

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20171109001

http://www.yykxjz.cn/

赵玲, 曹荣, 王联珠, 刘淇, 陈少凡, 符鹏飞. 靖海湾条斑紫菜的营养及鲜味评价. 渔业科学进展, 2018, 39(6): 134-140  
Zhao L, Cao R, Wang LZ, Liu Q, Chen SF, Fu PF. Nutritional analysis and umami assessment of *Pyropia yezoensis* from Jing Bay. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(6): 134-140

## 靖海湾条斑紫菜的营养及鲜味评价\*

赵玲<sup>1</sup> 曹荣<sup>1</sup> 王联珠<sup>1</sup> 刘淇<sup>1①</sup> 陈少凡<sup>2</sup> 符鹏飞<sup>2</sup>

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 威海市科蓝海洋科技有限公司 文登 264400)

**摘要** 以不同收割期的靖海湾条斑紫菜(*Pyropia yezoensis*)为研究对象,对比分析营养价值并评价其鲜味。通过测定基本营养成分、无机元素组成和氨基酸组成,分析其营养学特征,通过测定游离氨基酸与呈味核苷酸组成,进而计算滋味活性值(Taste active value, TAV)与味精当量(Equivalent umami concentration, EUC)。结果显示,靖海湾条斑紫菜蛋白质含量丰富,头水和二水紫菜的蛋白含量均在49%以上,显著高于四水和六水紫菜( $P<0.05$ )。不同收割期条斑紫菜的脂肪含量较低,均小于1.1%。常量元素中P含量最低,K含量最高,约为 $2.59\times 10^4\sim 5.52\times 10^4$  mg/kg;微量元素以Fe含量最高,Zn次之,Co最低;Pb含量明显低于GB 2762-2017的限量要求。头水、二水紫菜与四水、六水紫菜的必需氨基酸及氨基酸总量间存在显著差异( $P<0.05$ )。游离谷氨酸和次黄嘌呤核苷酸对条斑紫菜的鲜味起主要贡献作用,头水、二水、四水和六水紫菜的EUC(以干基计)依次降低,分别为239.71、190.03、108.05和51.56 g MSG/100 g。靖海湾条斑紫菜具有较高的营养价值,且收割前期的靖海湾条斑紫菜鲜味度较高,可作为开发调味品的原料。

**关键词** 条斑紫菜; 营养; 鲜味

**中图分类号** TS254.7 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2018)06-0134-07

紫菜属于红藻门(Rhodophyta)、原红藻纲(Protofloridaeophyta)、红毛菜目(Bangiales)、红毛菜科(Bangiaceae)、紫菜属(*Pyropia*)(宋惠平等, 2015),含有丰富的蛋白质和多种微量元素,具有化痰软坚、清热利水、补肾养心的功效,极富营养价值和药用价值(陈必链等, 2001; 王亚等, 2012)。条斑紫菜(*Pyropia yezoensis*)和坛紫菜(*P. haitmensis*)是主要的养殖种类(李晓蕾等, 2017)。

条斑紫菜经济价值高,是海水藻类中的主要养殖品种,主要分布在江苏、山东,在辽宁也有少量分布(闵建等, 2008)。紫菜的质量随养殖地区、季节、水质等因素的不同而有明显差异。应苗苗等(2009)研究发现,不同收割期的坛紫菜基本营养成分、主要矿物

质及微量元素含量有较大的差异;曾繁杰等(1991)研究表明,中国坛紫菜和条斑紫菜所含的必需氨基酸含量较高,可与蛋、奶等高营养价值的动物蛋白相媲美;纪明侯等(1981)研究表明,条斑紫菜的氨基酸含量依生长海区不同而各不相同;仲明等(2003)研究表明,条斑紫菜的主要营养成分随着采收期的不同其变化规律不同;胡传明等(2015)研究发现,不同品系条斑紫菜的氨基酸含量随采收期的延迟呈增长趋势,在采收后期达到最高;姚兴存等(2002)对连云港沿海条斑紫菜的营养成分做了一个养殖周期的跟踪分析测定,结果表明其营养成分丰富,蛋白质含量随生产季节逐渐降低,碳水化合物则逐渐升高,其他组成成分变化不明显;但目前未见关于不同收割期条斑紫菜鲜味评

