

文章编号: 1674-5566(2024)03-0590-16

DOI: 10.12024/jsou.20230504174

配合饲料和冰鲜鱼养殖的中华绒螯蟹围养期间营养品质的比较

肖昌伦^{1,2}, 孙云飞^{1,3,4,5}, 鹿珍珍¹, 成永旭^{1,3,4,5}

(1. 上海海洋大学 农业农村部鱼类营养和环境生态研究中心, 上海 201306; 2. 泸州市合江县福宝镇川实科研技术有限公司, 四川 泸州 646208; 3. 上海海洋大学 上海水产养殖工程中心, 上海 201306; 4. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306; 5. 上海海洋大学 农业农村部稻渔综合种养生态重点实验室, 上海 201306)

摘要: 为了解配合饲料和冰鲜鱼养殖的中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)围养期间营养品质, 本研究用配合饲料养殖的中华绒螯蟹和冰鲜鱼养殖的中华绒螯蟹进行为期3个月的围养, 比较可食率、常规营养物质、脂肪酸和游离氨基酸组成。结果表明: 围养期间, 两种饵料中华绒螯蟹性腺指数呈上升趋势, 肝胰腺指数和总可食率呈下降趋势, 出肉率无显著性变化; 围养期间, 两种饵料中华绒螯蟹肝胰腺水分和蛋白质含量呈上升趋势, 脂肪含量呈下降趋势, 性腺脂肪呈下降趋势, 肌肉中营养物质无明显变化; 配合饲料中华绒螯蟹可食组织(除精巢外)C18:2n6(LA)含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 而肝胰腺和卵巢中EPA和DHA含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹。围养过后, 配合饲料中华绒螯蟹可食组织C18:2n6(LA)、C20:4n6(ARA)、 $\sum n-6$ PUFA含量增加且显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 冰鲜鱼中华绒螯蟹可食组织EPA、DHA和 $\sum n-3$ PUFA含量增加且显著高于配合饲料中华绒螯蟹; 两种饵料中华绒螯蟹围养过后肌肉当中甜味氨基酸(Gly)含量增加, 而苦味氨基酸(His、Arg、Pro)含量降低, 性腺当中鲜味氨基酸和甜味氨基酸含量下降。综上所述, 两种饵料中华绒螯蟹围养期间未出现明显的“掉膏”现象, 但可食组织营养物质有明显的流失尤其是肝胰腺, 从脂肪酸和氨基酸来看, 围养期间配合饲料中华绒螯蟹LA和ARA含量增加, 冰鲜鱼中华绒螯蟹EPA和DHA含量增加, 整体而言围养对中华绒螯蟹脂肪酸有一定优化作用, 肌肉的甜味氨基酸含量增加, 而性腺当中鲜味氨基酸和甜味氨基酸含量下降, 整体品质变差。

关键词: 中华绒螯蟹; 围养; 营养品质; 脂肪酸; 氨基酸

中图分类号: S 966.16 **文献标志码:** A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)俗称河蟹, 具有很高的经济价值和食用价值, 是我国重要的淡水经济蟹类之一^[1-2]。据统计, 2020年我国中华绒螯蟹养殖产量达 7.76×10^5 t, 占全国经济甲壳动物总产量的18.22%, 年产值高达550亿元^[3]。中华绒螯蟹属于季节性水产品, 一般在每年国庆节左右至年底上市^[4]。其他时间难以有优质的中华绒螯蟹供应, 所以出现“六月黄”的消费。因为在阴历六月上市, 此时中华绒螯蟹只有肝胰腺, 没有性腺^[5], 六月黄的营养品质远低于成蟹^[6]。如何延长中华绒螯蟹上市时间、均衡市场, 成为近年来备受关注的难题。

每年秋季中华绒螯蟹等水产品大量上市造成市场积压, 严重影响养殖效益, 围养不仅可以克服上市集中而且还可以延长中华绒螯蟹上市的时间^[7-9]。彭静文等^[10]研究围养对雌性中华绒螯蟹滋味品质的影响时发现肌肉中甜味氨基酸、肝胰腺和性腺中鲜味和甜味氨基酸含量显著增加。DAI等^[11]研究不同密度对中华绒螯蟹围养的影响时发现围养过后可食组织花生四烯酸和EPA的含量增加。宋黎黎等^[4]研究越冬围养对雌性中华绒螯蟹营养品质及风味的影响时发现围养期间中华绒螯蟹未出现“掉膏”的现象, 围养过后肌肉当中必需氨基酸的含量显著增加, 可食组

收稿日期: 2023-05-06 修回日期: 2023-12-18

基金项目: 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-48); 黄河三角洲产业领军人才项目(DYRC20190210); 国家自然科学基金青年项目(31802320)

作者简介: 肖昌伦(1995—), 男, 硕士, 研究方向为河蟹营养生理。E-mail: changlunxiao@163.com

通信作者: 孙云飞, E-mail: yfsun@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

肌腺苷酸(AMP)、肌苷酸(IMP)和多不饱和脂肪酸(PUFA)含量显著升高,整体风味优于越冬前。目前我国中华绒螯蟹养殖和育肥的主要饵料是使用配合饲料和冰鲜鱼^[12-14],但是对于这两种饵料养殖的中华绒螯蟹围养过程营养品质变化没有研究报道,有些养殖户认为喂冰鲜鱼的中华绒螯蟹围养过程中容易“爆膏死亡”,具体情况未知。

本实验采用室外网箱进行中华绒螯蟹围养实验,定期采样,观察和测定性腺、肝胰腺的变化情况,围养前后测定可食组织脂肪酸和游离氨基酸含量。比较配合饲料养殖和冰鲜鱼养殖的中华绒螯蟹围养期间的营养品质,为围养和配合饲料的推广应用提供科学参考和理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验设计与养殖管理

2020年10月—2021年2月,在上海海洋大学崇明基地选择4个面积相等的水泥池塘(12.50 m×10.00 m),深1.4 m左右。为了采样方便和实验管理,在每个池塘用竹竿搭建3个网箱(2.0 m×2.0 m×1.0 m,网目40),内外缝合有30 cm的防逃网。因为雄蟹打斗激烈且可能有假抱的现象雌雄蟹分开围养,每个网箱放50只河蟹。2020年11月15日开始实验,分为2个处理组(配合饲料中华绒螯蟹,CF;冰鲜鱼中华绒螯蟹,CTF),每个处理3个平行,网箱中放一定量的伊乐藻(*Elodea nuttallii*)减少中华绒螯蟹间打斗和保温作用,由于气温太低,中华绒螯蟹几乎不摄食,实验期间不投喂。每天检查中华绒螯蟹是否死亡,如有死亡及时取出,保持池塘水深为0.90~1.10 m,半个月测定1次水质,实验期间溶氧保持在8.85~11.32 mg/L, pH为7.8~8.0,铵态氮保持在0~0.2 mg/L,亚硝酸盐0.005 mg/L。围养前(成蟹养殖期)中华绒螯蟹摄食配合饲料和冰鲜鱼的常规营养成分和脂肪酸组成见表1和表2。

1.2 样品采集

于2020年11月—2021年2月每个月中旬采样,从每个网箱随机挑选3只,擦去体表水分,用电子秤称量中华绒螯蟹体质量,活体解剖取出肝胰腺和性腺,称量,用剪刀和镊子刮取肌肉称量,做好标记保存于-20℃冰箱中用于后续测定。

1.3 样品处理

1.3.1 总可食率测定及肥满度

根据体质量、肝胰腺重、性腺重、肌肉重计算中华绒螯蟹肝胰腺指数(Hepatosomatic index, HSI)、性腺指数(Gonadosomatic index, GSI)和出肉率(Meat yield, MY),然后计算总可食率(Total edible yield, TEY)。计算公式^[15-16]:

$$I_{\text{HSI}}=100\% \times W_{\text{H}}/W \quad (1)$$

$$I_{\text{GSI}}=100\% \times W_{\text{G}}/W \quad (2)$$

$$Y_{\text{MY}}=100\% \times W_{\text{M}}/W \quad (3)$$

$$Y_{\text{TEY}}=I_{\text{HSI}}+I_{\text{GSI}}+Y_{\text{MY}} \quad (4)$$

式中: I_{HSI} 为肝胰腺指数,%; I_{GSI} 为性腺指数,%; Y_{MY} 为出肉率,%; Y_{TEY} 为总可食率,%; W_{H} 为肝胰腺重,g; W 为体质量,g; W_{G} 为性腺重,g; W_{M} 为肌肉重,g。

1.3.2 常规营养成分测定

采用冷冻干燥法测定各可食组织水分含量^[17];采用AOAC的方法测定各组织中粗蛋白和灰分含量^[18];采用FOLCH等^[19]的方法[V(氯仿):V(甲醇)=2:1]测定各组织中粗脂肪含量。

1.3.3 脂肪酸组成测定

根据WU等^[20]方法分析可食组织脂肪酸组成及百分比。采用FOLCH等^[19]方法提取脂肪,取约0.07 g脂肪使用14%三氟化硼-甲醇溶液($\text{BF}_3\text{-CH}_3\text{OH}$)2 mL,充入氮气保护,在95℃的环境下水浴30 min。取出加入2 mL苯(C_6H_6)和2 mL甲醇(CH_3OH)充入氮气保护,再次放入95℃水浴30 min。取出样品加入1 mL正己烷,再加入 H_2O 定容到9 mL,旋转振荡仪充分振荡,4 000 r/min离心5 min。用胶头滴管吸取上清液和杂质,再次加入 H_2O 定容到8 mL,充分振荡,4 000 r/min离心5 min。吸取上清液和杂质后,将下层液体放入烧杯进行干燥,然后加入1 mL正己烷溶解,将溶液用0.22 μm过滤膜过滤,装入进样瓶待检测。使用Agilent7890B-5977A气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)。

1.3.4 游离氨基酸组成测定

根据TSAI等^[21]方法分析测定肌肉和性腺游离氨基酸组成。称量冷冻干燥后样品粉末0.01 g,加入15 mL质量分数为5%的三氯乙酸(TCA)溶液,匀浆后超声5 min,然后静置2 h。4℃下15 000 r/min离心10 min。取上清液5 mL,用6 mol/L的氢氧化钠(NaOH)溶液调节pH至2.0,

ddH₂O定容至10 mL,混匀后用注射器吸取1.5 mL 溶液0.22 μm滤膜后装入进样瓶中待测。所用仪器为Hitachi L-8800氨基酸自动分析仪。

表1 配合饲料和冰鲜鱼营养成分(干物质)
Tab. 1 Nutritional content of compound feed and chilled fish (dry matter) %

项目 Items	水分 Moisture	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash
配合饲料 Compound feed	9.42±0.12 ^a	38.68±0.24 ^a	11.64±0.15 ^b	10.31±0.24
冰鲜鱼 Trash fish	74.40±0.15 ^b	64.89±1.87 ^b	8.85±0.32 ^a	11.90±1.30

注:不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Different letters indicate significant differences ($P<0.05$).

