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

曹 荣，赵 玲，孙慧慧，刘 淇*
（中国水产科学研究院黄海水产研究所，山东 青岛 266071）

摘 要：为科学评价南极磷虾这一新兴资源，同时为小型虾的高值化加工利用提供参考，选取体型上相近的南极磷虾与脊尾白虾作为研究对象，通过测定基本营养成分、氨基酸组成和脂肪酸组成分析2 种虾的营养学特征，通过测定游离氨基酸与呈味核苷酸，进而计算滋味活性值与味精当量（equivalent umami concentration，EUC）评价其鲜度。结果表明，南极磷虾和脊尾白虾的粗蛋白质量分数具有显著性差异（$P<0.05$），分别为13.25%和16.41%，粗脂肪质量分数同样差异显著（$P<0.05$），分别为3.12%和1.10%。2 种虾的脂肪酸组成有明显不同，南极磷虾的不饱和脂肪酸含量相对更高。南极磷虾的水解氨基酸总量低于脊尾白虾（$P<0.05$），但必需氨基酸所占比例更高，更加符合FAO/WHO推荐的蛋白质营养的理想模式。南极磷虾和脊尾白虾均是次黄嘌呤核苷酸和游离谷氨酸对鲜味起主要贡献作用，其EUC分别为11.01 g MSG/100 g和12.98 g MSG/100 g。南极磷虾与脊尾白虾都具有较高的营养价值，且具备理想的鲜味特征，在普通食品、调味品开发方面具有广阔的市场前景。

关键词：南极磷虾；脊尾白虾；营养；鲜味

Nutritional Characteristics and Umami Assessment of *Euphausia superba* and *Exopalaemon carinicauda*

CAO Rong, ZHAO Ling, SUN Huihui, LIU Qi*
(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: This study aimed to scientifically evaluate the potential value of *Euphausia superba* as an emerging resource, and to provide useful data for the processing and utilization of small-sized shrimps into high value products. *E. superba* and *Exopalaemon carinicauda* were selected to analyze nutritional composition and umami taste characteristics. Moisture, crude protein, crude fat, ash, amino acid, and fatty acid composition were determined to analyze the nutritional characteristics. Free amino acids and flavor nucleotides were determined to calculate taste active value (TAV) and equivalent umami concentration (EUC), which indicated the umami taste. Results showed that there were significant differences in crude protein (13.25% vs. 16.41%) and fat (3.12% vs. 1.10%) contents between *E. superba* and *E. carinicauda* ($P < 0.05$). Their fatty acid compositions were significantly different as well. The content of unsaturated fatty acids in *E. superba* was relatively higher than in *E. carinicauda*. The total content of amino acids in *E. superba* protein hydrolysate was significantly lower than in *E. carinicauda* protein hydrolysate ($P < 0.05$), but the proportion of essential amino acids was higher in the former, meaning that the nutritional value of protein in *E. superba* was accordant with the FAO/WHO pattern. Inosine monophosphate (IMP) and glutamic acid (Glu) played a major role in contributing to the umami taste, and the EUC of *E. superba* and *E. carinicauda* was 11.01 and 12.98 g MSG/100 g respectively. Conclusively, *E. superba* and *E. carinicauda* have high nutritional values and desirable umami taste characteristics, indicating promising prospects for use as ordinary foods or condiments.

Keywords: *Euphausia superba*; *Exopalaemon carinicauda*; nutrient; umami
DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804023
中图分类号：TS254.7 文献标志码：A 文章编号：1002-6630（2018）04-0149-05

收稿日期：2017-01-17
基金项目：“十二五”国家科技支撑计划项目（2013BAD13B03）
第一作者简介：曹荣（1981—），男，副研究员，博士，主要从事水产品保鲜研究。E-mail：caorong@ysfri.ac.cn
*通信作者简介：刘淇（1965—），男，研究员，本科，主要从事水产品加工与质量安全研究。E-mail：liuqi@ysfri.ac.cn

引文格式：
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[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 149-153. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804023. http://www.spkx.net.cn
CAO Rong, ZHAO Ling, SUN Huihui, et al. Nutritional characteristics and umami assessment of *Euphausia superba* and *Exopalaemon carinicauda*[J]. Food Science, 2018, 39(4): 149-153. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804023. http://www.spkx.net.cn