\* 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-50)资助[This work was supported by Special Funds for Modern Agricultural Industry Technology System (CARS-50)]. 赵玲, E-mail: zhaoling@ysfri.ac.cn

① 通讯作者: 刘淇, 研究员, E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2017-11-09, 收修改稿日期: 2017-12-12

价的研究。2016年底,条斑紫菜在文登靖海湾海域插杆式试养成功,养殖面积为66.7 hm<sup>2</sup>,本研究分析了不同收割期靖海湾条斑紫菜的主要营养成分和呈味成分,并对其进行鲜味评价,以期为条斑紫菜资源的开发利用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

条斑紫菜干品,由威海市科蓝海洋科技有限公司提供,头水、二水、四水和六水紫菜分别于2016年12月30日、2017年1月17日、2月14日、3月13日采自威海市靖海湾海域(121°59'11.300"N 36°51'17.300"E),干品运至实验室后,分别粉碎,4℃储藏备用。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 基本营养组成测定** 采用直接干燥法测定水分(GB 5009.3-2016);采用高温灼烧法测定灰分(GB 5009.4-2016);采用直接滴定法测定盐分含量(SC/T 3011-2001);采用凯氏定氮法测定粗蛋白质含量(GB 5009.5-2016);采用索氏提取法测定粗脂肪含量(GB 5009.6-2016)。

**1.2.2 元素含量测定** 参照文献(王亚等,2012;孙耀帆等,2012),采用碰撞/反应池电感耦合等离子体质谱仪测定标准物质、空白溶液及样品中各元素含量。

**1.2.3 氨基酸含量测定** 参照 GB 5009.124-2016 测定水解氨基酸的含量,原料经浓盐酸处理后,采用日立 L-8800 型氨基酸自动分析仪测定;采用磺基水杨酸法处理样品,氨基酸自动分析仪测定游离氨基酸的含量。

**1.2.4 呈味核苷酸含量测定** 参照文献(Yokoyama *et al*, 1992; 曹荣等, 2018)测定呈味核苷酸的含量。色谱分析条件:色谱柱 Shiseido C18 SG (4.6 mm×150 mm);流动相为乙酸、柠檬酸、三乙胺混合溶液(分别为 20、20、40.0 mmol/L, pH 5.5);流速为 0.8 ml/min;柱温为 40℃;UV 检测器,检测波长为 260 nm;进样量为 10 μl。

**1.2.5 滋味活性值(Taste active value, TAV)计算**

根据龚骏等(2014)的方法计算呈味物质的 TAV,计算公式如下:

$$TAV = \frac{\text{样品中某呈味物质的绝对浓度值}}{\text{该物质的味道阈值}}$$

呈味物质指能使感觉器官产生感觉印象的物质;味道阈值是指某种味道能被感觉到时的最低浓度值。

**1.2.6 味精当量(Equivalent umami concentration, EUC)计算** 味精当量是呈味核苷酸与鲜味氨基酸之间产生的协同增鲜作用,以同等鲜味所需的谷氨酸单钠(Monosodium glutamate, MSG)的浓度来表示。根据姚海芹等(2016)的方法计算,公式如下:

$$EUC(\text{g MSG}/100 \text{ g}) = \sum a_i b_i + 1218(\sum a_i b_i)(\sum a_j b_j)$$

式中,1218为协同作用常数; $a_i$ 为鲜味氨基酸的量(g/100 g); $b_i$ 为鲜味氨基酸相对于谷氨酸钠(MSG)的鲜味系数(Glu, 1; Asp, 0.077); $a_j$ 为呈味核苷酸的量(g/100 g); $b_j$ 为呈味核苷酸相对于 IMP 的鲜味系数(AMP, 0.18; IMP, 1; GMP, 2.3)。

### 1.3 数据处理

采用 SPSS 17.0 软件处理数据,实验重复 2 次,设 3 个平行,结果以平均值±标准差(Mean±SD)表示,显著性以  $P<0.01$  为极显著,  $P<0.05$  为显著,  $P>0.05$  为不显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 基本营养组成测定结果

由表 1 可知,靖海湾条斑紫菜中蛋白质含量丰富,脂肪含量较低。头水和二水紫菜的蛋白质含量均在 49%以上,蛋白含量显著高于四水和六水紫菜( $P<0.05$ )。随着收割期的延长,灰分含量显著增加,与仲明等(2003)的研究结果一致。六水紫菜的总糖含量最高,因而生产上通常用末水紫菜提取多糖等营养因子(姚兴存等,2002)。