表2 配合饲料与冰鲜鱼脂肪酸比较
Tab. 2 Comparison of compound feed and chilled fish fatty acids

脂肪酸 Fatty acids	配合饲料 Compound feed	冰鲜鱼 Trash fish
C14:0	0.36±0.02 ^a	2.96±0.10 ^b
C15:0	0.05±0 ^a	0.66±0.06 ^b
C16:0	11.3±0.19 ^a	12.99±0.23 ^b
C17:0	0.03±0 ^a	0.65±0.09 ^b
C18:0	2.16±0.06 ^a	3.54±0.07 ^b
C19:0	-	0.18±0.02
C20:0	0.23±0.01 ^a	0.56±0.04 ^b
C22:0	0.27±0.01 ^b	0.13±0 ^a
Σ SFA	14.4±0.11 ^a	21.67±0.41 ^b
C16:1n7	1.03±0.10 ^a	7.17±0.25 ^b
C17:1n7	0.06±0.01 ^a	0.35±0.18 ^b
C18:1n9	30.52±0.17 ^b	7.33±0.06 ^a
C18:1n7	2.02±0.03 ^a	2.54±0.12 ^b
C20:1n9	0.85±0.02 ^a	1.92±0.06 ^b
C22:1n9	0.59±0 ^a	2.73±0.04 ^b
Σ MUFA	35.06±0.26 ^b	22.05±0.39 ^a
C18:2n6(LA)	38.47±0.16 ^b	1.69±0.14 ^a
C18:3n3(LNA)	6.42±0.13 ^b	0.87±0.06 ^a
C20:2n6	0.11±0 ^a	0.26±0.01 ^b
C20:4n6(ARA)	0.25±0 ^a	1.77±0.02 ^b
C20:5n3(EPA)	1.67±0.01 ^a	11.72±0.28 ^b
C22:5n6	0.09±0.04 ^a	0.93±0.05 ^b
C22:5n3	0.17±0 ^a	1.14±0.05 ^b
C22:6n3(DHA)	1.54±0.01 ^a	29.50±0.37 ^b
Σ PUFA	48.72±0.23	47.88±0.70

注:不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Different letters indicate significant differences ($P<0.05$).

1.4 数据处理

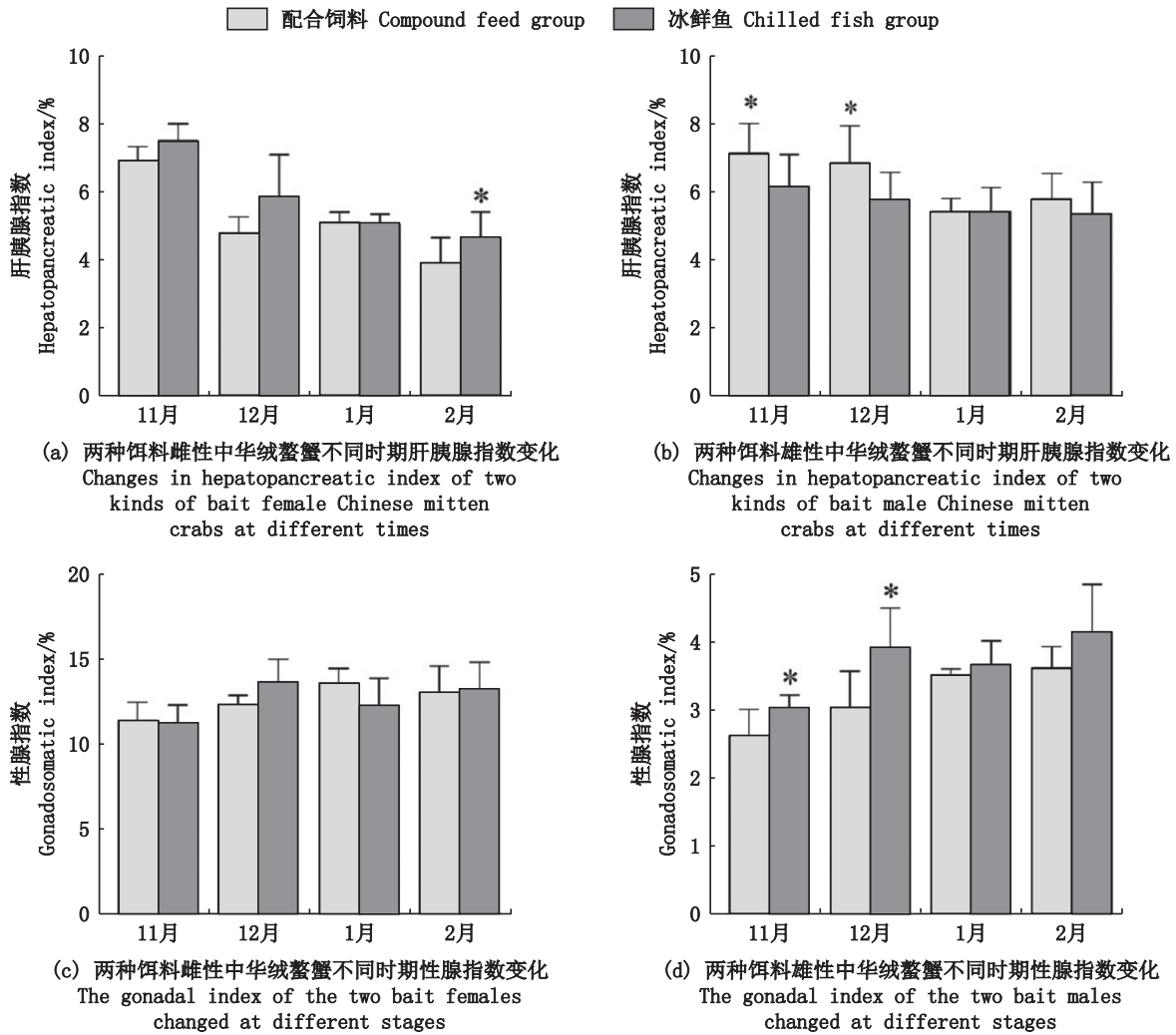
用SPSS 22.0软件处理实验数据并统计分析,所有实验数据表示采用平均值±标准差(Mean ± SD)。采用Levene法进行方差齐性检验,当不满足

方差齐性时对百分比数据进行反正弦或平方根处理。采用独立T检验(Independent samples T-test)检查各项指标间的差异性($P<0.05$)。

2 结果

2.1 围养河蟹可食组织指数

由图1可知:就性腺指数而言,配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹围养期间HSI均呈下降趋势,围养过后冰鲜鱼雌性中华绒螯蟹HSI显著高于配合饲料中华绒螯蟹,在11、12月时配合饲料雄性中华绒螯蟹HSI显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹($P<0.05$),围养过后HSI无显著差异($P>0.05$),围养过后雄性中华绒螯蟹HSI(6%左右)高于雌性中华绒螯蟹(4%左右,图1a和图1b)。中华绒螯蟹GSI随着围养时间的呈上升趋势,雌性中华绒螯蟹GSI无显著性差异,而冰鲜鱼雄性中华绒螯蟹11、12月GSI显著高于配合饲料中华绒螯蟹,围养过后GSI无显著性差异($P>0.05$,图1c和图1d)。围养期间两种中华绒螯蟹出肉率、总可食率变化如图2所示,就雌性而言,冰鲜鱼中华绒螯蟹11月MY显著高于配合饲料中华绒螯蟹($P<0.05$),而围养过后配合饲料中华绒螯蟹MY显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹($P<0.05$);就雄性而言,配合饲料中华绒螯蟹12月MY显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹($P<0.05$),而围养过后二者无显著性差异($P>0.05$,图2a和图2b)。冰鲜鱼雌性中华绒螯蟹11月TEY显著高于配合饲料中华绒螯蟹($P<0.05$),随着围养时间的延长,中华绒螯蟹总可食率呈下降趋势,围养过后二者无显著性差异($P>0.05$);雄性中华绒螯蟹总可食率与雌性中华绒螯蟹变化趋势类似。



柱子上“*”表示同一时期不同组间差异性。

The “*” on the column indicates the difference between different groups during the same period.

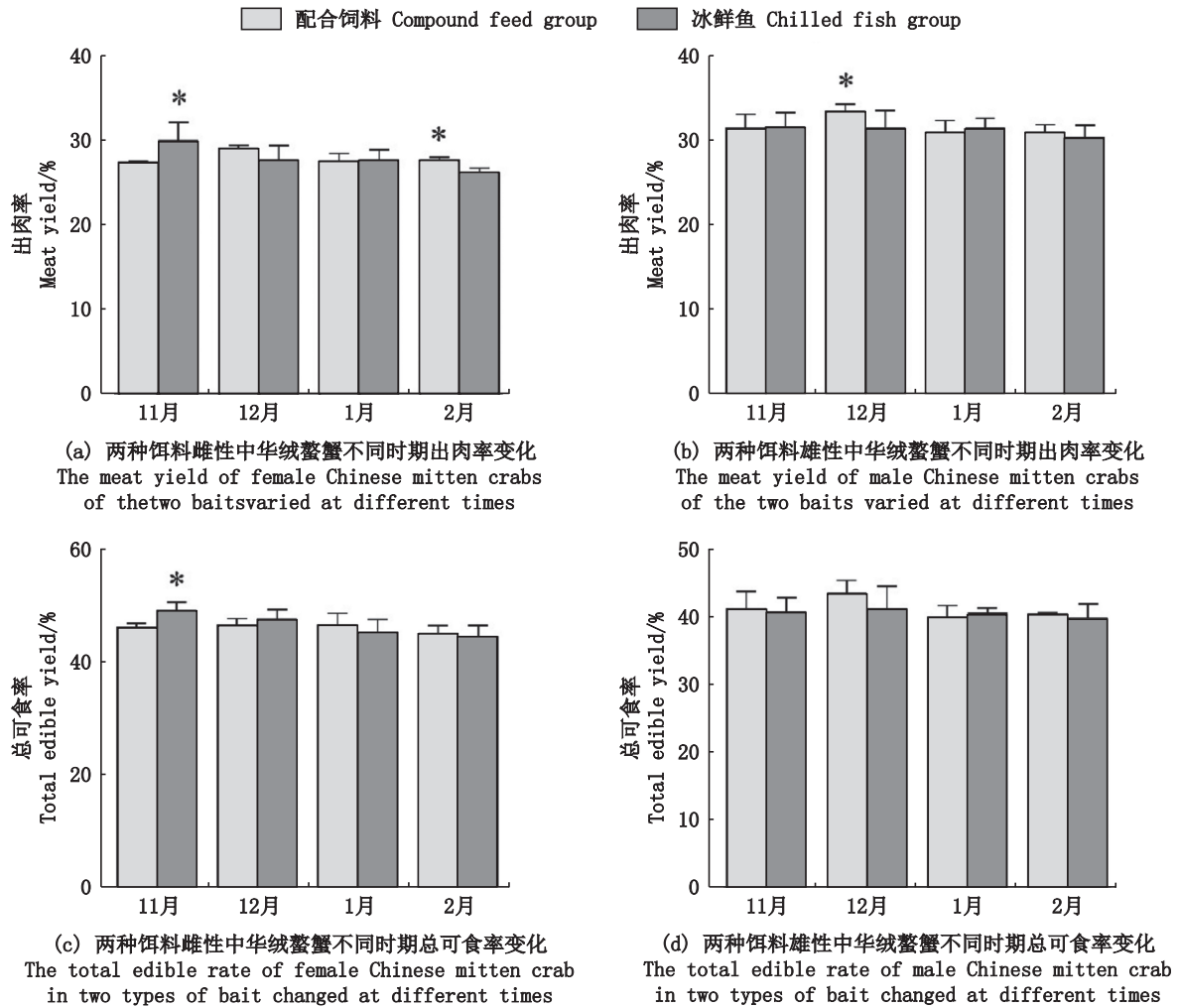
图1 两种饵料中华绒螯蟹围养期间雌雄蟹肝胰腺、性腺指数变化 (n = 9; Mean ± SD)

Fig. 1 Changes in hepatopancreatic and gonadal indices of male and female crabs during the hoarding of Chinese mitten crabs on two types of bait

2.2 常规营养物质变化

由表3可知:就肌肉组织而言,雌性和雄性蛋白质含量均先下降后上升,在12月时冰鲜鱼雌性中华绒螯蟹蛋白质含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹(P<0.05)。脂肪含量先下降后上升,11月时配合饲料雌性中华绒螯蟹脂肪含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,2月时配合饲料雄性中华绒螯蟹脂肪含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹(P<0.05)。水分和灰分无显著性的变化;就肝胰腺而言,不论性别围养期间两种饵料中华绒螯蟹肝胰腺水分和蛋白质含量呈上升趋势,脂肪含量呈下

降趋势,灰分含量无显著性变化;就卵巢而言,在2月时冰鲜鱼中华绒螯蟹水分显著高于配合饲料中华绒螯蟹(P<0.05),脂肪含量呈下降趋势,在11月时配合饲料中华绒螯蟹脂肪含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹(P<0.05),围养过后卵巢脂肪含量无显著性差异,蛋白质和灰分含量无显著性变化(P>0.05)。雄性中华绒螯蟹精巢水分和脂肪含量呈下降趋势,围养过后配合饲料中华绒螯蟹脂肪含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而两种饵料中华绒螯蟹精巢蛋白质和灰分含量无显著性变化(P>0.05)。



柱子上“*”表示同一时期不同组间差异性。

The “*” on the column indicates the difference between different groups during the same period.

