.09	3.11± 0.00
甲硫氨酸(MET)*	0.08± 0.00	0.09± 0.01	EAA/TAA	30.29± 0.25	35.24± 0.78
异亮氨酸(ILE)*	0.57± 0.04	0.39± 0.02	EAA/NEAA	43.46± 0.51	54.43± 1.85
亮氨酸(LEU)*	0.98± 0.05	0.68± 0.01	呈味氨基酸	5.65± 0.07	4.34± 0.24
酪氨酸(TYR)	0.47± 0.01	0.09± 0.01	呈味氨基酸 /TAA	40.69± 0.03	49.13± 1.65

注: * 为必需氨基酸
Note: * indicatess essential amino acids

2.3 氨基酸组成评价 实验基于 FAO/WHO 建议的氨基酸模式, 计算获得海马齿和长茎葡萄蕨藻的氨基酸得分(表 3)。海马齿和长茎葡萄蕨藻的氨基酸评分分别为 61.31 和 66.69 分。两种植物第 1 限制性氨基酸均为胱氨酸(CYS)和甲硫氨酸(MET)。海马齿的第 2 限制性氨基酸为缬氨酸(VAL), 长茎葡萄蕨藻的第 2 限制性氨基酸为赖氨酸(LYS)。

表 3 海马齿和长茎葡萄蕨藻的氨基酸组成评价
Tab. 3 Evaluation of EAA composition of *Sesuvium portulacastrum* and *Caulerpa lentillifera* based on FAO/WHO suggested model

项目 Item	氨基酸/(mg·g ⁻¹) Amino acid content							氨基酸评分 Amino acid score	限制性氨基酸 Limited amino acid
	ILE	LEU	LYS	CYS+MET	THR	VAL	TYR+PHE		
FAO/WHO 建议模式 FAO/WHO suggested model	40	70	55	35	40	50	60	100	
海马齿 <i>S. portulacastrum</i>	39.90	68.92	55.28	21.46	40.33	49.02	69.59	61.31/98.04 ¹	CYS+MET/VAL ²
长茎葡萄蕨藻 <i>C. lentillifera</i>	42.77	73.39	43.45	23.36	54.76	48.44	75.93	66.69/78.91 ¹	CYS+MET/LYS ²

注: ¹ 第 1 限制性氨基酸评分 / 第 2 限制性氨基酸评分; ² 第 1 限制性氨基酸 / 第 2 限制性氨基酸。
Note: Amino acid score: the first limited amino acid score / the second limited amino acid score; Limited amino acid: the first limited amino acid the second limited amino acid

2.4 矿物质元素含量 2 种植物矿物元素含量的测定结果见表 4。海马齿和长茎葡萄蕨藻中 Na 元素含量均最高, 分别约为 102.64 mg·g⁻¹ 和 240.45 mg·g⁻¹。海马齿中 K 元素含量显著高于长茎葡萄蕨藻, 而长茎葡萄蕨藻中的 Mg 元素含量显著高于海马齿。2 种植物微量元素以 Fe、Mn、Zn 含量较高, 其中长茎葡萄蕨藻中 Fe 元素含量为(136.96± 2.10)μg·g⁻¹, Mn 元素为(55.67± 1.35)μg·g⁻¹, Zn 元素为(68.29± 1.12)μg·g⁻¹, 其含量均是海马齿的数倍。此外, 长茎葡萄蕨藻 Cr 和 Se 元素含量也相对较高, 分别为(12.76± 0.23)

$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $(7.53\pm 0.44)\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。在所检测的镉、汞、铅、砷 4 种毒性微量元素中,长茎葡萄蕨藻含量均显著高于海马齿,尤其长茎葡萄蕨藻中的砷元素含量高达 $(4.31\pm 0.14)\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

