

## 育肥时间对三疣梭子蟹卵巢发育和营养品质的影响

吴旭干<sup>1</sup>, 汪 倩<sup>1,2</sup>, 楼 宝<sup>3</sup>, 刘智俊<sup>1</sup>, 成永旭<sup>1,2\*</sup>

(1. 上海海洋大学水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306;

2. 上海海洋大学上海高校知识服务平台水产动物遗传育种中心, 上海 201306;

3. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100)

**摘要:** 采用育肥养殖实验和生化分析技术, 研究了育肥时间对三疣梭子蟹雌体卵巢发育和营养品质的影响。结果发现, (1) 经 90 d 育肥的雌体卵巢指数显著上升, 出肉率和总可食率呈先上升后下降趋势, 育肥 30~60 d 的总可食率达 42% 以上。(2) 育肥时间对肌肉中常规营养成分含量无显著影响, 育肥 60 d 卵巢和肝胰腺中的蛋白质、脂肪和碳水化合物含量最高, 水分含量最低; 育肥使肝胰腺和卵巢中胆固醇百分含量呈显著下降趋势, 育肥后期卵巢和肝胰腺中的磷脂含量显著上升; 就不同组织而言, 肝胰腺中的甘油三酯含量最高。(3) 育肥使卵巢和肝胰腺中的单不饱和脂肪酸呈上升趋势, 而多不饱和脂肪酸呈先下降后上升趋势, 肌肉中脂肪酸组成无显著变化; 整体上, 肌肉的脂肪酸营养价值优于肝胰腺和卵巢。(4) 育肥早期卵巢中氨基酸含量显著上升, 整个育肥过程中肌肉中的甜味氨基酸含量呈显著上升趋势, 育肥 60 d 后卵巢和肌肉中所有必需氨基酸分值均大于 100, 无限制性氨基酸。研究表明, 生殖蜕壳后的三疣梭子蟹雌体适宜育肥时间为 60 d, 育肥不仅提高了总可食率, 且优化了其营养价值。

**关键词:** 三疣梭子蟹; 育肥时间; 卵巢发育; 营养品质; 脂肪酸; 氨基酸

**中图分类号:** Q 956; S 968.2

**文献标志码:** A

三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 是我国沿海地区重要的经济蟹类之一, 由于过度捕捞和环境恶化等原因, 野生捕捞产量已无法满足日益增长的市场需求, 因此, 三疣梭子蟹池塘养殖在我国沿海地区迅速发展, 年养殖产量达 10 万 t<sup>[1-2]</sup>。卵巢发育良好的雌体三疣梭子蟹俗称膏蟹, 具有营养价值丰富、可食比例高及风味独特等优点, 因此, 市场需求量大, 售价也远高于普通肉蟹 (雄体和性腺发育较差的雌体)<sup>[3]</sup>。但是, 池塘养殖三疣梭子蟹雌体通常存在卵巢发育不良和膏色较淡的问题, 故目前市场上优质膏蟹和繁殖亲本主要来源于野生捕捞, 这影响了三疣梭子蟹野生资源保护和人工养殖业的可持续发展<sup>[4]</sup>。

研究表明, 通过合理的育肥技术对卵巢发育早期的雌蟹进行强化培育, 不仅可以提高其可食

部分比例和营养价值, 且可以均衡市场供应, 同时提高池塘养殖蟹类的经济效益<sup>[5-6]</sup>。因此, 膏蟹育肥技术已成为经济蟹类养殖研究的重点内容之一<sup>[1,5]</sup>。卵巢发育情况、可食部分比例和营养品质是评价膏蟹育肥效果的重要指标, 而必需脂肪酸 (EFA) 和必需氨基酸 (EAA) 组成则是评价膏蟹营养品质的重要依据<sup>[7-8]</sup>, 其含量及组成可能与育肥时间有关, 因此确定合适的育肥时间对于优化膏蟹培育技术非常重要。但迄今为止, 尚未见有不同育肥时间对三疣梭子蟹雌体育肥效果的报道。鉴于此, 本实验研究了不同育肥时间对三疣梭子蟹雌体卵巢发育、可食部分比例、常规营养成分、脂类组成、脂肪酸和氨基酸含量的影响, 以确定生殖蜕壳后三疣梭子蟹雌体合适的育肥时间, 从而为开展三疣梭子蟹的雌体育肥和营养品

收稿日期: 2013-10-09 修回日期: 2013-11-26

资助项目: 国家自然科学基金项目 (40806068, 41276158); 上海高校水产学一流学科建设项目 (沪教科 2012-62); 上海市自然科学基金项目 (12ZR1413000); 上海市科委工程技术中心能力提升项目 (13DZ2280500); 浙江省重大科技专项计划项目 (2011C12011); 浙江省农业科技成果转化资金项目 (2013-171-72)

通信作者: 成永旭, E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

<http://www.scxuebao.cn>

质调控提供基础资料和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验用蟹和养殖实验

实验用蟹于2010年9月底取自浙江象山县东胜水产养殖公司的养殖池塘,体质量为140~230 g,选择活力较好、体无外伤、生殖蜕壳后的雌体,暂养1周后,挑选100只用于正式实验。实验用蟹饲养于40 m<sup>2</sup>的室内水泥池中(长×宽×高为8 m×5 m×1.5 m),池底铺12 m<sup>2</sup>左右细沙供其栖息和隐蔽,沙层厚度为8~10 cm,水深为1 m左右,每2~3天换水30%~50%,每7~10 d将池底细沙移出清洗一次,实验期间24 h增氧。每日18:00投喂,饵料为野杂鱼和缢蛏(*Sinonovacula constricta*)交替使用,其主要营养成分见表1。投喂量为蟹体总质量的5%~8%,投喂3 h后检查并记录摄食情况,次日上午8点检查残饵和蟹的死亡情况,根据残饵和水温调整投喂量。正式实验时间为2010年10月6日—2011年1月4日,共计90 d。实验期间自然光照,盐度23~25,水温8~22℃,pH 7.0~9.0,溶氧>5 mg/L;氨氮<0.5 mg/L,亚硝酸盐<0.10 mg/L。

### 1.2 采样与解剖

在实验开始第0、30、60、90天分别随机采样10~12只蟹,用吸水纸擦干蟹体表水分,用游标卡尺精确测定甲壳长、宽,用电子天平称重(精确度=0.01 g)。解剖取出卵巢、肝胰腺和全部肌肉并准确称重,分别计算:

$$\text{肝胰腺指数 (hepatosomatic index, HSI)} = \frac{\text{肝胰腺重}}{\text{体质量}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{性腺指数 (gonadosomatic index, GSI)} = \frac{\text{卵巢重}}{\text{体质量}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{出肉率 (meat yield, MY)} = \frac{\text{肌肉重}}{\text{体质量}} \times 100\% \quad (3)$$

称重后所有样品保存于-40℃冰箱中待生化测定。

### 1.3 生化成分测定

**常规营养成分测定** 按照AOAC(1995)的标准方法测定水分(105℃下烘干至恒重)、蛋白质(凯氏定氮法)和灰分(550℃下灼烧至恒重)含量<sup>[9]</sup>;按Folch法(1957)采用氯仿:甲醇(V/V=2:1)提取总脂并测定其含量<sup>[10]</sup>;采用苯酚-硫酸法测定碳水化合物含量,标样为葡萄糖<sup>[11]</sup>。

**脂类和脂肪酸组成分析** 根据Wu等<sup>[8]</sup>的方法用IAROSCAN<sup>TM</sup> MK-6s棒状薄层色谱扫描仪(IATRON LABORATORIES INC, Tokyo, Japan)进行脂类组成分析。磷脂(phospholipids, PL)、胆固醇(cholesterol, CHO)、甘油三酯(triacylglycerol, TG)、游离脂肪酸(free fatty acids, FFA)、甘油一酯(monoacylglycerol, MG)和胆固醇酯(cholesterolesters, CE)的标准品均购自Sigma公司,用氯仿稀释后在同样的参数条件下进行层析,以此作为脂类成分定性的依据,脂类成分的定量采用面积百分比法。采用14%的三氟化硼-甲醇溶液对总脂进行甲脂化处理<sup>[12]</sup>,旋转蒸发到所需浓度进行脂肪酸分析。所用仪器为Agilent 6890气相色谱,毛细管柱型号为Omegawax320(30.0 m×0.32 mm, USA),进样口和氢火焰检测器的温度均为260℃,起始柱温为60℃,逐步程序升温到260℃直到所有脂肪酸全部出峰。氢气的流速为30 mL/min;空气流速为300 mL/min,补偿气体氮气的流速为25 mL/min,分流比为1:50;压力为60 kPa。脂肪酸含量的计算采用面积百分比法。

**氨基酸分析** 总氨基酸测定按照Chen等<sup>[13]</sup>的方法进行。取冻干后的样品0.1 g左右,采用6 mol/L盐酸,在110℃条件下水解24 h,水解产物用蒸馏水稀释并定容到50 mL,离心后取上清液过滤。取1 mL过滤后的上清液在50℃条件下蒸干,以去除盐酸,必要时重复2次,再加2~5 mL 0.02 mol/L盐酸溶解,取1 μL溶解液用于氨基酸分析,所用仪器为德国赛卡姆公司S-433D氨基酸自动分析仪。色氨酸测定采用10%的氢氧化钾水解,对二甲氨基苯甲醛显色,590 nm测定其吸光度<sup>[14]</sup>。甲硫氨酸和半胱氨酸测定采用过甲酸氧化水解法<sup>[15]</sup>。按照FAO/WHO/UNU(1985)方法进行必需氨基酸分值(essential amino acid score, EAAS)计算:

$$\text{EAAS} = \frac{\text{样品中必需氨基酸含量}}{\text{FAO 参考蛋白中必需氨基酸含量}} \times 100\% \quad [16]$$