### 2.2 19种元素含量分析

常量元素和微量元素含量见表 2。从表 2 可以看出,靖海湾条斑紫菜中常量元素以 K 含量最高, P 含量最低,这与王亚等(2012)的研究结果一致;其中二水紫菜中 K 含量最高,四水紫菜次之,头水紫菜中 K 含量最低,这可能是二水紫菜灰分显著高于头水紫菜的主要原因。海带富含 K,姚海芹等(2016)报道,海带中 K 含量约为  $3.50 \times 10^4 \sim 4.86 \times 10^4$  mg/kg,而靖海湾条斑紫菜 K 含量约为  $2.59 \times 10^4 \sim 5.52 \times 10^4$  mg/kg,二者含量相当,因而补充 K,可以适量食用海带和紫菜。微量元素中 Fe 含量最高, Zn 次之, Co 最低。

有害元素的含量见表 3。GB 2762-2017 食品安全国家标准《食品中污染物限量标准》规定, Pb 的限量为 1.0 mg/kg(以干重计),由表 3 可知,靖海湾条斑紫菜中 Pb 含量明显低于 GB 2762-2017 的限量要求;无机 As 的含量范围与尚德荣等(2011)的研究结果一致。

表 1 基本营养成分(以干基计, g/100 g)

Tab.1 Basic nutrition composition (in dry basis, g/100 g)

营养成分 Nutrient content	头水紫菜 Laver of first harvest	二水紫菜 Laver of second harvest	四水紫菜 Laver of fourth harvest	六水紫菜 Laver of sixth harvest
蛋白 Protein	49.82±0.21 <sup>a</sup>	50.94±0.12 <sup>a</sup>	46.67±0.19 <sup>b</sup>	31.33±0.25 <sup>c</sup>
脂肪 Fat	0.99±0.04 <sup>a</sup>	0.92±0.13 <sup>a</sup>	0.90±0.09 <sup>b</sup>	1.04±0.07 <sup>a</sup>
灰分 Ash	10.39±0.09 <sup>a</sup>	16.58±0.15 <sup>b</sup>	17.94±0.24 <sup>b</sup>	19.54±0.22 <sup>b</sup>
总糖 Total sugar	24.05±0.11 <sup>a</sup>	21.91±0.18 <sup>b</sup>	22.17±0.07 <sup>b</sup>	25.22±0.15 <sup>a</sup>

注: 同一行标注不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ), 下同

Note: In the same line, different letters indicate significant difference ( $P<0.05$ ), the same as below

表 2 常量元素和微量元素含量(以干基计, mg/kg)

Tab.2 The content of macro-and microelement (in dry basis, mg/kg)

元素 Elements	头水紫菜 Laver of first harvest	二水紫菜 Laver of second harvest	四水紫菜 Laver of fourth harvest	六水紫菜 Laver of sixth harvest
钠 Na	2388±5	3037±9	3894±3	4489±7
镁 Mg	3267±3	3150±8	3081±4	2912±2
钾 K	25853±15	55195±17	43537±21	33430±19
钙 Ca	6550±10	5267±9	4514±13	6542±17
磷 P	388.9±4.2	342.4±2.9	241.0±1.5	216.8±1.8
铁 Fe	649.7±3.9	368.6±1.9	412.3±2.7	689.0±4.1
锰 Mn	31.42±1.65	28.00±1.44	22.82±1.19	20.76±2.01
铜 Cu	9.95±0.51	8.90±0.47	7.37±0.60	7.62±0.43
锌 Zn	116.85±3.55	47.76±1.58	55.44±1.49	57.65±2.11
硒 Se	0.16±0.02	0.19±0.01	0.17±0.03	0.19±0.04
钴 Co	0.33±0.02	0.23±0.05	0.20±0.01	0.26±0.01
镍 Ni	3.27±0.36	1.09±0.12	0.94±0.09	6.91±0.40
钒 V	1.70±0.18	1.75±0.20	7.35±0.43	3.58±0.22

表 3 有害元素含量(以干基计, mg/kg)

Tab.3 The content of harmful elements (in dry basis, mg/kg)