南极磷虾（*Euphausia superba*）隶属节肢动物门、软甲纲、磷虾目、磷虾科、磷虾属，广泛分布于环南极大陆架水域[1]。南极磷虾资源量巨大，已成为世界渔业发达国家竞相开发利用的海洋新资源。我国于2009年开始对南极磷虾进行大规模的商业化捕捞和加工，目前的产品类型以虾粉、虾油为主，而即食类、罐头类、干制品等作为普通食品类型的比例相对较低[2]。开展南极磷虾营养组成、鲜味特征、加工特性等方面的研究，可以为新型产品的研发提供参考。

脊尾白虾（*Exopalaemon carinicauda*）是我国近海重要的经济虾类，隶属节肢动物门、甲壳纲、十足目、长臂虾科、白虾属[3]，成年虾体长约4～5 cm，在体型上与南极磷虾相似。脊尾白虾味道鲜美、肉质细嫩，除直接鲜食外，有很大比例被加工成“虾米”，深受消费者喜爱。与畜禽肉类相比，大多数水产品具有独特的鲜味。目前已有鱼[4]、虾[5]、蟹[6]、贝[7-8]等风味物质与呈味成分方面的研究报道，而有关脊尾白虾鲜味评价的研究还较少。

在世界近海渔业资源普遍衰退的背景下，南极磷虾的开发利用具有战略意义，而目前我国在南极磷虾高效利用方面的基础研究还比较薄弱[9]。本实验选取南极磷虾与脊尾白虾作为研究对象，对2 种体型上类似的虾在营养组成与鲜味方面的异同进行对比分析，研究结果既有助于科学评价南极磷虾这一新兴资源，同时为南极磷虾、脊尾白虾等小型虾的高值化加工利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

南极磷虾，体长3～4 cm，系“南极磷虾资源分布与冷链技术”课题组于2014年5月随辽宁省大连海洋渔业集团“富荣海”号磷虾作业船在南极海域捕捞，捕获后包被冰衣，迅速保存在－30 ℃冰柜中，2014年7月运抵实验室后，继续保存于超低温冰箱中备用。

鲜活脊尾白虾2015年5月采集自青岛市沙子口海鲜码头，体长4～5 cm。采集后立即装入塑料袋，充氧密封条件下1 h内运至实验室，选取活力强的个体进行实验。

三磷酸腺苷（adenosine triphosphate，ATP）、二磷酸腺苷（adenosine diphosphate，ADP）、单磷酸腺苷（adenosine monophosphate，AMP）、肌苷酸（inosine monophosphate，IMP）、次黄嘌呤核苷（hypoxanthine riboside，HxR）和次黄嘌呤（hypoxanthine，Hx）标准品（纯度＞99%）、氨基酸混样标准品（纯度＞99%）、直链脂肪酸甲酯标准品（纯度＞99%） 美国Sigma公司；甲醇、乙腈（均为色谱纯） Merck化工技术（上海）有限公司；其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

L-8800型氨基酸自动分析仪 日本日立公司；GXL-25型高温箱式炉 合肥日新高温技术有限公司；DHG-9423A型电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司；KDN-04A型凯氏定氮仪 杭州绿博仪器有限公司；SZF-06型索氏抽提仪 邦西仪器科技（上海）有限公司；2695型高效液相色谱系统 美国Waters公司；6980N型气相色谱仪、5973型质谱仪 美国Agilent公司。

1.3 方法

1.3.1 基本营养成分测定

采用GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》常压干燥法测定水分含量[10]；采用GB 5009.4—2010《食品中灰分的测定》高温灼烧法测定灰分含量[11]；采用GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法测定粗蛋白质含量[12]；采用GB 5009.6—2010《食品中脂肪的测定》索氏提取法测定粗脂肪含量[13]。基本营养组成以湿基计。

1.3.2 脂肪酸组成测定

参照楼乔明等[14]的方法，采用氯仿-甲醇法提取总脂，甲酯化后，采用气相色谱-质谱进行分析。气相色谱条件：石英毛细管柱（30 m×0.32 mm，0.25 μm）；氦气作为载气；压力55 kPa；进样口温度230 ℃；检测器温度250 ℃；升温程序：以3 ℃/s的速率升至210 ℃，保持10 min。质谱条件：电子电离源；电离能量70 eV；质量扫描范围*m/z* 50～500。

