

# 南极冰鱼与南极磷虾营养成分分析及比较

刘志东<sup>1</sup>, 陈雪忠<sup>1</sup>, 曲映红<sup>2</sup>, 冯春雷<sup>1</sup>, 黄洪亮<sup>1</sup>, 田良良<sup>1</sup>, 刘健<sup>1</sup>, 龚洋洋<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090) (2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

**摘要:** 本文采用国标方法分析了南极冰鱼的营养成分, 并与南极磷虾营养成分进行了比较, 期望为南极冰鱼的开发利用提供依据。南极冰鱼肌肉中的蛋白质和灰分含量与南极磷虾差异显著 ( $p < 0.05$ ), 脂质和碳水化合物含量与南极磷虾差异不显著。南极冰鱼肌肉与南极磷虾均含有 17 种氨基酸, 必需氨基酸指数分别为 44.24 和 34.03, 必需氨基酸的构成比例符合 FAO/WHO 的标准; 鲜味氨基酸占总氨基酸的比例分别为 35.86% 和 40.51%。南极冰鱼中饱和脂肪酸 (33.37%) 和单不饱和脂肪酸 (41.22%) 含量分别高于南极磷虾 (32.60% 和 29.75%), 南极磷虾多不饱和脂肪酸 (25.12%) 含量低于南极磷虾 (45.38%)。南极冰鱼肌肉中的矿物质 (Ca、Fe、Zn、Cu 等) 含量低于南极磷虾。因此, 南极冰鱼具有较高的营养价值和良好的开发应用前景。

**关键词:** 南极冰鱼; 南极磷虾; 营养成分; 分析; 评价

文章编号: 1673-9078(2014)2-228-233

## Comparison and Evaluation of the Nutritional Components of Antarctic Icefish and Krill

LIU Zhi-dong<sup>1</sup>, CHEN Xue-zhong<sup>1</sup>, QU Ying-hong<sup>2</sup>, FENG Chun-lei<sup>1</sup>, HUANG Hong-liang<sup>1</sup>, TIAN Liang-liang<sup>1</sup>, LIU Jian<sup>1</sup>, GONG Yang-yang<sup>1</sup>

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

(2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The nutritional components of Antarctic icefish were analyzed and evaluated by national standard methods, and compared with Antarctic krill. The results showed that the protein content in Antarctic icefish was significantly higher than in Antarctic krill ( $p < 0.05$ ); however, the ash content in Antarctic icefish was much lower ( $p < 0.05$ ). Seventeen amino acids were found in the muscles of Antarctic icefish and krill, and the essential amino acids (EAA) indices were 44.24 and 34.03, respectively. The EAA composition of both the two samples met FAO/WHO standard. The flavour amino acids content in total amino acids in the muscle of Antarctic icefish and krill was 35.86% and 40.51%. The saturated fatty acids and monounsaturated fatty acids were 33.37% and 41.22% in the muscle of Antarctic icefish, respectively, which were higher than in Antarctic krill (32.60% and 29.75%, respectively). The polysaturated fatty acids content (25.12%) was lower than in Antarctic krill (45.38%). The minerals (Ca, Fe, Zn, Cu) in the muscle of Antarctic icefish was also higher than in Antarctic krill. In conclusion, Antarctic icefish had high nutritional value, which well deserved further exploitation and utilization.

**Key words:** antarctic icefish; antarctic krill; nutritional component; analysis, evaluation

南极冰鱼属于硬骨鱼纲 (*Osteichthyes*)、鲈形目 (*perciform*)、南极鱼亚目 (*Nototherioidei suborder*)、冰鱼科 (*Channichthyidae*), 是生活在南

收稿日期: 2013-09-20

基金项目: 上海市自然科学基金 (13ZR1449900); 国家“863”计划 (2012AA092304); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 [中国水产科学研究院东海水产研究所 (2011M06); 农业部渔业装备与工程技术重点实验室开放课题 (2012002)]

作者简介: 刘志东 (1976-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 食品生物技术, 水产品加工与利用