表 4 海马齿和长茎葡萄蕨藻的矿物元素含量

Tab. 4 Mass fraction of minerals of *S. portulacastrum* and *C. lentillifera*

		干质量 dry weight/g	
项目 Item	元素 Mineral element	海马齿 <i>S. portulacastrum</i>	长茎葡萄蕨藻 <i>C. lentillifera</i>
大量元素 $/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$ Macroelement	钠(Na)	102.64 ± 1.77^b	240.45 ± 5.57^a
	钾(K)	32.68 ± 0.26^a	15.43 ± 0.39^b
	镁(Mg)	10.62 ± 0.13^b	20.60 ± 0.29^a
	钙(Ca)	7.79 ± 0.19	8.96 ± 0.13
人体必需微量元素 $/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$ Essential trace element	铬(Cr)	1.78 ± 0.30^b	12.76 ± 0.23^a
	铜(Cu)	6.17 ± 0.03^b	9.35 ± 0.08^a
	铁(Fe)	75.63 ± 4.94^b	136.96 ± 2.10^a
	锰(Mn)	16.99 ± 0.32^b	55.67 ± 1.35^a
	镍(Ni)	1.23 ± 0.15^b	7.07 ± 0.08^a
	锌(Zn)	18.69 ± 1.02^b	68.29 ± 1.12^a
	钼(Mo)	0.42 ± 0.01	0.29 ± 0.04
	硒(Se)	1.43 ± 0.27^b	7.53 ± 0.44^a
	锡(Sn)	0.13 ± 0.01	0.46 ± 0.01
	镉(Cd)	0.03 ± 0.00^b	0.79 ± 0.00^a
毒性元素 $/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$ Toxic element	汞(Hg)	0.01 ± 0.00^b	0.49 ± 0.00^a
	铅(Pb)	0.33 ± 0.16^b	0.94 ± 0.08^a
	砷(As)	0.53 ± 0.08^b	4.31 ± 0.14^a

注:同行数据不同字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: In the same line, values with different letters are significantly different($P<0.05$)

3 讨论

3.1 粗营养成分评价 为更全面了解 2 种植物营养成分,实验将海马齿和长茎葡萄蕨藻与已报道的长茎葡萄蕨藻^[12]、海带、羊栖菜^[12]及紫菜^[24]营养成分进行比较(表 5),发现海马齿与长茎葡萄蕨藻粗蛋白含量占其干质量的 14%左右,显著高于其他 3 种海藻(8.00%~9.22%)。与陆地蔬菜相比(绿叶类平均 1.8%、果菜类 0.91%、根茎类 1.4%)^[23],海马齿及长茎葡萄蕨藻等蛋白质含量更高,可作为人体蛋白源。粗脂肪含量测定结果表明,海马齿的脂肪含量最高,而长茎葡萄蕨藻脂肪含量相对偏低,均低于上述几种海藻。这些植物体中粗脂肪含量虽不高,但其所含的脂肪酸中不饱和脂肪酸较高,对人体健康具有重要的辅助性生理作用。此外,长茎葡萄蕨藻中灰分含量均高于上述几种海藻(7.80%~36.00%),说明长茎葡萄蕨藻能更好地吸收并富集矿物元素,是一种非常好的矿物质源。因为膳食纤维能量低(无),所以可以预防肥胖症,特别是水溶性膳食纤维,还可以促进结肠功能,预防结肠癌,可以控制由胆固醇所引起的冠心病。海马齿和长茎葡萄蕨藻的其他成分(主要是纤维类多糖)的含量较高,植物体中纤维类多糖,大部分是膳食纤维,所以,海马齿和长茎葡萄蕨藻作为食品将是一种很好的膳食纤维源。

3.2 氨基酸组成评价 蛋白质是人体必须的营养物质。衡量其质量的优劣,一看其氨基酸是否齐全;二看必需氨基酸含量及其精氨酸和组氨酸所占比例。海马齿和长茎葡萄蕨藻的总氨基酸质量分数不是很高,但长茎葡萄蕨藻中的必需氨基酸相对接近世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)提出的理想蛋白质中 EAA/TAA 应达到 40%、EAA/NEAA 应大于 60%的参考模式。进一步比较显示,两者的氨基酸的分布基本一致,与紫菜类似^[24]。就各种呈味氨基酸(GLU, ASP, ALA, GLY, PRO)含量而言,它们在海马齿