1.3.3 氨基酸含量测定

水解氨基酸含量的测定参照GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸含量的测定》[15]，原料经浓盐酸处理，采用L-8800型氨基酸自动分析仪测定，以干基计。游离氨基酸含量采用磺基水杨酸法处理样品，氨基酸自动分析仪进行测定，以湿基计。

1.3.4 呈味核苷酸含量测定

参照Yamanaka等[16]的方法稍作修改。取样品5.0 g，

加入15.0 mL预先冷却的过氯乙酸溶液（质量分数10%），均质后离心，收集上清液，中和至pH 6.5，过0.45 μm滤膜，滤液用高效液相色谱进行测定。

色谱分析条件：色谱柱Shiseido C_{18} SG（4.6 mm×150 mm）；流动相为乙酸、柠檬酸、三乙胺混合溶液，浓度分别为20、20 mmol/L和40.0 mmol/L，pH 5.5；流速0.8 mL/min；柱温40 ℃；紫外检测器，检测波长260 nm；进样量10 μL。比较样品与标准化合物色谱图峰值的保留时间及峰高来确定AMP、IMP、鸟苷酸（guanosine monophosphate，GMP）含量，以湿基计。

1.3.5 滋味活性值（taste active value，TAV）的计算

按公式（1）计算TAV：

$$\text{TAV}=\frac{\text{样品中某呈味物质的绝对浓度值}}{\text{该物质的味道阈值}} \quad (1)$$

1.3.6 味精当量（equivalent umami concentration，EUC）的计算

EUC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）表示[17]。按公式（2）计算：

$$\text{EUC/（g MSG/100 g）}=\sum a_i b_i+1\,218(\sum a_i b_i)(\sum a_j b_j) \quad (2)$$

式中：1 218为协同作用常数；a_i为鲜味氨基酸质量分数/%；b_i为鲜味氨基酸相对于MSG的鲜味系数（Glu=1；Asp=0.077）；a_j为呈味核苷酸质量分数/%；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）。

1.4 数据处理

采用SPSS 17.0软件对数据进行处理，实验重复2次，每次设3个平行，结果以$\bar{x}\pm s$表示，以P值小于0.05为显著，P值大于0.05为不显著。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分测定结果

南极磷虾与脊尾白虾具有典型的水产品营养特征，表现为水分、蛋白含量高。其中，脊尾白虾的基本营养组成与姜巨峰等[18]的研究结果类似。近几年有关南极磷虾营养组成的研究报道较多[19-22]，但数据相差较大，这可能与所选用的实验原料有关。南极磷虾的基本化学成分受捕捞海域、季节、年龄以及性成熟等多种因素的影响[22]，特别是蛋白与脂肪含量随季节呈规律性变化[23]。实验所用南极磷虾原料系5月捕获，蛋白含量相对较低、脂质含量相对较高，这与聂玉晨等[23]的研究结果类似。

如表1所示，南极磷虾与脊尾白虾均属于小型虾类，2种虾虽然在体长上相近，但基本营养组成有较大差异。与脊尾白虾相比，南极磷虾的粗蛋白含量显著偏低（$P<0.05$），而粗脂肪含量显著偏高（$P<0.05$）。

表1 南极磷虾与脊尾白虾基本营养组成

Table 1 General nutritional compositions of *E. superba* and *E. carinicauda*

%

营养成分	南极磷虾	脊尾白虾
水分	78.67±0.18[a]	79.12±0.14[a]
粗蛋白	13.25±0.21[a]	16.41±0.11[b]
粗脂肪	3.12±0.15[a]	1.10±0.13[b]
灰分	2.49±0.07[a]	2.18±0.03[b]

注：同行不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。

2.2 脂肪酸组成测定结果

表2 南极磷虾与脊尾白虾脂肪酸组成情况

Table 2 Fatty acid compositions of total lipids from *E. superba* and *E. carinicauda*