图2 两种饵料中华绒螯蟹囤养期间雌雄蟹出肉率、总可食率变化 ($n = 9$; Mean \pm SD)

Fig. 2 Changes in meat yield and total edible rate of male and female crabs during the hoarding period of Chinese mitten crabs on two types of bait

2.3 可食组织脂肪酸比较

两种饵料中华绒螯蟹囤养期间肌肉脂肪酸组成如表4所示,在囤养前(11月),冰鲜鱼雌性中华绒螯蟹 C15:0和C17:0含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹 ($P < 0.05$),冰鲜鱼雄性中华绒螯蟹 C14:0含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹。囤养过后(2月),两种饵料中华绒螯蟹 C20:0和 Σ SFA含量下降。囤养前两种饵料中华绒螯蟹单不饱和脂肪酸含量无显著性差异 ($P > 0.05$),囤养过后两种饵料中华绒螯蟹 C16:1n7和 Σ MUFA含量下降。C20:4n6(ARA)、C20:5n3(EPA)和C22:6n3(DHA)为肌肉中主要的多不饱和脂肪酸。囤养

前就雌性而言,配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6(LA)和C22:5n6含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹 ($P < 0.05$),囤养过后配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6(LA)、C20:4n6(ARA)和C22:5n3含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹 ($P < 0.05$)。雄性中华绒螯蟹多不饱和脂肪酸与雌性中华绒螯蟹组成类似,囤养前配合饲料雄性中华绒螯蟹 LA含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,囤养过后配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6、C18:3n3、C20:4n6、C22:5n6和C22:5n3含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹 ($P < 0.05$)。结果表明越冬过后,C18:2n6、C20:4n6、C20:5n3、C22:6n3和 Σ PUFA含量增加。

表3 两种饵料中华绒螯蟹囤养期间常规营养物质比较(干物质)
Tab. 3 Comparison of conventional nutrients during the hoarding of two kinds of bait

		Chinese mitten crabs (dry matter)							
		11月 November		12月 December		1月 January		2月 February	
项目 Items		配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF
肌肉 Muscle									
水分 Moisture		78.88±0.48	79.72±0.69	79.22±0.85	80.14±1.96	79.64±0.94	79.46±1.54	79.47±1.26	81.00±0.90
蛋白质 Protein		82.41±1.17	83.33±1.39	75.94±0.91	80.66±0.77*	78.22±2.15	79.27±0.73	78.55±0.49	79.84±0.91
脂肪 Lipid		5.97±0.03*	5.62±0.07	5.13±0.18	5.08±0.20	5.45±0.18	4.98±0.69	5.84±0.18	5.99±0.26
灰分 Ash		5.81±0.61	5.16±0.58	6.11±0.30*	5.00±0.50	5.65±0.51	5.60±0.53	5.80±1.04	6.56±0.69
肝胰腺 Hepatopancreas									
水分 Moisture		48.67±1.11	47.17±3.19	54.63±5.22	57.29±3.31	56.77±5.58	61.51±11.22	65.80±4.93	59.98±7.55
蛋白质 Protein		19.36±1.02	19.84±0.16	23.05±0.85	20.57±1.48	28.05±3.82	28.33±4.63	29.44±2.06*	20.49±1.16
脂肪 Lipid		77.51±3.07	78.03±0.77	69.97±2.34	69.37±1.92	63.9±9.09	60.39±5.51	60.17±4.91	67.99±0.59
灰分 Ash		1.46±0.03	1.33±0.36	1.64±0.29	1.89±0.30	1.62±0.29	1.94±0.35	1.72±0.19	1.89±0.30
性腺 Gonad									
水分 Moisture		50.39±0.44	51.6±1.09	50.94±1.25	52.75±2.51	52.04±0.75	53.59±3.14	50.77±0.66	53.17±1.12*
蛋白质 Protein		61.96±1.01	62.02±0.56	61.47±1.41	62.33±1.14	61.12±0.15	61.36±0.81	63.29±0.30	62.74±0.59
脂肪 Lipid		35.8±0.57*	34.62±0.47	35.79±0.97	35.52±1.30	34.9±1.00	33.7±0.60	32.87±0.09	33.42±1.44
灰分 Ash		4.34±0.55	4.46±0.64	4.19±0.38	4.23±0.23	4.37±0.10	4.78±0.71	4.19±0.50	4.36±0.26
肌肉 Muscle									
水分 Moisture		80.87±1.25	81.46±1.12	81.58±0.30	80.37±1.81	80.95±1.26	80.84±1.14	80.02±1.15	80.48±0.96
蛋白质 Protein		79.11±2.05	82.45±4.09	80.94±1.76	79.85±1.26	79.49±1.19	80.05±1.91	81.17±1.80	80.98±0.89
脂肪 Lipid		5.84±0.62	5.44±0.29	5.16±0.21	5.25±0.22	5.29±0.35	4.85±0.39	6.06±0.29*	5.52±0.13
灰分 Ash		6.10±0.47	6.29±0.36	5.34±0.42	5.50±0.69	5.91±0.80	5.62±0.45	5.55±0.17	6.70±0.14*
肝胰腺 Hepatopancreas									
水分 Moisture		55.30±4.83	57.43±8.23	62.40±6.29	61.27±4.33	65.92±0.60	62.30±6.44	64.76±7.90	67.24±9.11
蛋白质 Protein		19.49±1.22	19.62±0.21	26.20±7.72	25.13±0.44	28.45±2.25	24.98±4.72	27.72±6.81	30.59±2.80
脂肪 Lipid		72.09±1.09	70.59±6.53	63.86±6.63	63.93±5.29	59.04±4.45	64.14±9.15	56.34±4.66	60.68±1.99
灰分 Ash		2.00±0.32	1.59±0.36	1.91±0.32	1.97±0.11	1.99±0.13	2.00±0.10	2.03±0.12	2.13±0.06
性腺 Gonad									
水分 Moisture		73.9±0.67	72.56±0.71	72.63±0.40	71.81±1.52	71.23±1.61	70.77±1.67	69.68±1.33	68.38±1.44
蛋白质 Protein		66.18±0.50	67.80±2.10	66.49±0.36	62.43±3.73	65.73±0.42	66.08±0.68	66.54±0.71	65.19±0.88
脂肪 Lipid		3.24±0.16	2.91±0.22	2.48±0.32	2.08±0.30	2.37±0.25	1.93±0.26	2.06±0.20*	1.52±0.13
灰分 Ash		6.93±0.20	6.81±0.72	6.61±0.38	6.22±0.26	7.04±0.26	6.56±0.39	6.57±0.45	6.08±0.46

注:“*”表示同一时期同一性别囤养期间配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹差异显著($P<0.05$)。

Notes: “*” indicates the difference between the Chinese mitten crabs with compound feed and the fresh fish in the same sex and the same period during the storage period ($P<0.05$).

两种饵料中华绒螯蟹囤养期间肝胰腺脂肪酸比较如表5所示,就雌性而言,囤养前冰鲜鱼中华绒螯蟹C17:0和 Σ SFA含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹,囤养过后冰鲜鱼中华绒螯蟹C18:0和C20:0含量显著低于配合饲料中华绒螯蟹($P<0.05$)。就雄性而言,囤养前冰鲜鱼中华绒螯蟹C18:0和 Σ SFA含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹,囤养过后冰鲜鱼中华绒螯蟹C14:0和C15:0含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹($P<0.05$)。

C18:1n9为肝胰腺的主要单不饱和脂肪酸。雌性囤养前,配合饲料雌性中华绒螯蟹C18:1n9含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而C14:1n5、C17:1n7、C20:1n9含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹,囤养过后冰鲜鱼中华绒螯蟹C16:1n7、C17:1n7、C18:1n7、C20:1n9和 Σ MUFA显著高于配合饲料中华绒螯蟹($P<0.05$);雄性中华绒螯蟹囤养前,配合饲料中华绒螯蟹C18:1n9和 Σ MUFA含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,囤养过后配合饲料中

华绒螯蟹 C18:1n9 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹 ($P<0.05$)。C18:2n6、C22:6n3 为主要的几种多不饱和脂肪酸。囤养前配合饲料雌性中华绒螯蟹 C18:2n6、C20:2n6 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 而 C18:3n3、C20:4n6、C20:5n3 和 C22:6n3 含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 囤养过后配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6、C20:2n6、C20:4n6 和 Σ PUFA 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 而 C20:4n3、C22:5n3、C22:6n3 含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹 ($P<0.05$); 雄性中华绒螯蟹囤养

前, 配合饲料中华绒螯蟹 C18:3n3 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 而 C20:4n6、C20:4n3、C20:5n3 和 C22:6n3 含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 囤养过后配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6 和 C18:3n3 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 而冰鲜鱼中华绒螯蟹 C20:5n3 和 C22:6n3 含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹 ($P<0.05$)。研究发现囤养过后, C18:2n6、C20:4n6、C20:5n3 和 C22:6n3 含量增加, 而 Σ SFA 含量下降。

表 4 两种饵料中华绒螯蟹囤养期间肌肉脂肪酸比较
Tab. 4 Comparison of muscle fatty acids in two kinds of feeding Chinese mitten crabs during hoarding

