

不同养殖模式金刚虾（斑节对虾）肌肉营养成分比较分析

崔 茜, 王 伟, 谢益韬, 陈 强, 蔡章印, 黄永春

Comparative Analysis of Nutrient Composition in the Muscle of *Penaeus monodon* in Different Culture Models

CUI Xi, WANG Wei, XIE Yitao, CHEN Qiang, CAI Zhangyin, and HUANG Yongchun

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022010148>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

热处理方式对南美白对虾虾青素含量、氨基酸组成及脂肪酸组成的影响

Effect of heat treatment methods on the astaxanthin content, the amino acid composition and the fatty acid composition of *Penaeus Vannamei*

食品工业科技. 2017(23): 14-18

不同生长阶段翘嘴肌肉营养成分的比较分析

Comparative Analysis on Muscle Nutrient Composition of *Culter alburnus* at Different Growth Stages

食品工业科技. 2021, 42(7): 342-348

汉江上游野生与养殖翘嘴鲈营养成分的对比分析及评价

Analysis and Evaluation of Nutritional Components of Wild and Cultured *Siniperca chuatsi* in the Upper Stream of Hanjiang River

食品工业科技. 2019, 40(14): 296-301

柴达木野生黑果枸杞营养成分分析与比较

Analysis and Comparison of Nutritional Compositions in Wild *Lycium ruthenicum* from Qaidam

食品工业科技. 2019, 40(18): 273-281, 288

菏泽不同产地牡丹叶营养成分分析与评价

Analysis and Evaluation of Nutritional Components of *Paeonia suffruticosa* Andr. Leaves from Different Regions in Heze

食品工业科技. 2020, 41(7): 226-232

油菜蜂花粉及其蜂粮的营养成分

Analysis of the Nutrient of Rape Bee Pollen and Rape Bee Bread

食品工业科技. 2019, 40(9): 218-223



关注微信公众号，获得更多资讯信息

崔茜, 王伟, 谢益韬, 等. 不同养殖模式金刚虾(斑节对虾)肌肉营养成分比较分析 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(23): 276–281. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010148

CUI Xi, WANG Wei, XIE Yitao, et al. Comparative Analysis of Nutrient Composition in the Muscle of *Penaeus monodon* in Different Culture Models[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(23): 276–281. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010148

· 分析检测 ·

不同养殖模式金刚虾（斑节对虾） 肌肉营养成分比较分析

崔茜¹, 王伟¹, 谢益韬¹, 陈强¹, 蔡章印², 黄永春^{1,*}

(1.集美大学水产学院, 福建厦门 361021;

2.龙海市顺源水产科技有限公司, 福建龙海 363100)

摘要:探究金刚虾(*Penaeus monodon*)不同养殖模式下肌肉营养成分的组成,旨在为后续产业精加工提供理论依据,并根据需要选择合适模式的金刚虾。以低盐土池养殖(盐度: 8.3‰, 简称低盐土池组)、低盐高位池养殖(盐度: 7.8‰, 简称低盐高位池组)和高盐高位池(盐度: 23.4‰, 简称高盐组)养殖3种养殖模式下的金刚虾为试验对象,通过对肌肉营养成分的分析比较,研究金刚虾肌肉在不同养殖模式下的营养差异。结果表明,在常规营养成分方面,高盐组金刚虾肌肉水分含量显著低于低盐高位池组和低盐土池组($P<0.05$),低盐高位池组粗蛋白含量显著低于高盐组和低盐土池组($P<0.05$),高盐组粗脂肪、灰分含量最高,与其他两组差异显著($P<0.05$)。在氨基酸组成方面,3种养殖模式饲养的金刚虾肌肉均含17种氨基酸,高盐组金刚虾肌肉必需氨基酸含量、鲜味+甜味氨基酸含量、氨基酸总量均最高。在必需氨基酸评价方面,高盐组金刚虾肌肉必需氨基酸总量(2336.27 mg/g N)和必需氨基酸指数(76.15)最高,低盐高位池组次之,低盐土池组最低。在脂肪酸组成方面,共检测出17种脂肪酸,3种养殖模式下金刚虾肌肉中均为C16:0(棕榈酸)含量最高,EPA+DHA的含量以高盐组最高。结果表明,高盐高位池养殖模式下的金刚虾肌肉营养成分齐全,具有较高的食用价值。

关键词:金刚虾, 养殖模式, 营养成分, 氨基酸, 脂肪酸

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)23-0276-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010148



本文网刊:

Comparative Analysis of Nutrient Composition in the Muscle of *Penaeus monodon* in Different Culture Models

CUI Xi¹, WANG Wei¹, XIE Yitao¹, CHEN Qiang¹, CAI Zhangyin², HUANG Yongchun^{1,*}

(1. Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Longhai Shunyuan Aquatic Technology Co., Ltd., Longhai 363100, China)