%

脂肪酸	南极磷虾	脊尾白虾
$C_{14:0}$	10.31	0.17
$C_{15:0}$	0.55	2.33
$C_{16:0}$	19.97	20.73
$C_{17:0}$	—	2.53
$C_{18:0}$	1.48	10.23
$C_{20:0}$	—	0.41
$C_{16:1}$	—	2.69
$C_{16:1\,n\text{-}9}$	0.99	—
$C_{17:1}$	—	4.06
$C_{18:1}$	12.37	—
$C_{18:1\,n\text{-}7}$	10.18	—
$C_{18:1\,n\text{-}9}$	—	12.76
$C_{20:1}$	1.86	0.41
$C_{20:1\,n\text{-}9}$	0.86	—
$C_{22:1}$	0.18	—
$C_{22:1\,n\text{-}9}$	2.19	0.18
$C_{16:2\,n\text{-}4}$	0.87	—
$C_{16:3\,n\text{-}3}$	1.88	—
$C_{16:4\,n\text{-}3}$	0.35	—
$C_{18:2\,n\text{-}6}$	1.23	3.32
$C_{18:3\,n\text{-}3}$	1.83	3.03
$C_{18:3\,n\text{-}6}$	0.87	0.19
$C_{18:4\,n\text{-}3}$	0.62	—
$C_{20:2}$	—	0.66
$C_{20:3\,n\text{-}3}$	—	11.25
$C_{20:3\,n\text{-}6}$	—	0.75
$C_{20:4\,n\text{-}6}$	1.79	2.16
$C_{20:5\,n\text{-}3}$	17.17	10.38
$C_{22:3\,n\text{-}3}$	0.79	—
$C_{22:6\,n\text{-}3}$	11.38	11.56
饱和脂肪酸总量	32.31	36.40
单不饱和脂肪酸总量	28.63	20.10
多不饱和脂肪酸总量	38.78	43.30

注：—.未检出。

采用气相色谱-质谱法可以从南极磷虾和脊尾白虾总脂中鉴定出30种脂肪酸。如表2所示，南极磷虾与脊尾白虾的脂肪酸组成有明显差异。南极磷虾中饱和脂肪酸占32.31%，且以$C_{16:0}$和$C_{14:0}$为主；单不饱和脂肪酸比例为28.63%，以$C_{18:1}$和$C_{18:1\,n\text{-}7}$为主；多不饱和脂肪酸

占38.78%，其中$C_{20:5\ n\text{-}3}$和$C_{22:6\ n\text{-}3}$比例较高。脊尾白虾饱和脂肪酸比例为36.40%，高于南极磷虾，且以$C_{16:0}$和$C_{18:0}$为主；单不饱和脂肪酸比例低于南极磷虾，以$C_{18:1\ n\text{-}9}$为主；多不饱和脂肪酸比例为43.30%，以$C_{20:5\ n\text{-}3}$、$C_{22:6\ n\text{-}3}$和$C_{20:3\ n\text{-}3}$为主。

2.3 水解氨基酸与游离氨基酸组成分析

表3 南极磷虾与脊尾白虾水解氨基酸与游离氨基酸组成

Table 3 Free amino acid compositions of *E. superba* and *E. carinicauda* and amino acid compositions in their hydrolysates