$n = 3$; Mean \pm SD

项目 Items	雌性 Female				雄性 Male			
	11月 November		2月 February		11月 November		2月 February	
	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF
C14:0	0.20±0.03	0.25±0.02	0.25±0.03	0.28±0.03	0.19±0.02	0.26±0.02*	0.21±0.02	0.20±0.01
C15:0	0.15±0.01	0.22±0.01*	0.25±0.02	0.21±0.02	0.20±0.03	0.22±0.03	0.18±0.02	0.21±0.03
C16:0	10.17±0.76	10.69±0.29	10.08±0.86	9.97±0.37	10.03±0.59	9.76±0.08	9.60±0.22	9.82±0.22
C17:0	0.39±0.01	0.51±0.05*	0.58±0.03*	0.47±0.04	0.57±0.07	0.60±0.02	0.55±0.06	0.55±0.04
C18:0	6.61±0.06	6.66±0.04	6.65±0.27	6.37±0.40	7.67±0.46	6.89±0.33	6.86±0.38	6.93±0.23
C20:0	1.02±0.14	1.04±0.09	0.96±0.02	0.96±0.07	1.18±0.03	1.24±0.07	0.84±0.04	1.03±0.07*
C22:0	0.68±0.01	0.69±0.06	0.62±0.06	0.95±0.10*	0.68±0.06	0.70±0.01	0.54±0.05	0.91±0.01*
Σ SFA	19.22±0.60	20.05±0.26	19.40±0.80	19.21±0.23	20.52±1.02	19.67±0.31	18.79±0.55	19.66±0.23
C16:1n7	2.52±0.21	2.98±0.23	1.68±0.04	1.95±0.16*	2.33±0.16	2.94±0.15*	1.79±0.07*	1.48±0.15
C17:1n7	0.27±0.06	0.30±0.05	0.26±0.03	0.32±0.04*	0.33±0	0.36±0.03	0.21±0.03	0.27±0.05
C18:1n9	18.63±0.78	18.55±0.59	16.46±0.92	17.47±0.05	16.31±0.27	16.42±0.51	16.33±0.68	17.14±0.70
C18:1n7	3.26±0.24	3.10±0.32	2.74±0.26	3.30±0.25	2.98±0.20	2.98±0.13	2.80±0.19	3.15±0.12
C20:1n9	2.35±0.34	2.50±0.13	2.36±0.16*	1.93±0.08	2.07±0.28	2.62±0.21	1.90±0.08	1.78±0.04
Σ MUFA	27.02±0.81	27.44±0.14	23.49±1.15	24.97±0.33	24.02±0.77	25.32±0.35	23.04±0.71	23.81±0.83
C18:2n6(LA)	11.08±0.59*	8.93±1.04	12.85±0.05*	8.01±0.93	9.62±0.30*	6.58±0.04	10.76±0.44*	8.27±0.71
C18:3n3(LNA)	1.13±0.02	1.53±0.28	1.51±0.04	1.47±0.02	1.35±0.10	1.69±0.23	1.25±0.11*	0.62±0.01
C20:2n6	3.10±0.29	2.55±0.33	3.37±0.26	3.15±0.10	2.75±0.22	2.59±0.33	3.4±0.34	3.42±0.38
C20:4n6(ARA)	6.23±0.29	5.54±0.76	7.35±0.43*	5.27±0.37	6.25±0.91	6.41±0.88	7.76±0.85*	6.12±0.27
C20:5n3(EPA)	12.88±0.67	13.21±1.17	15.82±1.12	17.52±0.64	14.79±0.59	14.67±0.38	17.72±1.13	17.98±0.48
C22:5n6	0.76±0.07*	0.38±0.03	0.46±0.06	0.35±0.04	0.35±0.02	0.61±0.01*	0.46±0.03*	0.31±0.01
C22:5n3	0.58±0.05	0.68±0.08	0.71±0.02*	0.57±0.03	0.67±0.08	0.78±0.01	0.63±0.01*	0.52±0.04
C22:6n3(DHA)	11.42±0.71	11.95±1.01	12.09±0.80	13.68±1.24	13.18±0.90	13.04±1.05	11.85±1.26	12.98±1.67
Σ PUFA	47.17±1.15	44.76±1.60	54.17±1.93*	50.03±0.40	48.96±0.80*	46.38±0.12	53.84±3.04	50.22±0.79
Σ n-3PUFA	26.01±1.33	27.36±2.14	30.13±1.60	33.25±1.16	29.99±1.47	30.18±0.94	31.46±1.99	32.1±2.12
Σ n-6PUFA	21.16±0.18*	17.40±0.58	24.04±0.34*	16.78±0.78	18.96±0.92*	16.20±0.87	22.39±1.08*	18.12±1.38
n-3/n-6PUFA	1.23±0.07	1.58±0.18*	1.25±0.05	1.99±0.16*	1.59±0.15	1.87±0.16*	1.40±0.03	1.78±0.25*
Σ HUFA	31.86±1.11	31.75±2.55	36.44±2.10	37.4±1.44	35.24±0.48	35.51±0.67	38.42±2.82	37.91±1.83
DHA/EPA	0.89±0.02	0.90±0.01	0.77±0.06	0.78±0.08	0.89±0.03	0.89±0.07	0.67±0.07	0.72±0.07

注: “*”表示同一时期同一性别配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹差异显著 ($P<0.05$)。

Notes: “*” indicates the difference between the same sex and formula feed Chinese mitten crabs and chilled fish at the same period ($P<0.05$).

表5 两种饵料中华绒螯蟹围养期间肝胰腺脂肪酸比较
 Tab. 5 Comparison of hepatopancreatic fatty acids during the storage of two kinds of bait

项目 Items	Chinese mitten crabs n = 3; Mean ± SD							
	雌性 Female				雄性 Male			
	11月 November		2月 February		11月 November		2月 February	
	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF
C14:0	1.10±0.09	1.26±0.05	0.91±0.04	1.67±0.01*	1.28±0.07	1.53±0.14	0.87±0.03	1.72±0.08*
C15:0	0.48±0.05	0.58±0.03*	0.48±0.03	0.66±0.03*	0.64±0.01	0.65±0.10	0.55±0.03	0.65±0.02*
C16:0	17.83±0.54	17.80±0.11	16.41±0.59	15.43±0.44	17.4±0.20	17.82±0.35	15.82±0.81	15.4±0.58
C17:0	0.48±0.09	0.76±0.14*	0.76±0.03	0.74±0.06	0.71±0.05	0.73±0	1.04±0.08	0.83±0.12
C18:0	2.49±0.30	3.21±0.67	3.52±0.01*	2.73±0.09	2.38±0.10	3.42±0.02*	3.00±0.12	2.71±0.37
C20:0	0.24±0.03	0.30±0.05	0.36±0.01*	0.30±0.02	0.24±0.02	0.28±0.03	0.31±0.05	0.34±0.04
ΣSFA	22.62±0.34	23.91±0.46*	22.44±0.56	21.53±0.53	22.64±0.02	24.42±0.05*	21.59±0.83	21.65±0.27
C14:1n5	0.19±0.01	0.29±0.03*	0.19±0.01	0.31±0.05*	0.23±0.01	0.23±0	0.16±0.07	0.16±0.01
C16:1n7	8.25±0.88	9.07±0.53	7.00±0.38	8.14±0.46*	9.11±0.35	8.82±0.05	7.64±0.97	7.54±0.34
C17:1n7	0.50±0.01	0.70±0.08*	0.54±0.04	0.81±0.02*	0.7±0.06	0.78±0.01	0.57±0.09	0.63±0.05
C18:1n9	31.55±1.15*	28.31±1.29	28.47±0.26	27.92±0.90	27.6±0.74*	25.05±0.20	28.4±0.26*	26.49±0.35
C18:1n7	3.88±0.30	3.83±0.18	2.89±0.26	3.65±0.07*	2.94±0.29	2.64±0.11	2.75±0.22	3.06±0.17
C20:1n9	2.68±0.21	3.37±0.26*	3.61±0.12	4.65±0.56*	1.89±0.12	2.08±0.14	2.93±0.29	4.29±0.47*
ΣMUFA	47.05±2.17	45.56±1.05	42.71±0.50	45.47±0.81*	42.46±1.31*	39.59±0.28	42.45±0.75	42.17±0.60
C18:2n6(LA)	15.7±0.24*	13.5±0.52	17.17±0.14*	12.3±0.27	14.80±0.69	13.93±0.49	17.71±1.38*	12.69±0.40
C18:3n3(LNA)	1.50±0.13	2.14±0.08*	1.80±0.23	1.80±0.01	2.67±0.06*	2.33±0.06	2.06±0.09*	1.29±0.11
C20:2n6	2.38±0.23*	1.72±0.08	3.18±0.33*	2.11±0	1.43±0.07	1.29±0.08	2.34±0.20	2.49±0.12
C20:4n6(ARA)	1.03±0.09	1.34±0.11*	2.11±0.17*	1.22±0.17	1.47±0.08	2.14±0.07*	2.29±0.22	2.37±0.24
C20:4n3	0.22±0.02	0.24±0.03	0.23±0.03	0.42±0.01*	0.36±0.03	0.53±0.04*	0.24±0.02	0.36±0.03*
C20:5n3(EPA)	1.03±0.10	1.89±0.14*	1.61±0.11	2.22±0.51*	1.98±0.15	2.50±0.17*	2.30±0.22	3.20±0.06*
C22:5n6	0.38±0.03*	0.26±0.04	0.29±0.02	0.25±0.05	0.41±0.06	0.44±0.04	0.35±0.12	0.37±0.01
C22:5n3	0.29±0.01	0.58±0.01*	0.33±0.04	0.47±0.06*	0.72±0.07	0.99±0.05*	0.34±0.04	0.57±0.08*
C22:6n3(DHA)	2.78±0.49	4.34±0.58*	2.39±0.16	5.41±0.08*	3.78±0.29	4.62±0.51*	2.54±0.13	5.74±0.80*
ΣPUFA	25.31±0.54	26.01±0.58	29.11±1.04*	26.84±0.50	27.62±0.72	28.76±0.11	30.16±1.42	29.07±0.92
Σn-3PUFA	5.83±0.56	9.19±0.38*	6.36±0.48	10.32±0.66*	9.51±0.12	10.96±0.65*	7.47±0.09	11.16±0.77*
Σn-6PUFA	19.48±0.37*	16.83±0.48	22.75±0.62*	15.88±0.49	18.11±0.83	17.8±0.55	22.69±1.41*	17.91±0.29
n-3/n-6PUFA	0.30±0.03	0.55±0.03*	0.28±0.02	0.65±0.02*	0.53±0.03	0.62±0.06	0.33±0.02	0.62±0.04*
ΣHUFA	5.74±0.56	8.65±0.28*	6.96±0.41	9.99±0.88*	8.72±0.10	11.21±0.63*	8.06±0.10	12.61±0.42*
DHA/EPA	2.68±0.26	2.32±0.48	1.49±0.10	2.53±0.55*	1.92±0.29	1.85±0.08	1.11±0.17	1.80±0.28*

注:“*”表示同一时期同一性别配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹差异显著($P<0.05$)。

Notes: “*” indicates the difference between the same sex and formula feed Chinese mitten crabs and chilled fish at the same period ($P<0.05$).