Abstract: The purpose of this study was to explore the composition of muscle nutrients in different culture models of *P. monodon*, and to provide a theoretical basis for subsequent industrial finishing and select the appropriate model of *P. monodon* according to the needs. Farming in low-salt soil ponds (salinity: 8.3‰, referred to as low-salt soil pond group), low-salt intensive pond culture (salinity: 7.8‰, referred to as low-salt intensive pond group) and high-salt intensive pond (salinity: 23.4‰, referred to as high-salt group), the *P. monodon* under three culture modes were tested, and the nutritional differences of the muscles of *P. monodon* under different cultivation modes were analyzed and compared through the analysis and comparison of muscle nutrients. The results showed that in terms of conventional nutrients, the muscle water content of *P. monodon* in the high-salt group was significantly lower than that of the low-salt intensive pond group and the low-salt soil pond group ($P<0.05$), the crude protein content of the low-salt intensive pond group was significantly lower than that of the high-salt group and the low-salt soil pond group ($P<0.05$), the high-salt group had the highest crude fat, ash

收稿日期: 2022-01-18

基金项目: 福建省科技厅高校产学研合作重大项目(2017N5012); 福建省科技特派员后补项目(2021S2001)。

作者简介: 崔茜(1995-), 女, 硕士, 研究方向: 水产动物健康养殖, E-mail: 1007869960@qq.com。

* 通信作者: 黄永春(1966-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 对虾良种选育与健康养殖, E-mail: ychuang@jmu.edu.cn。

content, significantly different from the other two groups ($P<0.05$). In terms of amino acid composition, the muscles of *P. monodon* raised in the three breeding modes all contain 17 amino acids. The high-salt group of *P. monodon* muscle had the highest content of essential amino acids, delicious+sweet amino acid content, and total amino acids. In terms of the evaluation of essential amino acids, the total essential amino acids (2336.27 mg/g N) and essential amino acid index (76.15) of the muscle of *P. monodon* in the high-salt group were the highest, followed by the low-salt intensive pond group, and the low-salt soil pond group were the lowest. In terms of fatty acid composition, a total of 17 fatty acids were detected. Under the three culture modes, the content of C16:0 (palmitic acid) in the muscle of *P. monodon* was the highest, and the content of EPA+DHA was the highest in the high-salt group. The results showed that the muscle nutrients of *P. monodon* under the high-salt intensive pond culture model are complete, with high edible value.

Key words: *Penaeus monodon*; culture model; nutrient composition; amino acid; fatty acid

金刚虾(*Penaeus monodon*), 也称南非斑节对虾、莫桑比克草虾, 原产于非洲莫桑比克等地^[1], 属于节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、对虾科(Penaeidae)、对虾属(*Penaeus*), 与中国明对虾(*Penaeus chinensis*)、凡纳滨对虾(*Penaeus vannamei*)合称为世界三大养殖虾类, 具有生长速度快、抗病力强、离水后耐力强、养殖成本低、利润高、营养丰富等特点^[2], 是我国重要的经济养殖品种, 广泛养殖于我国南方沿海地区^[3]。

当前对于金刚虾肌肉营养成分方面的研究主要集中在不同盐度、不同密度及与别的虾类进行对比。周伟等^[4]研究发现养殖盐度为 25‰时, 可以提高斑节对虾的风味; 密度为 200 尾/m² 时, 既可以保证斑节对虾的品质, 又可以提高其养殖产量和经济效益^[5]。陈书畅等^[6]对南非斑节对虾和中国明对虾肌肉的营养成分进行分析, 发现南非斑节对虾肌肉营养成分组成中粗脂肪含量为 0.21%, 显著低于中国明对虾。近年来, 随着金刚虾养殖规模的不断扩大, 高效低成本专用配合饲料及加工技术的研究对金刚虾产业的绿色养殖和可持续发展具有至关重要的意义^[7]。然而, 不同养殖模式下肌肉营养成分的组成与特点尚不明确, 不能满足日益增长的市场需求。

本实验对 3 种不同养殖模式下金刚虾的常规营养成分、氨基酸和脂肪酸组成进行了研究和评价, 旨在填补不同养殖模式下金刚虾的肌肉营养成分研究的空白, 为金刚虾加工产业高质量、多元化发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

金刚虾 福建省龙海市顺源水产科技有限公司, 3 种养殖模式在同一时间投放同种苗, 投喂相同的颗粒饲料(表 1)。饲料为粗蛋白 $\geq 42\%$ 的斑节对虾配合饲料 购自福建恒兴饲料有限公司。

表 1 不同养殖模式信息

Table 1 Different culture modes information

养殖模式	盐度	水深 (m)	面积 (亩)	放养密度 (万尾/亩)	样本 数	体长 (mm)	体质量 (g)
低盐土池养殖	8.3‰	1.5	3	1~2	30	166.74 $\pm$ 9.13	30.99 $\pm$ 5.35
低盐高位池养殖	7.8‰	3	1	15~20	30	171.44 $\pm$ 8.72	37.18 $\pm$ 6.21
高盐高位池养殖	23.4‰	3	1	20~25	30	169.44 $\pm$ 7.41	34.16 $\pm$ 3.62

SMF2002 绞肉机 浙江苏泊尔公司; FD-1A-50 真空冷冻干燥机 北京博医康公司; DHG-9070A 电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏公司; HH-2A 恒温水浴锅 上海梅香仪器公司; Kjeltac-8400 全自动凯氏定氮仪 丹麦 FOSS 公司; L-8800 氨基酸自动分析仪、GC-2010 气相色谱仪 日本岛津公司; B180 马弗炉 德国纳博热公司; RE-2000A 旋转蒸发仪 上海科升公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理 将养殖 95 d 的活体金刚虾去头胸甲、去壳, 取腹部肌肉搅碎混匀, 并于-20 ℃ 冰箱中保存备用。