通讯作者: 黄洪亮 (1964-), 男, 研究员, 研究方向: 远洋渔业资源开发利用

极海域的鱼类<sup>[1-2]</sup>。目前, 已经发现的南极冰鱼共有 11 个属, 15 个种, 代表种有短腹冰鱼 (*Chaenocephalus aceratus*), 南极冰鱼 (*Cryodraco antarcticus*) 和鳕头冰鱼 (*Champscephalus gunnari*)。南极冰鱼因其神奇的白色外形和几乎无色的血液 (由于血红蛋白缺失) 而被早期的英国捕鲸者命名。南极冰鱼肉质雪白、细嫩, 味道鲜美, 属南极海洋珍品; 且来自于无污染水域, 是一种符合现代人需求的健康食品。多年来, 国外学者对南极冰鱼开展了大量研究, 但主要集中于其生理特征及生物学适应性等方面; 深入研究发现南极冰鱼主要以南极磷虾为食; 由于二者在食物链上的“传递”关系, 南极冰鱼的营养成分与南极磷虾的营养成

分之间是否存在着一定的相关关系,还有待进行深入的研究和探讨<sup>[3-5]</sup>。目前,国内外关于南极磷虾的研究方兴未艾;但对于南极冰鱼营养成分进行系统的分析和评价则鲜见报道。

基于此,本文对南极冰鱼(*Champscephalus gunnari*)肌肉的常规营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成以及矿物质含量进行了分析,并与南极磷虾的营养成分进行了比较。一方面旨在通过评价南极冰鱼的营养价值,为其开发利用提供基础数据;另一方面,也从食物链的角度分析和评价从南极磷虾到南极冰鱼的营养“关系”提供一种探索和思路,为深入认知南极海洋生物资源及其相关关系提供基础信息。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

南极冰鱼(*Champscephalus gunnari*)和南极磷虾(*Euphausia superba* Dana)由上海开创国际海洋资源股份有限公司开裕号远洋捕捞船,2011年3月于南极设得兰群岛海域捕获用于科学研究,-80℃冻藏运回实验室。选取个体完整,规格一致南极冰鱼3尾,样品平均体重为(500.07±1.87)g,平均体长为(19.17±0.63)cm。所用肌肉均采于每尾鱼两侧的轴上肌和轴下肌,捣碎后的肌肉混合均匀。南极冰鱼和南极磷虾经真空冷冻干燥后置于-20℃条件下保存用于进一步分析。样本分别分成两份,一份做常规营养成分测定,另一份做氨基酸和脂肪酸等的测定。

### 1.2 营养成分测定方法

水分含量测定采用105℃烘干恒重法(GB/T 5009.3-2003);蛋白质含量测定采用微量凯氏定氮法(GB/T 5009.5-2003);脂质含量测定采用索氏抽提法(GB/T 5009.6-2003);灰分含量测定采用箱式电阻炉550℃灼烧法(GB/T 5009.4-2003);钙、铜、锌、铁、硒和镉含量测定采用火焰原子吸收法(GB/T 5009-2003);氨基酸含量测定采用日立L28500氨基酸自动分析仪测定(GB/T 5009.124-2003),其中色氨酸含量采用碱水解处理方法。脂肪酸含量测定采用气相色谱法(GB/T 5009.168-2003)。氨基酸标准品购自Sigma公司,脂肪酸标准品购自Supelco公司。

### 1.3 营养价值评定方法

根据FAO/WHO(1973年)建议的每克氮中氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质氨基酸模式进行比较,氨基酸评分(Amino acid score, AAS)、化学评分

(Chemical score, CS),必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)和总能量(Gross energy)按以下公式求得<sup>[6,7]</sup>:

$$AAS = \frac{\text{试验样品中某种氨基酸的含量}(mg/g)}{\text{FAO评分模式中相同氨基酸的含量}(mg/g)} \times 100 \quad (1)$$

$$CS = \frac{\text{试验样品中某种氨基酸的含量}(mg/g)}{\text{鸡蛋蛋白质中相同氨基酸的含量}(mg/g)} \times 100 \quad (2)$$

$$EAAI = \frac{100a}{ae} \times \frac{100b}{be} \times \frac{100c}{ce} \times \dots \times \frac{100g}{ge} \quad (3)$$

注:n为比较的必需氨基酸个数,a、b、c...g为样品蛋白质中的必需氨基酸含量(% dry),ae、be、ce...ge为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(% dry)。