和长茎葡萄蕨藻中的含量均较高,具有良好的鲜味感和诱食作用。因此,两者均可以制成类似于海苔干制品的即食食品,也可以进一步深加工成食品海鲜调味剂。食物中蛋白质的营养价值与氨基酸评分相关,即氨基酸评分越接近 100 越好。根据食物蛋白质得分是蛋白质中最低氨基酸分的评分原则,海马齿和长茎葡萄蕨藻的第 1 限制氨基酸均为胱氨酸(CYS)+ 甲硫氨酸(MET),氨基酸评分分别为 61.31 和 66.69,显著高于海带和紫菜(分别为 47 和 54)^[26]。海藻中胱氨酸(CYS)+ 甲硫氨酸(MET)含量较低是海藻氨基酸组成所共有特点^[26]。除去第 1 限制性氨基酸和长茎葡萄蕨藻的第 2 限制性氨基酸外,2 种植物其余的氨基酸得分均在 96.88~126.55 之间。说明海马齿和长茎葡萄蕨藻的氨基酸配置相对比较合理。总之,海马齿和长茎葡萄蕨藻中蛋白质含量虽不是很高,但氨基酸组成较合理,包括呈味氨基酸以及具重要生理作用的谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸和天冬氨酸等。

表 5 海马齿、长茎葡萄蕨藻及几种常见食用海藻的粗营养成分
Tab.5 Proximate composition of *Sesuvium portulacastrum*, *Caulerpa lentillifera* and some other common edible algae

海藻 Seaweed	水分 / % Water content	干基 /%(以干质量计 Dry basis)			
		粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash	其他 Others
海马齿(<i>S. portulacastrum</i>)	94.61± 0.43 ^a	14.23± 0.18 ^a	2.16± 0.02 ^a	27.47± 2.19 ^a	56.14± 2.06 ^a
长茎葡萄蕨藻(<i>C. lentillifera</i>)	90.27± 0.75 ^b	9.22± 0.14 ^b	0.81± 0.03 ^b	56.08± 4.17 ^b	33.89± 4.17 ^b
长茎葡萄蕨藻 ^[12] (<i>C. lentillifera</i>)		14.37	1.80	25.31	58.52
海带 ^[22] (<i>Laminaria japonica</i>)		8.20	1.27	30.50	60.03
羊栖菜 ^[22] (<i>Hizikia fusiformis</i>)		8.00	1.00	36.00	55.00
紫菜 ^[24] (<i>Porphyra haitanensis</i>)		43.60	2.10	7.80	46.50

注:同列数据不同字母表示差异显著($P<0.05$)
Note: In the same colum,values with different letters are significantly different($P<0.05$)

3.3 矿物质评价 测量发现海马齿和长茎葡萄蕨藻植物 Na 元素含量是 K 元素的数倍多,而 Na/K 值过高,不利于人体钾和钠平衡,易导致人体患心血管和高血压病。建议在食用时,要尽量和其他食物同食,或者在制作加工过程中注意调整 Na/K 值。长茎葡萄蕨藻中含有较多的 Mg 元素,该类元素具有增强记忆和保护心脏的作用。同时,这两种植物中钙、钾等元素也有一定含量,钙、钾等元素可促进人体骨骼生长,且均来源摄食,丰富的钙、钾对改善儿童、孕妇以及老人饮食结构具重要作用。两种植物微量元素以 Fe、Mn、Zn 含量较高。铁元素在人体中一方面具有造血功能,另一方面在血液中起运输氧和营养物质的作用,参与体内呼吸和能量代谢,缺铁会引起缺铁性贫血及代谢紊乱。锰元素是精氨酸酶的组成成分,也是羧化酶的激活剂,参与体内物质代谢,锰还是锰超氧化物歧化酶的重要成分,缺锰地区的肿瘤病发病率相对较高,1993 年日本科学家研究表明,锰为人体重要的必需微量元素,具有抗衰老的功能,所以被誉为长寿元素^[26]。而锌元素具有维持人体中枢神经系统代谢、生长代谢和提高人体免疫等功能,被称为“生命之花”^[27]。这三种元素在这两种植物中都有较高含量,而且它们在长茎葡萄蕨藻中的含量是海马齿的数倍以上。同时,在长茎葡萄蕨藻中,Cr 和 Se 元素含量也较高,铬是生物必需的微量元素之一,人体器官中含有 3 价铬(Cr^{3+}),促进机体的代谢。而硒元素是谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)重要的组成成分,同时在某些重要的蛋白质中也结合存在活性硒,因而硒对维持机体的正常生长发育有重要作用,还能提高机体的免疫功能,增强抗病能力^[28],因此,长茎葡萄蕨藻可以作为很好的天然富硒食品。此外,其他几种微量元素在这两种植物中也均有一定的含量。总之,两者的微量元素含量均远高于陆地蔬菜^[29]。此外,所测的长茎葡萄蕨藻的矿物质含量与前人的研究^[12]有所不同,表明营养成分含量因生长地域的不同而不同。在检测的镉、汞、铅、砷 4 种毒性微量元素中,国家食品安全规定其含量分别为 $0.05\sim 1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $0.01\sim 0.05\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $0.02\sim 5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.05\sim 1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^[30]。海马齿 4 种毒性元素含量均符合我国食品卫生标准,而长茎葡萄蕨藻除汞元素含量符合我国食品卫生标准外,其他的镉、铅、砷含量均超标。该结果或许与长茎葡萄蕨藻养殖环境有关,需进一步验证。