1.2.2 指标测定 采用食品安全国家标准方法测定肌肉中的营养成分。水分含量参照 GB 5009.3-2016^[8], 采用 105 ℃ 恒温烘箱烘干至恒重进行测定; 灰分含量参照 GB 5009.4-2016^[9], 采用马弗炉灼烧法, 550 ℃ 灼烧 8 h 测定; 蛋白质含量参照 GB 5009.5-2016^[10], 采用凯氏定氮法测定; 脂肪含量参照 GB 5009.6-2016^[11], 采用索氏抽提法, 无水乙醚抽提 8 h 测定; 氨基酸含量参照 GB 5009.124-2016^[12], 使用氨基酸分析仪测定; 脂肪酸含量参照 GB 5009.168-2016^[13], 使用气相色谱仪测定。

1.2.3 营养评价方法 根据联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)于 1973 年建议的氨基酸评分标准模式和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所于 1991 年提出的全鸡蛋蛋白质化学评分模式进行营养评价, 氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)分别按以下公式计算:

$$AAS = \frac{x}{X(FAO/WHO)}$$

$$CS = \frac{x}{X(Egg)}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{(100A/AE) \times (100B/BE) \times \cdots \times (100I/IE)}$$

式中: x 为试验样品中某种氨基酸的含量(%); X(FAO/WHO)为 FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸的含量(%); X(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸的含量(%); A、B、…、I 为试验样品中各必需氨基酸含量(%); AE、BE、…、IE 为全鸡蛋蛋白质中对应的必需氨基酸含量(%); n 为进行比较的必需氨基酸个数。

1.3 数据处理

试验中每个处理均重复 3 次,数据以平均值±标准误差形式表示。使用 SPSS 20.0 统计软件,进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),并进行显著性差异比较,显著性差异水平为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 营养成分及其含量

由表 2 可知,3 组金刚虾肌肉粗脂肪含量差异显著($P<0.05$);低盐高位池组和低盐土池组的水分含量无显著差异($P>0.05$),均显著高于高盐组($P<0.05$);高盐组和低盐土池组的粗蛋白含量无显著差异($P>0.05$),均显著高于低盐高位池组($P<0.05$);低盐土池组和低盐高位池组的灰分含量无显著差异($P>0.05$),均显著低于高盐组($P<0.05$)。四种常规营养成分中仅粗脂肪含量在 3 组中均差异显著($P<0.05$),可能是由于不同养殖模式下的环境理化因子会对对虾的营养成分吸收和储存有不同影响^[4]。

表 2 不同养殖模式下金刚虾肌肉常规营养成分分析(湿质量 %)

Table 2 Analysis of conventional nutritional composition of muscle of *P. monodon* in different culture modes (wet weight %)

项目	低盐土池组	低盐高位池组	高盐组
水分	76.35±0.36 ^a	76.60±0.30 ^a	75.62±0.14 ^b
粗蛋白	21.38±0.12 ^a	20.34±0.25 ^b	21.51±0.35 ^a
粗脂肪	0.30±0.04 ^b	0.17±0.01 ^c	0.36±0.01 ^a
灰分	1.71±0.05 ^b	1.64±0.02 ^b	2.01±0.04 ^a

注:同行不同字母代表差异显著($P<0.05$),表 3 同。

2.2 氨基酸组成及营养评价

2.2.1 氨基酸组成 由表 3 可知,3 种模式下金刚虾的肌肉组织均含有 17 种氨基酸(色氨酸被水解未测定),包括 7 种必需氨基酸(EAA: Thr、Val、Met、Phe、Ile、Leu、Lys)、2 种鲜味氨基酸(Asp、Glu)和 2 种甜味氨基酸(Gly、Ala),该结果表明金刚虾肌肉氨基酸种类齐全,成分丰富。其中,谷氨酸的含量均最高,其次是天门冬氨酸,含量最低的是胱氨酸。在 7 种必需氨基酸中,高盐组金刚虾肌肉中蛋氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸含量显著高于低盐土池组($P<0.05$),苯丙氨酸、赖氨酸、苏氨酸、亮氨酸含量显著高于低盐高位池组($P<0.05$),低盐土池组缬氨酸含量显著高于低盐高位池组和高盐组($P<0.05$)。3 组样品中氨基酸总量和鲜味+甜味氨基酸含量均存在显著差异($P<0.05$),高盐组和低盐土池组的必需氨基酸总量显著高于低盐高位池组($P<0.05$)。高盐组金刚虾肌肉必需氨基酸含量、鲜味+甜味氨基酸含量、氨基酸总量均最高。

2.2.2 氨基酸营养评价 如表 4、表 5 所示,3 种模式下金刚虾特定必需氨基酸总量要高于 FAO/WHO 模式,但低于全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式,高盐组金刚虾肌肉必需氨基酸总量(2336.27 mg/g N)和必需氨基酸指数(76.15)最高,这与一般营养成分含量及

表 3 不同养殖模式下金刚虾肌肉氨基酸组成分析(g/100 g)

