

## 冀东稻区克氏原螯虾肌肉营养成分分析及评价

李赵嘉<sup>1,2</sup>, 郑振宇<sup>1,2</sup>, 左永梅<sup>1,2</sup>, 孙宇<sup>1,2</sup>, 王文成<sup>1,2</sup>, 肖丹丹<sup>1,2</sup>, 胡爱双<sup>1,2</sup>, 邹拓<sup>1,2\*</sup>

(1. 河北省农林科学院滨海农业研究所, 河北唐山 063299; 2. 唐山市水稻工程技术研究中心, 河北唐山 063299)

**摘要** [目的]科学评价克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)品质特性。[方法]通过对冀东稻区养殖的克氏原螯虾腹部肌肉含肉率、常规成分、氨基酸和脂肪酸组成成分进行分析评价。[结果]不同阶段克氏原螯虾腹部肌肉水分和肝体比无显著性差异( $P>0.05$ ), 虾苗的含肉率、粗蛋白、粗灰分含量均为最高, 分别为 25.16%、17.23%、1.13%, 红壳中虾粗脂肪含量最高(1.98%); 红壳成虾腹部肌肉中含有 17 种氨基酸(14.06%), 包含 7 种必需氨基酸(EAA)(5.95%), 其中第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸, 第二限制氨基酸为异亮氨酸, 必需氨基酸指数(EAAI)为 77.84%; 含有 20 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸(SFA)6 种, 单不饱和脂肪酸(MUFA)6 种, 多不饱和脂肪酸(PUFA)8 种, 分别占脂肪酸总量的比例为 35.61%、26.35%、35.32%, EPA+DHA 含量为 12.74%。[结论]克氏原螯虾具有较高的营养价值和食用价值。

**关键词** 冀东稻区; 克氏原螯虾; 营养评价; 常规成分; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号 S966.12 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)20-0206-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.20.056



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Analysis and Evaluation on Nutritional Components in Muscle of *Procambarus clarkii* in Rice Area of Eastern Hebei**LI Zhao-jia<sup>1,2</sup>, ZHENG Zhen-yu<sup>1,2</sup>, ZUO Yong-mei<sup>1,2</sup> et al (1. Institute of Coastal Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Tangshan, Hebei 063299; 2. Tangshan Rice Engineering Technology Research Center, Tangshan, Hebei 063299)

**Abstract** [Objective] The research aimed to scientifically evaluate the quality characteristics of *Procambarus clarkii*. [Method] The meat content, conventional components, amino acids and fatty acid composition of the abdominal muscles of *Procambarus clarkii* cultured in rice area of Eastern Hebei were analyzed and evaluated. [Result] The moisture, ratio of liver weight and body weight had no significant difference ( $P>0.05$ ) at different stage. The contents of flesh content, crude protein, crude ash of shrimp larvae were the highest, which were 25.16%, 17.23% and 1.13%, respectively. The contents of crude fat in red shell is the highest (1.98%). Seventeen amino acids including 7 EAA were detected in muscle, and its EAAI was 5.95%, the first limiting amino acid was methionine and cysteine, and the second limiting amino acid was isoleucine. There were 20 fatty acids in muscle, including 6 SFA (35.61%), 6 MUFA (26.35%), 8 PUFA (35.32%), and the contents of EPA and DHA were 12.74%. [Conclusion] *Procambarus clarkii* has high nutritional value and food value.

**Key words** Rice area of eastern Hebei; *Procambarus clarkii*; Nutritional evaluation; Conventional components; Amino acid; Fatty acid

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*), 俗称小龙虾, 隶属于节肢动物门、甲壳纲、软甲亚纲、十足目、螯虾亚目、螯蛄科、原螯虾属<sup>[1]</sup>。克氏原螯虾还集食性杂、生长快、繁殖力强、抗病性强、成活率高、适应范围广等特点于一身, 颇受消费者和水产养殖者青睐。近年来, 我国的克氏原螯虾稻田养殖产业不断扩大, 其养殖面积、产量和影响力仅次于河蟹, 成为稻田水产养殖中发展最为迅速、最具特色、最具潜力的品种, 可谓经济效益显著, 产业化前景广阔, 且发展态势良好, 现已成为我国重要的淡水经济虾类<sup>[2]</sup>。