### 1.4 数据处理

所有数据采用平均值±标准差表示。采用SPSS 17.0软件对实验数据进行统计分析,用Levene法进行方差齐性检验,当不满足齐性方差时对百分比数据进行反正弦或平方根处理,采用ANOVA对实验结果进行方差分析,采用Tukey法进行多重比较,取P<0.05为差异显著。

表 1 野杂鱼和缢蛏的营养成分  
Tab.1 Nutritional composition of  
trash fish and razor clam

	野杂鱼 trash fish	缢蛏 razor clam
常规成分 proximate		
水分/湿重 moisture/wet weight	80.31	81.55
蛋白质/干重 protein/dry weight	70.35	55.43
脂肪/干重 lipid/dry weight	9.33	9.62
碳水化合物/干重 carbohydrate/dry weight	1.37	12.11
脂肪酸 fatty acids		
C14:0	3.12	2.73
C15:0	0.61	1.07
C16:0	24.73	20.09
C18:0	7.72	6.45
Σ SFA	39.10	35.47
C16:1n7	6.33	7.36
C16:1n5	0.69	0.85
C18:1n9	11.49	9.52
C18:1n7	2.62	4.37
C20:1n	0.53	3.11
Σ MUFA	21.66	25.12
C18:2n6	2.14	2.98
C18:3n3	1.06	1.90
C20:4n6	2.84	2.27
C20:4n3	0.33	0.44
C20:5n3	10.41	9.35
C22:5n3	1.41	1.06
C22:6n3	15.92	7.74
Σ PUFA	33.72	29.74
Σ HUFA	30.92	21.30
DHA/EPA	1.53	0.83

注:Σ SFA 代表总饱和脂肪酸;Σ MUFA 代表总单不饱和脂肪酸;  
Σ PUFA 代表总多不饱和脂肪酸;Σ HUFA 代表总高度不饱和脂  
肪酸。下同  
Notes:Σ SFA means total saturated fatty acids; Σ SFA means total  
mono-unsaturated fatty acids; Σ PUFA means total poly-unsaturated  
fatty acids; Σ HUFA means total highly unsaturated fatty acids. The  
same as below

2 结果

2.1 育肥时间对卵巢发育和各可食部位比例的影响

随着育肥时间的延长,三疣梭子蟹雌体卵巢指数(GSI)显著增长( $P < 0.05$ ),特别是在 0 ~ 30 d 内 GSI 增幅最大(表 2)。在 90 d 育肥期内,肝胰腺指数(HSI)无显著变化;出肉率在 0 ~ 30 d 内显著增加,此后呈下降趋势,第 90 天的平均出肉率为 24.71%,比第 30 天下降了 23.90%;就总可食率而言,仅 0 ~ 30 d 内发生了显著增长( $P < 0.05$ ),育肥 30 ~ 90 d 内总可食率有下降趋势,但统计学上差异不显著( $P > 0.05$ )。

2.2 育肥时间对常规营养成分和脂类组成的影响

90 d 育肥期间,卵巢中水分含量随着育肥时间延长而显著下降,蛋白质和脂肪含量随着育肥时间延长而显著增加,其含量增加主要发生在 0 ~ 30 d,蛋白质和脂肪含量增加幅度分别为 59.69% 和 126.66%,90 d 育肥期内卵巢中碳水化合物含量无显著增长(表 3)。随着育肥时间的延长,肝胰腺中的水分和蛋白质含量呈先下降后上升趋势,脂肪含量呈先上升后下降趋势,但是由于不同个体间的差异较大,肝胰腺中的脂肪含量在整个育肥过程中无显著变化( $P > 0.05$ ),育肥第 60 天时,肝胰腺中的碳水化合物含量显著上升( $P < 0.05$ )。在 90 d 的育肥过程中,肌肉中的常规营养成分均无显著变化,其水分含量高达 78% 左右,蛋白质和脂肪含量分别为 17% 和 1% 左右。

卵巢中胆固醇和甘油三酯百分含量(% 总脂)呈显著下降趋势,磷脂含量在 60 ~ 90 d 显著上升;就肝胰腺脂类组成而言,育肥第 60 天甘油三酯百分含量显著上升,游离脂肪酸、胆固醇和磷脂含量最低,育肥第 30 天肝胰腺中的游离脂肪酸含量最高,达 6.44%;肌肉中脂类组成比较稳定,除游离脂肪酸百分含量在 0 ~ 30 d 显著增加外,肌肉中其余脂类成分无显著变化(表 4)。

表 2 育肥时间对三疣梭子蟹雌体卵巢发育和可食率的影响  
Tab.2 Effects of fattening period on ovarian development and edible yield of female *P. trituberculatus*

	0 d	30 d	60 d	90 d
卵巢指数 GSI	0.69 ± 0.40 <sup>a</sup>	4.20 ± 2.62 <sup>b</sup>	6.12 ± 2.36 <sup>bc</sup>	7.52 ± 1.15 <sup>c</sup>
肝胰腺指数 HSI	6.99 ± 1.97 <sup>a</sup>	6.72 ± 1.76 <sup>a</sup>	7.31 ± 1.21 <sup>a</sup>	6.49 ± 0.41 <sup>a</sup>
出肉率 MY	27.97 ± 2.44 <sup>b</sup>	32.47 ± 2.97 <sup>c</sup>	27.45 ± 2.68 <sup>ab</sup>	24.71 ± 2.00 <sup>a</sup>
总可食率 total edible yield	35.61 ± 3.88 <sup>a</sup>	43.39 ± 5.00 <sup>b</sup>	42.17 ± 3.29 <sup>b</sup>	38.72 ± 2.56 <sup>ab</sup>

注:同行数据含有不相同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同  
Notes: Values in the same row with different superscripts are significantly different( $P < 0.05$ ). The same as below

表 3 育肥时间对三疣梭子蟹雌体可食组织中常规营养成分的影响 ( %湿重)

Tab.3 Effect of fattening period on proximate composition of different edible tissues of female *P. trituberculatus*

组织 tissue	0 d	30 d	60 d	90 d
卵巢 ovary				
水分 moisture	74.76 ± 1.21 <sup>a</sup>	54.82 ± 5.80 <sup>b</sup>	50.63 ± 1.11 <sup>b</sup>	52.16 ± 1.65 <sup>b</sup>
蛋白质 protein	16.30 ± 0.17 <sup>a</sup>	26.03 ± 2.86 <sup>b</sup>	27.78 ± 0.84 <sup>b</sup>	27.76 ± 0.96 <sup>b</sup>
脂肪 lipid	4.95 ± 0.23 <sup>a</sup>	11.22 ± 2.24 <sup>b</sup>	13.70 ± 0.35 <sup>bc</sup>	13.91 ± 0.66 <sup>c</sup>
碳水化合物 carbohydrate	0.26 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.01 <sup>a</sup>
肝胰腺 hepatopancreas				
水分 moisture	65.24 ± 6.28 <sup>a</sup>	59.09 ± 8.91 <sup>ab</sup>	53.32 ± 6.52 <sup>b</sup>	61.20 ± 7.10 <sup>ab</sup>
蛋白质 protein	12.99 ± 1.15 <sup>a</sup>	9.47 ± 0.74 <sup>b</sup>	8.21 ± 0.62 <sup>b</sup>	9.22 ± 0.66 <sup>b</sup>
脂肪 lipid	19.84 ± 4.64 <sup>a</sup>	20.37 ± 8.29 <sup>a</sup>	26.24 ± 7.08 <sup>a</sup>	22.18 ± 7.39 <sup>a</sup>
碳水化合物 carbohydrate	0.75 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.23 ± 0.20 <sup>b</sup>	1.04 ± 0.28 <sup>ab</sup>
肌肉 muscle				
水分 moisture	78.80 ± 1.88 <sup>a</sup>	79.06 ± 2.45 <sup>a</sup>	77.15 ± 1.20 <sup>a</sup>	77.99 ± 1.80 <sup>a</sup>
蛋白质 protein	17.40 ± 1.33 <sup>a</sup>	16.48 ± 1.74 <sup>a</sup>	17.55 ± 1.37 <sup>a</sup>	17.03 ± 1.24 <sup>a</sup>
脂肪 lipid	1.20 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.04 ± 0.09 <sup>b</sup>	1.20 ± 0.07 <sup>ab</sup>	1.15 ± 0.05 <sup>ab</sup>
碳水化合物 carbohydrate	0.45 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.28 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.17 <sup>a</sup>

表 4 育肥时间对三疣梭子蟹雌体各可食组织中主要脂类组成的影响 ( %总脂)

Tab.4 Effect of fattening period on main lipid classes of different edible tissues of female *P. trituberculatus*