氨基酸种类	水解氨基酸质量分数/%		游离氨基酸含量/（mg/100 g）	
	南极磷虾	脊尾白虾	南极磷虾	脊尾白虾
谷氨酸Glu	9.45±0.11[a]	8.58±0.09[b]	57.13±0.93[b]	66.37±1.22[a]
天冬氨酸Asp	5.78±0.20[a]	6.14±0.17[a]	22.89±2.04[b]	39.91±1.17[a]
*赖氨酸Lys	4.81±0.13[a]	4.36±0.32[a]	81.43±1.31[a]	69.38±0.88[b]
*亮氨酸Leu	3.91±0.07[b]	4.83±0.09[a]	22.02±1.35[b]	40.56±2.26[a]
丙氨酸Ala	3.33±0.13[a]	3.60±0.23[a]	90.22±1.33[b]	156.83±2.52[a]
*苯丙氨酸Phe	3.26±0.16[a]	2.34±0.08[b]	28.77±0.87[a]	24.09±0.73[b]
甘氨酸Gly	3.10±0.08[b]	3.92±0.11[a]	101.41±2.32[b]	388.73±1.15[a]
精氨酸Arg	2.93±0.09[b]	4.93±0.12[a]	48.26±1.36[b]	96.28±1.25[a]
*缬氨酸Val	2.68±0.10[a]	2.56±0.07[a]	19.35±1.16[b]	31.17±2.03[a]
*蛋氨酸Met	2.52±0.24[a]	1.65±0.19[b]	17.48±0.87[a]	16.29±1.60[a]
*苏氨酸Thr	2.45±0.05[a]	2.33±0.08[a]	33.54±1.31[a]	29.73±0.52[b]
*异亮氨酸Ile	2.36±0.13[a]	2.74±0.20[a]	23.66±0.73[b]	28.27±1.28[a]
丝氨酸Ser	2.29±0.07[a]	2.38±0.08[a]	9.49±0.39[b]	16.51±1.02[a]
酪氨酸Tyr	2.03±0.06[a]	2.03±0.10[a]	11.38±0.66[b]	15.26±1.15[a]
脯氨酸Pro	1.30±0.11[b]	4.33±0.24[a]	133.88±2.35[b]	205.23±1.86[a]
组氨酸His	1.13±0.06[b]	1.46±0.04[a]	17.60±0.39[a]	12.35±0.71[b]
∑EAA	21.98±0.88[a]	20.81±1.03[a]	—	—
∑NEAA	31.34±0.91[b]	37.37±1.18[a]	—	—
∑AA	53.32±1.79[a]	58.18±2.21[b]	716.51±19.37[b]	1 236.96±21.35[a]
∑EAA/∑AA	41.22	35.77	—	—
∑EAA/∑NEAA	70.13	55.69	—	—

注：*.必需氨基酸（essential amino acid，EAA）；NEAA.非必需氨基酸（non-essential amino acid）；AA.氨基酸（amino acid）；—.未统计；同类别同行不同肩标小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。

如表3所示，在水解氨基酸种类上，南极磷虾中Glu、Asp、Lys和Leu含量相对较高，而脊尾白虾中含量较高的氨基酸依次为Glu、Asp、Arg、Leu、Lys和Pro。脊尾白虾中Arg和Pro的含量显著高于南极磷虾（$P<0.05$），Leu、Gly和His显著高于南极磷虾（$P<0.05$），而Glu和Met显著低于南极磷虾（$P<0.05$）。与脊尾白虾相比，南极磷虾的氨基酸总量明显偏低（$P<0.05$）。南极磷虾与脊尾白虾在EAA总量上无差别，但∑EAA/∑AA分别为41.22%和35.77%，差异明显。联合国粮农组织（Food and Agriculture Organization，FAO）和世界卫生组织（World Health Organization，WHO）对优质蛋白质的判定标准是∑EAA/∑AA为0.4左右、∑EAA/∑NEAA在0.6以上[24]。参照此标准，南极磷虾更加符合FAO/WHO推荐的蛋白质营养的理想模式。

游离氨基酸是影响水产品滋味的一类重要成分。南极磷虾与脊尾白虾的游离氨基酸总量存在显著差异（$P<0.05$）。在种类组成上，南极磷虾游离氨基酸中Lys含量较高，而脊尾白虾中含量较高的游离氨基酸依次为Gly、Pro、Ala和Arg。Glu和Asp是典型的呈鲜味的氨基酸，脊尾白虾的游离Glu和Asp含量均显著高于南极磷虾（$P<0.05$）。

2.4 呈味核苷酸含量测定

表4 南极磷虾与脊尾白虾中呈味核苷酸含量

Table 4 The contents of nucleotide-related compounds in *E. superba* and *E. carinicauda*

mg/100 g

核苷酸种类	南极磷虾	脊尾白虾
AMP	65.22±2.19[Aa]	41.37±1.77[Ab]
IMP	133.10±1.71[Ba]	106.28±1.58[Bb]
GMP	3.41±0.53[Ca]	1.05±0.31[Cb]

注：同列不同肩标大写字母表示差异显著（$P<0.05$）；同行不同肩标小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。