Table 3 Analysis of amino acid composition of muscle of *P. monodon* in different culture modes (g/100 g)

氨基酸种类	低盐土池组	低盐高位池组	高盐组
天门冬氨酸(Asp) [§]	8.46±0.05 ^a	8.36±0.07 ^b	8.52±0.02 ^a
苏氨酸(Thr) [*]	3.35±0.01 ^a	3.29±0.02 ^b	3.33±0.02 ^a
丝氨酸(Ser)	3.36±0.02 ^a	3.25±0.03 ^b	3.25±0.02 ^b
谷氨酸(Glu) [§]	14.89±0.08 ^a	14.24±0.10 ^b	14.26±0.04 ^b
甘氨酸(Gly) [#]	6.80±0.02 ^b	6.38±0.03 ^c	9.84±0.16 ^a
丙氨酸(Ala) [#]	5.28±0.03 ^b	5.58±0.05 ^a	4.86±0.02 ^c
胱氨酸(Cys)	0.78±0.06 ^a	0.82±0.02 ^a	0.77±0.06 ^a
缬氨酸(Val) [*]	3.66±0.02 ^a	3.61±0.03 ^b	3.59±0.01 ^b
蛋氨酸(Met) [*]	1.97±0.00 ^c	2.05±0.02 ^b	2.16±0.03 ^a
异亮氨酸(Ile) [*]	3.35±0.04 ^b	3.36±0.03 ^{ab}	3.41±0.01 ^a
亮氨酸(Leu) [*]	6.29±0.05 ^a	6.20±0.05 ^b	6.34±0.01 ^a
酪氨酸(Tyr)	2.91±0.02 ^b	2.88±0.02 ^b	2.98±0.02 ^a
苯丙氨酸(Phe) [*]	3.33±0.04 ^b	3.29±0.02 ^b	3.42±0.01 ^a
赖氨酸(Lys) [*]	6.89±0.07 ^{ab}	6.81±0.06 ^b	6.98±0.01 ^a
组氨酸(His)	1.61±0.01 ^a	1.59±0.01 ^a	1.55±0.01 ^b
精氨酸(Arg)	8.06±0.02 ^b	7.54±0.07 ^c	8.89±0.05 ^a
脯氨酸(Pro)	5.08±0.08 ^b	5.35±0.03 ^a	4.83±0.06 ^c
必需氨基酸总量ΣEAA	28.85±0.22 ^a	28.59±0.22 ^b	29.17±0.05 ^a
氨基酸总量ΣTAA	86.08±0.43 ^b	84.59±0.64 ^c	88.91±0.33 ^a
鲜味+甜味氨基酸总量ΣDAA	35.43±0.16 ^b	34.56±0.24 ^c	37.48±0.22 ^a

注: * 表示人体必需氨基酸; § 表示鲜味氨基酸; # 表示甜味氨基酸; ΣEAA 为必需氨基酸总量; ΣDAA 为鲜味+甜味氨基酸总量; ΣTAA 为氨基酸总量。

表 4 不同养殖模式下金刚虾肌肉必需氨基酸含量的比较(mg/g N)

Table 4 Comparison of essential amino acid in muscle of *P. monodon* in different culture modes (mg/g N)

必需氨基酸	低盐土池组	低盐高位池组	高盐组	FAO/WHO 模式	全鸡蛋蛋白模式
苏氨酸	231.61	236.56	235.89	250	292
缬氨酸	253.04	259.57	254.31	310	411
异亮氨酸	231.61	241.59	241.56	250	331
亮氨酸	434.86	445.80	449.12	440	534
赖氨酸	476.35	489.66	494.46	340	441
蛋氨酸+胱氨酸	190.12	206.36	207.56	220	386
苯丙氨酸+酪氨酸	431.41	443.64	453.37	380	565
总量	2248.99	2323.17	2336.27	2190	2960

氨基酸总量趋于一致。根据 AAS 可知,3 组金刚虾肌肉第一限制性氨基酸均为缬氨酸,第二限制性氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸;根据 CS 可知,3 组金刚虾肌肉第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸,第二限制性氨基酸均为缬氨酸,说明在养殖过程中需要投喂适合的配合饲料以满足金刚虾生长的营养需求。

2.3 脂肪酸组成

由表 6 可知,肌肉组织中均含有 17 种脂肪酸,其中 7 种饱和脂肪酸(SFA),4 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 6 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。组成金刚虾肌肉的饱和脂肪酸以 C16:0(棕榈酸)为主,分别占脂肪酸含量的 20.87%、21.30%、19.64%,以低盐

表 5 不同养殖模式下金刚虾肌肉必需氨基酸评分(AAS)、必需化学评分(CS)的比较

Table 5 Comparison of essential amino acid scores (AAS) and essential chemical scores (CS) for the muscles of *P. monodon* in different culture modes

必需氨基酸	低盐土池组		低盐高位池组		高盐组	
	氨基酸 评分	化学 评分	氨基酸 评分	化学 评分	氨基酸 评分	化学 评分
苏氨酸	0.93	0.79	0.95	0.81	0.94	0.81
缬氨酸	0.82*	0.62**	0.84*	0.63**	0.82*	0.62**
异亮氨酸	0.93	0.70	0.97	0.73	0.97	0.73
亮氨酸	0.99	0.81	1.01	0.83	1.02	0.84
赖氨酸	1.40	1.08	1.44	1.11	1.45	1.12
蛋氨酸+胱氨酸	0.86**	0.49*	0.94**	0.53*	0.94**	0.54*
苯丙氨酸+酪氨酸	1.14	0.76	1.17	0.79	1.19	0.80
必需氨基酸指数	73.24		75.92		76.15	