综上所述,海马齿和长茎葡萄蕨藻这 2 种植物营养齐全,低脂肪、低热量,富含必需氨基酸、矿物质和人体必需的微量元素,风味独特,具有良好的药用功效,是一种集绿色营养、医疗保健于一身的可食用海洋植物。目前,可以加工利用的植物性海洋食品不是很多,而这两者的营养价值均较高,资源丰富,非常容易繁殖生长,有较好开发价值和广阔的开发前景。更重要的是,海马齿和长茎葡萄蕨藻食品开发,能够解决海南三沙市的蔬菜紧缺问题,对我国海岛居民日常生活的改善有重大意义。

参考文献:

- [1] 曾碧健, 奚碧霞, 黎祖福, 等. 海洋盐生植物海马齿(*Sesuvium portulacastrum*)对环境盐度胁迫的耐受性及营养价值综合评价[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(3): 568-575.
- [2] 范伟, 李文静, 付桂, 等. 一种兼具研究与应用开发价值的盐生植物——海马齿[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(6): 689-695.
- [3] 奚碧霞, 黄建荣, 李连春, 等. 海马齿对海水养殖系统中氮、磷的移除效果研究[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(5): 94-99.
- [4] Ghnaya T, Nouairi S, Lama et al. Effects of Cd^{2+} on K^+ , Ca^{2+} and N uptake in two halophytes *Sesuvium portulacastrum* and *Mesembryanthemum crystallinum*: consequences on growth[J]. Journal of Chemosphere, 2007, 67(1): 72-79.
- [5] Lokhande V H, Nikam T D, Suprasanna P. *Sesuvium portulacastrum* (L.) L. a promising halophyte: cultivation, utilization and distribution in India[J]. Genetic Resources Crop Evolution, 2009, 56(5): 741-747.
- [6] Kathiresan K, Ravishankar G A, Venkataraman L V. In vitro multiplication of a coastal plant *Sesuvium portulacastrum* L. by axillary buds[C]// Ravishankar G A, Venkataraman L V. Biotechnological Applications of Plant Tissue and Cell Culture. India: Oxford and IBH Publishing Co., 1997: 185-192.
- [7] Tronog C, Toma T. Cultivation of the green alga *Caulerpa lentillifera* seaweed cultivation and marine ranching [M]. Japan: Kanagawa, 1993: 17-23.
- [8] 黄建辉. 氮磷营养及二氧化锆对长茎葡萄蕨藻生长的影响[J]. 现代农业科技, 2012(15): 196-197.
- [9] 殷小龙. 马氏珠母贝室内循环养殖系统初步研究[D]. 海口: 海南大学, 2015.
- [10] Marungrueng K, Pavasant P. High performance biosorbent (*Caulerpa lentillifera*) for basic dye removal [J]. Bioresource Technology, 2007, 98(8): 1567-1572.
- [11] Apiratikul R, Pavasant P. Sorption isotherm model for binary component sorption of copper, cadmium and lead ions using dried green macroalga *Caulerpa lentillifera*[J]. Chemical Engineering Journal, 2006, 119(2): 135-145.
- [12] 姜芳燕, 宋文明, 杨宁, 等. 海南长茎葡萄蕨藻的营养成分分析及评价[J]. 食品工业科技, 2014, 35(24): 356-359.
- [13] Matanjun P, Mohamed S, Mustapha N M et al. Nutrient content of tropical edible seaweeds *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*[J]. Journal of Applied Phycology, 2009, 21(1): 75-80.
- [14] Matanjun P, Mohamed S, Mustapha N M et al. Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from north Borneo[J]. Journal of Applied Phycology, 2008, 20(4): 367-373.
- [15] 张颖, 林冰. “绿色鱼子酱”福州也可以养殖啦! [N]. 福州日报, 2006-07-13(5).
- [16] 谭围, 王荣霞, 陈傅晓, 等. 长茎葡萄蕨藻室外水泥池养殖技术[J]. 现代农业科技, 2014(5): 286-288.
- [17] 杨成龙, 段瑞军, 李瑞梅, 等. 盐生植物海马齿耐盐的生理特性[J]. 生态学报, 2010, 30(17): 4617-4627.
- [18] 唐梦楠, 刘强, 张颖. 耐盐相关 miRNA 在红树伴生植物海马齿中对高盐环境的响应[J]. 分子植物育种, 2017, 14(3): 1137-1142.
- [19] 段瑞军. 海马齿盐适应细胞形态、结构、蛋白变化及耐盐基因功能初步研究[D]. 海口: 海南大学, 2010.
- [20] 姜芳燕, 宋文明, 杨宁, 等. 长茎葡萄蕨藻的人工养殖技术研究[J]. 热带农业科学, 2014, 34(8): 99-103.
- [21] 周文川, 赵秋龙, 雷美华, 等. 光照等环境因子对长茎葡萄蕨藻生长的影响[J]. 海洋与渔业, 2017(6): 70-72.
- [22] 范晓, 韩丽君. 我国常见食用海藻的营养成分分析[J]. 中国海洋药物, 1993(4): 32-38.
- [23] 李元亭, 李军祥, 李庆. 不同蔬菜营养物质含量的比较研究[J]. 中国园艺文摘, 2010(7): 26-28.
- [24] 张全斌, 赵婷婷, 慕慧敏, 等. 紫菜的营养价值研究概况[J]. 海洋科学, 2005, 29(2): 69-72.
- [25] 赵明军. 食用海藻营养学评价[J]. 水产科学, 1990, 9(1): 28-31.
- [26] 王勤, 曹继华, 李艳丽. 微量元素对人体的重要作用[J]. 河南中医学院学报, 2003(6): 81-83.
- [27] 朱梅年. 无机元素对人的影响[J]. 中医杂志, 1983(5): 66.