总能量(10<sup>2</sup>kJ/g DM)=(蛋白质含量×16.7)+(脂质含量×37.7)+(碳水化合物含量×16.7)<sup>[8]</sup> (4)

### 1.4 数据统计与处理

数据来自三个独立的实验/样品;原始数据在做统计分析前,进行正态性检验。原始数据经过检验并服从正态分布后,进行相应的数据分析。结果以平均值±标准差(Mean±SD)表示;P<0.05表示差异显著,P<0.01表示差异非常显著。

## 2 结果与讨论

### 2.1 常规营养成分分析

表1 南极冰鱼和南极磷虾的常规营养成分(10<sup>3</sup>g/g)

种类	水分	蛋白质	脂肪	灰分	碳水化合物
南极冰鱼	2.18±0.24	79.10±0.31*	14.60±0.42	3.49±0.08*	0.63±0.02
南极磷虾	5.23±0.16	77.53±0.52	5.35±0.34	10.35±0.21	1.54±0.02

注:\*为差异显著(p<0.05)。

鱼类的营养价值主要取决于鱼肉蛋白质和脂肪的含量和组成。南极冰鱼肌肉常规营养成分见表1。南极磷虾(全虾)常规营养成分与孙雷等报道的有差异<sup>[8]</sup>。可能是由于所选南极磷虾的捕捞海域,季节和年龄以及性成熟等因素的差异所致。由表1中可以看出,南极冰鱼肌肉的蛋白质含量是南极磷虾(全虾)的1.02倍,脂肪的含量是南极磷虾(全虾)的2.73倍,灰分含量是南极磷虾(全虾)的0.34倍,碳水化合物的含量是南极磷虾(全虾)的0.41倍。此外,南极冰鱼肌

肉的总能量为 18.82 kJ/g, 南极磷虾(全虾)的总能量为 15.22 kJ/g。

## 2.2 氨基酸组成分析与评价

表 2 南极冰鱼和南极磷虾的氨基酸组成 (mg/g)

Table 2 Amino acids compositions of Antarctic icefish and

Antarctic krill		
氨基酸种类	南极冰鱼	南极磷虾
天门冬氨酸	77.74±2.53	41.45±0.05
苏氨酸	36.40±1.89	16.64±0.15
丝氨酸	34.03±1.76	15.05±0.12
谷氨酸	120.05±3.29*	108.96±1.04*
脯氨酸	26.91±1.58	10.72±0.08
甘氨酸	33.53±2.06	27.63±0.17
丙氨酸	47.89±2.69	52.48±0.52
胱氨酸	37.58±2.05	12.57±0.24
缬氨酸	38.75±2.06	31.18±0.22
蛋氨酸	20.25±1.24	23.67±0.23
异亮氨酸	34.69±1.85	32.82±0.52
亮氨酸	64.65±2.46	50.23±0.51
酪氨酸	27.63±1.38	16.21±0.24
苯丙氨酸	30.75±2.31	37.18±0.42
赖氨酸	75.30±2.34*	59.31±1.30*
色氨酸	4.47±0.26	5.59±0.26
组氨酸	19.17±1.59	9.49±0.39
精氨酸	48.78±2.53	18.21±0.41
总氨基酸(TAA)	778.57±2.17	569.39±2.09
必需氨基酸(EAA)	305.26±1.76	256.62±1.21
(EAA/TAA)×100%	39.21 %	45.07 %

注: \*为差异显著 (p<0.05)。

蛋白质是由氨基酸组成的,氨基酸的含量和组成,尤其是人体必需氨基酸的含量决定了蛋白质的营养价值。1973年,联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)根据“婴儿对必需氨基酸的需要量是不同年龄组人群中最高的”这一结论,提出了以婴儿需要量为最低限度的评分模式,并指出一种蛋白质中必需氨基酸(EAA)/总氨基酸(TAA)的比值在40%左右,必需氨基酸(EAA)/非必需氨基酸(NEAA)达到60%以上时属于优质蛋白质。由于鸡蛋蛋白质被认为是已知营养价值最为全面的蛋白质,因而通常被作为评定食品蛋白质营养价值的标准。由表2可知,南极冰鱼和南极磷虾中均含有人体必需的8种氨基酸和2种半必需氨基酸,南极冰鱼和南极磷虾中谷氨酸的含量均最高,组氨酸的含量最低。南极冰鱼中