两种饵料中华绒螯蟹围养期间性腺脂肪酸比较如表6所示,就雌性而言,围养前冰鲜鱼中华绒螯蟹C14:0和C17:0含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹,而围养过后冰鲜鱼中华绒螯蟹C14:0含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹;雄性而言,围养前配合饲料中华绒螯蟹C16:0、C18:0、C22:0和ΣSFA含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而C14:0和C20:0含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹,围养过后与围养前类似。C18:1n9为卵巢的主要单不饱和脂肪酸,围养前配合饲料雌性中华

绒螯蟹C18:1n9含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而围养过后冰鲜鱼中华绒螯蟹C16:1n7、C17:1n7、C20:1n9含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹;C16:1n7、C18:1n9为精巢主要的单不饱和脂肪酸,围养前配合饲料中华绒螯蟹C16:1n7、C18:1n9、C18:1n7和ΣMUFA含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而C20:1n9和C22:1n9含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹($P<0.05$),围养过后两种饵料中华绒螯蟹除C20:1n9外其余MUFA无显著性差异。C18:2n6、C20:5n3和C22:6n3为卵巢的主要

多不饱和脂肪酸, 囤养前配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 冰鲜鱼中华绒螯蟹 C18:3n3 和 C20:5n3 含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹, 而囤养过后配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6、C18:3n3 和 C20:2n6 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 冰鲜鱼中华绒螯蟹 C20:4n3、C20:5n3 和 C22:6n3 含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹; 精巢主要多不饱和脂肪酸为 C18:

2n6、C20:4n6、C20:5n3、C22:6n3, 囤养前配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6、C20:4n6、C20:5n3 和 Σ PUFA 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹, 冰鲜鱼中华绒螯蟹 C18:3n3 和 C20:2n6 含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹, 囤养过后配合饲料中华绒螯蟹 C18:2n6、C20:4n6 以及 Σ PUFA 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹 ($P<0.05$)。

表 6 两种饵料中华绒螯蟹囤养期间性腺脂肪酸比较

Tab. 6 Comparison of gonadal fatty acids during the storage of two kinds of bait Chinese mitten crabs $n = 3$; Mean \pm SD

项目 Items	雌性 Female				雄性 Male			
	11月 November		2月 February		11月 November		2月 February	
	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF
C14:0	0.64 \pm 0.01	0.95 \pm 0*	0.72 \pm 0.02	1.18 \pm 0.11*	0.34 \pm 0.01	0.44 \pm 0.02*	0.23 \pm 0.01	0.26 \pm 0.01
C15:0	0.37 \pm 0.05	0.43 \pm 0.02	0.51 \pm 0.04	0.52 \pm 0.02	0.24 \pm 0.01	0.25 \pm 0.01	0.19 \pm 0.01	0.23 \pm 0.02
C16:0	12.43 \pm 0.23	13.00 \pm 0.58	12.54 \pm 0.43	12.61 \pm 0.31	8.93 \pm 0.07*	7.94 \pm 0.04	8.45 \pm 0.05*	7.49 \pm 0.28
C17:0	0.37 \pm 0.03	0.56 \pm 0.06*	0.63 \pm 0.03	0.60 \pm 0.05	0.67 \pm 0.03	0.65 \pm 0.01	0.58 \pm 0.02	0.53 \pm 0.05
C18:0	4.10 \pm 0.31	4.10 \pm 0.33	4.42 \pm 0.37	3.70 \pm 0.33	7.85 \pm 0.04*	6.8 \pm 0.02	6.85 \pm 0.05*	6.23 \pm 0.31
C20:0	0.50 \pm 0.07*	0.36 \pm 0.01	0.34 \pm 0	0.35 \pm 0.01	0.93 \pm 0.01	1.38 \pm 0.05*	1.36 \pm 0.01	1.66 \pm 0.02*
C22:0	-	-	-	-	1.52 \pm 0.01*	1.38 \pm 0.02	2.59 \pm 0.03*	1.64 \pm 0.01
Σ SFA	18.4 \pm 0.14	19.39 \pm 0.90	19.17 \pm 0.75	18.95 \pm 0.59	20.48 \pm 0.17*	18.84 \pm 0.17	20.25 \pm 0.18*	18.05 \pm 0.60
C16:1n7	9.03 \pm 0.84	8.91 \pm 0.64	7.68 \pm 0.41	9.67 \pm 0.44*	2.66 \pm 0.03*	2.17 \pm 0.05	1.79 \pm 0.01	1.37 \pm 0.05
C17:1n7	0.60 \pm 0.07	0.65 \pm 0.01	0.74 \pm 0.02	0.98 \pm 0.10*	0.25 \pm 0.02	0.25 \pm 0.01	0.16 \pm 0.01	0.15 \pm 0.02
C18:1n9	25.08 \pm 0.61*	23.48 \pm 0.33	23.1 \pm 1.21	22.65 \pm 0.92	16.67 \pm 0.04*	14.90 \pm 0.01	15.42 \pm 0.04	14.04 \pm 0.08
C18:1n7	4.85 \pm 0.10	4.32 \pm 0.48	3.72 \pm 0.57	4.69 \pm 0.22	4.11 \pm 0.02*	3.37 \pm 0.04	3.50 \pm 0.02	3.20 \pm 0.10
C20:1n9	1.3 \pm 0.01	1.62 \pm 0.03*	1.65 \pm 0.05	2.06 \pm 0.17*	2.42 \pm 0.03	2.97 \pm 0.05*	2.43 \pm 0.01	4.50 \pm 0.06*
C22:1n9	-	-	-	-	1.92 \pm 0.02	2.75 \pm 0.05*	2.27 \pm 0.05	2.12 \pm 0.05
Σ MUFA	40.86 \pm 0.88	38.98 \pm 0.95	36.89 \pm 1.86	40.06 \pm 1.23	28.02 \pm 0.13*	26.42 \pm 0.21	25.57 \pm 0.13	25.38 \pm 0.37
C18:2n6(LA)	14.18 \pm 0.98*	11.22 \pm 0.57	17.68 \pm 0.33*	9.38 \pm 0.23	6.10 \pm 0.06*	5.46 \pm 0.09	6.08 \pm 0.04*	4.92 \pm 0.06
C18:3n3(LNA)	1.97 \pm 0.13	2.57 \pm 0.06*	3.78 \pm 0.51*	2.67 \pm 0.32	1.05 \pm 0.04	1.42 \pm 0.08*	1.03 \pm 0.07	1.07 \pm 0.07
C20:2n6	1.63 \pm 0.14	1.49 \pm 0.10	1.69 \pm 0.11*	1.30 \pm 0.13	2.61 \pm 0.02	3.46 \pm 0.04*	4.03 \pm 0.04	4.11 \pm 0.02
C20:4n6(ARA)	3.44 \pm 0.53	3.07 \pm 0.22	3.56 \pm 0.12	3.24 \pm 0.46	15.67 \pm 0.04*	14.02 \pm 0.10	18.09 \pm 0.03*	16.55 \pm 0.46
C20:4n3	0.23 \pm 0.01	0.22 \pm 0.02	0.15 \pm 0.01	0.29 \pm 0.02*	-	-	-	-
C20:5n3(EPA)	5.78 \pm 0.31	7.29 \pm 0.85*	5.91 \pm 0.79	8.54 \pm 0.44*	13.64 \pm 0.07*	12.64 \pm 0.07	11.66 \pm 0.04	11.93 \pm 0.10
C22:5n3	0.67 \pm 0.07	0.71 \pm 0.13	0.70 \pm 0.09	0.65 \pm 0.07	0.70 \pm 0.02	0.68 \pm 0.02	0.55 \pm 0.05	0.49 \pm 0.02
C22:6n3(DHA)	6.49 \pm 0.62	7.28 \pm 0.49	5.77 \pm 0.56	9.60 \pm 0.25*	7.87 \pm 0.06	7.83 \pm 0.08	6.06 \pm 0.05	6.72 \pm 0.04
Σ PUFA	34.38 \pm 1.85	33.85 \pm 1.23	39.24 \pm 0.34*	35.68 \pm 1.19	47.63 \pm 0.29*	45.51 \pm 0.43	47.50 \pm 0.32*	45.78 \pm 0.69
Σ n-3PUFA	12.8 \pm 1.31	13.85 \pm 0.76	13.97 \pm 0.27	16.46 \pm 0.65*	23.26 \pm 0.18*	22.57 \pm 0.25	19.30 \pm 0.22	20.21 \pm 0.15
Σ n-6PUFA	21.59 \pm 0.60*	20.00 \pm 0.64	25.28 \pm 0.56*	19.22 \pm 0.77	24.37 \pm 0.11*	22.94 \pm 0.20	28.20 \pm 0.10*	25.58 \pm 0.54
n-3/n-6PUFA	0.59 \pm 0.05	0.69 \pm 0.03*	0.55 \pm 0.02	0.86 \pm 0.04*	0.95 \pm 0	0.98 \pm 0.01	0.68 \pm 0.01	0.79 \pm 0.01
Σ HUFA	18.23 \pm 0.76	20.07 \pm 1.46	17.78 \pm 0.32	23.62 \pm 0.85*	37.88 \pm 0.19*	35.17 \pm 0.24	36.37 \pm 0.17*	35.68 \pm 0.53
DHA/EPA	1.13 \pm 0.17	1.00 \pm 0.06	0.99 \pm 0.21	1.13 \pm 0.07	0.58 \pm 0.11	0.62 \pm 0.13	0.52 \pm 0.11	0.56 \pm 0.01

注: “*”表示同一时期同一性别配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹差异显著 ($P<0.05$)。

Notes: “*” indicates the difference between the same sex and formula feed Chinese mitten crabs and chilled fish at the same period ($P<0.05$).

2.4 围养期间河蟹游离氨基酸比较

两种饵料中华绒螯蟹围养期间肌肉游离氨基酸如表7所示,就雌性而言,围养前配合饲料中华绒螯蟹苏氨酸(Thr)、甘氨酸(Gly)、异亮氨酸(Ile)、苯丙氨酸(Phe)、赖氨酸(Lys)、组氨酸(His)和必需氨基酸含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而冰鲜鱼中华绒螯蟹缬氨酸(Val)、络氨酸(Tyr)和精氨酸(Ary)含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹($P<0.05$),围养过后配合饲料中华绒螯蟹半胱氨酸(Cys)和脯氨酸(Pro)含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而丝氨酸(Ser)、谷氨酸(Glu)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸、亮氨酸(Leu)、络氨酸、赖氨酸、组氨酸和总氨基酸含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹($P<0.05$);就雄性中华绒螯蟹而言,围养前冰鲜鱼中华绒螯蟹苏氨酸、丝氨酸(Ser)、丙氨酸

(Ala)、半胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、脯氨酸和必需氨基酸含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹,而围养过后配合饲料中华绒螯蟹牛磺酸(Thu)、苯丙氨酸、组氨酸、脯氨酸含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹($P<0.05$),冰鲜鱼中华绒螯蟹苏氨酸、半胱氨酸和络氨酸含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹($P<0.05$)。不同的氨基酸呈现不同的口味,谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸和精氨酸(Arg),分别呈现鲜味、甜味、甜味和苦味。雌性中华绒螯蟹围养过后不论配合饲料河蟹还是冰鲜鱼中华绒螯蟹呈现甜味的甘氨酸和丙氨酸的含量增加,而苦味的精氨酸的含量下降;雄性中华绒螯蟹肌肉当中呈鲜味的谷氨酸和呈甜味的甘氨酸含量增加,而呈现苦味的组氨酸和精氨酸含量下降。

表7 两种饵料中华绒螯蟹围养期间肌肉中游离氨基酸比较

Tab. 7 Comparison of free amino acids in muscle of two kinds of feeding Chinese mitten crabs $n = 3$; Mean \pm SD