如表4所示，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GMP、IMP和AMP是典型的呈鲜味的核苷酸[25]。脊尾白虾中3 种核苷酸的含量依次为IMP＞AMP＞GMP，且3 种核苷酸含量之间存在显著差异（$P<0.05$）。南极磷虾肌肉中核苷酸的含量依次为IMP＞AMP＞GMP，3 种核苷酸含量之间同样存在显著差异（$P<0.05$）。

水产动物中AMP和IMP含量来源于活体状态时体内的积累，同时受死后ATP降解的影响。ATP是广泛分布于细胞中的游离核苷酸，通过氧化磷酸化为肌体提供能量。水产动物死后，其体内的ATP可通过不同的途径降解，目前普遍认为的途径有2 种[26]，分别为：（a）ATP→ADP→AMP→AdR→HxR→Hx；（b）ATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hx。脊尾白虾和南极磷虾肌肉中IMP含量较高，表明2 种虾ATP的降解途径可能均是以（b）为主。而南极磷虾肌肉中IMP、AMP含量高于脊尾白虾，这可能与南极磷虾原料历经较长时间贮运，ATP在此期间发生大量降解有关。2 种虾类中GMP含量均较低，这与Nogushi[27]发现动物原料以AMP为主，而GMP主要分布于菌类中的结果一致。

2.5 鲜味评价

表5 南极磷虾与脊尾白虾滋味活性物质含量及TAV

Table 5 Taste-active compounds and their TAV values in *E. superba* and *E. carinicauda*

化合物	阈值/（mg/100 mL）	TAV	
		南极磷虾	脊尾白虾
Glu	30	1.90	2.21
Asp	100	0.23	0.40
GMP	12.5	0.27	0.08
IMP	25	5.32	4.25
AMP	50	1.30	0.83

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[17]。当化合物TAV小于1时，该呈味物质对整体滋味作用不明显；当TAV大于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。虾类呈现鲜味的化合物主要有游离氨基酸（Glu、Asp）、核苷酸（AMP、IMP、GMP）和某些小分子肽等。如表5所示，IMP对南极磷虾和脊尾白虾鲜味的贡献最为突出，其次是Glu，而AMP和Asp对鲜味贡献较小，GMP虽然阈值最低，但由于含量也低，因而其贡献最小。

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同时存在时，可产生协同效应，带来强烈的鲜味[28]，这种协同效应可以用EUC来衡量[29]。南极磷虾和脊尾白虾的EUC分别为11.01 g MSG/100 g和12.98 g MSG/100 g，这与大黄鱼的EUC（13.43 g MSG/100 g）[30]相当。

3 结 论

南极磷虾与脊尾白虾虽均属于小型虾类，但在基本营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成方面有较大差异。与脊尾白虾相比，南极磷虾的蛋白含量显著偏低（$P<0.05$），而粗脂肪含量显著偏高（$P<0.05$）；南极磷虾的氨基酸总量明显偏低（$P<0.05$），但∑EAA/∑AA更加符合FAO/WHO推荐的蛋白质营养的理想模式；2种虾的脂肪酸组成同样不同，南极磷虾的不饱和脂肪酸含量相对较高。

南极磷虾和脊尾白虾均是IMP和游离Glu对鲜味起主要贡献，南极磷虾的呈味核苷酸AMP、IMP、GMP含量均显著高于脊尾白虾（$P<0.05$），而在游离氨基酸中鲜味氨基酸Glu、Asp含量低于脊尾白虾（$P<0.05$）。南极磷虾和脊尾白虾的EUC分别为11.01 g MSG/100 g和12.98 g MSG/100 g，具有理想的鲜味特征。2种虾在普通食品、调味品开发方面具有广阔的市场前景。

参考文献：

[1] SIEGEL V, REISS C S, DIETRICH K S, et al. Distribution and abundance of Antarctic krill (*Euphausia superba*) along the Antarctic Peninsula[J]. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 2013, 77(4): 63-74. DOI:10.1016/j.dsr.2013.02.005.

[2] 黄洪亮, 陈雪忠, 冯春雷. 南极磷虾资源开发现状分析[J]. 渔业现代化, 2007, 34(1): 48-51. DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2007.01.017.