注: *表示第一限制性氨基酸; **表示第二限制性氨基酸。

表 6 不同养殖模式下金刚虾肌肉脂肪酸组成分析(%)

Table 6 Analysis of fatty acid composition in muscle of *P. monodon* in different culture modes (%)

脂肪酸种类	低盐土池组	低盐高位池组	高盐组
C14:0	0.30±0.01 ^a	0.24±0.01 ^b	0.35±0.00 ^a
C15:0	0.35±0.01 ^a	0.32±0.01 ^a	0.22±0.00 ^b
C16:0	20.87±0.03 ^b	21.30±0.16 ^a	19.64±0.04 ^c
C16:1n7c	1.01±0.04 ^a	0.59±0.06 ^b	0.97±0.00 ^a
C17:0	1.25±0.02 ^a	1.26±0.01 ^a	0.80±0.00 ^b
C18:0	11.14±0.01 ^a	11.21±0.16 ^a	10.53±0.00 ^b
C18:1n9c	14.50±0.01 ^a	13.42±0.04 ^b	12.37±0.01 ^c
C18:2n6c	19.57±0.01 ^b	20.42±0.02 ^a	18.03±0.04 ^c
C18:3n3c	0.85±0.02 ^a	0.89±0.01 ^a	0.66±0.01 ^b
C20:0	0.20±0.00 ^a	0.19±0.00 ^a	0.20±0.00 ^a
C20:1n9c	0.44±0.00 ^c	0.48±0.01 ^b	0.59±0.02 ^a
C20:2n6c	0.97±0.01 ^b	1.12±0.02 ^a	1.10±0.00 ^a
C20:4n6c	3.98±0.04 ^a	3.76±0.05 ^b	3.57±0.00 ^c
C22:0	0.33±0.02 ^a	0.20±0.02 ^b	0.24±0.00 ^b
C20:5n3c	9.02±0.01 ^c	9.85±0.08 ^b	13.41±0.01 ^a
C24:1n9c	0.24±0.00 ^a	0.12±0.00 ^b	0.24±0.00 ^a
C22:6n3c	12.45±0.00 ^c	12.59±0.01 ^b	13.76±0.03 ^a
其他	2.51±0.08 ^b	2.05±0.06 ^c	3.32±0.03 ^a
总饱和脂肪酸ΣSFA	34.45±0.06 ^b	34.72±0.01 ^a	31.98±0.04 ^c
总单不饱和脂肪酸ΣMUFA	16.19±0.05 ^a	14.60±0.09 ^b	14.17±0.02 ^c
总多不饱和脂肪酸ΣPUFA	46.85±0.01 ^c	48.63±0.04 ^b	50.53±0.03 ^a
EPA+DHA	21.48±0.01 ^c	22.44±0.07 ^b	27.16±0.04 ^a

注: ΣSFA(总饱和脂肪酸)包含C14:0、C15:0、C16:0、C17:0、C18:0、C20:0、C22:0; ΣMUFA(总单不饱和脂肪酸)包含C16:1n7c、C18:1n9c、C20:1n9c、C24:1n9c; ΣPUFA(总多不饱和脂肪酸)包含C18:2n6c、C18:3n3c、C20:2n6c、C20:4n6c、C20:5n3c、C22:6n3c。

高位池组最高。单不饱和脂肪酸以 C18:1n9c(油酸)为主,分别占脂肪酸含量的 14.50%、13.42%、12.37%,以低盐土池组最高。多不饱和脂肪酸主要为 C18:2n6c(亚油酸),分别占脂肪酸含量的 19.57%、20.42%、18.03%,以低盐高位池组最高;其次为 C22:6n3c(DHA),分别占脂肪酸含量的 12.45%、12.59%、13.76%,以高盐组最高。金刚虾肌肉脂肪酸中 EPA+DHA 的含量在不同模式下的变化规律与多不饱和脂肪酸相同,以高盐组最高。

3 讨论

动物体内的营养成分与生活环境、食物来源和生长阶段密切相关^[14]。甲壳类动物主要通过调节鳃的渗透压和离子浓度以适应养殖的盐度。当盐度高时,排出水分;当盐度低时,吸收水分,与外界保持等渗,并在体内保持稳定状态。这个过程需要消耗能量,这些营养物质主要以糖类、脂肪和蛋白质的形式提供,从而影响水生动物体内各种营养物质的积累^[15-16]。本研究中,高盐组水分含量显著低于低盐土池组和低盐高位池组,这与金刚虾的渗透调节有关,在盐度低时,金刚虾调节渗透压需要吸收水分以适应环境,这一过程消耗的能量会影响到粗脂肪和粗蛋白等物质的积累,所以高盐组粗脂肪和粗蛋白含量最高。这一变化趋势与脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)^[17]、凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)^[18]和日本鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)^[19]的研究结果相似。