冀东稻区一直作为我国北方一个重要的优质商品大米生产基地<sup>[3]</sup>, 稻田套养克氏原螯虾给冀东稻区提出了新的机遇和挑战, 2017 年河北省农林科学院滨海农业研究所和唐山市曹妃甸区聚享水产养殖专业合作社率先在冀东地区进行示范养殖研究, 并取得初步成效, 因此, 稻田养殖克氏原螯虾可以在冀东稻区进行推广养殖。随着生活水平的日益提高, 人们的消费观念逐渐从量到质发生了转变, 虾肉的口感、营养、安全性等因素越来越得到消费者的重视<sup>[4]</sup>, 但是对于冀东稻区克氏原螯虾肌肉中营养成分的分析及评价至今鲜见报道。因此, 笔者通过对冀东稻区不同生长阶段的克氏原螯

虾腹部肌肉含肉率、肌肉营养成分以及成虾肌肉中氨基酸、脂肪酸含量进行分析及评价, 旨在科学地评估其营养品质, 同时可以引导当地消费者合理消费, 并且为以后冀东稻区广泛地开展克氏原螯虾人工养殖及配合饲料的生产提供科学的理论依据。

**1 材料与方法**

**1.1 试验材料** 试验用克氏原螯虾随机捕捞于冀东稻区克氏原螯虾养殖基地, 雌雄比例随机, 将鲜活样虾带回实验室, 按颜色和个体大小进行分类, 分为虾苗(4.52±1.58)g、幼虾(9.63±1.48)g、青壳中虾(13.81±1.44)g、红壳中虾(19.34±1.88)g、红壳成虾(25.61±0.93)g。肌肉中氨基酸和脂肪酸的测定选用红壳成虾作为试验用虾。

**1.2 试验方法**

**1.2.1 含肉率、肝体比测定。**首先用吸水滤纸擦干克氏原螯虾体表水分, 称取全虾体重并记录; 然后用镊子将头胸甲和腹部甲壳打开, 取肝胰腺及腹部肌肉, 称量并记录。按公式(1)、(2)分别计算出克氏原螯虾肝体比、腹部肌肉含肉率。测定结束后将虾肉于塑封袋中置于-20℃冰箱中保存。

$$\text{肝体比} = \frac{\text{肝胰腺重}}{\text{全虾重}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{腹部含肉率} = \frac{\text{腹部肌肉重}}{\text{全虾重}} \times 100\% \quad (2)$$

**1.2.2 营养成分测定。**水分测定采用 105℃烘箱直接干燥法(GB 5009.3—2016); 粗蛋白测定采用凯氏定氮法(GB/T 6432—1994); 粗脂肪测定采用索氏抽提法(GB/T 6433—2006); 氨基酸含量测定采用 Agilent 1260 液相色谱仪测定分

**基金项目** 河北省科技创新工程专项项目(F17R17004); 唐山市曹妃甸区科技计划项目(201715)。**作者简介** 李赵嘉(1989—), 男, 河北唐山人, 助理研究员, 硕士, 从事动物营养与饲料研究。\*通信作者, 助理研究员, 硕士, 从事水稻遗传育种工作。**收稿日期** 2019-04-30; **修回日期** 2019-05-17

析。色谱条件:流动相 A(0.1 mol/L 乙腈:乙酸钠溶液=3:97),流动相 B(乙腈:水=4:1),色谱柱:Agilent C<sub>18</sub>(4.6 mm×250 mm×5 μm),柱温 40 ℃,于 254 nm 波长下进行测定。

脂肪酸含量测定:样品中脂肪的提取、油脂的皂化及甲酯化方法参照 GB 5009.168—2016,采用 Thermo Trace 1310 气相色谱质谱联用仪测定分析。色谱条件:色谱柱为 Thermo TG-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm),升温程序:80 ℃(1 min)→200 ℃(10 ℃/min,12 min)→225 ℃(5 ℃/min,5 min)→250 ℃(2 ℃/min,12.5 min)→250 ℃(5 min);传输线温度 280 ℃,离子源温度 280 ℃,进样口温度 290 ℃,氮气:恒流模式,1.2 mL/min;进样量 1 μL。