游离氨基酸 Free amino acids	雌性 Female				雄性 Male			
	11月 November		2月 February		11月 November		2月 February	
	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF
牛磺酸 Thu	154.1 \pm 16.3	162.74 \pm 11.04	218.34 \pm 9.99	234.15 \pm 15.61	145.12 \pm 5.40	135.94 \pm 10.16	162.02 \pm 1.73*	144.55 \pm 3.85
天冬氨酸 Asp	3.36 \pm 0.07	3.20 \pm 0.42	1.82 \pm 0.12	2.05 \pm 0.25	2.89 \pm 0.24	2.74 \pm 0.17	2.82 \pm 0.26	2.84 \pm 0.12
苏氨酸 Thr	89.58 \pm 2.06*	63.35 \pm 4.51	59.55 \pm 5.79	63.76 \pm 0.21	64.95 \pm 6.51	95.10 \pm 5.55*	63.34 \pm 7.34	81.96 \pm 2.98*
丝氨酸 Ser	29.13 \pm 7.49	36.54 \pm 1.45	29.44 \pm 2.08	42.12 \pm 6.70*	27.42 \pm 2.96	45.87 \pm 6.15*	36.90 \pm 2.40	47.49 \pm 6.21
谷氨酸 Glu	38.74 \pm 1.90	40.14 \pm 5.83	29.93 \pm 0.68	54.55 \pm 4.66*	37.71 \pm 8.27	45.65 \pm 2.79	63.97 \pm 5.34	57.76 \pm 7.25
甘氨酸 Gly	444.01 \pm 9.11*	381.14 \pm 32.3	515.36 \pm 38.38	564.64 \pm 7.57	337.98 \pm 20.01	322.07 \pm 25.45	523.65 \pm 29.36	552.75 \pm 1.69
丙氨酸 Ala	370.68 \pm 5.91	372.82 \pm 42.72	501.9 \pm 35.24	489.62 \pm 25.27	368.96 \pm 5.66	434.47 \pm 29.00*	386.5 \pm 20.85	363.51 \pm 67.49
半胱氨酸 Cys	2.59 \pm 0.32	2.70 \pm 0.23	11.63 \pm 1.04*	8.14 \pm 0.11	3.45 \pm 0.37	9.58 \pm 0.28*	4.65 \pm 0.67	6.81 \pm 0.77*
缬氨酸 Val	13.65 \pm 0.86	17.05 \pm 1.57*	20.56 \pm 2.96	21.11 \pm 0.88	11.92 \pm 0.59	19.93 \pm 2.24*	13.25 \pm 3.25	13.37 \pm 1.48
蛋氨酸 Met	17.45 \pm 0.77	16.89 \pm 0.93	17.11 \pm 1.51	23.91 \pm 2.63*	11.66 \pm 1.00	15.41 \pm 0.75*	12.16 \pm 0.72	10.91 \pm 0.67
异亮氨酸 Ile	15.94 \pm 0.82*	10.78 \pm 0.29	7.69 \pm 1.36	10.72 \pm 0.13*	6.48 \pm 0.68	7.58 \pm 1.01	7.06 \pm 0.69	8.19 \pm 1.01
亮氨酸 Leu	14.96 \pm 0.91	16.65 \pm 1.54	16.59 \pm 2.16	22.41 \pm 0.35*	13.44 \pm 0.40	15.98 \pm 1.42*	15.22 \pm 0.46	15.66 \pm 0.66
络氨酸 Tyr	14.54 \pm 0.33	21.10 \pm 1.64*	7.48 \pm 0.66	16.85 \pm 0.15*	10.15 \pm 1.27	9.52 \pm 1.12	10.02 \pm 0.55	14.39 \pm 1.26*
苯丙氨酸 Phe	28.67 \pm 2.81*	24.06 \pm 3.16	24.75 \pm 2.18	29.8 \pm 4.22	17.54 \pm 0.40	17.06 \pm 2.30	14.57 \pm 0.47*	11.77 \pm 0.82
赖氨酸 Lys	20.62 \pm 2.03*	15.74 \pm 1.29	16.00 \pm 0.28	22.57 \pm 1.94*	26.42 \pm 2.22	21.93 \pm 2.14	16.26 \pm 0.12	17.03 \pm 0.82
组氨酸 His	29.24 \pm 1.48*	12.44 \pm 0.34	7.94 \pm 0.67	21.1 \pm 0.82*	18.37 \pm 0.61	17.53 \pm 1.69	13.26 \pm 0.21*	11.63 \pm 0.90
精氨酸 Ary	478.55 \pm 8.83	519.54 \pm 10.77*	202.60 \pm 5.61	236.43 \pm 20.69	319.13 \pm 19.61	361.62 \pm 34.64	235.94 \pm 13.02	266.43 \pm 26.33
脯氨酸 Pro	207.72 \pm 14.97	221.6 \pm 4.84	145.18 \pm 5.71*	132.8 \pm 2.88	207.01 \pm 7.57	246.59 \pm 21.38*	165.98 \pm 5.93*	141.92 \pm 6.54
总氨基酸 TAA	2 006.02 \pm 40.7	1 938.48 \pm 49.39	1833.87 \pm 55.75	1996.73 \pm 34.52*	1 630.6 \pm 49.02	1 824.54 \pm 49.40	1 747.56 \pm 30.59	1 768.97 \pm 88.92
必需氨基酸 EAA/%	8.98 \pm 0.69*	7.63 \pm 0.28	7.96 \pm 0.67	8.61 \pm 0.30	8.52 \pm 0.30	9.7 \pm 0.18*	7.24 \pm 0.50	8.11 \pm 0.41

注:“*”表示同一时期同一性别配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹差异显著($P<0.05$)。

Notes: “*” indicates the difference between the same sex and formula feed Chinese mitten crabs and chilled fish at the same period ($P<0.05$).

两种饵料中华绒螯蟹围养期间性腺游离氨基酸如表8所示,就雌性卵巢而言,围养前配合饲料中华绒螯蟹 Thu、Asp、Thr、Ser、Glu、Gly、Val、Met、Leu、Lys、His、Ary 和总氨基酸含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而围养过后配合饲料中华绒螯蟹 Thr、Gly、Phe 和 His 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,冰鲜鱼中华绒螯蟹 Thu、Glu、Ala、Cys、Tyr、Lys、Ary 和 TAA 含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹 ($P<0.05$);就雄性精巢而言,围养前配合饲料中华绒螯蟹 Thu、Asp、Thr、Ser、Glu、Gly、Ala、Ary、Pro 和 TAA 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,而 Met、

Leu、Tyr、His 和必需氨基酸含量显著低于冰鲜鱼中华绒螯蟹 ($P<0.05$),围养过后配合饲料中华绒螯蟹 Thu、Thr、Gly、Val、Met、Ile、Leu、Tyr、Phe、Lys、Ary 和 Pro 含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,冰鲜鱼中华绒螯蟹 Asp、Glu 和 Ala 含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹 ($P<0.05$)。雌性卵巢围养过后配合饲料中华绒螯蟹呈现鲜味谷氨酸(Glu)和呈现苦味氨基酸(Lys 和 Ary)含量下降,冰鲜鱼中华绒螯蟹呈现苦味的 Ary 含量下降;雄性中华绒螯蟹精巢围养过后配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹氨基酸呈味强度差异不大。

表8 两种饵料中华绒螯蟹围养期间性腺中游离氨基比较

Tab. 8 Comparison of free amino groups in the gonads of two kinds of bait Chinese mitten crabs during hoarding

$n = 3$; Mean \pm SD

游离氨基酸 Free amino acids	雌性 Female				雄性 Male			
	11月 November		2月 February		11月 November		2月 February	
	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF	配合饲料 CF	冰鲜鱼 CTF
牛磺酸 Thu	363.58 \pm 6.75*	330.76 \pm 8.76	252.73 \pm 3.66	354.87 \pm 2.88*	176.51 \pm 12.28*	138.36 \pm 7.24	91.27 \pm 3.74*	83.37 \pm 0.35
天冬氨酸 Asp	5.34 \pm 0.17*	2.07 \pm 0.04	8.02 \pm 0.11	8.32 \pm 0.28	8.24 \pm 0.57*	2.09 \pm 0.04	2.83 \pm 0.12	3.39 \pm 0.02*
苏氨酸 Thr	10.14 \pm 0.30*	3.96 \pm 0.13	6.69 \pm 0.30*	5.87 \pm 0.14	5.01 \pm 0.65*	2.44 \pm 0.11	4.95 \pm 0.08*	2.56 \pm 0.40
丝氨酸 Ser	6.42 \pm 0.30*	4.81 \pm 0.66	6.30 \pm 0.89	6.81 \pm 0.19	5.47 \pm 1.00*	3.17 \pm 0.41	4.62 \pm 0.16	4.42 \pm 0.21
谷氨酸 Glu	66.17 \pm 1.60*	30.77 \pm 4.92	29.55 \pm 0.54	33.28 \pm 1.27*	35.62 \pm 2.20*	14.83 \pm 0.70	17.07 \pm 0.47	20.61 \pm 0.92*
甘氨酸 Gly	24.68 \pm 0.55*	14.41 \pm 0.37	14.36 \pm 0.44*	13.35 \pm 0.22	17.20 \pm 0.80*	13.04 \pm 0.17	25.72 \pm 2.34*	18.53 \pm 0.12
丙氨酸 Ala	45.51 \pm 2.16	43.43 \pm 2.33	32.45 \pm 0.33	46.57 \pm 0.38*	68.36 \pm 2.78*	32.36 \pm 0.71	33.35 \pm 1.27	39.86 \pm 0.67*
半胱氨酸 Cys	3.07 \pm 0.26	2.33 \pm 0.22	2.72 \pm 0.16	3.78 \pm 0.25*	3.25 \pm 0.24	3.20 \pm 0.11	5.53 \pm 0.13	5.48 \pm 0.34
缬氨酸 Val	8.40 \pm 0.35*	4.59 \pm 0.11	4.45 \pm 0.35	4.54 \pm 0.27	6.42 \pm 0.05	5.48 \pm 0.27	6.49 \pm 0.49*	3.34 \pm 0.40
蛋氨酸 Met	8.79 \pm 1.01*	5.18 \pm 0.63	3.73 \pm 0.47	3.80 \pm 0.19	5.24 \pm 0.37	8.32 \pm 0.47*	5.82 \pm 0*	1.61 \pm 0.21
异亮氨酸 Ile	4.77 \pm 0.37	4.50 \pm 0.36	3.85 \pm 0.24	3.75 \pm 0.16	7.95 \pm 0.09	7.68 \pm 0.63	8.18 \pm 0.56*	4.56 \pm 0.06
亮氨酸 Leu	6.91 \pm 0.56*	4.52 \pm 0.24	3.97 \pm 0.15	3.49 \pm 0.41	7.51 \pm 0.31	9.18 \pm 0.72*	5.60 \pm 0.52*	3.80 \pm 0.05
酪氨酸 Tyr	8.33 \pm 0.51	7.85 \pm 0.58	4.57 \pm 0.06	5.61 \pm 0.25*	10.71 \pm 0.42	22.47 \pm 0.55*	27.56 \pm 0.81*	4.46 \pm 0.40
苯丙氨酸 Phe	13.2 \pm 0.39	12.56 \pm 0.31	7.21 \pm 0.39*	4.52 \pm 0.10	6.35 \pm 0.10	7.77 \pm 0.88	11.65 \pm 1.46*	4.62 \pm 0.33
赖氨酸 Lys	46.87 \pm 1.99*	25.18 \pm 0.76	27.16 \pm 0.24	49.40 \pm 2.79*	15.18 \pm 0.50	16.03 \pm 0.89	13.71 \pm 0.79*	6.53 \pm 0.53
组氨酸 His	18.05 \pm 0.36*	15.67 \pm 0.25	15.61 \pm 0.63*	13.76 \pm 0.53	11.42 \pm 0.42	25.12 \pm 0.80*	12.12 \pm 0.33	11.27 \pm 0.37
精氨酸 Ary	287.68 \pm 2.27*	194.92 \pm 4.74	134.18 \pm 2.16	163.23 \pm 2.49*	38.78 \pm 0.74*	24.45 \pm 3.64	27.08 \pm 0.93	34.52 \pm 1.24*
脯氨酸 Pro	136.48 \pm 2.19	132.58 \pm 6.90	71.74 \pm 5.72	66.87 \pm 2.92	44.06 \pm 0.67*	26.55 \pm 4.83	51.88 \pm 4.95	66.5 \pm 1.95*
总氨基酸TAA	1 242.34 \pm 181.28*	840.11 \pm 2.32	629.29 \pm 3.26	791.81 \pm 6.38*	469.8 \pm 14.19*	362.52 \pm 2.08	355.42 \pm 5.57*	319.44 \pm 3.48
必需氨基酸 EAA/%	8.11 \pm 1.37	7.20 \pm 0.08	9.07 \pm 0.12	9.52 \pm 0.41	11.44 \pm 0.63	15.69 \pm 0.29*	15.87 \pm 0.31*	8.46 \pm 0.16