氨基酸在调节生理机能方面起着十分重要的作用,它们不仅提供了合成蛋白质的重要原料,还担负着调节基因表达、抗氧化、调节一氧化氮合成等作用^[20]。其中,必需氨基酸是人体生长发育必不可少的氨基酸,而蛋白质中鲜味氨基酸的组成及含量决定了动物蛋白的鲜美程度,影响虾肉的口感和风味。氨基酸含量越充足,种类越全面,肌肉的营养价值就越好^[21]。不同模式下养殖的金刚虾肌肉中氨基酸含量分析的结果表明,氨基酸总量在高盐组最高,这一结果与凡纳滨对虾^[22]的研究结果一致,研究表明肌肉中的游离氨基酸会随着养殖环境盐度的变化,改变自身的代谢率,从而调节渗透比^[23];必需氨基酸的含量在高盐组最高,说明随着养殖盐度的增高,一定程度上可以提高金刚虾的营养价值;鲜味氨基酸的含量也在高盐组最高,因此适当提高养殖盐度可以改善金刚虾肌肉的鲜美程度。

必需氨基酸指数(EAAI)是评估食物营养价值的最常见指标之一,高 EAAI 表示高营养价值^[24]。金刚虾的 EAAI 为 73.24~76.15,低于克氏原螯虾(77.23~78.19)^[25],高于日本鲍鱼(65.95)^[24]、斑节对虾(63.21)^[26]和凡纳滨对虾(56.01~60.25)^[27]。赖氨酸在健康饮食和营养方面非常重要,被称作是“生长性氨基酸”^[28-29],根据 AAS 和 CS 可知 3 种模式下金刚虾肌肉中的赖氨酸评分均最高,这与王娟^[26]、王广军等^[30]的研究结果一致,表明 3 种养殖模式的金刚虾均可作为优质的赖氨酸来源,可以很好地补充人体在日常生活中赖氨酸摄入量的不足。金刚虾肌肉中限制性氨基酸主要是缬氨酸和蛋氨酸+胱氨酸,第一和第二限制性氨基酸因评价方式而不尽相同,这与郭忠宝等^[31]的研究结果基本一致。因此,从必需氨基酸组成来看,金刚虾是一种营养价值较高的虾类,高盐组金刚虾营养更为丰富全面,更适合作为人体所需的优质蛋白质来源。

肌肉中的脂肪酸组成是影响品质和风味的另一

个重要因素^[32]。饱和脂肪酸作为其他脂肪酸转化的主要能量来源,可为机体提供能量^[33]。不饱和脂肪酸对心血管健康和动脉粥样硬化性心血管疾病的预防有益,单不饱和脂肪酸可以改善血液循环,调节血糖血脂代谢,有效降低胆固醇,多不饱和脂肪酸中的 EPA 和 DHA 是合成生物活性抗炎介质中最重要的底物,在促进大脑发育和预防心血管疾病等炎症病理中发挥关键作用^[34-36]。本研究 SFA 相对含量高盐组显著低于低盐土池组和低盐高位池组,可能与金刚虾在高密度养殖状态下,由于拥挤胁迫的影响,水生动物对饵料、生存空间等的竞争加剧,金刚虾为了适应生存环境,新陈代谢显著增加,其中大部分 SFA 用于身体的能量供应有关^[32]。金刚虾肌肉中 EPA+DHA 总百分含量为 21.48%~27.16%,高于南美蓝对虾(20.91%)^[37]、凡纳滨对虾(20.60%)^[37]和克氏原螯虾(14.63%~20.52%)^[38],接近于凡纳滨对虾(20.38~28.11%)^[27],可见金刚虾肌肉中具有比较丰富的 PUFA,特别是 EPA 和 DHA 的含量非常高,而 EPA+DHA 含量是评价脂肪质量以及食用有益效果的主要标准之一^[39],表明三种模式下金刚虾肌肉脂肪酸组成均较丰富,具有较高的食用价值与保健作用。

4 结论

金刚虾作为我国重要的经济养殖水产品,营养成分齐全,必需氨基酸和鲜味+甜味氨基酸含量高,比例适宜,富含 EPA 和 DHA 等多不饱和脂肪酸,具有较高的食用价值和保健作用。不同养殖模式对于金刚虾肌肉中营养成分的影响显著。高盐组金刚虾肌肉中粗蛋白、粗脂肪和灰分含量高,水分低,其肌肉中必需氨基酸含量(29.17±0.05) g/100 g、鲜味+甜味氨基酸含量(37.48±0.22) g/100 g、氨基酸总量(88.91±0.33) g/100 g 高,且 C16:0(棕榈酸)含量高,EPA+DHA 的含量 27.16%±0.04% 达到最高。该养殖模式可生产营养价值高、味道鲜美的水产养殖品种,在后续对金刚虾进行产品加工时可以优先考虑高盐高位池养殖模式的对虾。