**1.2.3 营养价值评定。**根据 1973 年 FAO/WHO 建议的每 1 g 氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白的氨基酸模式,分别计算出氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)<sup>[5-6]</sup>,公式如下:

$$\text{AAS} = (\text{试验蛋白质氨基酸含量}(\text{mg/g})) / (\text{评分模式氨基酸含量}(\text{mg/g})) \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{CS} = (\text{试验蛋白质氨基酸含量}(\text{mg/g})) / (\text{全鸡蛋蛋白氨基酸含量}(\text{mg/g})) \times 100\% \quad (4)$$

表 1 克氏原螯虾常规营养指标含量情况

Table 1 Conventional nutritional indicators contents of *Procambarus clarkia*

生长阶段 Growth stage	肝胰比 Hepatopancrease ratio	含肉率 Muscle content	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Ash
虾苗 Shrimp seed	7.33±0.73 a	25.16±2.44 a	80.58±0.03 a	17.23±0.04 a	1.49±0.03 a	1.13±0.03 a
幼虾 Juvenile shrimp	7.40±0.37 a	24.48±1.39 a	80.40±0.04 a	17.08±0.05 b	1.48±0.05 a	1.05±0.02 bc
青壳中虾 Shrimp in green shell	6.65±0.79 a	23.88±1.00 a	80.54±0.37 a	17.11±0.05 b	1.73±0.05 b	1.02±0.01 c
红壳中虾 Shrimp in red shell	5.77±1.04 a	14.00±2.36 b	80.33±0.97 a	17.15±0.04 ab	1.98±0.05 c	1.07±0.02 bc
红壳成虾 Adult shrimp in red shell	4.57±2.02 a	12.83±1.25 b	80.57±0.07 a	17.09±0.06 b	1.94±0.04 c	1.02±0.03 c

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters after the same column data indicate significant differences ( $P<0.05$ )

**2.2 氨基酸分析及营养评价** 冀东稻区克氏原螯虾腹中氨基酸含量见表 2,共检测出 17 种氨基酸(不含色氨酸),其中必需氨基酸 7 种、半必需氨基酸 2 种、非必需氨基酸 8 种;氨基酸总量 14.06%,必需氨基酸总量 5.95%,占氨基酸总量的 42.32%,其中,赖氨酸含量最高(1.47%),蛋氨酸含量最低(0.43%);半必需氨基酸总量 1.95%;非必需氨基酸总量 6.16%,其中,脯氨酸含量最高(1.61%),胱氨酸含量最低(0.10%);鲜味氨基酸总量 3.24%;必需氨基酸和非必需氨基酸之比高达 96.59%。

克氏原螯虾肌肉中氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)见表 3,其中赖氨酸的 AAS 和 CS 的评分最高,分别为 1.58% 和 1.22%,含量超过 FAO 推荐值和全鸡蛋水平;蛋-胱氨酸的 AAS 和 CS 的评分最低,分别为 0.87% 和 0.49%,且含量最低。由表 3 可知,冀东稻区养殖的克氏原螯虾肌肉必需氨基酸中第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸,第二限制氨基酸为异亮氨酸,必需氨基酸指数 EAAI 为 77.84。

**2.3 脂肪酸组成及分析** 冀东稻区克氏原螯虾腹中脂肪酸含量见表 4,此次共检测出 20 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸 6 种,占脂肪酸总量的 35.61%,棕榈酸含量最高,占脂肪酸总

$$\text{EAAI} = [ (100a/A) \times (100b/B) \times (100c/C) \times \dots \times (100h/H) ]^{1/n} \quad (5)$$

式中, $n$  为比较的氨基酸数; $a, b, c, \dots, h$  为克氏原螯虾肌肉蛋白质氨基酸含量(% , dry); $A, B, C, \dots, H$  为鸡蛋蛋白质氨基酸含量(% , dry)。