组织 tissue	0 d	30 d	60 d	90 d
卵巢 ovary				
TG	30.36 ± 2.34 <sup>a</sup>	27.35 ± 6.32 <sup>ab</sup>	32.56 ± 5.16 <sup>a</sup>	18.13 ± 3.96 <sup>b</sup>
FFA	0.43 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.86 <sup>ab</sup>	0.26 ± 0.18 <sup>b</sup>	
CHO	4.76 ± 0.32 <sup>a</sup>	4.55 ± 0.73 <sup>a</sup>	1.90 ± 0.54 <sup>b</sup>	2.64 ± 0.07 <sup>b</sup>
PL	64.37 ± 2.39 <sup>b</sup>	66.74 ± 6.23 <sup>b</sup>	65.33 ± 5.69 <sup>b</sup>	79.23 ± 4.0 <sup>a</sup>
肝胰腺 hepatopancreas				
TG	81.09 ± 7.30 <sup>ab</sup>	58.90 ± 19.55 <sup>b</sup>	91.17 ± 5.30 <sup>a</sup>	61.81 ± 11.18 <sup>ab</sup>
FFA	1.03 ± 0.19 <sup>c</sup>	6.44 ± 1.71 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.45 <sup>c</sup>	5.76 ± 1.80 <sup>b</sup>
CHO	3.36 ± 0.60 <sup>a</sup>	2.27 ± 0.56 <sup>b</sup>	0.41 ± 0.15 <sup>c</sup>	2.57 ± 0.27 <sup>ab</sup>
PL	14.53 ± 6.86 <sup>ab</sup>	29.52 ± 18.71 <sup>ab</sup>	7.14 ± 4.90 <sup>b</sup>	29.44 ± 9.58 <sup>a</sup>
肌肉 muscle				
TG	3.70 ± 3.03 <sup>a</sup>	1.24 ± 0.49 <sup>a</sup>	3.58 ± 0.82 <sup>a</sup>	1.02 ± 0.47 <sup>a</sup>
FFA	0.28 ± 0.18 <sup>b</sup>	6.26 ± 1.95 <sup>a</sup>	5.18 ± 3.76 <sup>ab</sup>	7.98 ± 3.14 <sup>a</sup>
CHO	6.15 ± 1.11 <sup>a</sup>	5.28 ± 0.61 <sup>a</sup>	4.69 ± 0.55 <sup>a</sup>	5.07 ± 0.47 <sup>a</sup>
PL	89.94 ± 3.45 <sup>a</sup>	87.11 ± 1.89 <sup>a</sup>	86.55 ± 4.37 <sup>a</sup>	85.80 ± 3.53 <sup>a</sup>

注: TG. 甘油三酯; FFA. 游离脂肪酸; CHO. 胆固醇; PL. 磷脂  
Notes: TG. triglyceride; FFA. free fatty acids; CHO. cholesterol; PL. phospholipids

2.3 育肥时间对脂肪酸组成的影响

卵巢中总饱和脂肪酸(  $\Sigma$  SFA) 含量先增加后减少(  $P < 0.05$  ), 在第 30 天达最大值, 其中 C16:0

和 C18:0 为最主要的 2 种脂肪酸; 育肥期间, 卵巢中总单不饱和脂肪酸(  $\Sigma$  MUFA) 含量在 0 ~ 60 d 呈增加趋势(  $P < 0.05$  ), 其中 C16:1n7、C16:1n5、

C18:1n7 和 C20:1n 含量显著增加 ( $P < 0.05$ ); 总多不饱和脂肪酸 ( $\Sigma$  PUFA)、 $\Sigma$  n-3PUFA、 $\Sigma$  n-6PUFA 和总高度不饱和脂肪酸 ( $\Sigma$  HUFA) 含量均呈先下降后上升趋势, 这可能是由于 20:5n3 (EPA) 和 22:6n3 (DHA) 含量先减少后增加造成的 ( $P < 0.05$ ), 20:4n6 (ARA) 含量仅在 0 ~ 30 d 显著下降, 此后不再发生显著变化 ( $P < 0.05$ ) (表 5)。肝胰腺中的 SFA 主要包括 C14:0、C16:0 和 C18:0, 其中 C14:0 和  $\Sigma$  SFA 含量表现为先上升后下降趋势, C16:0 是含量最高的 SFA, 占  $\Sigma$  SFA 的 60% 以上, 其含量在 30 ~ 90 d 内显著下降; 肝胰腺中的 MUFA 主要由 C16:1n7, C18:1n9 和 C18:1n7 组成, 其中 C18:1n9 含量在育肥过程中呈先上升后下降趋势, 而  $\Sigma$  MUFA 在育肥 60 ~ 90 d 显著增加了 13.88% (表 6)。就肝胰腺中的 PUFA 而言, 主要是 20:4n6 (ARA)、20:5n3 (EPA) 和 22:6n3 (DHA) 3 种脂肪酸, 它们在 0 ~ 30 d 均有所下降, 其中 DHA 下降幅度最大, 下降比例高达 56.05%, 此后这些脂肪酸含量均无显著变化。随着育肥时间延长, 肌肉中 C16:0、C18:0 和  $\Sigma$  SFA 的百分含量均显著下降 ( $P < 0.05$ ); 肌肉中 C16:1n7 和 C18:1n7 含量在 90 d 育肥期内呈显著增加趋势 ( $P < 0.05$ ), 故  $\Sigma$  MUFA 含量在 0 ~ 60 d 内也显著上升; 肌肉中的 HUFA 主要为 EPA 和 DHA, 育肥 30 ~ 60 d 过程中肌肉中 EPA 含量增加显著 ( $P < 0.05$ , 表 7)。

表 5 育肥时间对三疣梭子蟹雌体卵巢中主要脂肪酸组成的影响 (% 总脂)  
Tab. 5 Effect of fattening period on principal fatty acid profile of ovary of

	female <i>P. trituberculatus</i>				%
脂肪酸 fatty acid	0 d	30 d	60 d	90 d	
C14:0	1.70 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.67 ± 0.36 <sup>c</sup>	2.65 ± 0.15 <sup>b</sup>	2.15 ± 0.16 <sup>a</sup>	
C15:0	0.45 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.10 <sup>d</sup>	0.71 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.57 ± 0.04 <sup>b</sup>	
C16:0	17.42 ± 0.18 <sup>b</sup>	20.87 ± 1.36 <sup>c</sup>	17.25 ± 0.88 <sup>ab</sup>	15.95 ± 0.44 <sup>a</sup>	
C18:0	6.16 ± 0.03 <sup>b</sup>	5.40 ± 0.29 <sup>a</sup>	5.18 ± 0.48 <sup>a</sup>	5.22 ± 0.16 <sup>a</sup>	
$\Sigma$ SFA	26.53 ± 0.24 <sup>a</sup>	31.00 ± 1.40 <sup>b</sup>	25.84 ± 1.05 <sup>a</sup>	24.72 ± 0.47 <sup>a</sup>	
C16:1n7	5.73 ± 0.20 <sup>a</sup>	10.87 ± 2.95 <sup>b</sup>	11.20 ± 1.09 <sup>b</sup>	9.80 ± 0.35 <sup>b</sup>	
C16:1n5	0.50 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.74 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.11 <sup>b</sup>	
C18:1n9	20.29 ± 0.23 <sup>b</sup>	16.66 ± 2.45 <sup>ab</sup>	17.65 ± 1.30 <sup>a</sup>	17.98 ± 1.96 <sup>ab</sup>	
C18:1n7	3.86 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.74 ± 0.19 <sup>a</sup>	4.18 ± 0.30 <sup>a</sup>	4.75 ± 0.34 <sup>b</sup>	
C20:1n	1.36 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.55 ± 0.14 <sup>b</sup>	1.52 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.72 ± 0.14 <sup>b</sup>	
$\Sigma$ MUFA	32.19 ± 0.11 <sup>a</sup>	35.71 ± 2.89 <sup>ab</sup>	36.99 ± 1.41 <sup>b</sup>	36.55 ± 1.27 <sup>b</sup>	
C18:2n6	0.83 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.83 <sup>a</sup>	1.45 ± 0.53 <sup>a</sup>	2.82 ± 1.56 <sup>a</sup>	
C18:3n3	0.19 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.59 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.73 ± 0.11 <sup>b</sup>	0.75 ± 0.19 <sup>b</sup>	
C20:4n6	4.11 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.50 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.79 ± 0.13 <sup>a</sup>	2.86 ± 0.29 <sup>a</sup>	
C20:4n3	0.25 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.60 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.76 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.77 ± 0.11 <sup>b</sup>	
C20:5n3	8.68 ± 0.01 <sup>b</sup>	7.20 ± 0.76 <sup>a</sup>	9.17 ± 0.38 <sup>c</sup>	9.34 ± 0.82 <sup>bc</sup>	
C22:5n3	1.89 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.75 ± 0.27 <sup>ab</sup>	1.49 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.74 ± 0.14 <sup>ab</sup>	
C22:6n3	16.42 ± 0.26 <sup>c</sup>	11.61 ± 1.73 <sup>ab</sup>	9.91 ± 0.49 <sup>a</sup>	12.60 ± 1.32 <sup>b</sup>	
$\Sigma$ PUFA	34.28 ± 0.32 <sup>b</sup>	28.30 ± 2.96 <sup>a</sup>	28.95 ± 1.37 <sup>a</sup>	33.72 ± 0.98 <sup>b</sup>	
$\Sigma$ n3PUFA	27.95 ± 0.28 <sup>c</sup>	22.29 ± 2.13 <sup>a</sup>	22.50 ± 0.71 <sup>a</sup>	25.65 ± 0.61 <sup>b</sup>	
$\Sigma$ n6PUFA	6.23 ± 0.04 <sup>ab</sup>	5.73 ± 0.98 <sup>a</sup>	6.12 ± 0.64 <sup>ab</sup>	7.78 ± 1.36 <sup>b</sup>	
n3/n6	4.48 ± 0.03 <sup>b</sup>	3.93 ± 0.41 <sup>ab</sup>	3.70 ± 0.28 <sup>ab</sup>	3.38 ± 0.64 <sup>a</sup>	
$\Sigma$ HUFA	31.92 ± 0.31 <sup>c</sup>	24.48 ± 2.20 <sup>a</sup>	24.89 ± 0.79 <sup>a</sup>	28.16 ± 0.94 <sup>b</sup>	
DHA/EPA	1.89 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.63 ± 0.29 <sup>bc</sup>	1.08 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.37 ± 0.27 <sup>ab</sup>	

注:表中仅列出含量大于 0.3% 的数据  
Notes: The fatty acid with more than 0.3% of total fatty acids is shown in the table