参考文献

- [1] 黄继廷,郑德州. 金刚虾高密度养殖[J]. 当代水产, 2020, 45(8): 75-76. [HUANG J T, ZHENG D Z. High density culture of *Penaeus monodon*[J]. *Current Fisheries*, 2020, 45(8): 75-76.]
- [2] 黄建华,周发林,蔡云川,等. 斑节对虾“南海 1 号”三种高效养殖模式技术要点[J]. 海洋与渔业, 2017(2): 69-72. [HUANG J H, ZHOU F L, CAI Y C, et al. Technical points of three high-efficiency breeding modes of *Penaeus monodon* "Nanhai No. 1"[J]. *Ocean and Fishery*, 2017(2): 69-72.]
- [3] 黄永春,游宇,崔茜,等. 福建省“金刚虾”养殖现状与发展方向探析[J]. 中国水产, 2021(4): 44-46. [HUANG Y C, YOU Y, CUI X, et al. Analysis on the current situation and development direction of "*Penaeus monodon*" aquaculture in Fujian Province[J]. *China Fisheries*, 2021(4): 44-46.]
- [4] 周伟,王洋,孙学亮,等. 养殖盐度对斑节对虾肌肉品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(22): 7-14. [ZHOU W, WANG

- Y, SUN X L, et al. Effects of culture salinity on muscle quality of *Penaeus monodon*[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(22): 7-14.]
- [5] 周伟,王洋,孙学亮,等. 养殖密度对斑节对虾肌肉品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(23): 69-75. [ZHOU W, WANG Y, SUN X L, et al. Effects of breeding density on muscle quality of *Penaeus monodon*[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(23): 69-75.]
- [6] 陈书畅,徐晔,吴龙华,等. 南非斑节对虾和中国明对虾肌肉营养成分分析比较[J]. 水产科技情报, 2019, 46(5): 283-286. [CHEN S C, XU Y, WU L H, et al. Comparative analysis of nutrients in muscles of *Penaeus monodon* and *Fenneropenaeus chinensis*[J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2019, 46(5): 283-286.]
- [7] 刘敏,张海涛,孙广文,等. 斑节对虾营养需求与功能性饲料添加剂研究进展[J]. 当代水产, 2021, 46(6): 74-79, 81. [LIU M, ZHANG H T, SUN G W, et al. Research progress on nutritional requirements and functional feed additives of *Penaeus monodon*[J]. *Current Fisheries*, 2021, 46(6): 74-79, 81.]
- [8] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [GB 5009.3-2016 National Food Safety Standard-Determination of moisture in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [9] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [GB 5009.4-2016 National Food Safety Standard-Determination of ash in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [10] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [GB 5009.5-2016 National Food Safety Standard-Determination of protein in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [11] GB 5009.6-2016, 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [GB 5009.6-2016 National Food Safety Standard-Determination of fats in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [12] GB 5009.124-2016, 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [GB 5009.124-2016 National Food Safety Standard-Determination of amino acids in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [13] GB 5009.168-2016, 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [GB 5009.168-2016 National Food Safety Standard-Determination of fatty acids in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [14] MONIRUZZAMAN M, SKU S, CHOWDHURY P, et al. Nutritional evaluation of some economically important marine and freshwater mollusc species of Bangladesh[J]. *Heliyon*, 2021, 7(5): e07088.
- [15] THABET R, AYADI H, KOKEN M, et al. Homeostatic responses of crustaceans to salinity changes[J]. *Hydrobiologia*, 2017, 799(1): 1-20.
- [16] ZHOU J M, LI N, WANG H, et al. Effects of salinity on growth, nutrient composition, fatty acid composition and energy metabolism of *Scylla paramamosain* during indoor overwintering[J]. *Aquaculture Research*, 2020, 51(5): 1834-1843.