**1.3 统计分析** 试验结果采用 mean±SD 表示,原始数据经 Excel 2010 初步整理后,采用 SPSS 22.0 分析软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),若组间差异显著,再采用 Duncan 氏法进行多重比较,差异显著性水平为  $P<0.05$ 。

## 2 结果与分析

**2.1 常规营养指标分析** 由表 1 可知,不同生长阶段的克氏原螯虾的肝胰比、腹部肌肉含水率含量相近,无显著性差异( $P>0.05$ );虾苗的腹部含肉率最高,从虾苗到红壳成虾呈逐渐降低趋势,并且红壳生长阶段与其他生长阶段虾的腹部含肉率有显著性差异( $P<0.05$ );虾苗的粗蛋白含量显著高于幼虾、青壳中虾、红壳成虾( $P<0.05$ );粗脂肪则随着生长的不同阶段有逐渐积累趋势,并且青壳中虾与其他阶段虾有显著性差异( $P<0.05$ );粗灰分只有虾苗与其他阶段虾呈显著性差异( $P<0.05$ )。

表 2 克氏原螯虾肌肉中氨基酸含量分析

Table 2 Amino acid contents in muscle of *Procambarus clarkia*

氨基酸类别 Amino acid species	氨基酸名称 Amino acid name	氨基酸含量 Amino acid content	
必需氨基酸 EAA	苏氨酸 Thr	0.68±0.04	
	缬氨酸 Val	0.83±0.01	
	蛋氨酸 Met	0.43±0.02	
	异亮氨酸 Ile	0.63±0.01	
	亮氨酸 Leu	1.24±0.03	
	苯丙氨酸 Phe	0.67±0.01	
	赖氨酸 Lys	1.47±0.03	
	半必需氨基酸 Semi-EAA	组氨酸 His	0.12±0.01
		精氨酸 Arg	1.83±0.03
		天冬氨酸 Asp*	1.36±0.03
		谷氨酸 Glu*	0.28±0.01
		甘氨酸 Gly*	0.68±0.01
	非必需氨基酸 NEAA	丙氨酸 Ala*	0.92±0.02
		胱氨酸 Cys	0.10±0.02
		丝氨酸 Ser	0.66±0.01
		脯氨酸 Pro	1.61±0.03
		酪氨酸 Tyr	0.55±0.01
氨基酸总量(TAA)		14.06±0.11	
必需氨基酸总量(EAA)		5.95±0.05	
非必需氨基酸总量(NEAA)		6.16±0.02	
鲜味氨基酸(DAA)	3.24±0.03		
EAA/TAA	42.32		
EAA/NEAA	96.59		

注: \* 为鲜味氨基酸

Note: \* is an umami amino acid

表3 克氏原螯虾肌肉必需氨基酸评价

Table 3 Evaluation of muscle EAA of *Procambarus clarkia*

氨基酸名称 Amino acid name	氨基酸含量 Amino acid content//mg/g			氨基酸评分 AAS %	化学评分 CS %	必需氨基酸指数 EAAI
	FAO 评分模式 The FAO score model	鸡蛋蛋白评分模式 The egg score model	本研究 This study			
异亮氨酸 Ile	250	331	228	0.91	0.69	77.84
亮氨酸 Leu	440	534	454	1.03	0.85	
赖氨酸 Lys	340	441	536	1.58	1.22	
蛋-胱氨酸 Met-Cys	220	387	191	0.87	0.49	
苯丙-酪氨酸 Phe-Tyr	380	565	444	1.17	0.79	
苏氨酸 Thr	250	292	248	0.99	0.85	
缬氨酸 Val	310	410	302	0.97	0.74	

量的 19.32%, 其次为硬脂酸, 占脂肪酸总量的 12.20%; 饱和脂肪酸 14 种, 占脂肪酸总量的 61.67%, 单不饱和脂肪酸 6 种, 占脂肪酸总量的 26.35%, 油酸含量最高, 占脂肪酸总量的 15.77%; 多不饱和脂肪酸 8 种, 占脂肪酸总量的 35.32%, 亚油酸含量最高, 占脂肪酸总量的 16.23%, EPA、DHA、花生四烯酸含量较高, 分别为 9.18%、3.56%、4.15%。