表 6 育肥时间对三疣梭子蟹雌体肝胰腺中主要脂肪酸组成的影响( % 总脂)

Tab.6 Effect of fattening period on principal fatty acid profile of hepatopancreas of female *P. trituberculatus*

脂肪酸 fatty acid	0 d	30 d	60 d	90 d
C14:0	3.06 ± 0.20 <sup>a</sup>	5.37 ± 2.03 <sup>ab</sup>	4.16 ± 0.65 <sup>b</sup>	3.14 ± 0.41 <sup>a</sup>
C15:0	0.70 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.14 ± 0.22 <sup>b</sup>	0.97 ± 0.15 <sup>ab</sup>	0.82 ± 0.12 <sup>a</sup>
C16:0	21.53 ± 0.28 <sup>ab</sup>	22.73 ± 2.34 <sup>a</sup>	18.34 ± 1.07 <sup>bc</sup>	15.99 ± 1.82 <sup>c</sup>
C18:0	5.54 ± 0.25 <sup>a</sup>	5.56 ± 1.19 <sup>a</sup>	4.75 ± 0.46 <sup>a</sup>	4.76 ± 0.84 <sup>a</sup>
Σ SFA	32.12 ± 0.46 <sup>ab</sup>	35.16 ± 4.15 <sup>a</sup>	28.51 ± 2.20 <sup>bc</sup>	25.97 ± 2.95 <sup>c</sup>
C16:1n7	8.03 ± 0.42 <sup>a</sup>	11.14 ± 3.53 <sup>a</sup>	9.24 ± 2.70 <sup>a</sup>	11.32 ± 0.40 <sup>a</sup>
C16:1n5	0.77 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.36 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.13 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.20 <sup>b</sup>
C18:1n9	18.02 ± 1.63 <sup>b</sup>	13.85 ± 2.98 <sup>a</sup>	16.18 ± 1.71 <sup>ab</sup>	16.82 ± 1.24 <sup>ab</sup>
C18:1n7	5.17 ± 0.46 <sup>a</sup>	5.81 ± 0.31 <sup>ab</sup>	6.15 ± 0.27 <sup>b</sup>	7.26 ± 0.42 <sup>c</sup>
C20:1n	2.79 ± 0.27 <sup>a</sup>	3.89 ± 0.28 <sup>b</sup>	3.93 ± 0.28 <sup>b</sup>	5.30 ± 0.46 <sup>c</sup>
Σ MUFA	35.24 ± 1.60 <sup>a</sup>	37.67 ± 1.75 <sup>a</sup>	37.81 ± 3.86 <sup>a</sup>	43.06 ± 1.07 <sup>b</sup>
C18:2n6	0.84 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.61 ± 1.48 <sup>a</sup>	1.59 ± 0.51 <sup>a</sup>	1.63 ± 0.82 <sup>a</sup>
C18:3n3	0.28 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.86 ± 0.20 <sup>b</sup>	0.73 ± 0.08 <sup>b</sup>
C20:4n6	2.38 ± 0.45 <sup>a</sup>	1.69 ± 0.63 <sup>a</sup>	1.84 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.82 ± 0.38 <sup>a</sup>
C20:5n3	5.75 ± 0.68 <sup>a</sup>	4.32 ± 1.66 <sup>a</sup>	5.91 ± 0.64 <sup>a</sup>	5.54 ± 1.16 <sup>a</sup>
C22:5n3	1.66 ± 0.30 <sup>b</sup>	0.83 ± 0.30 <sup>a</sup>	0.98 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.04 ± 0.26 <sup>ab</sup>
C22:6n3	10.08 ± 0.74 <sup>b</sup>	4.43 ± 1.90 <sup>a</sup>	5.48 ± 0.37 <sup>a</sup>	6.13 ± 1.88 <sup>a</sup>
Σ PUFA	<b>24.73 ± 1.01<sup>a</sup></b>	<b>19.21 ± 5.50<sup>a</sup></b>	<b>22.87 ± 1.37<sup>a</sup></b>	<b>23.64 ± 3.48<sup>a</sup></b>
Σ n-3PUFA	18.69 ± 0.61 <sup>b</sup>	11.61 ± 3.90 <sup>a</sup>	14.56 ± 0.96 <sup>a</sup>	14.85 ± 3.24 <sup>ab</sup>
Σ n-6PUFA	5.83 ± 0.41 <sup>a</sup>	7.12 ± 2.07 <sup>ab</sup>	7.68 ± 0.33 <sup>b</sup>	8.28 ± 0.40 <sup>b</sup>
n-3/n-6	3.21 ± 0.13 <sup>b</sup>	1.64 ± 0.52 <sup>a</sup>	1.89 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.79 ± 0.38 <sup>a</sup>
Σ HUFA	<b>21.06 ± 0.98<sup>b</sup></b>	<b>13.27 ± 4.50<sup>a</sup></b>	<b>16.36 ± 0.93<sup>a</sup></b>	<b>16.97 ± 3.53<sup>ab</sup></b>
DHA/EPA	1.78 ± 0.29 <sup>b</sup>	1.01 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.94 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.23 <sup>a</sup>

表 7 育肥时间对三疣梭子蟹雌体肌肉中主要脂肪酸组成的影响( % 总脂)

Tab.7 Effect of fattening period on principal fatty acid profile of muscle of female *P. trituberculatus*

脂肪酸 fatty acid	0 d	30 d	60 d	90 d
C14:0	1.19 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.38 ± 0.24 <sup>a</sup>	1.51 ± 0.25 <sup>a</sup>	1.56 ± 0.23 <sup>a</sup>
C15:0	0.36 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.44 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.05 <sup>a</sup>
C16:0	15.71 ± 0.72 <sup>c</sup>	14.84 ± 0.47 <sup>c</sup>	13.81 ± 0.36 <sup>b</sup>	12.32 ± 0.37 <sup>a</sup>
C18:0	7.19 ± 0.27 <sup>c</sup>	6.80 ± 0.48 <sup>bc</sup>	6.16 ± 0.20 <sup>b</sup>	5.61 ± 0.29 <sup>a</sup>
Σ SFA	<b>25.18 ± 0.77<sup>d</sup></b>	<b>24.04 ± 0.38<sup>c</sup></b>	<b>22.51 ± 0.22<sup>b</sup></b>	<b>20.48 ± 0.39<sup>a</sup></b>
C16:1n7	4.56 ± 0.94 <sup>a</sup>	5.03 ± 1.51 <sup>ab</sup>	5.85 ± 1.28 <sup>ab</sup>	6.15 ± 0.65 <sup>ab</sup>
C16:1n5	0.46 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.04 <sup>a</sup>
C18:1n9	17.27 ± 1.70 <sup>a</sup>	18.38 ± 1.52 <sup>a</sup>	17.60 ± 0.85 <sup>a</sup>	17.05 ± 0.85 <sup>a</sup>
C18:1n7	3.33 ± 0.51 <sup>ab</sup>	3.30 ± 0.20 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.12 <sup>b</sup>	3.92 ± 0.20 <sup>b</sup>
C20:1n	1.12 ± 0.44 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.10 <sup>a</sup>
Σ MUFA	<b>27.22 ± 1.07<sup>a</sup></b>	<b>29.44 ± 1.37<sup>ab</sup></b>	<b>30.20 ± 1.09<sup>b</sup></b>	<b>29.78 ± 1.19<sup>b</sup></b>
C18:2n6	1.71 ± 1.49 <sup>a</sup>	1.31 ± 0.38 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.33 <sup>a</sup>	2.26 ± 0.97 <sup>a</sup>
C18:3n3	0.29 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.13 <sup>ab</sup>	0.49 ± 0.10 <sup>ab</sup>	0.53 ± 0.11 <sup>b</sup>
C20:4n6	4.38 ± 0.66 <sup>a</sup>	4.42 ± 0.61 <sup>a</sup>	4.24 ± 0.29 <sup>a</sup>	4.35 ± 0.11 <sup>a</sup>
C20:4n3	0.24 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.10 <sup>ab</sup>	0.38 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.35 ± 0.04 <sup>b</sup>
C20:5n3	16.04 ± 1.24 <sup>a</sup>	16.33 ± 0.77 <sup>a</sup>	18.23 ± 0.92 <sup>b</sup>	18.95 ± 0.58 <sup>b</sup>
C22:5n3	1.35 ± 0.41 <sup>b</sup>	0.89 ± 0.10 <sup>ab</sup>	0.82 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.06 <sup>a</sup>
C22:6n3	14.55 ± 1.71 <sup>a</sup>	14.70 ± 1.12 <sup>a</sup>	14.12 ± 0.48 <sup>a</sup>	14.62 ± 0.63 <sup>a</sup>
Σ PUFA	<b>40.60 ± 1.82<sup>a</sup></b>	<b>40.15 ± 0.55<sup>a</sup></b>	<b>41.55 ± 1.11<sup>ab</sup></b>	<b>43.73 ± 1.14<sup>b</sup></b>
Σ n3PUFA	33.00 ± 1.81 <sup>a</sup>	33.07 ± 1.12 <sup>a</sup>	34.41 ± 1.04 <sup>ab</sup>	35.66 ± 0.60 <sup>b</sup>
Σ n6PUFA	7.49 ± 2.06 <sup>a</sup>	6.91 ± 0.86 <sup>a</sup>	6.94 ± 0.55 <sup>a</sup>	7.86 ± 0.87 <sup>a</sup>
n3/n6	4.63 ± 1.13 <sup>a</sup>	4.87 ± 0.80 <sup>a</sup>	4.99 ± 0.45 <sup>a</sup>	4.58 ± 0.49 <sup>a</sup>
Σ HUFA	<b>37.17 ± 1.88<sup>a</sup></b>	<b>37.31 ± 0.94<sup>a</sup></b>	<b>38.39 ± 1.28<sup>ab</sup></b>	<b>39.78 ± 0.57<sup>b</sup></b>
DHA/EPA	0.91 ± 0.14 <sup>ab</sup>	0.90 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.78 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.05 <sup>a</sup>