元素 Elements	头水紫菜 Laver of first harvest	二水紫菜 Laver of second harvest	四水紫菜 Laver of fourth harvest	六水紫菜 Laver of sixth harvest
铅 Pb	0.46±0.14	0.21±0.01	0.20±0.02	0.53±0.07
无机砷 iAs	0.14±0.01	0.15±0.03	0.16±0.02	0.14±0.01

### 2.3 水解氨基酸与游离氨基酸组成

由表 4 可知, 在水解氨基酸种类上, 靖海湾条斑紫菜中含量较高的氨基酸依次为 Ala、Glu、Asp、Arg 和 Val。随着收割期次的增加, 必需氨基酸(EAA)、非必需氨基酸(NEAA)含量及氨基酸(AA)总量逐渐降低; 头水、二水紫菜与四水、六水紫菜的 EAA、NEAA 含量及 AA 总量间存在显著差异( $P<0.05$ )。

游离氨基酸是影响水产品滋味的成分之一。从表 5 可以看出, 头水紫菜和二水、四水、六水紫菜的鲜味游离氨基酸总量存在极显著差异( $P<0.01$ )。紫

菜中含量较高的鲜味游离氨基酸依次为 Ala、Glu、Asp。Glu 和 Asp, 是典型的呈鲜味氨基酸, 头水紫菜的游离 Glu 和 Asp 含量均极显著高于二水、四水和六水紫菜( $P<0.01$ )。

### 2.4 呈味核苷酸含量

核苷酸及其关联化合物是影响水产品滋味的另一类重要成分, 其中, 鸟嘌呤核苷酸(GMP)、次黄嘌呤核苷酸(IMP)和腺嘌呤核苷酸(AMP)是典型的呈鲜味的核苷酸(Fuke *et al*, 1996)。呈味核苷酸含量见表 6,

表 4 水解氨基酸组成(以干基计, g/100 g)  
Tab.4 Hydrolytic amino acid composition(in dry basis, g/100 g)

氨基酸 Amino acids	头水紫菜 Laver of first harvest	二水紫菜 Laver of second harvest	四水紫菜 Laver of fourth harvest	六水紫菜 Laver of sixth harvest
天冬氨酸 Asp	3.95±0.13 <sup>a</sup>	3.87±0.22 <sup>a</sup>	3.32±0.20 <sup>b</sup>	2.59±0.11 <sup>c</sup>
苏氨酸 Thr*	2.38±0.19 <sup>a</sup>	2.27±0.17 <sup>a</sup>	2.15±0.17 <sup>b</sup>	1.66±0.08 <sup>c</sup>
丝氨酸 Ser	1.96±0.09 <sup>a</sup>	1.83±0.12 <sup>a</sup>	1.66±0.13 <sup>b</sup>	1.33±0.06 <sup>c</sup>
谷氨酸 Glu	5.25±0.17 <sup>a</sup>	4.29±0.29 <sup>b</sup>	3.75±0.23 <sup>c</sup>	2.70±0.15 <sup>d</sup>
甘氨酸 Gly	2.33±0.08 <sup>a</sup>	2.33±0.13 <sup>a</sup>	2.18±0.11 <sup>a</sup>	1.68±0.10 <sup>b</sup>
丙氨酸 Ala	6.29±0.11 <sup>a</sup>	5.23±0.15 <sup>b</sup>	4.53±0.19 <sup>c</sup>	2.88±0.13 <sup>d</sup>
缬氨酸 Val*	2.60±0.15 <sup>a</sup>	2.34±0.23 <sup>b</sup>	2.12±0.09 <sup>b</sup>	1.64±0.12 <sup>c</sup>
蛋氨酸 Met*	0.72±0.04 <sup>a</sup>	0.43±0.10 <sup>b</sup>	0.40±0.03 <sup>b</sup>	0.32±0.01 <sup>c</sup>
异亮氨酸 Ile*	1.64±0.12 <sup>a</sup>	1.50±0.09 <sup>b</sup>	1.48±0.14 <sup>b</sup>	1.16±0.10 <sup>c</sup>
亮氨酸 Leu*	3.27±0.05 <sup>a</sup>	3.11±0.17 <sup>a</sup>	2.86±0.24 <sup>b</sup>	2.11±0.32 <sup>c</sup>
酪氨酸 Tyr	1.79±0.09 <sup>a</sup>	1.51±0.05 <sup>b</sup>	1.37±0.16 <sup>b</sup>	1.14±0.04 <sup>c</sup>
苯丙氨酸 Phe*	1.78±0.11 <sup>a</sup>	1.60±0.19 <sup>b</sup>	1.64±0.08 <sup>b</sup>	1.25±0.09 <sup>c</sup>
赖氨酸 Lys*	2.39±0.17 <sup>a</sup>	2.24±0.07 <sup>a</sup>	2.06±0.12 <sup>b</sup>	1.48±0.12 <sup>c</sup>
组氨酸 His	1.00±0.14 <sup>a</sup>	1.01±0.05 <sup>a</sup>	1.06±0.08 <sup>a</sup>	0.69±0.05 <sup>b</sup>
精氨酸 Arg	2.67±0.11 <sup>a</sup>	2.59±0.13 <sup>a</sup>	2.15±0.17 <sup>b</sup>	1.54±0.15 <sup>c</sup>
脯氨酸 Pro	0.99±0.03 <sup>a</sup>	1.11±0.03 <sup>b</sup>	1.07±0.07 <sup>b</sup>	0.80±0.03 <sup>c</sup>
Σ EAA	14.78±0.83 <sup>a</sup>	13.49±1.02 <sup>a</sup>	12.11±0.87 <sup>b</sup>	9.26±0.84 <sup>c</sup>
Σ NEAA	26.23±0.95 <sup>a</sup>	23.77±1.17 <sup>b</sup>	20.1±1.14 <sup>c</sup>	14.77±0.82 <sup>d</sup>
Σ AA	41.01±1.78 <sup>a</sup>	37.26±2.19 <sup>a</sup>	32.21±2.01 <sup>b</sup>	24.03±1.66 <sup>c</sup>
Σ EAA/Σ AA	36.04%	36.21%	37.60%	38.54%
Σ EAA/Σ NEAA	56.35%	56.75%	60.25%	62.69%