表4 克氏原螯虾肌肉中脂肪酸含量

Table 4 Fatty acid contents in muscle of *Procambarus clarkia*

序号 No.	脂肪酸 Fatty acid	含量 Content//%
1	肉豆蔻酸	0.07
2	十五烷酸	1.26
3	棕榈酸	19.32
4	十七烷酸	2.18
5	硬脂酸	12.20
6	花生酸	0.58
7	肉豆蔻烯酸	1.72
8	棕榈油酸	5.36
9	顺-10-十七烯酸	0.88
10	反油酸	0.89
11	油酸	15.77
12	顺-11-二十烯酸	1.73
13	亚油酸	16.23
14	$\gamma$ -亚麻酸	0.42
15	$\alpha$ -亚麻酸	0.86
16	顺-11, 14, 17-二十碳三烯酸	0.29
17	顺 8, 11, 14-二十碳三烯酸	0.63
18	花生四烯酸	4.15
19	EPA	9.18
20	DHA	3.56
	EPA+DHA	12.74
	$\Sigma$ SFA	35.61
	$\Sigma$ UFA	61.67
	$\Sigma$ MUFA	26.35
	$\Sigma$ PUFA	35.32

注: SFA 为饱和脂肪酸; UFA 为不饱和脂肪酸; MUFA 为单不饱和脂肪酸; PUFA 为多不饱和脂肪酸

Note: SFA is a saturated fatty acid; UFA is unsaturated fatty acid; MUFA is monounsaturated fatty acid; PUFA is polyunsaturated fatty acid

### 3 讨论

**3.1 常规指标** 含肉率通常作为衡量水产品生长性能和肉质品质的重要指标, 产品的种类、生长阶段、生活环境等均可影响含肉率的变化<sup>[4]</sup>。该试验数据显示克氏原螯虾腹部含

肉率随着虾个体的成长呈现负相关, 其中, 虾苗的腹肌肉率最高, 红壳虾腹肌肉率低于青壳虾腹肌肉率, 产生这样结果可能与甲壳增厚、螯足增大、性腺发育等原因有关。费志良等<sup>[7]</sup>研究结果显示, 青壳螯虾的含肉率比红壳螯虾的含肉率要高 1.6 倍, 与该试验结果趋势相近。此次研究中, 成虾的含肉率为 12.83%, 与南京地区 (15.33%)<sup>[7]</sup> 和盐城地区 (13.60%)<sup>[8]</sup> 克氏原螯虾成虾含肉率等研究结果相近, 但低于日本沼虾 (37.60%)<sup>[9]</sup> 和日本对虾 (39.21%)<sup>[10]</sup> 的含肉率, 表明克氏原螯虾的含肉率较其他经济虾类偏低, 且容易受生长阶段、产地等影响<sup>[5]</sup>。

腹肌作为克氏原螯虾主要食用部位, 肌肉的营养成分主要通过粗蛋白和粗脂肪来反映, 通过对不同生长阶段的克氏原螯虾进行分析表明, 克氏原螯虾的蛋白质含量较高, 同时脂肪含量处在较低水平, 试验结果与易瑞恺等<sup>[11]</sup>、田娟等<sup>[5]</sup> 的研究结果相近。与其他经济虾类相比, 冀东稻区克氏原螯虾成虾的粗蛋白含量 (17.09%) 稍低于南美白对虾粗蛋白含量 (22.31%)<sup>[12]</sup>, 但与中国对虾 (18.27%)<sup>[13]</sup>、斑节对虾 (17.70%)<sup>[13]</sup> 的粗蛋白含量相近, 因此, 克氏原螯虾与其他淡水虾类相比同样具有较高的营养价值。