2.4 育肥时间对氨基酸含量和必需氨基酸分值的影响

育肥过程中,在卵巢中共检测出 18 种氨基酸,其中人体必需氨基酸 10 种(表 8)。必需氨基酸(EAA)和非必需氨基酸(NEAA)含量的显著上升均主要发生在 0~30 d,其中异亮氨酸、蛋氨酸、半胱氨酸和色氨酸在 0~30 d 内增长率超过 100%;在育肥 30~60 d 内,卵巢中仅色氨酸和甘氨酸含量显著增加;在育肥 60~90 d,卵巢中 NEAA 和总氨基酸含量(TAA)含量均出现显著下降,下降幅度分别为 8.47% 和 7.97%;育肥 0~30 d,卵巢中 EAA/TAA 比值显著上升,此后稳定在 0.48~0.49。在 90 d 的育肥过程中,肌肉中的氨基酸组成整体上无显著变化,但甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸这 3 种甜味氨基酸含量

呈显著上升趋势(表 9)。参照 FAO/WHO/UNU 的标准对育肥过程必需氨基酸分值(EAAS)进行评价,育肥前卵巢中蛋氨酸+半胱氨酸分值小于 100,是限制性氨基酸,育肥 30 d 后所有 EAAS 均大于 100,在 0~30 d 育肥过程中,卵巢中的异亮氨酸、亮氨酸、蛋氨酸+半胱氨酸和色氨酸的 EAAS 出现了较大幅度的上升,此后所有 EAAS 的变化幅度较小,卵巢平均 EAAS 呈先上升后下降趋势(表 10)。在 90 d 育肥过程中,肌肉中的 EAAS 无显著变化,除育肥 30 d 时蛋氨酸+半胱氨酸外,其余 EAAS 均超过 100,无限制性氨基酸。而同样育肥时间内,肌肉中的 EAAS 值低于卵巢中的对应值,这说明三疣梭子蟹卵巢的氨基酸营养价值优于肌肉。

表 8 育肥时间对三疣梭子蟹雌体卵巢中氨基酸含量的影响(mg/g 湿重)  
Tab.8 Effect of fattening period on amino acids content of ovary of

氨基酸 amino acids	female <i>P. trituberculatus</i>				mg/g
	0 d	30 d	60 d	90 d	
异亮氨酸 Ile	6.92 ± 0.23 <sup>a</sup>	14.39 ± 0.66 <sup>bc</sup>	14.67 ± 0.42 <sup>c</sup>	13.18 ± 0.66 <sup>b</sup>	
亮氨酸 Leu	12.44 ± 0.27 <sup>a</sup>	24.59 ± 1.26 <sup>b</sup>	25.38 ± 0.81 <sup>b</sup>	23.34 ± 1.02 <sup>b</sup>	
赖氨酸 Lys	11.09 ± 0.37 <sup>a</sup>	19.06 ± 0.93 <sup>b</sup>	21.07 ± 1.29 <sup>b</sup>	19.39 ± 1.34 <sup>b</sup>	
蛋氨酸 Met	1.46 ± 0.15 <sup>a</sup>	5.57 ± 1.40 <sup>b</sup>	6.41 ± 1.28 <sup>b</sup>	5.59 ± 1.07 <sup>b</sup>	
半胱氨酸 Cys	1.27 ± 0.18 <sup>a</sup>	2.90 ± 0.47 <sup>b</sup>	2.97 ± 0.50 <sup>b</sup>	2.67 ± 0.30 <sup>b</sup>	
苯丙氨酸 Phe	6.90 ± 0.12 <sup>a</sup>	11.00 ± 0.53 <sup>bc</sup>	11.49 ± 0.30 <sup>c</sup>	10.47 ± 0.40 <sup>b</sup>	
酪氨酸 Tyr	8.03 ± 0.11 <sup>a</sup>	13.45 ± 0.71 <sup>b</sup>	13.25 ± 1.44 <sup>b</sup>	12.70 ± 0.50 <sup>b</sup>	
苏氨酸 Thr	8.84 ± 0.07 <sup>a</sup>	14.62 ± 0.64 <sup>bc</sup>	15.03 ± 0.42 <sup>c</sup>	13.61 ± 0.44 <sup>b</sup>	
缬氨酸 Val	9.71 ± 0.30 <sup>a</sup>	17.09 ± 0.70 <sup>bc</sup>	18.22 ± 0.45 <sup>c</sup>	16.14 ± 0.69 <sup>b</sup>	
色氨酸 Trp	3.49 ± 0.23 <sup>a</sup>	7.24 ± 0.32 <sup>b</sup>	8.32 ± 0.48 <sup>c</sup>	7.69 ± 0.72 <sup>bc</sup>	
必需氨基酸 EAA	69.27 ± 3.16 <sup>a</sup>	129.42 ± 5.82 <sup>b</sup>	136.82 ± 5.07 <sup>b</sup>	124.38 ± 6.13 <sup>b</sup>	
天冬氨酸 Asp	14.45 ± 0.09 <sup>a</sup>	22.70 ± 1.03 <sup>bc</sup>	23.29 ± 0.68 <sup>c</sup>	21.26 ± 0.87 <sup>b</sup>	
丝氨酸 Ser	8.21 ± 0.05 <sup>a</sup>	15.87 ± 0.80 <sup>bc</sup>	15.94 ± 0.50 <sup>c</sup>	14.77 ± 0.57 <sup>b</sup>	
谷氨酸 Glu	21.39 ± 0.18 <sup>a</sup>	37.12 ± 1.71 <sup>c</sup>	38.14 ± 1.16 <sup>c</sup>	34.79 ± 1.53 <sup>b</sup>	
甘氨酸 Gly	8.03 ± 0.09 <sup>a</sup>	10.14 ± 0.58 <sup>b</sup>	11.20 ± 0.38 <sup>c</sup>	9.95 ± 0.49 <sup>b</sup>	
丙氨酸 Ala	7.67 ± 0.07 <sup>a</sup>	11.62 ± 0.47 <sup>bc</sup>	12.09 ± 0.28 <sup>c</sup>	11.22 ± 0.38 <sup>b</sup>	
组氨酸 His	5.03 ± 0.06 <sup>a</sup>	7.47 ± 0.28 <sup>bc</sup>	7.87 ± 0.22 <sup>c</sup>	7.08 ± 0.29 <sup>b</sup>	
精氨酸 Arg	11.94 ± 0.08 <sup>a</sup>	18.77 ± 1.12 <sup>b</sup>	19.24 ± 1.02 <sup>b</sup>	17.69 ± 0.72 <sup>b</sup>	
脯氨酸 Pro	7.42 ± 0.15 <sup>a</sup>	12.79 ± 0.47 <sup>b</sup>	13.85 ± 0.27 <sup>c</sup>	12.85 ± 0.68 <sup>bc</sup>	
非必需氨基酸 NEAA	84.13 ± 0.48 <sup>a</sup>	136.40 ± 6.01 <sup>bc</sup>	141.61 ± 4.33 <sup>c</sup>	129.61 ± 5.46 <sup>b</sup>	
总氨基酸 TAA	153.40 ± 3.56 <sup>a</sup>	265.98 ± 11.58 <sup>bc</sup>	276.43 ± 9.34 <sup>c</sup>	254.39 ± 11.53 <sup>b</sup>	
EAA/TAA	0.45 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.49 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.48 ± 0.00 <sup>b</sup>	

注:EAA. 必需氨基酸;NEAA. 非必需氨基酸;TAA. 总氨基酸。下同  
Notes:EAA means essential fatty acids;NEAA means no-essential fatty acids;TAA means total amino acids. The same as below

表 9 育肥时间对肌肉中氨基酸含量的影响 (mg/g 湿重)  
Tab.9 Effect of fattening period on amino acid content of muscle of female *P. trituberculatus*