[3] 梁俊平, 李健, 刘萍, 等. 脊尾白虾生物学特性与人工繁育的研究进展[J]. 中国农学通报, 2012, 28(17): 109-116. DOI:10.11924/j.issn.1000-6850.2011-3631.

[4] 赵辉, 徐大伦, 周星宇, 等. 新鲜海鳗营养成分及其风味物质分析[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 278-281.

[5] 伍彬, 章超桦, 吉宏武, 等. 南美白对虾虾头自溶产物主要呈味成分分析[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 184-187.

[6] 赵樑, 吴娜, 王锡昌, 等. 不同生长阶段下中华绒螯蟹滋味成分差异研究[J]. 现代食品科技, 2016, 32(7): 261-269. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.7.040.

[7] 杨婷婷, 刘俊荣, 俞微微, 等. 活品流通过程中虾夷扇贝风味品质的变化[J]. 水产学报, 2015, 39(1): 136-146.

[8] 陈德慰, 苏键, 刘小玲, 等. 广西北部湾3 种贝类中主要呈味物质的测定及呈味作用评价[J]. 食品科学, 2012, 33(10): 165-168.

[9] 陈雪忠, 徐兆礼, 黄洪亮. 南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 451-458. DOI:10.3321/j.issn:1005-8737.2009.03.019.

[10] 卫生部. 食品中水分的测定: GB 5009.3—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[11] 卫生部. 食品中灰分的测定: GB 5009.4—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[12] 卫生部. 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[13] 卫生部. 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[14] 楼乔明, 徐杰, 王玉明, 等. 气相色谱/质谱法分析孔石莼中的脂肪酸[J]. 色谱, 2010, 28(7): 668-672. DOI:10.3724/SP.J.1123.2010.00668.

[15] 卫生部. 食品中氨基酸含量的测定: GB/T 5009.124—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

[16] YOKOYAMA Y, SAKAGUCHI M, KAWAI F, et al. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2008, 58(11): 2125-2136. DOI:10.2331/suisan.58.2125.

[17] 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[J]. 中国调味品, 2014(1): 129-135. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2014.01.034.

[18] 姜巨峰, 吴会民, 郭华阳, 等. 盐度对脊尾白虾生长和肌肉营养成分的影响[J]. 渔业现代化, 2014, 41(3): 15-20. DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2014.03.004.

[19] YOSHITOMI B. Utilization of Antarctic krill for food and feed[J]. Developments in Food Science, 2004, 42(4): 45-54. DOI:10.1016/S0167-4501(04)80007-4.

[20] 孙雷, 周德庆, 盛晓风. 南极磷虾营养评价与安全性研究[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(4): 57-64. DOI:10.3969/j.issn.1000-7075.2008.02.010.

[21] 刘丽, 刘承初, 赵勇, 等. 南极磷虾的营养保健功效以及食用安全性评价[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 443-447.

[22] 麦康森, 魏玉婷, 王嘉, 等. 南极磷虾的主要营养组成及其在水产饲料中的应用[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2016, 46(11): 1-15. DOI:10.16441/j.cnki.hdxb.20160337.

[23] 聂玉晨, 张波, 赵宪勇, 等. 南极磷虾(*Euphausia superba*)脂肪与蛋白含量的季节变化[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(3): 1-8. DOI:10.11758/yykxjz.20150408001.

[24] 李凤林, 张忠, 李凤玉. 食品营养学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 24-49.

[25] FUKE S, UEDA Y. Interactions between umami and other flavor characteristics[J]. Trends in Food Science & Technology, 1996, 7(12): 407-411. DOI:10.1016/S0924-2244(96)10042-X.

[26] 沈月新. 水产食品学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 100-102.

[27] NOGUSHI M. Isolation and identification of acidic oligopeptides occurring in a flavor potentiating fraction from a fish protein hydrolysate[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1975, 23: 49-53. DOI:10.1021/jf60197a003.

[28] MAEHASHI K, MATSUZAKI M, YAMAMOTO Y, et al. Isolation of peptides from an enzymatic hydrolysate of food proteins and characterization of their taste properties[J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1999, 63(3): 555-559. DOI:10.1271/bbb.63.555.

[29] 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[J]. 食品科学, 2016, 37(8): 131-135. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608023.

[30] 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[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 82-85. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.03.008.