注:“*”表示同一时期同一性别配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹差异显著($P<0.05$)。

Notes: “*” indicates the difference between the same sex and formula feed Chinese mitten crabs and chilled fish at the same period ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 两种饵料中华绒螯蟹可食组织营养物质比及常规较

肝胰腺(蟹黄)、性腺(蟹膏)和肌肉是中华绒螯蟹重要的可食组织^[20],可食组织质量和体重比是评价中华绒螯蟹食用价值的重要指标^[22]。本研究发现,HSI呈下降趋势,而GSI呈上升趋势,其原因是中华绒螯蟹肝胰腺将营养物质向性腺转移,满足性腺发育的需求^[17, 23-24]。通过肝胰腺指数来看,雌性中华绒螯蟹肝胰腺指数(3.5%)下降比雄性(2%)更多,肝胰腺的水分含量(15%)比雄性(10%)增加更多,性腺指数(1.8%)比雄性(1.2%)增加更多,由此推测雌性中华绒螯蟹肝胰腺营养物质转移到性腺中比雄性更多。常规营养成分是评价水产动物营养的重要指标^[25]。本研究发现,两种饵料的中华绒螯蟹肌肉中脂肪含量随着围养时间的延长先下降后上升,水分、蛋白质和灰分无明显变化。肌肉作为运动器官,其生化成分围养期间相对稳定^[26],脂肪含量相对较低,围养期间出现先下降后上升的原因可能是前期消耗脂肪抵御越冬期间严寒和饥饿,后期水温上升摄食水体的水草和死亡河蟹使体内脂肪含量上升。肝胰腺是甲壳动物脂质储存和代谢中心^[27-28]。本研究发现,两种饵料中华绒螯蟹围养期间肝胰腺水分和蛋白质呈上升趋势,脂肪呈下降趋势。其脂肪下降可能是围养期间气温较低,需消耗储存在肝胰腺中的脂肪来维持自身需求^[29-30],同时转移到性腺供性腺发育使用^[31];肝胰腺水分和蛋白质上升的原因是中华绒螯蟹成熟后体内无机离子和胶体物质浓度增加,水的渗透增加导致肝胰腺水分含量增加^[32],脂肪被消耗,导致蛋白质的相对含量增加。就性腺而言,本研究发现两种饵料养殖的中华绒螯蟹围养期间脂肪含量呈下降趋势,本研究与宋黎黎研究结果相同^[4],而围养期间性腺脂肪下降具体原因有待进一步深入研究。虽然中华绒螯蟹未出现“掉膏”的现象,但是围养期间中华绒螯蟹可食组织营养物质有一定程度的流失。

3.2 两种饵料河蟹围养期间脂肪酸比较

可食组织中必须脂肪酸含量既是评价水产品的营养指标又可作为风味指标^[22, 33-35]。本研究发现,配合饲料中华绒螯蟹可食组织(除精

巢)中C18:2n6(LA)含量显著高于冰鲜鱼中华绒螯蟹,围养过后配合饲料中华绒螯蟹可食组织中LA、C20:4n6(ARA)含量增加,而冰鲜鱼中华绒螯蟹可食组织中LA含量下降,ARA含量无显著性变化。中华绒螯蟹脂肪酸的组成受环境和饵料等多种因素的影响^[36-37],配合饲料中华绒螯蟹LA含量高是由于配合饲料由豆粕、菜粕等LA含量高的原料构成,导致配合饲料养殖的中华绒螯蟹LA含量高,LA是合成ARA的前体物质^[26],因此围养过程中配合饲料中华绒螯蟹ARA含量增加。C20:5n3(EPA)和C22:6n3(DHA)能够减少人体心血管疾病和抑制炎症^[38-39]。本研究发现,冰鲜鱼中华绒螯蟹肝胰腺和卵巢中EPA和DHA含量显著高于配合饲料中华绒螯蟹,围养过后两种饵料的中华绒螯蟹可食组织中EPA和DHA含量都有所增加,尤其是肝胰腺当中。因此围养对于中华绒螯蟹的营养品质有一定的提高。

棕榈油酸(C16:1n7)、硬脂酸(C18:0)和油酸(18:1n9)的含量与口味和品质相关^[40-41],有研究发现棕榈油酸含量和口味之间呈正相关,硬脂酸含量和口味之间呈负相关^[41],而油酸被营养界称为“安全脂肪酸”,具有降低血液胆固醇的作用^[40],本研究发现,围养过后中华绒螯蟹可食组织硬脂酸含量无明显变化,而棕榈油酸和油酸含量下降。n-3PUFA、n-6PUFA和n-3PUFAs/n-6PUFAs是评价食品营养品质和风味的重要指标^[42]。根据FAO建议食物中n-3/n-6PUFAs的值在0.1~0.2^[41, 43],n-3PUFAs含量越高营养价值越高。本研究发现,配合饲料中华绒螯蟹可食组织中n-6PUFAs含量增加,其原因是配合饲料中华绒螯蟹肌肉和卵巢中C18:2n6含量上升,导致n-6PUFAs含量增加,而冰鲜鱼中华绒螯蟹可食组织(除精巢)中n-6PUFAs含量基本不变,围养会导致DHA和EPA含量增加,从而使n-3PUFAs含量增加,冰鲜鱼肌肉和卵巢中n-3/n-6PUFA上升,配合饲料中华绒螯蟹围养过后n-3/n-6PUFA没有显著性变化。由此可以看出围养对中华绒螯蟹肌肉和卵巢脂肪酸有一定的优化作用,尤其是冰鲜鱼中华绒螯蟹。

3.3 两种饵料中华绒螯蟹围养期间游离氨基酸比较

游离氨基酸含量是影响甲壳动物风味的重

要因素^[14]。本次共检测 18 种游离氨基酸,由于水产动物中色氨酸含量微量,未检测出色氨酸。肌肉中含量较高的游离氨基酸为精氨酸、甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸,卵巢中含量较高的为牛磺酸、精氨酸和脯氨酸,精巢中含量较高的为牛磺酸、丙氨酸和脯氨酸,此结果与 WANG 等^[15]一致。囤养过后,配合饲料中华绒螯蟹和冰鲜鱼中华绒螯蟹肌肉甜味和鲜味氨基酸含量增加(Thu、Gly、Ala),而苦味氨基酸含量下降(Tyr、Arg、Pro)。雌性卵巢中天冬氨酸含量增加,而牛磺酸、精氨酸和脯氨酸和总氨基酸含量降低;雄性中华绒螯蟹精巢中甘氨酸含量增加,而牛磺酸含量降低。牛磺酸能促进胚胎细胞生长、分化等^[44],甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸呈现甜味,而精氨酸可以起到提升鲜味的作用^[45]。由此可以看出囤养过后中华绒螯蟹肌肉的甜味增加,而中华绒螯蟹性腺的口感降低,尤其是卵巢。

综上所述:两种饵料中华绒螯蟹囤养期间肝胰腺指数和总可食率呈下降趋势,而性腺指数呈上升趋势。肝胰腺水分和蛋白质呈上升趋势,脂肪含量呈下降趋势;卵巢脂肪呈下降趋势;精巢水分和脂肪含量呈下降趋势,蛋白质和灰分无显著变化。配合饲料中华绒螯蟹囤养过程中 C18:2n6、 Σ n-6PUFA、 Σ HUFA 和 Σ PUFA 含量增加,冰鲜鱼中华绒螯蟹 EPA、DHA、 Σ n-3PUFA、 Σ HUFA 和 Σ PUFA 含量增加。囤养过后肌肉的甘氨酸和丙氨酸含量增加,而精氨酸和脯氨酸含量下降,肌肉的甜味增加,而性腺谷氨酸和总氨基酸含量下降,口感下降。

参考文献:

- [1] WANG S, HE Y, WANG Y Y, et al. Comparison of flavour qualities of three sourced *Eriocheir sinensis* [J]. Food Chemistry, 2016, 200: 24-31.
- [2] ZHANG Z X, CAPINHA C, WETERINGS R, et al. Ensemble forecasting of the global potential distribution of the invasive Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Hydrobiologia, 2019, 826(1): 367-377.
- [3] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 中国渔业统计年鉴-2021[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021: 40. Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China fishery statistical yearbook-2021 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021: 40.
- [4] 宋黎黎, 高建操, 邵乃麟, 等. 越冬暂养对雌性中华绒螯蟹的营养品质及风味的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2021, 30(5): 800-811. SONG L L, GAO J C, SHAO N L, et al. Effects of overwintering cultivation on nutritional quality and flavor of female *Eriocheir sinensis* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2021, 30(5): 800-811.
- [5] 王武, 王成辉, 马旭洲. 河蟹生态养殖[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2013: 9-24. WANG W, WANG C H, MA X Z. Ecological breeding of *Eriocheir Sinensis*[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 9-24.
- [6] 王帅, 吴旭干, 陶宁萍, 等. 中华绒螯蟹六月黄营养及风味品质研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(4): 219-227. WANG S, WU X G, TAO N P, et al. Nutritional and flavor quality analysis of Liu yuehuang (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(4): 219-227.
- [7] 涂俊明. 囤养螃蟹鱼货关键在于水[J]. 渔业致富指南, 2017(1): 31. TU J M. The key to stockpiling crab and fish is water [J]. Fishery Guide to be Rich, 2017(1): 31.
- [8] 万全, 古界明. 河蟹控温暂养保质新技术研究[J]. 现代农业科技, 2008(24): 231-232. WAN Q, GU J M. Research on new technology of *Eriocheir sinensis* temperature control temporary maintenance and preservation [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2008(24): 231-232.
- [9] WANG Q D, LIU J S, ZHANG S Y, et al. Sustainable farming practices of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) around Hongze Lake, lower Yangtze River Basin, China[J]. Ambio, 2016, 45(3): 361-373.
- [10] 彭静文, 周纷, 王锡昌. 配合饲料囤养对雌性中华绒螯蟹滋味品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 91-97. PENG J W, ZHOU F, WANG X C. Effects of formula feed hoarding on the taste quality of Female Chinese *Eriocheir sinensis* [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(11): 91-97.
- [11] DAI F, SONG L L, GAO J C, et al. Effect of stocking density on mortality rate, physiological status and nutrient contents of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* during overwintering cultivation [J]. Aquaculture Reports, 2020, 16: 100241.
- [12] 杨丽丽, 杨筱珍, 赵柳兰, 等. 冰鲜野杂鱼和配合饲料对中华绒螯蟹幼蟹生长、消化酶活力及血细胞的影响研究[J]. 复旦学报(自然科学版), 2011, 50(5): 619-624. YANG L L, YANG X Z, ZHAO L L, et al. Effects of two different diets on the growth, digestive enzyme activity and