氨基酸 amino acids	0 d	30 d	60 d	90 d
异亮氨酸 Ile	6.63 ± 0.60 <sup>a</sup>	6.28 ± 0.95 <sup>a</sup>	6.82 ± 0.58 <sup>a</sup>	6.63 ± 0.58 <sup>a</sup>
亮氨酸 Leu	11.82 ± 1.04 <sup>a</sup>	11.28 ± 1.51 <sup>a</sup>	12.16 ± 1.23 <sup>a</sup>	11.82 ± 1.11 <sup>a</sup>
赖氨酸 Lys	12.80 ± 1.10 <sup>a</sup>	12.44 ± 1.73 <sup>a</sup>	13.49 ± 1.38 <sup>a</sup>	12.95 ± 1.32 <sup>a</sup>
蛋氨酸 Met	2.95 ± 0.77 <sup>a</sup>	2.26 ± 0.35 <sup>a</sup>	2.67 ± 0.45 <sup>a</sup>	2.58 ± 0.21 <sup>a</sup>
半胱氨酸 Cys	1.75 ± 0.23 <sup>a</sup>	1.57 ± 0.34 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.76 ± 0.15 <sup>a</sup>
苯丙氨酸 Phe	6.34 ± 0.52 <sup>a</sup>	6.11 ± 0.87 <sup>a</sup>	6.74 ± 0.50 <sup>a</sup>	6.49 ± 0.68 <sup>a</sup>
酪氨酸 Tyr	6.03 ± 0.45 <sup>a</sup>	5.71 ± 0.69 <sup>a</sup>	6.08 ± 0.58 <sup>a</sup>	5.82 ± 0.54 <sup>a</sup>
苏氨酸 Thr	6.54 ± 0.52 <sup>a</sup>	6.29 ± 0.95 <sup>a</sup>	6.80 ± 0.72 <sup>a</sup>	6.53 ± 0.67 <sup>a</sup>
缬氨酸 Val	7.17 ± 0.61 <sup>a</sup>	6.76 ± 0.90 <sup>a</sup>	7.33 ± 0.67 <sup>a</sup>	7.11 ± 0.67 <sup>a</sup>
色氨酸 Trp	2.09 ± 0.26 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.30 <sup>a</sup>	2.23 ± 0.40 <sup>a</sup>	2.24 ± 0.28 <sup>a</sup>
必需氨基酸 EAA	64.12 ± 5.45 <sup>a</sup>	60.70 ± 7.74 <sup>a</sup>	63.94 ± 5.48 <sup>a</sup>	63.94 ± 5.48 <sup>a</sup>
天冬氨酸 Asp	14.99 ± 1.29 <sup>a</sup>	14.10 ± 2.27 <sup>a</sup>	15.07 ± 1.54 <sup>a</sup>	15.07 ± 1.54 <sup>a</sup>
丝氨酸 Ser	6.16 ± 0.47 <sup>a</sup>	5.91 ± 0.73 <sup>a</sup>	6.24 ± 0.70 <sup>a</sup>	6.08 ± 0.55 <sup>a</sup>
谷氨酸 Glu	24.22 ± 2.54 <sup>a</sup>	22.91 ± 2.86 <sup>a</sup>	24.80 ± 2.54 <sup>a</sup>	23.76 ± 1.84 <sup>a</sup>
甘氨酸 Gly	10.38 ± 0.71 <sup>a</sup>	10.79 ± 0.95 <sup>ab</sup>	11.98 ± 1.46 <sup>ab</sup>	13.01 ± 1.27 <sup>b</sup>
丙氨酸 Ala	8.68 ± 0.68 <sup>a</sup>	8.69 ± 1.15 <sup>a</sup>	9.89 ± 0.94 <sup>ab</sup>	11.64 ± 0.91 <sup>b</sup>
组氨酸 His	4.16 ± 0.32 <sup>a</sup>	3.78 ± 0.59 <sup>a</sup>	4.10 ± 0.36 <sup>a</sup>	3.98 ± 0.45 <sup>a</sup>
精氨酸 Arg	16.67 ± 1.38 <sup>a</sup>	16.54 ± 2.08 <sup>a</sup>	16.70 ± 1.07 <sup>a</sup>	16.12 ± 1.16 <sup>a</sup>
脯氨酸 Pro	9.96 ± 0.91 <sup>a</sup>	11.20 ± 2.88 <sup>a</sup>	13.09 ± 0.82 <sup>a</sup>	12.50 ± 1.78 <sup>a</sup>
非必需氨基酸 NEAA	95.22 ± 6.81 <sup>a</sup>	93.92 ± 13.26 <sup>a</sup>	102.09 ± 9.40 <sup>a</sup>	102.14 ± 8.66 <sup>a</sup>
总氨基酸 TAA	159.34 ± 12.16 <sup>a</sup>	154.62 ± 21.0 <sup>a</sup>	168.19 ± 15.60 <sup>a</sup>	166.09 ± 14.12 <sup>a</sup>
EAA/TAA	0.40 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.00 <sup>ab</sup>	0.38 ± 0.00 <sup>bc</sup>	0.38 ± 0.00 <sup>c</sup>

表 10 育肥时间对卵巢和肌肉必需氨基酸分值的影响  
Tab.10 Effect of fattening period on essential amino acids score(EAAS) of ovary and muscle

必需氨基酸 EAA	卵巢 ovary				肌肉 muscle			
	0 d	30 d	60 d	90 d	0 d	30 d	60 d	90 d
异亮氨酸 Ile	152	190	189	168	131	136	140	138
亮氨酸 Leu	116	142	139	126	99	104	106	104
赖氨酸 Lys	117	126	131	119	122	130	133	130
蛋氨酸 Met + 半胱氨酸 Cys	67	130	135	118	105	94	104	102
苯丙氨酸 Phe + 酪氨酸 Tyr	145	148	142	131	109	114	117	113
苏氨酸 Thr	160	164	160	143	109	112	115	111
色氨酸 Trp	194	250	273	250	107	111	116	118
缬氨酸 Val	171	187	188	165	114	117	120	118
平均值 mean value	140	167	170	153	112	115	119	117

3 讨论

3.1 育肥时间及饵料对卵巢发育和可食率的影响

卵巢、肌肉和肝胰腺是雌体膏蟹最主要的可

食部位<sup>[8]</sup>,提高这 3 者占体质量的比例是三疣梭子蟹雌体育肥的关键。三疣梭子蟹雌体育肥过程实际上就是其卵巢发育的过程,卵巢发育的好坏直接影响着雌体膏蟹的营养价值和市场价格<sup>[3]</sup>。本研究结果表明,育肥 90 d 的雌体卵巢指数最



大,但育肥 30 d 的出肉率和总可食率最大,这可能是由于育肥后期水温较低(育肥 30 ~ 60 d 和 60 ~ 90 d 的平均水温为 17.2 °C 和 13.6 °C,远低于育肥 0 ~ 30 d 的平均水温 21.6 °C),故本研究中育肥后期的三疣梭子蟹摄食量较少,但是其卵巢仍在发育,这是由于肌肉中的部分营养物质可能转移到卵巢中或者被消耗用来维持正常生理活动<sup>[17]</sup>,这也导致三疣梭子蟹育肥 60 d 和 90 d 的出肉率有所下降。类似的现象发生在东海海区野生三疣梭子蟹雌体,其卵巢发育后期,雌体出肉率呈下降趋势<sup>[18]</sup>。因此,后续的研究将进一步探讨育肥中后期,是否可以在不影响出肉率的前提下通过水体加温(22 °C),保证雌体良好的摄食量,促进卵巢发育,提高蟹膏(卵巢)的比例和总可食率。

本实验中主要采用野杂鱼和贝类作为三疣梭子蟹育肥饵料,这是因为这些实验用蟹先前养殖过程中主要投喂野杂鱼和蓝蛤等鲜活饵料,它们更容易接受活饵料。先前的研究表明,卵巢发育期的三疣梭子蟹膏蟹可以摄食人工配合饲料,但是生长阶段摄食鲜活饵料的实验蟹需要较长时间才能转口到配合饲料,故该条件下投喂配合饲料的雌体卵巢指数低于鲜活饵料组<sup>[19]</sup>;为了保证三疣梭子蟹的卵巢发育良好,本实验中采用野杂鱼和贝类做为育肥饵料。有研究表明,生长过程中就开始给三疣梭子蟹投喂人工配合饲料,这种雌体在卵巢发育阶段更容易接受和摄食配合饲料<sup>[20]</sup>,从而促进卵巢发育<sup>[1]</sup>。由于野杂鱼等鲜活饵料具有来源不稳定、污染水环境和易携带致病细菌等缺点,因此采用配合饲料对三疣梭子蟹进行育肥是必然趋势。今后需要深入研究三疣梭子蟹膏蟹的营养需求、饲料配方、转口时间和诱食性等问题,从而提高三疣梭子蟹的育肥技术和蟹膏品质。

### 3.2 育肥时间对常规营养成分和脂类组成的影响

育肥早期(0 ~ 30 d),卵巢中的水分含量显著下降,这和卵巢中的蛋白质和脂肪含量显著上升有关,此后尽管卵巢指数进一步增长,但是卵巢中常规营养成分含量基本保持不变,这与三疣梭子蟹卵巢发育过程中积累的主要是卵黄体(yolk)和脂肪滴(中性脂肪)有关<sup>[18]</sup>,就同种蟹类而言,卵黄体中的蛋白质、脂肪和碳水化合物相对含量是

稳定的,类似的现象已经在蓝蟹(*Callinectes sapidus*)中被证实<sup>[21-22]</sup>。育肥 0 ~ 60 d,肝胰腺中蛋白质和水分含量下降与其脂肪含量上升有关,这是因为肝胰腺是甲壳动物最重要的脂类代谢中心,肝胰腺中储存的脂类对后期卵巢发育和梭子蟹越冬具有重要的作用<sup>[23]</sup>。此外,三疣梭子蟹肝胰腺中的脂肪含量也受其饵料种类影响,通常摄食鲜活饵料的三疣梭子蟹肝胰腺中的脂肪含量高于摄食配合饲料的蟹<sup>[20]</sup>。90 d 育肥过程中,肌肉中常规营养成分并无显著差异,这暗示肌肉中的常规营养组成具有一定的保守性,以维持肌肉组织的正常生理功能,如运动和保护内脏器官等。育肥 60 ~ 90 d,卵巢中的甘油三酯和游离脂肪酸含量显著下降,但是磷脂含量显著上升,这可能与卵巢发育后期卵巢中脂类物质的重组有关,成熟或接近成熟的三疣梭子蟹卵巢中磷脂含量远超过其甘油三酯含量,这与中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)成熟和近成熟卵巢中的脂类组成显然不同<sup>[24]</sup>。育肥 60 d 时,肝胰腺中的甘油三酯百分含量最高,而胆固醇和磷脂含量最低,此后随着水温下降,三疣梭子蟹摄食较少,故肝胰腺中的脂肪含量和甘油三酯百分含量均显著下降,故肝胰腺中胆固醇和磷脂的相对含量(%总脂)显著上升。整体上,育肥后蟹膏卵巢和肌肉具有高蛋白、高磷脂、低脂肪和低胆固醇的特点,具有较高的营养价值。