(305.26 mg/g)的必需氨基酸含量高于鸡蛋(296 mg/g),而南极磷虾中(256.48 mg/g)的必需氨基酸含量低于鸡蛋(296 mg/g),二者均高于WHO/FAO模式(219 mg/g),必需氨基酸与总氨基酸的比值分别为39.21%和45.07%,高于WHO/FAO模式推荐的比值(35.38%),但低于鸡蛋中所占的比例(48.08%)。南极冰鱼肌肉中必需氨基酸和非必需氨基酸的比值为64.49%,南极磷虾中必需氨基酸和非必需氨基酸的比值为82.04%。支链氨基酸包括缬氨酸,亮氨酸和异亮氨酸,属于人体必需氨基酸,约占人体骨骼肌蛋白质必需氨基酸的35%,与骨骼肌的合成有密切关系,是人体内骨骼肌供能的主要氨基酸;其氧化供能约占氨基酸供能总量的60%,即使在休息状态,人体骨骼肌中支链氨基酸氧化供能也要占14%。南极磷虾中支链氨基酸(缬氨酸+亮氨酸+异亮氨酸)总量为114.20 mg/g,芳香族氨基酸(苯丙氨酸+酪氨酸)总量为53.30 mg/g;南极冰鱼中支链氨基酸总量为138.09 mg/g,芳香族氨基酸总量为58.38 mg/g。支链氨基酸/芳香族氨基酸的比值(BCAA/AAA)分别为2.14(南极磷虾)和2.37(南极冰鱼),接近正常人和哺乳动物的支链氨基酸/芳香族氨基酸的比值,即氨基酸比例均衡。芳香族氨基酸(苯丙氨酸+酪氨酸)是生物肾上腺素和甲状腺素的前体物质,因此,摄入南极冰鱼不仅可以弥补苯丙氨酸的不足,而且还可以维持机体的营养和代谢平衡。目前,我国大多数地区居民的膳食结构是以植物性食物为主,在食物中赖氨酸相对缺乏。南极冰鱼中赖氨酸的含量较高(75.30 mg/g),是南极磷虾中的1.27倍,这对于以谷物食品为主的膳食者来说,它可以弥补谷物食品中赖氨酸的不足。赖氨酸还是人乳中第一限制性氨基酸,赖氨酸含量高的食品也是优质的催乳食品。因此,南极冰鱼是一种较理想的赖氨酸食物来源。此外,南极冰鱼中精氨酸的含量是南极磷虾中的2.68倍,精氨酸虽然不是人体必需的氨基酸,但对于促进儿童生长发育和伤口的愈合具有良好的效果作用。

研究还发现食物的鲜味主要取决于蛋白质中呈味氨基酸(天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸)的组成和含量,其中天门冬氨酸和谷氨酸是鲜味的特征性氨基酸;甘氨酸和丙氨酸是甘味的特征性氨基酸,丝氨酸和脯氨酸也与甘味有关。从表2中还可以看出,南极冰鱼和南极磷虾中均富含天门冬氨酸和谷氨酸。南极冰鱼中鲜味氨基酸与总氨基酸的比值为35.86%,南极磷虾中鲜味氨基酸与总氨基酸的比值为40.51%。因此,南极冰鱼中的氨基酸含量丰富、种类齐全,比



例均衡,必需氨基酸的模式合理。

## 2.3 蛋白质营养价值评价

表3 南极冰鱼和南极磷虾中必需氨基酸的组成及氨基酸评分 (mg/g)

样品	异亮氨酸	亮氨酸	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸+胱氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	赖氨酸
南极冰鱼	34.69±1.85	64.65±2.46	36.40±1.89	38.75±2.06	57.83±0.76	58.38±0.92	75.30±2.34
南极磷虾	32.82±0.52	50.23±0.51	16.64±0.15	31.18±0.22	36.24±0.57	53.39±1.02	59.31±1.30
AAS							
南极冰鱼	0.87 <sup>ΔΔ</sup>	0.92	0.91	0.78 <sup>Δ</sup>	1.64	0.96	1.38
南极磷虾	0.82	0.71	0.42 <sup>Δ</sup>	0.63 <sup>ΔΔ</sup>	1.03	0.88	1.09
CS							
南极冰鱼	0.66	0.76	0.78	0.59 <sup>Δ</sup>	0.94	0.65 <sup>ΔΔ</sup>	1.07
南极磷虾	0.62	0.59	0.36 <sup>Δ</sup>	0.48 <sup>ΔΔ</sup>	0.59	0.59	0.84