- haemocytes in juvenile Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Fudan University (Natural Science), 2011, 50(5): 619-624.
- [13] SHAO L C, WANG C, HE J, et al. Hepatopancreas and gonad quality of Chinese Mitten Crabs fattened with natural and formulated diets [J]. Journal of Food Quality, 2013, 36(3): 217-227.
- [14] SHAO L C, WANG C, HE J, et al. Meat quality of Chinese Mitten Crabs fattened with natural and formulated diets [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2014, 23(1): 59-72.
- [15] WANG S H, WANG Y Z, WU X G, et al. Gonadal development and biochemical composition of Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) from four sources [J]. Journal of Food Science, 2021, 86(3): 1066-1080.
- [16] 何杰, 吴旭干, 龙晓文, 等. 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 野生和养殖蟹种对池塘养殖成蟹可食率和营养品质的影响研究 [J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(1): 140-150.
- HE J, WU X G, LONG X W, et al. Comparison in edible yield and nutritional quality of pond-cultured adult *Eriocheir sinensis* from wild-caught and pond-reared crabseeds [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2016, 47(1): 140-150.
- [17] 赵恒亮. 池塘养殖条件下中华绒螯蟹长江、黄河和辽河 3 个地理种群成蟹形态学、养殖性能和营养品质的比较研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2016: 1-2.
- ZHAO H L. Comparative studies on morphology, culture performance and biochemical composition among Yangtze, Huang, and Liao River populations of adult *Eriocheir sinensis* reared in ponds [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016: 1-2.
- [18] AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists [M]. 16 th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [19] FOLCH J, LEES M, STANLEY G H S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues [J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [20] WU X G, ZHOU B, CHENG Y X, et al. Comparison of gender differences in biochemical composition and nutritional value of various edible parts of the blue swimmer crab [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23(2): 154-159.
- [21] TSAI S Y, WU T P, HUANG S J, et al. Nonvolatile taste components of *Agaricus bisporus* harvested at different stages of maturity [J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1457-1464.
- [22] WU X G, CHENG Y X, SUI L Y, et al. Biochemical composition of pond-reared and lake-stocked Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) broodstock [J]. Aquaculture Research, 2007, 38(14): 1459-1467.
- [23] 王世会, 赵金山, 吴旭干, 等. 东营池塘养殖中华绒螯蟹生长性能、性腺发育及营养品质 [J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(1): 17-26.
- WANG S H, ZHAO J S, WU X G, et al. Growth performance, gonadal development and nutritional composition of adult *Eriocheir sinensis* from Dongying [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2020, 29(1): 17-26.
- [24] MA N, LONG X W, LIU J G, et al. Defatted *Haematococcus pluvialis* meal can enhance the coloration of adult Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* [J]. Aquaculture, 2019, 510: 371-379.
- [25] KAUSE A, RITOLA O, PAANANEN T, et al. Coupling body weight and its composition: a quantitative genetic analysis in rainbow trout [J]. Aquaculture, 2002, 211(1/4): 65-79.
- [26] 常国亮, 吴旭干, 成永旭, 等. 磷脂和 HUFA 对中华绒螯蟹幼蟹存活、生长、蜕壳及生化组成的影响 [J]. 中国水产科学, 2011, 18(2): 329-337.
- CHANG G L, WU X G, CHENG Y X, et al. Effects of phospholipid and highly unsaturated fatty acid on survival, weight gain, molting and biochemical composition of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(2): 329-337.
- [27] ADAMCZEWSKA A M, MORRIS S. Exercise in the terrestrial Christmas island red crab *Gecarcoidea natalis*: II. energetics of locomotion [J]. Journal of Experimental Biology, 1994, 188(1): 257-274.
- [28] 成永旭, 李少菁, 王桂忠, 等. 锯缘青蟹卵黄发生期卵巢和肝胰腺脂类的变化 [J]. 海洋学报, 2001, 23(3): 66-77.
- CHENG Y X, LI S J, WANG G Z, et al. Changes in lipid class and fatty acid compositions in the ovaries and hepatopancreas of the mud crab *Scylla serrata* during the vitellogenesis of the second ovarian maturation [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2001, 23(3): 66-77.
- [29] 陈伟, 王春, 杨印璞, 等. 中华绒螯蟹在西藏高原条件下越冬期生化组分的变化 [J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(5): 733-740.
- CHEN W, WANG C, YANG Y P, et al. Variations in biochemical composition of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* acclimated to Tibetan plateau during its overwintering [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(5): 733-740.
- [30] 肖昌伦, 孙云飞, 鹿珍珠, 等. 越冬期间投喂不同饵料对中华绒螯蟹扣蟹存活、营养组成、消化及免疫力的影响 [J]. 水产学报, 2022, 46(10): 1992-2006.
- XIAO C L, SUN Y F, LU Z Z, et al. Effects of feeding

- different diets on survival, nutritional composition, digestion and immunity of juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) during overwintering [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2022, 46(10): 1992-2006.
- [31] 李思发, 王成辉, 赵乃刚. 湖泊放养长江水系中华绒螯蟹的性成熟规律研究[J]. *水生生物学报*, 2001, 25(4): 350-357.
- LI S F, WANG C H, ZHAO N G. Studies on gonad developmental rule of lake stocked mitten crab of Yangtze population[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2001, 25(4): 350-357.
- [32] 成永旭, 堵南山, 赖伟. 不同阶段中华绒螯蟹肝胰腺的脂类及脂肪酸组成[J]. *动物学报*, 1998, 44(4): 420-429.
- CHENG Y X, DU N S, LAI W. Lipid composition in hepatopancreas of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* at different stages[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1998, 44(4): 420-429.
- [33] 陈丽花, 肖作兵, 周培根. 中国对虾的脂肪酸分析及其营养价值评价[J]. *上海海洋大学学报*, 2010, 19(1): 125-129.
- CHEN L H, XIAO Z B, ZHOU P G. Nutrition value evaluation of fatty acids in *Penaeus chinensis*[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2010, 19(1): 125-129.
- [34] 文志勇, 孙宝国, 梁梦兰, 等. 脂质氧化产生香味物质[J]. *中国油脂*, 2004, 29(9): 41-44.
- WEN Z Y, SUN B G, LIANG M L, et al. Flavour compounds from lipid oxidation[J]. *China Oils and Fats*, 2004, 29(9): 41-44.
- [35] GRAHL-Nielsen O, JACOBSEN A, CHRISTOPHERSEN G, et al. Fatty acid composition in adductor muscle of juvenile scallops (*Pecten maximus*) from five Norwegian populations reared in the same environment [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2010, 38(4): 478-488.
- [36] ROMANO N, WU X G, ZENG C S, et al. Growth, osmoregulatory responses and changes to the lipid and fatty acid composition of organs from the mud crab, *Scylla serrata*, over a broad salinity range [J]. *Marine Biology Research*, 2014, 10(5): 460-471.
- [37] WU X, CHANG G, CHENG Y, et al. Effects of dietary phospholipid and highly unsaturated fatty acid on the gonadal development, tissue proximate composition, lipid class and fatty acid composition of precocious Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2010, 16(1): 25-36.
- [38] HALL W L. Dietary saturated and unsaturated fats as determinants of blood pressure and vascular function [J]. *Nutrition Research Reviews*, 2009, 22(1): 18-38.
- [39] HARPER C R, JACOBSON T A. Usefulness of Omega-3 fatty acids and the prevention of coronary heart disease [J]. *The American Journal of Cardiology*, 2005, 96(11): 1521-1529.
- [40] BHOURI A M, HARZALLAH H J, DHIBI M, et al. Nutritional fatty acid quality of raw and cooked farmed and wild sea bream (*Sparus aurata*) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(1): 507-512.
- [41] KIMATA M, ISHIBASHI T, KAMADA T. Studies on relationship between sensory evaluation and chemical composition in various breeds of pork [J]. *Nihon Yoton Gakkaishi*, 2001, 38(2): 45-51.
- [42] CHEN D W, ZHANG M, SHRESTHA S. Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(4): 1343-1349.
- [43] TURCHINI G M, MORETTI V M, MENTASTI T, et al. Effects of dietary lipid source on fillet chemical composition, flavour volatile compounds and sensory characteristics in the freshwater fish tench (*Tinca tinca* L.) [J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(4): 1144-1155.
- [44] VAN GELDER N M. Pathologies of the CNS and associated taurine changes [M]//LOMBARDINI J B, SCHAFFER S W, AZUMA J. *Taurine: Nutritional Value and Mechanisms of Action*. New York: Springer, 1992: 253-261.
- [45] FUKE S, KONOSU S. Taste-active components in some foods: a review of Japanese research [J]. *Physiology & Behavior*, 1991, 49(5): 863-868.

Comparison of nutritional quality of Chinese mitten crab cultured from compound feed and chilled fish during hoarding

XIAO Changlun^{1,2}, SUN Yunfei^{1,3,4,5}, LU Zhenzhen¹, CHENG Yongxu^{1,3,4,5}

(1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Luzhou Hejiang County Fubao Town Chuanshi Scientific Research Co. Ltd., Luzhou 646208, Sichuan, China; 3. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 5. Key Laboratory of Integrated Rice-Fish Farming Ecosystem, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to understand the nutritional quality of Chinese mitten crabs cultured with compound feed and chilled fish during hoarding, Chinese mitten crab cultured with compound feed and Chinese mitten crab cultured with fresh fish were stockpiled for three months to compare their edible rate, conventional nutrients, fatty acids and free amino acid composition. The results showed that: during the hoarding period, the gonadal index of the two bait Chinese mitten crab showed an upward trend, the hepatopancreatic index and total edible rate showed a downward trend, and there was no significant change in the meat yield; during the hoarding period, the water and protein content of liver and pancreas of the two bait Chinese mitten crab showed an upward trend, the fat content showed a downward trend, the gonadal fat showed a downward trend, and there was no obvious change in nutrients in the muscle; the content of C18:2n6 (LA) in the edible tissue (except for the fine nest) of Chinese Mitten Crab cultured with compound feed was significantly higher than that in Chinese mitten crab cultured with chilled fish, while the contents of EPA and DHA in hepatopancreas and ovaries were significantly lower than those in Chinese mitten crab cultured with chilled fish. After stockpiling, the contents of edible tissues C18:2n6(LA), C20:4n6 (ARA) and \sum n-6PUFA in Chinese mitten crab cultured with compound feed increased and were significantly higher than those in Chinese mitten crab cultured with fresh fish, and the contents of EPA, DHA and \sum n-3PUFA in Chinese mitten crab cultured with fresh fish were increased and significantly higher than those in Chinese mitten crab cultured with compound feed; after hoarding the two bait Chinese mitten crab, the content of sweet amino acids (Gly) in the muscles increased, while the content of bitter amino acids (His, Arg, Pro) decreased, and the content of umami amino acids and sweet amino acids in the gonads decreased. In summary, there was no obvious "ointment" phenomenon during the hoarding of Chinese mitten crab cultured by two kinds of bait, but there was a significant loss of edible tissue nutrients, especially the liver and pancreas. From the perspective of fatty acids and amino acids, the content of LA and ARA of compound feed cultured Chinese mitten crab increased during the hoarding period, and the EPA and DHA content of chilled fish cultured Chinese mitten crab increased. On the whole, hoarding had a certain optimization effect on Chinese mitten crab fatty acids, the content of sweet amino acids in muscles increased, while the content of umami amino acids and sweet amino acids in the gonads decreased, and the overall quality deteriorated.

Key words: Chinese mitten crab; hoarding; nutritional quality; fatty acid; amino acid