### 3.3 育肥时间对脂肪酸组成及其营养价值的影响

三疣梭子蟹育肥过程中卵巢中脂肪酸组成变化主要发生在 0 ~ 30 d 内,表现为 SFA 和 MUFA 含量上升,PUFA 含量下降,这是因为梭子蟹卵巢中需要积累更多的能量型脂肪酸(如:16:0、18:0 和 18:1n9),供其胚胎发育之用<sup>[18]</sup>。三疣梭子蟹育肥过程中肝胰腺中的脂肪酸组成变化较大,育肥早期肝胰腺中的 PUFA 和 HUFA 含量下降可能与卵巢快速发育有关,这些重要的 HUFA 被运输到卵巢中;肝胰腺中的 18:2n6 和 18:3n3 在育肥 0 ~ 30 d 显著升高,这可能与育肥饵料中这 2 种脂肪酸含量相对较高有关,先前研究表明,三疣梭子蟹肝胰腺中的脂肪酸组成通常随着饵料中的脂肪酸组成变化而变化,而卵巢和肌肉中的脂肪酸则相对保守,不容易受饵料中脂肪酸组成的影响<sup>[19-20]</sup>;肝胰腺中 SFA 和 MUFA 百分含量的变

化不仅与其饵料营养组成和卵巢发育有关,且可能与其生理状态密切相关,育肥后期(60~90 d)水温下降,故卵巢发育减缓,肝胰腺中积累较多的 MUFA 可能主要用于越冬的能量消耗<sup>[23]</sup>,这可能是温带海区三疣梭子蟹长期进化过程中形成的环境适应性机制。整个育肥过程中,三疣梭子蟹肌肉中的脂肪酸组成变化较小,这是因为三疣梭子蟹肌肉的脂肪酸组成具有相对保守性,与肝胰腺相比,肌肉的脂肪酸组成不容易受饵料中脂肪酸的改变而改变<sup>[19-20]</sup>;育肥 30~60 d 肌肉中 EPA 含量上升可能与水温下降有关,肌肉高含量的 EPA 有利于增强蟹类抵御低温的能力<sup>[25]</sup>。

ARA、EPA 和 DHA 是细胞膜磷脂的主要组成成分,且对中枢神经系统发育十分重要<sup>[26]</sup>。由于胚胎、婴幼儿、青少年、老年人、怀孕和哺乳期的孕妇等人群不具备足够的 HUFA 合成能力,需要从食物中补充这些脂肪酸,它们被称为“条件性必需脂肪酸(conditional essential fatty acids)”<sup>[26-27]</sup>。EPA 和 DHA 不仅可以预防高血压等心血管疾病的发生<sup>[28]</sup>,且可以抑制肿瘤细胞增殖,在癌症预防上具有一定的作用<sup>[29]</sup>。因此,食品中 HUFA 组成和含量是评价其脂肪酸营养价值的重要指标<sup>[8,29]</sup>。整体上讲,三疣梭子蟹肌肉中的 HUFA 相对百分含量最高,肝胰腺中的 HUFA 含量最低,因此,肌肉中的脂肪酸营养价值优于卵巢和肝胰腺。食品中 n-3PUFA/n-6PUFA 也是衡量脂肪酸营养价值的重要指标,FAO/WHO(1994)推荐人类膳食中的 n-3/n-6 适宜比值为 0.1~0.2,大于此值对人类健康更加有益<sup>[30]</sup>,本研究结果表明三疣梭子蟹各可食部位的 n-3/n-6 比值均大于 1.5,因此三疣梭子蟹各可食组织均具有较高的脂肪酸营养价值。此外,食品中脂肪酸组成对其挥发性呈味物质影响较大,加热蒸煮后可使食品中的 PUFA 降解成具有独特香味的醛酮类物质<sup>[31]</sup>。由于三疣梭子蟹各可食部位中均含有较高含量的 PUFA,因此,三疣梭子蟹煮熟后具有诱人的香味<sup>[2,7]</sup>。

### 3.4 育肥时间对氨基酸含量及其营养价值的影响

三疣梭子蟹育肥 0~30 d 过程中,卵巢中的蛋白质及各氨基酸含量均显著增加,其中异亮氨酸、蛋氨酸、半胱氨酸和色氨酸的增长率超过 100%,这暗示 4 种 EAA 对于早期卵巢发育至关

重要。整体上,三疣梭子蟹中后期卵巢中异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸和缬氨酸含量均超过 13 mg/g 湿重,这说明膏蟹育肥过程中对这 5 种 EAA 的需求量较大,育肥饵料的选择和饲料配制过程中应该对这些氨基酸引起足够的重视,优化其含量和比例。谷氨酸和天冬氨酸是 2 种鲜味氨基酸,他们卵巢中的含量显著高于肌肉,这暗示梭子蟹卵巢的鲜味较强;甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸为甜味氨基酸,育肥过程中,肌肉中这 3 种甜味氨基酸呈显著上升趋势,这说明育肥后的三疣梭子蟹肌肉甜味更强。三疣梭子蟹育肥 60~90 d,卵巢和肌肉中所有 EAAS 均大于 100,这说明三疣梭子蟹是一种氨基酸营养价值极高的蛋白源。

FAO/WHO/UNU(1985)推荐,食品中必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)理想比值应为 0.4 左右<sup>[16]</sup>。本研究结果表明,育肥后三疣梭子蟹卵巢和肌肉中的 EAA/TAA 分别为 0.49 和 0.38,这非常接近甚至超过了 FAO/WHO/UNU 的标准,这也说明育肥后卵巢和肌肉均具有较高的氨基酸营养价值,且卵巢中的氨基酸营养价值优于肌肉。三疣梭子蟹膏蟹蒸煮后,味道十分鲜美,这可能与其体内高含量的呈味氨基酸有关,育肥后膏蟹卵巢和肌肉中的 2 种鲜味氨基酸(谷氨酸和天冬氨酸)含量均高于 14 mg/g 湿重,此外甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸这 3 种甜味氨基酸含量也较高。

## 4 小结

三疣梭子蟹育肥后的卵巢指数、出肉率和总可食部分均显著增加,育肥 30~60 d 总可食率最高,育肥 60 d 的卵巢和肝胰腺中的常规营养成分含量最高;三疣梭子蟹卵巢、肝胰腺和肌肉中均含有较高含量的 ARA、EPA 和 DHA,各可食部位的 n-3/n-6 比值均大于 1.5,育肥 60~90 d 肝胰腺和肌肉中的 HUFA 组成及含量无显著差异,但育肥 90 d 卵巢中的 HUFA 含量最高;育肥后膏蟹卵巢和肌肉中均含有 10 种必需氨基酸和 8 种非必需氨基酸,EAA/TAA 比值接近或超过 FAO/WHO/UNU 的推荐标准,育肥 60 d 的 EAAS 最高,育肥早期卵巢中氨基酸含量显著上升,整个育肥过程中肌肉中的甜味氨基酸呈显著上升趋势。因此,综合考虑育肥成本、可食率和营养价值,三疣梭子蟹适宜的育肥时间为 60 d 左右。

## 参考文献:

- [1] Duan Q Y, Mai K S, Shen T J K, *et al.* Effects of dietary protein and lipid levels on growth and ovary pigmentation in *Portunus trituberculatus* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18 (4): 809 – 818. [段青源, 麦康森, 申屠基康, 等. 不同蛋白质、脂肪水平对三疣梭子蟹生长和卵巢色素沉积的影响. 中国水产科学, 2011, 18 (4): 809 – 818.]
- [2] Wang Q, Wu X G, Yang Y P, *et al.* Comparison of nutritional composition of different muscle parts in *Portunus trituberculatus* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2013, 35 (3): 310 – 312. [汪倩, 吴旭干, 杨印璞, 等. 三疣梭子蟹不同部位肌肉主要营养成分分析. 营养学报, 2013, 35 (3): 310 – 312.]
- [3] Cheng G B, Shi H L, Lou B, *et al.* Biological characteristics and artificial propagation, culture technique for *Portunus trituberculatus* [J]. Hebei Fisheries, 2012 (4): 59 – 61. [程国宝, 史会来, 楼宝, 等. 三疣梭子蟹生物学特性及繁殖现状. 河北渔业, 2012 (4): 59 – 61.]
- [4] Wu X G, Cheng Y X, Zeng C S, *et al.* Reproductive performance and offspring quality of wild-caught and pond-reared swimming crab (*Portunus trituberculatus*) broodstock [J]. Aquaculture, 2010, 301 (1–4): 78 – 84.
- [5] Wu X G, Cheng Y X, Shen H, *et al.* effect of dietary polyunsaturated fatty acids, phospholipids on the fattening and ovarian development of *Eriocheir sinensis* [J]. Journal of Shanghai Normal University: Natural Sciences, 2004, 33: 33 – 41. [吴旭干, 成永旭, 沈竑, 等. 饲料中磷脂和高度不饱和脂肪酸对中华绒螯蟹育肥和卵巢发育的影响. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2004, 33 (增刊): 33 – 41.]
- [6] Chaiyawat M, Eungrasamee I, Raksakulthai N. Meat quality of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*, Linnaeus 1758) fattened with different diets [J]. Kasetsart Journal: Natural Science, 2009, 43 (1): 132 – 142.
- [7] Xu S L, Zhang W, Yan X J, *et al.* Analysis and comparison of nutritional quality between wild and cultured *Portunus trituberculatus* [J]. Acta Zoonutrimenta Sinica, 2009, 21 (5): 695 – 702. [徐善良, 张薇, 严小军, 等. 野生与养殖三疣梭子蟹营养品质分析及比较. 动物营养学报, 2009, 21 (5): 695 – 702.]
- [8] 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.
- [9] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists [M]. 16th edition. Arlington, VA, USA: Association of Analytical Communities, 1995.
- [10] Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226 (1): 497 – 509.
- [11] Kochert A G. Carbohydrate determination by the phenol-sulfuric acid method [C] // Hellebust J A, Craigie J S Eds. Handbook of Phycological Methods: Physiological and Biochemical Methods. Cambridge, London. UK: Cambridge University Press, 1978, 95 – 97.
- [12] Morrison W R, Smith L M. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol [J]. Journal of Lipid Research, 1964, 5 (4): 600 – 608.
- [13] 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.
- [14] Matheson N A. The determination of tryptophan in purified proteins and in feeding-stuffs [J]. British Journal of Nutrition, 1974, 31 (3): 393 – 400.
- [15] Spindler M, Stadler R, Tanner H. Amino acid analysis of feedstuffs; determination of methionine and cystine after oxidation with performic acid and hydrolysis [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1984, 32 (6): 1366 – 1371.
- [16] FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements; report of a Joint FAO/WHO/UNU expert consultation. World Health Organization technical report series 724 [R]. Geneva: WHO, 1985.
- [17] Wu X G. Evaluation of *Portunus trituberculatus* reproductive performance and larval quality three warts and its relationship with lipid nutrition [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2010. [吴旭干. 三疣梭子蟹生殖性能和幼体质量评价及其与脂类营养的关系. 上海: 上海海洋大学, 2010.]
- [18] Wu X G, Yao G G, Yang X Z, *et al.* A study on the ovarian development of *Portunus trituberculatus* in East China Sea during the first reproductive cycle [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2007, 29 (4): 120 – 127. [吴旭干, 姚桂桂, 杨筱珍, 等. 东海三疣梭子蟹第一次卵巢发育规律的研究. 海洋学报, 2007, 29