**3.2 氨基酸分析及营养评价** 根据 FAO/WHO (1973) 的标准模式, 品质优的蛋白质氨基酸组成为 EAA/TAA 数值在 40% 左右, EAA/NEAA 数值要高于 60% 以上<sup>[14]</sup>, 此次试验中 EAA/TAA 数值为 42.32%, EAA/NEAA 数值为 96.59%, 均优于 FAO/WHO 所规定的标准模式数值。因此, 可以说明冀东稻区所养殖的克氏原螯虾能够作为该地区消费者获得氨基酸和必需氨基酸的食物来源。水生动物之所以深受消费者喜爱, 是因为其具有特殊的鲜味, 而鲜味主要取决于肌肉中鲜味氨基酸的组成和含量<sup>[15]</sup>, 其中呈鲜味的特征性氨基酸主要为谷氨酸、天冬氨酸, 呈甘味的特征性氨基酸主要为甘氨酸、丙氨酸<sup>[16]</sup>。此次试验中鲜味氨基酸含量为 3.24%, 这些氨基酸的存在赋予了克氏原螯虾的美味。

必需氨基酸指数 EAAI 作为膳食蛋白质营养评价的主要指标, 蛋白质的营养价值是由 EAA 的含量和比例所决定的<sup>[17]</sup>。AAS 和 CS 分别从不同的方面来反映蛋白质的构成和利用率之间存在的关系<sup>[18]</sup>。此次研究所测红壳成虾肌肉中各必需氨基酸的 AAS 平均分为 1.07, 接近 FAO/WHO 理想模式数值, CS 平均分为 0.80, 接近全鸡蛋蛋白质理想模型。

根据 AAS 和 CS 可以得出蛋氨酸+胱氨酸为第一限制氨基酸,异亮氨酸为第二限制氨基酸,EAAI 为 77.84,要优于南美白对虾(51.20)<sup>[14]</sup>、日本沼虾(52.67)<sup>[19]</sup>、安氏白虾(52.77)<sup>[19]</sup>。因此,从必需氨基酸的组成来看,冀东稻区克氏原螯虾肌肉中蛋白质容易被人体均衡吸收,营养价值高。

**3.3 脂肪酸分析** 随着消费者生活水平的提升,对于食物中脂肪酸的最佳摄入量和比值越来越得到重视<sup>[5]</sup>,根据《中国居民膳食营养素参考摄入量速查手册》<sup>[20]</sup>,人体理想的膳食脂肪酸构成比例为 1:1:1(SFA:MUFA:PUFA),此次测得的克氏原螯虾成虾腹部肌肉中 SFA(35.61%)、MUFA(26.35%)、PUFA(35.32%),三者的比例接近理想比值。饱和脂肪酸中含量最高的为棕榈酸,可以提高血脂和胆固醇含量,但是鉴于克氏原螯虾肌肉中脂肪水平较低,对健康问题不会产生太大影响<sup>[21]</sup>。单不饱和脂肪酸中以油酸含量最高,有研究表明,其具有降低胆固醇和低密度脂蛋白的功效<sup>[22]</sup>。多不饱和脂肪酸不但可以增强营养和保健功能,同时在烹饪过程中增加食物的香气和多汁性<sup>[23]</sup>。必需的脂肪酸是生命活动必不可少且只能通过食物摄入的多不饱和脂肪酸。亚油酸可以降低血液中胆固醇含量,并具有预防动脉粥样硬化的功效<sup>[11]</sup>;亚麻酸、花生四烯酸同样具有降血脂、降血压、酯化胆固醇、调节血细胞功能等功效<sup>[24]</sup>;EPA、DHA 对细胞膜的流动性、基因表达有调控功能,且可以促进幼儿智力发育,预防老年痴呆<sup>[25-26]</sup>。此次研究结果表明,冀东稻区养殖的克氏原螯虾腹部肌肉种具有丰富的多不饱和脂肪酸,不仅营养价值高,而且还有一定的保健功效。

#### 4 结论

综上所述,克氏原螯虾不仅蛋白质和氨基酸含量较高,且必需氨基酸含量占比较高,氨基酸的组成合理;脂肪含量较低,且含有多种人体必需脂肪酸。因此,克氏原螯虾作为一种淡水虾类,是一种营养丰富的食品,具有很好的开发前景,值得在冀东稻区大力推广养殖。同时,该研究也为克氏原螯虾的食品加工提供可行的基础研究数据。

#### 参考文献

[1] 刘孝华.克氏原螯虾养殖探讨[J].安徽农业科学,2006,34(22):5884-5885.