注: <sup>Δ</sup>为第一限制性氨基酸, <sup>ΔΔ</sup>为第二限制性氨基酸。

蛋白质是生命的物质基础,因此评价食物蛋白质的营养价值时,必须依据氨基酸的含量和组成,特别是人体必需氨基酸的含量和组成。根据氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)的公式,计算出南极冰鱼和南极磷虾的AAS和CS(表3)。

根据AAS和CS,南极冰鱼和南极磷虾限制性氨基酸中的第一限制性氨基酸分别为缬氨酸和苏氨酸。然而,南极磷冰鱼与南极磷虾的第二限制氨基酸有所不同。此外,南极磷虾必需氨基酸的AAS评分,除苏氨酸为0.42,其余均大于0.5;CS评分,除苏氨酸(0.36)和缬氨酸(0.48)外,其余均大于0.5,这表明南极磷虾必需氨基酸组成相对比较均衡;而南极冰鱼必需氨基酸的AAS和CS均大于0.5,这表明南极冰鱼的必需氨基酸组成与南极磷虾相近,且更优于南极磷虾。南极磷虾的必需氨基酸指数(EAAI)为34.03,而南极冰鱼则为44.24,这进一步说明南极冰鱼在营养价值方面优于南极磷虾,体现了食物链“传递”的“累积”效应<sup>[9]</sup>。

## 2.4 脂肪酸组成分析与评价

脂质是机体的主要能量贮存分子和能量来源之一,也是细胞膜结构和功能的重要物质基础,特别是多不饱和脂肪酸是生物体繁殖和生长所必需的。脂质的含量和组成是评价食品营养价值的重要指标之一;脂质也是食物加热产生香气成分不可缺少的物质,尤其是高含量的多不饱和脂肪酸能显著地增加香味。特定的脂质也被作为生物探针用做生态系统的调查工具以及用于识别食物链中的营养层级关系。通过分析和比较不同动物的多不饱和脂肪酸组成发现,陆生、鸟类、爬行类动物脂质中不饱和脂肪酸分布有一定的规

律:即随着动物由低等向高等进化,脂质中饱和脂肪酸的比例增加而不饱和脂肪酸的比例降低。研究表明,鱼体内的脂肪酸组成受所摄入食物脂质的脂肪酸组成模式影响较大,其中不饱和脂肪酸受影响较大,饱和脂肪酸受影响较小<sup>[10]</sup>;进一步研究发现,鱼体内的EPA和DHA主要是通过食物链的富集作用积聚在体内。

表4 南极冰鱼和南极磷虾中的脂肪酸组成 (mg/g)

脂肪酸	南极冰鱼	南极磷虾
C12:0(正十二碳酸)	0.12±0.02	0.22±0.03
C13:0(正十三碳酸)	-	0.05±0.02
C14:0(正十四碳酸)	13.04±0.37*	12.25±0.34*
C15:0(正十五碳酸)	0.31±0.02	0.30±0.05
C16:0(棕榈酸)	18.66±0.38*	18.02±0.42*
C17:0(正十七碳酸)	-	0.11±0.03
C18:0(硬脂酸)	1.01±0.24	1.04±0.19
C17:0(正十九碳酸)	-	0.05±0.01
C20:0(正二十碳酸)	-	0.11±0.02
C23:0(正二十三碳酸)	0.23±0.02	0.45±0.04
∑SFA(饱和脂肪酸)	33.37±0.27	32.60±0.24
C14:1(十四碳烯酸)	0.50±0.12	0.11±0.05
C15:1(十五碳烯酸)	-	0.09±0.03
C16:1(十六碳烯酸)	11.37±0.28*	7.40±0.31
C17:1(十七碳烯酸)	1.01±0.21	0.27±0.02
C18:1n9c(顺9-十八碳烯酸)	25.86±1.27	10.55±0.42
C18:1n7(顺7-十八碳烯酸)	-	8.90±0.23
C18:2n6c(顺9,12-十八碳二烯酸)	2.84±0.54	1.16±0.28
C18:3n3(顺9,12,15-十八碳三烯酸)	1.14±0.52	0.42±0.15