- (4):120-127.]
- [19] Yang Y P. The effects of dietary supplement of arachidonic acid on ovary development and nutritional quality of swimming crab, *Portunus trituberculatus* [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2013. [杨印璞. 饲料中添加花生四烯酸对三疣梭子蟹卵巢发育及成蟹品质的影响. 上海: 上海海洋大学, 2013.]
- [20] Yang Y P, Wu X G, Wang W, *et al.* Effects of purified diet, fresh foods and mixed diets on the survival, growth performance and biochemical composition of juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus* [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2013, 22(2): 231-239. [杨印璞, 吴旭干, 王伟, 等. 纯化饲料、活饵料及其混合投喂对三疣梭子蟹幼蟹生长性能、肝胰腺指数和生化组成的影响. 上海海洋大学学报, 2013, 22(2): 231-239.]
- [21] Lee R F, Walker A. Lipovitellin and lipid droplet accumulation in oocytes during ovarian maturation in the blue crab, *Callinectes sapidus* [J]. Journal of Experimental Zoology, 1995, 271(5): 401-412.
- [22] Walker A, Ando S, Lee R F. Synthesis of a high-density lipoprotein in the developing blue crab (*Callinectes sapidus*) [J]. Biological Bulletin, 2003, 204(1): 50-56.
- [23] Yao G G, Wu X G, Cheng Y X, *et al.* The changes of histology and main biochemical composition in the hepatopancreas at the different physiological stages of *Portunus trituberculatus* in East China Sea [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2008, 30(6): 122-131. [姚桂桂, 吴旭干, 杨筱珍, 等. 东海三疣梭子蟹雌体不同生理阶段肝胰腺的生化组成与其组织学结构的关系. 海洋学报, 2008, 30(6): 122-131.]
- [24] Cheng Y X, Du N S, Lai W. On the ultrastructure of yolk lipid distribution and its changes during the chinese crab, *Eriocheir sinensis* ovarian maturation and embryonic development [J]. Chinese Journal of Zoology, 1999, 34(1): 51-55. [成永旭, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹卵巢和胚胎发育期脂类在卵黄物质中存在的形态及其变化. 动物学杂志, 1999, 34(1): 51-55.]
- [25] Kong X H, Wang G Z, Li S J. Changes of fatty acid composition in muscle and muscle cell membrane of *Scylla serrata* under low temperature adaptation [J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(5): 603-610. [孔祥会, 王桂忠, 李少菁. 低温适应下锯缘青蟹肌肉及其细胞膜脂肪酸组成的变化. 水产学报, 2006, 30(5): 603-610.]
- [26] Innis S M. The role of dietary n-6 and n-3 fatty acids in the developing brain [J]. Developmental Neuroscience, 2000, 22(5-6): 474-480.
- [27] Muskiet F A J, van Goor S A, Kuipers R S, *et al.* Long-chain polyunsaturated fatty acids in maternal and infant nutrition [J]. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 2006, 75(3): 135-144.
- [28] 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.
- [29] Roynette C E, Calder P C, Dupertuis Y M, *et al.* n-3 Polyunsaturated fatty acids and colon cancer prevention [J]. Clinical Nutrition, 2004, 23(2): 139-151.
- [30] FAO/WHO. Fats and oils in human nutrition; report of a joint expert consultation [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1994.
- [31] Xue C H, Wang Y S. Changes in precursors of aromatic compounds of prawn and crab during heating [J]. Journal of Ocean University of Qingdao: Natural Science, 1994, 24(4): 491-496. [薛长湖, 汪贻生. 虾蟹海产品香味的前体物质的加热变化. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 1994, 24(4): 491-496.]

## Effects of fattening period on ovarian development and nutritional quality of female swimming crab (*Portunus trituberculatus*)

WU Xugan<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>1,2</sup>, LOU Bao<sup>3</sup>, LIU Zhijun<sup>1</sup>, CHENG Yongxu<sup>1,2\*</sup>

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Aquatic Animal Breeding Center of Shanghai University Knowledge Service Platform, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang, Zhoushan 316100, China)

**Abstract:** The swimming crab, *Portunus trituberculatus*, is a commercially important fisheries resource and mariculture species in East Asian countries. Female crab with fully developed ovary is considered as the highly nutritious seafood. Therefore, the decline in natural stock and increase in market demands have driven substantial aquaculture interests for this crab species since 1990's. However, our previous studies have shown pond-reared females generally have poor ovarian development and lower nutrition value compared to wild females, which leads to low percentage of high quality females with fully developed ovaries from pond culture of *P. trituberculatus*. Fattening with high quality live food, such as trash fish and clam, has proven to be an effective practice for the improvement of crab ovarian development and nutritional composition. Unfortunately, to date, optimal fattening period is unclear for female *P. trituberculatus*. The present study was conducted to investigate the effects of fattening period on ovarian development and nutritional quality of female swimming crab by fattening culture and biochemical analysis. The results showed that gonadosomatic index (GSI) increased significantly during the 90-day fattening period while the trend of "low-high-low" was found in muscular yield and total edible yield. The highest total edible yield (more than 42%) was in the females fattened for 30–60 days. Fattening period did not affect the proximate composition of muscle, but the highest protein, lipid and carbohydrate contents, together with the lowest moisture contents in ovary and hepatopancreas, were found in the females with 60 days fattening. The cholesterol percentage (% total lipids) in ovary and hepatopancreas decreased significantly during the course of 0–60 days fattening while phospholipids levels of ovary and hepatopancreas increased significantly during 60–90 days fattening. For the different edible parts, hepatopancreas had the highest triacylglycerol levels. As for the fatty acid composition, the increasing trend was found in mono-unsaturated fatty acids (MUFA) for ovary and hepatopancreas while the trend of "high-low-high" was found in poly-unsaturated fatty acids (PUFA) and highly unsaturated fatty acids (HUFA). Muscle contained significant higher percentage of HUFA than ovary and hepatopancreas. Total amino acids (TAA) of ovary increased dramatically during the early period of fattening while the contents of three sweet amino acids gradually increased during the process of 90-day-fattening. Essential amino acid scores (EAAS) of ovary and muscle were greater than 100 for all essential amino acids (EAA) after females fattened for 60–90 days, which indicated no limited amino acid was found in ovary and muscle. For fattening females, EAA/TAA ratios of ovary and muscle were close to or higher than FAO/WHO/UNU recommended values for healthy food. In conclusion, the fattening would not only improve the total edible yield, but also optimize the nutritional values for female *P. trituberculatus*. Our results suggested the appropriate fattening period was approximately 60 days for pond-reared females post puberty molting. Those results would not only provide valuable information for the future culture and

fattening of female *P. trituberculatus*, but also facilitate the further study on the nutritional regulation of female quality.

**Key words:** *Portunus trituberculatus*; fattening period; ovarian development; nutritional quality; fatty acids; amino acids

**Corresponding author:** CHENG Yongxu. E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

## 《水产学报》创刊 50 周年特刊征稿

1964 年,著名鱼类学家朱元鼎先生创办了我国水产领域的第一本综合性学术期刊——《水产学报》,2014 年,《水产学报》将迎来五十岁华诞。五十年风雨,五十年沧桑,五十年磨砺,五十年辉煌,在历任主编、各方领导、读者、作者及广大广告客户的关心和支持下,《水产学报》如今已成长为国内水产领域最重要的学术期刊。

为回报广大作者、读者和广告客户的厚爱,《水产学报》计划在 2014 年 9 月正刊出版“纪念《水产学报》创刊 50 周年特刊”,内容将主要包含水产领域的重要基础研究、重大应用成果与展望,以期集中反映我国近年来在水产及其相关领域取得的重大成就。

### 特刊主要内容:

1. 相关单位及领导贺词;2. 专家特邀文章、作者自由投稿;3. 水产及相关领域的国家重点实验室介绍;4. 知名水产相关企业介绍。

### 特刊稿件截稿日期:

2014 年 7 月 10 日

### 投稿方式以及格式:

请通过水产学报网上投稿系统直接上传稿件(请在投稿栏目中选择“纪念《水产学报》创刊 50 周年特刊”)。本特刊投稿文体为中文。