注: \*: 必需氨基酸; Σ EAA: 必需氨基酸总量; Σ NEAA: 非必需氨基酸总量; Σ AA: 氨基酸总量

Note: \*: Essential amino acids; Σ EAA: Total essential amino acids; Σ NEAA: Non-essential amino acids; Σ AA: Total amino acids

表 5 鲜味游离氨基酸含量(以干基计, mg/100 g)  
Tab.5 The content of free flavor amino acid (in dry basis, mg/100 g)

氨基酸 Amino acids	头水紫菜 Laver of first harvest	二水紫菜 Laver of second harvest	四水紫菜 Laver of fourth harvest	六水紫菜 Laver of sixth harvest
天冬氨酸 Asp	380.90±1.52 <sup>a</sup>	239.88±1.33 <sup>b</sup>	125.92±1.40 <sup>c</sup>	30.02±0.62 <sup>d</sup>
谷氨酸 Glu	1242.39±2.15 <sup>a</sup>	852.11±1.97 <sup>b</sup>	860.44±1.45 <sup>b</sup>	450.42±0.23 <sup>c</sup>
甘氨酸 Gly	20.99±0.43 <sup>a</sup>	18.77±0.21 <sup>b</sup>	20.99±0.24 <sup>a</sup>	6.83±0.47 <sup>c</sup>
丙氨酸 Ala	2400.84±3.09 <sup>a</sup>	1503.96±2.71 <sup>b</sup>	1500.53±2.13 <sup>b</sup>	544.49±1.51 <sup>c</sup>
酪氨酸 Tyr	14.69±0.40 <sup>a</sup>	12.52±0.23 <sup>b</sup>	10.49±0.31 <sup>c</sup>	4.52±0.28 <sup>c</sup>
苯丙氨酸 Phe	13.64±0.37 <sup>a</sup>	14.60±0.34 <sup>a</sup>	12.23±0.25 <sup>b</sup>	6.66±0.19 <sup>b</sup>
总量 Total	4073.45±7.96 <sup>a</sup>	2641.84±6.79 <sup>b</sup>	2528.86±5.78 <sup>c</sup>	1042.94±3.30 <sup>d</sup>

表 6 呈味核苷酸含量(干基计, mg/100 g)  
Tab.6 The contents of flavor nucleotide (in dry basis, mg/100 g)