- [2] 王顺昌.克氏原螯虾的生物学和生态养殖模式[J].淡水渔业,2003,33(4):59-61.
- [3] 李福建,张启星.冀东稻区有机米生产中农家肥腐熟技术[J].现代农业科技,2012(17):238-239.
- [4] 封功能,王爱民,邵荣,等.克氏原螯虾不同生长阶段营养成分分析与评价[J].江苏农业科学,2011,39(4):383-385.
- [5] 田娟,许巧倩,田罗,等.洞庭湖克氏原螯虾肌肉成分分析及品质特性分析[J].水生生物学报,2017,41(4):870-877.
- [6] 刘凯,徐东坡,段金荣,等.长江下游江段铜鱼肌肉营养成分分析[J].广东海洋大学学报,2008,28(3):56-60.
- [7] 费志良,宋胜磊,唐建清,等.克氏原螯虾含肉率及蜕皮周期中微量元素分析[J].水产科学,2005,24(10):8-11.
- [8] 封功能,韩光明,王爱民,等.4种常规养殖虾肌肉营养品质分析与评价[J].湖北农业科学,2011,50(5):1004-1007.
- [9] ZHU F, QUAN H Z, DU H H, et al. Effect of dietary chitosan and chitin supplementation on the survival and immune reactivity of crayfish, *Procambarus clarkia* [J]. Journal of the world aquaculture society, 2010, 41(S2): 284-290.
- [10] 许星鸿,刘翔,阎斌伦,等.日本对虾肌肉营养成分分析与品质评价[J].食品科学,2011,32(13):297-301.
- [11] 易瑞恺,胡火庚,王尚洪,等.鄱阳湖克氏原螯虾肌肉营养成分分析与评价[J].南昌大学学报(理科版),2013,37(3):255-258,276.
- [12] 李晓,王颖,李红艳,等.凡纳滨对虾虾头与肌肉营养成分分析与评价[J].水产科学,2018,37(1):66-72.
- [13] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所.食物成分表(全国代表值)[M].北京:人民卫生出版社,2010.
- [14] 张高静,韩丽萍,孙剑锋,等.南美白对虾营养成分分析与评价[J].中国食品学报,2013,13(8):254-260.
- [15] 范海霞,刘遂飞,胡茂林.鄱阳湖短颌鲚营养成分分析[J].水产科学,2016,35(1):77-80.
- [16] 徐加涛,徐国成,许星鸿,等.小刀轻软体部营养成分分析及评价[J].食品科学,2013,34(17):263-267.
- [17] 祁旭文,蔡宝玉,王利平.中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J].中国水产科学,2005(2):211-215.
- [18] 杨品红,王志陶,夏德斌,等.黑花鲢和白花鲢肌肉营养成分分析及营养价值评定[J].海洋与湖沼,2010,41(4):549-554.
- [19] 庄平,宋超,章龙珍.长江口安氏白虾与日本沼虾营养成分比较[J].动物学报,2008,54(5):822-829.
- [20] 中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量速查手册(2013版)[M].北京:中国标准出版社,2013:15.
- [21] 彭永兴,许祥,程玉龙,等.海水和淡水养殖凡纳滨对虾肌肉营养成分的比较[J].水产科学,2013,32(8):435-440.
- [22] 王伟群.营养学[M].北京:高等教育出版社,2005:76.
- [23] 王潇,张继光,徐坤华,等.3种海捕虾肌肉营养成分分析与品质评价[J].食品与发酵工业,2014,40(8):209-214.
- [24] 陶国琴,李晨.α-亚麻酸的保健功效及应用[J].食品科学,2000,21(12):140-143.
- [25] 蒋利和,马博,谢正轶,等.二十二碳六烯酸对老年大鼠脑组织抗氧化和脂脂肪酸的影响[J].食品科学,2011,32(13):284-288.
- [26] 汪灏,郑黎明,陈刚,等.二十碳五烯酸对人树突状细胞成熟过程中基因表达谱影响的研究[J].营养学报,2010,32(3):225-229.