转下页

接上页

C18:3n6( $\gamma$ -十八碳三烯酸)	0.25±0.07	0.39±0.05
C20:1n9(顺 9-二十碳烯酸)	1.81±0.25	1.15±0.08
C20:3n3(顺 9,12,15-二十碳三烯酸)	-	1.02±0.47
C20:3n6(顺 8,11,14-二十碳三烯酸)	0.12±0.01	-
C20:4n3(二十碳四烯酸)	-	0.34±0.09
C20:4n6(花生四烯酸)	0.14±0.09	0.31±0.05
C20:5n3(EPA)	15.67±0.62*	20.36±0.52*
C22:1n9(顺 9-二十二碳一烯酸)	0.53±0.12	0.85±0.12
C22:2(顺 13,16-二十二碳二烯酸)	0.39±0.12	-
C22: 5n6 (DPA)	0.52±0.09	-
C22: 6n3(DHA)	4.34±0.41*	19.38±0.37*
C24:1n9(顺 9-二十四碳一烯酸)	0.14±0.01	0.08±0.02
$\Sigma$ MUFA(单不饱和脂肪酸)	41.22±0.78	29.75±0.53
$\Sigma\omega$ 3PUFA( $\omega$ 3 多不饱和脂肪酸)	21.25±0.14	41.52±0.19
$\Sigma\omega$ 6PUFA( $\omega$ 6 多不饱和脂肪酸)	3.87±0.42	1.86±0.07
$\omega$ 3/ $\omega$ 6	5.49±0.13	22.32±0.02
PUFA/SFA	0.76±0.07	1.33±0.09

注: \*为差异显著 (p<0.05)。

南极磷虾是地球上多细胞生物中生物量最大、繁衍最成功的单种生物之一,是整个南大洋生态系统能量和物质流动的关键环节<sup>[9]</sup>,在南大洋的食物链(网)中处于核心地位。深入研究发现,南极海域的硅藻、红藻和褐藻等浮游植物可以自身合成 EPA 与 DHA;南极磷虾在夏季主要以南极硅藻、甲藻等浮游植物为食物,冬季主要以南极冰藻、细菌或者南极雪等为食物,同时也以自身的蛋白质作为代谢能量的来源;南极冰鱼主要以南极磷虾为食物<sup>[11]</sup>。因此,鱼体内的 EPA 和 DHA 与食物链中的 EPA 和 DHA 之间存在着

特定的相关关系。关于南极磷虾中的脂质和脂肪酸组成已经进行了大量的研究<sup>[12]</sup>。从表 4 中可以看出,南极冰鱼肌肉组织中检测出脂肪酸 22 种,其中饱和脂肪酸 6 种 (33.37%),低于南极磷虾中的 10 种 (32.60%);单不饱和脂肪酸含量 (41.22%) 是南极磷虾中单不饱和脂肪酸含量 (29.75%) 的 1.39 倍;南极冰鱼中多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比为 0.76, 低于南极磷虾中多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值 (1.33)。

### 2.5 矿物质含量分析

矿物质是构成机体组织和维持机体正常新陈代谢所必需的各种元素(除了碳、氧、氢、氮等主要以有机物形式存在的以外)的总称,是人体必需的七大营养素之一。虽然矿物质在人体内的总量不及体重的 5%,也不能提供能量,但是它们在机体内不能自身合成,必须由外源摄入,并且在机体的正常活动中发挥了重要的生理功能。南极冰鱼含有丰富的矿物质(总含量为 0.19%) (见表 5)。由表 5 中可以看出,南极磷虾南极冰鱼和南极磷虾中 Ca 和 Fe 的含量均较高。Ca 是骨骼、牙齿、软组织结构的重要成分并参与机体的能量代谢。Fe 是细胞色素酶、过氧化氢酶以及肌红蛋白的组成成分,在机体的新陈代谢过程中发挥了重要的作用。Zn、Cu 则参与多种酶活性中心的构成,对核酸、蛋白质的合成及免疫过程都有直接或间接的作用。总体而言,南极冰鱼肌肉中矿物质含量均低于南极磷虾中的矿物质含量。南极冰鱼和南极磷虾之间矿物质含量的差异既体现了营养素在食物链中单向传导、逐级递减的传递特点,又体现了物种之间的差异。