核苷酸 Nucleotide	头水紫菜 Laver of first harvest	二水紫菜 Laver of second harvest	四水紫菜 Laver of fourth harvest	六水紫菜 Laver of sixth harvest
AMP	21.45±0.21 <sup>a</sup>	21.70±1.76 <sup>a</sup>	19.96±0.73 <sup>a</sup>	12.72±0.51 <sup>b</sup>
IMP	108.47±2.45 <sup>a</sup>	118.89±1.98 <sup>b</sup>	57.54±1.29 <sup>c</sup>	61.06±1.63 <sup>c</sup>
GMP	18.09±0.25 <sup>a</sup>	24.17±0.32 <sup>b</sup>	17.39±0.56 <sup>a</sup>	12.75±0.44 <sup>c</sup>

头水、二水紫菜与四水、六水紫菜中呈味核苷酸总量之间存在显著差异( $P<0.05$ ), 二水紫菜中 GMP、IMP 和 AMP 含量最高。

## 2.5 鲜味评价

鲜味是水产品最重要的滋味特征, 通常用 TAV 和 EUC 进行评价。其中, TAV 被广泛用来对食品的滋味强度进行判定, 以及评价某一组分对整体风味的

贡献(曹荣等, 2018)。当化合物 TAV $<1$  时, 该呈味物质对整体滋味作用不明显; 当 TAV $>1$  时, 该呈味物质对整体滋味有重要贡献, 且值越高, 贡献度越大。呈现鲜味的化合物主要有游离氨基酸(Glu、Asp)和核苷酸(AMP、IMP、GMP)等。上述 5 种化合物的阈值及 TAV 见表 7。其中, Glu 对条斑紫菜鲜味的贡献最为突出, 其次是 IMP、Asp 和 GMP, AMP 对鲜味的贡献最小。

表 7 滋味活性物质含量及 TAV  
Tab.7 Taste-active compounds and their TAV values

化合物 Compound	阈值 Threshold value(mg/100 ml)	TAV			
		头水紫菜 Laver of first harvest	二水紫菜 Laver of second harvest	四水紫菜 Laver of fourth harvest	六水紫菜 Laver of sixth harvest
Glu	30	41.41	28.40	28.68	15.01
Asp	100	3.81	2.40	1.26	1.00
GMP	12.5	1.45	1.93	1.39	1.02
IMP	25	4.34	4.76	2.30	2.44
AMP	50	0.43	0.43	0.40	0.25

不同滋味化合物之间的交互作用也是呈味的关键因素之一。当呈味核苷酸与鲜味氨基酸并存时, 产生协同效应, 带来强烈的鲜味(Maehashi *et al*, 1999), 这种协同效应可以用 EUC 来衡量(杨欣怡等, 2016)。头水、二水、四水和六水条斑紫菜的 EUC(以干基计)依次为 239.71、190.03、108.05 和 51.56 g MSG/100 g。根据水分含量换算成鲜品 EUC 分析发现, 头水和二水紫菜的 EUC 高于脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*) (12.98 g MSG/100g) 和大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*) (13.43 g MSG/100g)的 EUC 值, 鲜味度高(曹荣等, 2018; 翁丽萍等, 2015), 这与收割前期的紫菜食用时口感鲜美的结论一致。

## 3 结论

靖海湾条斑紫菜中蛋白质含量丰富, 头水和二水紫菜的蛋白质含量明显高于四水和六水紫菜, 脂肪含量较低。头水、二水紫菜与四水、六水紫菜的必需氨基酸及氨基酸总量间存在显著差异( $P<0.05$ )。常量元素以 P 含量最低, K 含量最高, K 含量约为  $2.59\times 10^4\sim 5.52\times 10^4$  mg/kg; 微量元素中 Fe 含量最高, Zn 次之, Co 最低; Pb 含量明显低于 GB 2762-2017 的限量要求。游离谷氨酸(Glu)和次黄嘌呤核苷酸(IMP)对条斑紫菜的鲜味起主要贡献作用, 头水、二水、四水和六水条斑紫菜的 EUC(以干基计)依次为 239.71、190.03、108.05 和 51.56 g MSG/100 g, 具备理想的鲜味特征。