- [17] JIANG J F, WU H M, CUO H Y, et al. Effects of salinities on the growth and nutrient composition in the muscle of *Exopalaemon carinicaudatus*[J]. Marine Science Bulletin, 2016, 18(1): 81–92.
- [18] 李晓, 王晓璐, 王颖, 等. 盐度对养殖凡纳滨对虾肌肉营养成分的影响[J]. 中国农业科技导报, 2020, 22(1): 130–137. [LI X, WANG X L, WANG Y, et al. Effects of different salinities on nutritional composition in muscle of *Litopenaeus vannamei*[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2020, 22(1): 130–137.]
- [19] XU J H, YAN B L, TENG Y J, et al. Analysis of nutrient composition and fatty acid profiles of Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* (Cuvier) reared in seawater and freshwater[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23: 401–405.
- [20] 汤奎, 刘小林, 张帅, 等. 3 种不同体色刺参体壁营养成分的比较研究[J]. 渔业科学进展, 2021, 42(3): 155–162. [TANG K, LIU X L, ZHANG S, et al. Comparative study on the nutrient composition in body walls of three body color variants of the sea cucumbers, *Apostichopus japonicus* (Selenka)[J]. Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(3): 155–162.]
- [21] ZHANG Z M, XU W T, TANG R, et al. Thermally processed diet greatly affects profiles of amino acids rather than fatty acids in the muscle of carnivorous *Silurus meridionalis*[J]. Food Chemistry, 2018: 244–251.
- [22] 张丹, 王芳, 董双林. 周期性盐度波动对凡纳滨对虾游离氨基酸含量及渗透调节相关基因表达的影响[J]. 中国水产科学, 2016, 23(5): 1130–1136. [ZHANG D, WANG F, DONG S L, et al. Effects of periodic salinity fluctuations on free amino acids content and expression of osmotic regulation-related genes in *Litopenaeus vannamei*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(5): 1130–1136.]
- [23] LUO J, MONROIG O, ZHOU Q, et al. Environmental salinity and dietary lipid nutrition strategy: Effects on flesh quality of the marine euryhaline crab *Scylla paramamosain*[J]. Food Chemistry, 2021, 361: 130160.
- [24] SHI L F, HAO G X, CHEN J, et al. Nutritional evaluation of Japanese abalone (*Haliotis discus hannai* Ino) muscle: Mineral content, amino acid profile and protein digestibility[J]. Food Research International, 2020, 129(C).
- [25] 程小飞, 宋锐, 向劲, 等. 不同养殖模式和野生克氏原螯虾肌肉营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技, 2021, 37(4): 87–95. [CHENG X F, SONG R, XIANG J, et al. Analysis and evaluation of different farming modes and nutrient composition of wild crawfish (*Procambarus clarkia*) muscle[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(4): 87–95.]
- [26] 王娟. 中国对虾、南美白对虾和斑节对虾肌肉营养成分的比较[J]. 食品科技, 2013, 38(6): 146–150. [WANG J. Comparison of nutritional compositions in muscles of *Penaeus chinensis*, *Penaeus vannamei* Boone and *Penaeus japonicus* Bate[J]. Food Science and Technology, 2013, 38(6): 146–150.]
- [27] 吴丹, 江敏, 吴昊, 等. 大棚养殖和露天养殖模式下不同生长阶段凡纳滨对虾肌肉营养成分比较[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(4): 491–500. [WU D, JIANG M, WU H, et al. Comparison of nutritional component of greenhouse cultured and outdoor cultured *Litopenaeus vannamei* in different growth stages[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(4): 491–500.]
- [28] ISRA L, SURAIYA S, SALMA U, et al. Nutritional evaluation and shelf-life study of mackerel tuna (*Euthynnus affinis*) fish pickle[J]. Agricultural Research, 2022, 11(2): 249–257.
- [29] 范泽, 王连生. 鱼类赖氨酸营养研究进展[J]. 中国饲料, 2021(13): 66–72. [FAN Z, WANG L S. Research progress of fish lysine nutrition[J]. China Feed, 2021(13): 66–72.]
- [30] 王广军, 孙悦, 郁二蒙, 等. 澳洲淡水龙虾与克氏原螯虾肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 动物营养学报, 2019, 31(9): 4339–4348. [WANG G J, SUN Y, YU E M, et al. Analysis and quality evaluation of nutrient components in muscle of *Cherax quadricarinatus* and *Procambarus clarkii*[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(9): 4339–4348.]
- [31] 郭忠宝, 肖蕊, 黄卉, 等. 3 种养殖模式罗非鱼品质比较分析与评价[J]. 南方农业学报, 2021, 52(1): 206–212. [GUO Z B, XIAO R, HUANG H, et al. Comparative analysis and evaluation of nutritional quality of tilapia in three aquaculture modes[J]. Journal of Southern Agriculture, 2021, 52(1): 206–212.]
- [32] 原居林, 刘梅, 倪蒙, 等. 不同养殖模式对大口黑鲈生长性能、形体指标和肌肉营养成分影响研究[J]. 江西农业大学学报, 2018, 40(6): 1276–1285. [YUAN J L, LIU M, NI M, et al. Effects of different culture models on growth performances, morphological traits and nutritional quality in muscles of *Micropterus salmoides*[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2018, 40(6): 1276–1285.]
- [33] 罗钦, 李冬梅, 钟茂生, 等. 澳洲龙纹斑雌、雄亲鱼营养组成比较分析[J]. 福建农业学报, 2020, 35(1): 51–58. [LUO Q, LI D M, ZHONG M S, et al. Nutritional compositions of female and male Murray Cod Filets[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2020, 35(1): 51–58.]
- [34] WU H Z, XU L, BALLANTYNE C M. Dietary and pharmacological fatty acids and cardiovascular health[J]. The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 2020, 105(4): 1030–1045.
- [35] ARAUJO P, TRUZZI C, BELGHIT I, et al. The impact of seawater warming on fatty acid composition and nutritional quality indices of *Trematomus bernacchii* from the Antarctic region[J]. Food Chemistry, 2021, 365: 130500.
- [36] CHEN J P, LIU H B. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2020, 21(16): E5695.
- [37] 邢旭文, 王进波. 池养南美蓝对虾与南美白对虾肌肉营养品质的比较[J]. 水生生物学报, 2006(4): 453–458. [BING X W, WANG J B. A comparative study of nutritional quality in the muscle of *Penaeus stylirostris* and *Penaeus vannamei* in the cultured-pond[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2006(4): 453–458.]
- [38] 刘永涛, 董靖, 夏京津, 等. 不同饲料对稻田养殖克氏原螯虾肌肉质构特性和营养品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2019, 31(12): 1996–2004. [LIU Y T, DONG J, XIA J J, et al. Effect and evaluation of different feed on the texture properties and nutritional quality of *Procambarus clarkia* cultured in rice field[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2019, 31(12): 1996–2004.]
- [39] WANG F, CHEN Z, CHENG Y S, et al. Nutritional Evaluation of two strains of Chinese soft-shelled turtle, *Pelodiscus sinensis*[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2021: 103971.