表 5 南极冰鱼与南极磷虾中的矿物质含量 (mg/kg)

Table 5 The content of minerals in Antarctic icefish and Antarctic krill

样品	钙/Ca	铁/Fe	锌/Zn	铜/Cu	硒/Se	镉/Cd
南极冰鱼	1670.42±2.18*	17.39±1.07	8.70±0.39	0.76±0.13	0.81±0.26	未检出
南极磷虾	3024.68±8.62	49.28±1.85*	45.83±2.34*	4.76±0.54	3.31±0.18	0.18±0.05

注: \*为差异显著 (p<0.05)。

### 3 结论

综上所述,南极冰鱼肌肉组织蛋白质含量高,脂肪含量低;氨基酸含量和比例均衡,必需氨基酸的组成模式符合人体的需要,鲜味氨基酸占氨基酸总量的比值较高,支链氨基酸/芳香族氨基酸的比值为 2.37;不饱和脂肪酸含量高;矿物质含量丰富。因此,南极冰鱼是一种无污染、营养价值较高的鱼类,具有良好的开发应用前景。

### 参考文献

[1] Ruud J T. Vertebrates without erythrocytes and blood pigment. Nature, 1954, 173: 848

[2] Roberta Russo, Alessia Riccio, Guido di Prisco, et al. Molecular adaptations in Antarctic fish and bacteria [J]. Polar Science, 2010, 4: 245-256

[3] Kock K H. Antarctic Fish and Fisheries [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1992

- [4] Garofalo F, Pellegrino D Amelio, D Tota B. The Antarctic hemoglobinless icefish, fifty five years later: A unique cardiocirculatory interplay of disaptation and phenotypic plasticity [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 2009, 154: 10-28
- [5] Kim Præbel, Ben Hunt, Luke H, et al. The presence and quantification of splenic ice in the McMurdo Sound Notothenioid fish, *Pagothenia borchgrevinki* (Boulenger, 1902) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 2009, 154: 564-569
- [6] Elena Pastor-Cavada, Silvina R Drago, Rolando J González, et al. Effects of the addition of wild legumes (*Lathyrus annuus* and *Lathyrus clymenum*) on the physical and nutritional properties of extruded products based on whole corn and brown rice [J]. *Food Chemistry*, 2011, 128: 961-967
- [7] Katerina Tsape, Vassilia J Sinanoglou, et al. Comparative analysis of the fatty acid and sterol profiles of widely consumed Mediterranean crustacean species [J]. *Food Chemistry*, 2010, 122: 292-299
- [8] 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(2):57-64
- Sun Lei, Zhou De-qing, Shen Xiao-feng. Nutrition and safety evaluation of Antarctic krill [J]. *Marine fisheries research*, 2008, 29 (2): 57-64
- [9] Roger PH, Elizabeth HLL. The fishery on Antarctic krill defining an ecosystem approach to management [J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2000, 8 (3): 235-298
- [10] Alasalv ARC, Taylor KDA, Zubcove, et al. Differentiation of cul- tured and wild sea bass (*Dicentr archus labrax* ) ,total lipids content, fatty acid and t race mineral composition [J]. *Food Chemistry*, 2002, 79: 145-150
- [11] Charles F Phleger, Peter D Nichols, Patti Virtue. Lipids and trophodynamics of Antarctic zooplankton [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 1998, 120: 311-323
- [12] 楼乔明,王玉明,刘小芳,等.南极磷虾脂肪酸组成及多不饱和脂肪酸质谱特征分析[J]. *中国水产科学*,2011,18(4): 929-935
- Lou Qiaoming, Wang Yuming, Liu Xiaofang, et al. Analysis of fatty acid composition and mass spectrometry characterization of polyunsaturated fatty acids in *Euphausua superb* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(4): 929-935