## 参 考 文 献

- Cao R, Zhao L, Sun HH, *et al*. Nutritional characteristics and umami assessment of *Euphausia superba* and *Exopalaemon carinicauda*. Food Science, 2018, 39(4): 149–153 [曹荣, 赵玲, 孙慧慧, 等. 南极磷虾(*Euphausia superba*)与脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)营养学特征分析及鲜味评价. 食品科学, 2018, 39(4): 149–153]
- Chen BL, Lin YX, Huang J. Nutritional evaluation of *Porphyra haitanensis*. Chinese Journal of Marine Drugs, 2001, 80(2): 51–53 [陈必链, 林跃鑫, 黄键. 坛紫菜的营养评价. 中国海洋药物, 2001, 80(2): 51–53]
- Fuke S, Ueda Y. Interactions between umami and other flavor characteristics. Trends in Food Science & Technology, 1996, 7(12): 407–411
- Gong J, Tao NP, Gu SQ. Overview of umami substance in food and its detection methods. China Condiment, 2014, 39(1): 129–135 [龚骏, 陶宁萍, 顾赛麒. 食品中鲜味物质及其检测研究方法概述. 中国调味品, 2014, 39(1): 129–135]
- Hu CM, Lu QQ, Zhang MR, *et al*. Change characteristics of free amino acid composition and content in harvest time of different strain *Porphyra yezoensis*. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015, 43(7): 334–337 [胡传明, 陆勤勤, 张美如, 等. 不同品系条斑紫菜采收期游离氨基酸组成与含量变化特征. 江苏农业科学, 2015, 43(7): 334–337]
- Ji MH, Pu SZ, Niu ZQ. The amino acid content change of *Porphyra yezoensis* in different sea region. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1981, 12(6): 522–529 [纪明侯, 蒲淑珠, 牛伧庆. 不同海区生长的条斑紫菜的氨基酸含量变化. 海洋与湖沼, 1981, 12(6): 522–529]

- Li XL, Wang WJ, Liang ZR, *et al.* Antioxidant physiological characteristics of wild *Pyropia yezoensis* under desiccation stress. *Progress in Fishery Sciences*, 2017, 38(5): 156–163 [李晓蕾, 汪文俊, 梁洲瑞, 等. 野生条斑紫菜(*Pyropia yezoensis*)叶状体对干出胁迫的抗氧化生理响应特征. *渔业科学进展*, 2017, 38(5): 156–163]
- Maehashi K, Matsuzaki M, Yamamoto Y, *et al.* Isolation of peptides from an enzymatic hydrolysate of food proteins and characterization of their taste properties. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 1999, 63(3): 555–559
- Min J, Xu AD, Zhu YP. The way and countermeasure to realize organic production of *Porphyra yezoensis*. *China Fisheries*, 2008(7): 60–61 [闵建, 许爱东, 朱亚平. 实现条斑紫菜有机化生产的途径和对策. *中国水产*, 2008(7): 60–61]
- Shang DR, Zhao YF, Ning JS, *et al.* Arsenic species variation in the different growth cycles and enrichment effect of arsenic in *Porphyra yezoensis*. *Journal of Fisheries of China*, 2011, 35(10): 1519–1523 [尚德荣, 赵艳芳, 宁劲松, 等. 条斑紫菜在不同生长周期砷形态变化规律及其对砷的富集效应. *水产学报*, 2011, 35(10): 1519–1523]
- Song HP, Yu J, Li Z, *et al.* The antibacterial activity of peptides from *Porphyra yezoensis*. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(2): 140–145 [宋惠平, 于佳, 李钊, 等. 条斑紫菜蛋白酶解多肽的抑菌活性. *渔业科学进展*, 2015, 36(2): 140–145]
- Sun YF, Li Q, Jiang ZG, *et al.* Study on determination of 34 elements in peanuts by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Chinese Journal of Analysis Laboratory*, 2012, 31(6): 108–112 [孙耀帆, 李群, 江志刚, 等. 电感耦合等离子体质谱法测定花生中 34 种元素. *分析试验室*, 2012, 31(6): 108–112]
- Wang Y, Zhang CH, Ge Y. Comparison study of 12 elemental concentrations in different *Porphyra* Products. *Guangdong Trace Elements Science*, 2012, 19(9): 14–19 [王亚, 张春华, 葛滢. 不同紫菜产品中 12 种元素含量的比较研究. *广东微量元素科学*, 2012, 19(9): 14–19]
- Weng LP, Zhao Y, Chen FD, *et al.* Study on the taste compounds and the contributions to taste of cultured large yellow croaker. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(3): 82–85, 90 [翁丽萍, 赵芸, 陈飞东, 等. 养殖大黄鱼滋味成分及其呈味贡献的研究. *食品工业科技*, 2015, 36(3): 82–85, 90]
- Yang XY, Song J, Zhao Y, *et al.* Analysis and evaluation of flavor components in meat of sea cage-cultured *Trachinotus ovatus*. *Food Science*, 2016, 37(8): 131–135 [杨欣怡, 宋军, 赵艳, 等. 网箱海养卵形鲳鲹肌肉中呈味物质分析评价. *食品科学*, 2016, 37(8): 131–135]
- Yao HQ, Wang FJ, Liu FL, *et al.* Chemical analysis and nutritional assessment of new varieties of *Saccharina japonica*. *Food Science*, 2016, 37(12): 95–98 [姚海芹, 王飞久, 刘福利, 等. 食用海带品系营养成分分析与评价. *食品科学*, 2016, 37(12): 95–98]
- Yao XC, Qiu CJ, Mu CL. The study in the nutrition content and seasonal change of *Porphyra yezoensis*. *Aquaculture*, 2002(5): 34–35 [姚兴存, 邱春江, 穆春林. 条斑紫菜营养成分与季节变化研究. *水产养殖*, 2002(5): 34–35]
- Ying MM, Shi WZ, Pan F. Nutrient content analysis of laver in different harvest time. *Zhejiang Agriculture Science*, 2009(6): 1227–1228 [应苗苗, 施文正, 潘峰. 紫菜不同收割期营养成分的分析. *浙江农业科学*, 2009(6): 1227–1228]
- Yokoyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, *et al.* Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1992, 58(11): 2125–2136
- Zeng FJ, Jiang LJ, Xu XZ, *et al.* The amino acid composition and nutritional value of *Porphyra haitanensis* and *Porphyra yezoensis* of China. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1991, 22(6): 590–593 [曾繁杰, 蒋丽金, 徐绣璋, 等. 中国坛紫菜和条斑紫菜中的氨基酸组成和营养价值的研究. *海洋与湖沼*, 1991, 22(6): 590–593]
- Zhong M, Zhang R. The main nutritional components change of *Porphyra yezoensis* in different harvest time. *China Feed*, 2003(23): 30–31 [仲明, 张锐. 条斑紫菜不同采收期主要营养成分变化情况. *中国饲料*, 2003(23): 30–31]