- [28] 谢小利,王敏奇. 锌和硒对动物免疫功能影响的研究进展[J]. 中国饲料, 2008(20): 23-26.
- [29] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2001: 29.
- [30] 中国疾病预防控制中心, 卫生部卫生监督中心. GB2762-2005 食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社出版, 2005.

Analysis and Evaluation of Nutrient Contents of *Sesuvium portulacastrum* and *Caulerpa lentillifera*

TANG Xianming¹, LIU Xiaoxia², MENG Fatong², WANG Aimin², GU Zhifeng², LIU Chunsheng²

(1. Hainan Academy of Ocean and Fishery Sciences, Haikou, Hainan 570206, China;

2. State Key Laboratory of Utilization of Marine Resources in the South China Sea/ College of Ocean Sciences,

Hainan University/ Ministry of Education Key Laboratory of Tropical Bioresources, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: The crude nutrients, amino acids, and minerals profiles of *Sesuvium portulacastrum* and *Caulerpa lentillifera* were determined and their nutritional values were evaluated. The results revealed that *S. portulacastrum* and *C. lentillifera* contained high moisture (more than 90%). The contents of ash, crude polysaccharides and crude fibers in both species of plants were higher, up to 80% of the dry weight. The contents of crude fat in *S. portulacastrum* and *C. lentillifera* were 14.23% and 9.22%, respectively. The crude lipids were quite low, amounting to about 2.16% and 0.81% of the dry mass of *S. portulacastrum* and *C. lentillifera*, respectively. Although both *S. portulacastrum* and *C. lentillifera* contained low protein, the amino acid analysis showed they had a well-arranged complete set of amino acids, and that their amino acid scores were 61.31 and 66.69, respectively, higher than that of *Laminaria japonica* (47) and *Porphyra haitanensis* (54). The first limited amino acids were cystine + methionine. Flavor amino acids in *S. portulacastrum* and *C. lentillifera* accounted for 40.69% and 49.17% of the total amino acids, respectively, and the contents of glutamic acid, proline acid, glycine acid, and aspartic acid as well as minerals such as Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, and Se were quite high in both species of plants. This experiment showed that both *S. portulacastrum* and *C. lentillifera* had rich contents of essential amino acids and minerals, and hence have a high edible value for development.

Keywords: *Sesuvium portulacastrum*; *Caulerpa lentillifera*; amino acid; minerals; nutritional evaluation

(责任编辑: 叶 静)