(编辑 马瑾艳)

## Nutritional Analysis and Umami Assessment of *Pyropia yezoensis* from Jing Bay

ZHAO Ling<sup>1</sup>, CAO Rong<sup>1</sup>, WANG Lianzhu<sup>1</sup>, LIU Qi<sup>1①</sup>, CHEN Shaofan<sup>2</sup>, FU Pengfei<sup>2</sup>

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071;

2. Weihai Crown Marine Science & Technology Co., Ltd., Wendeng 264400)

**Abstract** *Pyropia yezoensis* at different harvest times were obtained from Jing Bay, and its nutritional and umami characteristics were analyzed. Crude protein, crude fat, ash, inorganic elements, and amino acid composition were determined to analyze its nutritional characteristics. Free amino acids and flavor nucleotides were determined to calculate the taste active value (TAV) and equivalent umami concentration (EUC), which indicated the umami of *P. yezoensis*. The results showed that *P. yezoensis* from Jing Bay had high protein and low fat content. The protein content exceeded 49% in the first and second harvest, indicating that the *P. yezoensis* had higher nutritional value in the early stage of the harvest. The K content was the highest among the constant elements, while the P content was the lowest. Fe content was the highest among the trace elements; Zn content was higher, and Co content was the lowest. Pb content was significantly lower than the limited requirements of GB 2762-2017. There were significant differences between *P. yezoensis* from the first, second harvest and the fourth, sixth harvest in terms of essential and total amino acid content ( $P < 0.05$ ). Glutamic acid and hypoxanthine nucleotide played a major role in the umami contribution; the Equivalent umami concentration (in dry basis) of *P. yezoensis* in the first, second, fourth, and sixth harvests was 239.71, 190.03, 108.05, and 51.56 g MSG/100 g, respectively. *P. yezoensis* from Jing Bay has high nutritional values and desirable umami characteristics in the early stage of harvest, and thus, has great market potential.

**Key words** *Pyropia yezoensis*; Nutrient; Umami

① Corresponding author: LIU Qi, E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn