

DOI: 10.12264/JFSC2021-0106

北方寒区 2 龄和 3 龄雄性中华绒螯蟹成蟹可食率、色泽及品质比较

王世会^{1,2}, 罗亮^{1,2}, 张瑞^{1,2}, 郭坤^{1,2}, 白淑艳^{1,3}, 覃东立^{1,3}, 徐伟^{1,2}, 赵志刚^{1,2}

1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所黑龙江省冷水性鱼类种质资源及增殖重点开放实验室, 黑龙江 哈尔滨 150070;
2. 中国水产科学研究院盐碱水域渔业工程技术研究中心(哈尔滨), 黑龙江 哈尔滨 150070;
3. 农业农村部渔业环境及水产品质量监督检验测试中心(哈尔滨), 黑龙江 哈尔滨 150070

摘要: 为开发中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)新种质并阐述其品质特征, 本研究以北方寒区 2 龄雄性成熟中华绒螯蟹(简称 2 龄蟹)为对照, 探究 3 龄雄性成熟中华绒螯蟹(简称 3 龄蟹)的可食率、色泽、常规营养品质、脂肪酸、游离氨基酸和矿物质元素差异, 为 3 龄蟹新种质开发和利用提供重要的判断依据。结果表明: 9 月 15 日 2 龄蟹肝胰腺指数(HSI)极显著高于 3 龄蟹($P<0.01$), 而出肉率(MY)则显著低于 3 龄蟹($P<0.05$)。2 龄蟹与 3 龄蟹相比, 头胸甲和肝胰腺湿样 L^* , 头胸甲和肝胰腺干样 a^* 存在显著性差异($P<0.05$)。2 龄蟹肝胰腺中粗脂肪含量显著高于 3 龄蟹($P<0.05$), 而性腺系统和肌肉中粗蛋白含量则高于 3 龄蟹。就脂肪酸而言, 2 龄蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉中 DHA 和 DHA/EPA 含量均高于 3 龄蟹, 而 ARA 则低于 3 龄蟹。肌肉中脂肪酸显著性差异项(5 项)明显高于肝胰腺(1 项)和性腺系统(1 项)。就游离氨基酸而言, 2 龄蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉中总必需氨基酸(Σ EFAA)、总游离氨基酸(Σ FAA)均高于 3 龄蟹。性腺系统中显著性差异项(6 项)明显高于肝胰腺(0 项)和肌肉(2 项)。2 龄蟹肝胰腺和性腺系统中谷氨酸(Glu)、总鲜味氨基酸(Σ TUV)高于 3 龄蟹, 而肌肉中则低于 3 龄蟹。就矿物质元素而言, 2 龄蟹 3 种可食组织中 Na、K、Ca、Mg 和 Cu 元素含量均低于 3 龄蟹。肝胰腺中矿物质元素显著性差异项(5 项)明显高于性腺系统(1 项)和肌肉(2 项)。综上所述, 2 龄蟹大部分常规营养成分、脂肪酸、游离氨基酸指标均优于 3 龄蟹, 但可食率参数、大部分矿物质元素含量则明显低于 3 龄蟹。整体来看, 2 龄和 3 龄雄蟹各有优势, 均具有较高的营养价值。

关键词: 中华绒螯蟹; 3 龄蟹; 色泽; 脂肪酸; 游离氨基酸; 矿物质元素

中图分类号: S961

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2022)08-1119-15

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)是东亚地区土著且具有重要经济价值的蟹类之一^[1], 简称河蟹或大闸蟹。中华绒螯蟹是洄游性水产动物, 接近性成熟个体从淡水中降河洄游至海淡水交汇处, 在洄游过程中性腺逐渐发育并最终在半咸水处交配抱卵和孵化^[2]。孵化出蚤状幼体经 5 次蜕壳后变态为大眼幼体, 大眼幼体再溯河洄游至淡水中生长, 再经过蟹种培育和成蟹养殖两个阶段, 从

而完成生活史^[3]。通常来讲, 中华绒螯蟹的生活史为 2 年, 但是生活史为 1 年的性成熟个体在蟹种培育阶段较为常见, 这些 1 年性成熟个体平均体重在 17~20 g^[4], 经济价值较低。研究表明在高纬度地区^[5]和高海拔地区^[6]的天然水域中均存在大规模个体, 且以雄蟹居多, 推测可能为多年性成熟个体, 这对重新认识绒螯蟹的生活史具有重要的意义。目前所发现的 3 龄成熟中华绒螯蟹的场

收稿日期: 2022-03-28; 修订日期: 2022-04-21.

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2021XT05; 2020TD56); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(HSY202008Q; HSY202110Q)

作者简介: 王世会(1986-), 男, 博士, 助理研究员, 从事河蟹遗传育种与生态健康养殖. E-mail: hrfrwsh@yeah.net

通信作者: 赵志刚, 副研究员, 从事水产养殖生态及模式构建. E-mail: Zhaozhigang@hrfri.ac.cn

所均是在高纬度或高海拔的天然水域中。由于中华绒螯蟹是底栖水产动物, 分析原因可能是由于天然水域水体平均深度较大, 水温较低且动物性生物饵料不足, 导致 2 年不能性成熟。除在天然水域外, 团队在黑龙江省绥化市肇东市养殖池塘中发现正常 2 龄性成熟的中华绒螯蟹养殖群体中存在部分未成熟个体, 因此在高纬度地区, 2 龄不成熟现象是比较普遍的, 但是不成熟比例较低。筛选 2 龄未成熟中华绒螯蟹越冬, 是否可以通过多养殖 1 年从而使中华绒螯蟹长成 3 龄群体, 进而初步达到在寒区人工养殖期间实现生产大规格中华绒螯蟹的目的。

水产动物的可食率和营养组成是评价水产动物品质的重要指标^[7]。关于中华绒螯蟹可食率的研究较多, 可食率包括肝胰腺指数(hepatosomatic index, HSI)和性腺指数(gonadosomatic index, GSI)、出肉率(meat yield, MY)和总可食率(total edible yield, TEY)等几个参数。先前研究表明不同水系^[8]、野生种与养殖种^[9]、不同育肥阶段^[10]、地理纬度^[11]、采样时间^[12]等来源的中华绒螯蟹可食率可能存在一定差异。目前品质是中华绒螯蟹遗传育种和生态养殖均十分重视的性状之一。近些年随着人民生活水平的提高, 对中华绒螯蟹品质的关注度也逐渐提升。中华绒螯蟹品质包括外观、色泽、营养和风味等几方面^[13], 外观和色泽参数是影响消费者是否购买的重要因素之一, 而营养和风味品质则是评价中华绒螯蟹营养价值的重要参数。目前关于色泽参数的研究主要集中于饲料中添加雨生红球藻组分^[14]和甲壳色泽差异而引起的色素沉积^[15]等方面。营养品质主要包括常规营养成分、脂肪酸、氨基酸和矿物质元素等^[16]。目前关于中华绒螯蟹营养品质研究较多, 从来源讲, 主要有 1 龄性早熟蟹^[17]、池塘与湖泊养殖中华绒螯蟹^[7]、饲料中添加不同比例 HUFA 喂养的中华绒螯蟹^[18]、不同育肥饲料模式中华绒螯蟹^[19]、野生和稻田养殖中华绒螯蟹^[20]等。由于中华绒螯蟹具有独特的鲜甜滋味和浓香气味, 因此关于中华绒螯蟹风味品质研究同样较多^[11-12, 21-23], 证实不同来源的中华绒螯蟹风味品质存在一定差异。

虽然有关中华绒螯蟹可食率和品质研究较多, 但是几乎集中于 1 龄和 2 龄性成熟个体, 而 3 龄性成熟中华绒螯蟹研究较少。主要有以下几个原因: (1) 3 龄性成熟个体只有在高纬度或高海拔地区才有发现, 而中华绒螯蟹主养区则是集中于长江中下游地区; (2) 中华绒螯蟹年龄鉴定相对比较困难, 仅从蟹类眼柄组织切片观察生长纹细纹与宽纹等^[24-25]角度研究过, 技术手段较为复杂, 因此在高纬度和高海拔出产的大规格中华绒螯蟹通过上述手段鉴定年龄比较困难; (3) 长江中下游地区中华绒螯蟹科研力量较为充足, 而高纬度和高海拔地区科研力量较为薄弱; 以上 3 点原因都是导致 3 龄蟹研究相对缓慢的重要因素。3 龄性成熟中华绒螯蟹的研究, 经历了从前期的年龄推测阶段^[5, 26-27]到现在养成 3 龄蟹的证实阶段^[6, 28]。但是 3 龄蟹能否在中华绒螯蟹产业发展中起到增加新种质和拓展养殖方式的作用还需要进一步的检验。本研究以辽河水系中华绒螯蟹为研究对象, 在相似的养殖环境和饲料投喂的前提下, 以 2 龄雄性成熟中华绒螯蟹为对照, 分析了 3 龄雄性成熟中华绒螯蟹的可食率、色泽、脂肪酸、游离氨基酸和矿物质元素, 这将为 3 龄蟹品质评价提供基础资料, 同时也为 3 龄蟹能否种质开发和利用提供重要的判断依据。

1 材料与方法

1.1 实验用蟹及样品采集

实验用蟹来自于黑龙江省绥化市肇东市西八里乡渔乐园渔业养殖专业合作社(45.65°N, 125.77°E)养殖池塘, 大眼幼体来自于盘锦市光合蟹业有限公司, 为辽河水系中华绒螯蟹“光合 1 号”, 经池塘养殖后获得扣蟹。笔者发现正常 2 龄性成熟的中华绒螯蟹养殖群体中存在部分未成熟个体(比例约为 10%)。因此将 2 龄未成熟中华绒螯蟹池塘中越冬, 翌年 5–9 月继续养殖, 获得 3 龄性成熟个体。此实验开始于 2021 年 5 月 1 日, 止于 9 月 15 日, 初始放苗时, 1 龄雄体扣蟹平均体重为(8.30±0.48) g, 2 龄雄体扣蟹平均体重为(40.78±0.56) g。选择养殖条件相似的 2 个成蟹养殖塘, 每个实验池塘的面积约为 1.0 hm²。池塘四周围有 40 cm 高

的镜面膜防逃网, 防逃网底部埋入土中 20 cm。2021 年 4 月中旬用生石灰对实验池塘消毒处理, 两周后将伊乐藻(*Elodea nuttallii*) 种植于池塘中央的平台上, 扣蟹放养于池塘环沟中, 平台用围网将伊乐藻和环沟扣蟹分开。待伊乐藻发芽两周后, 将平台围网拆除。1 龄扣蟹放养密度为 1.5 万只/hm², 2 龄扣蟹放养密度为 0.9 万只/hm²。养殖期间合理控制水位, 利用水中自生的芦苇[*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud]和伊乐藻为中华绒螯蟹提供植物性饵料和隐蔽场所。当池塘日平均水温升到 12 ℃以上时, 每天下午 5 点开始投喂配合饲料(南京市澳华生物科技有限公司生产)。养殖期间采用水温记录仪(RC-4, 江苏省精创电气股份有限公司, 中国)监测池塘的水温数据, 水温记录仪探头置于水面以下 30 cm 处。整个养殖期间监测池塘日平均水温如图 1 所示。定期监测池塘水质, 保证 pH 为 7.0~8.5, 氨态氮< 0.4 mg/L, 亚硝态氮<0.05 mg/L。

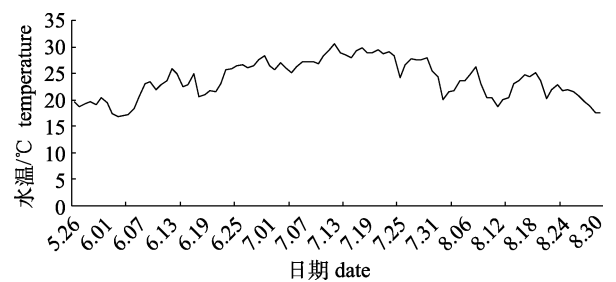


图 1 2 龄和 3 龄中华绒螯蟹成蟹养殖期间池塘水温变化
Fig. 1 Variation of water temperature in pond during adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old

2021 年 9 月 15 日, 在两个实验池塘中分别随机采集 15 只 2 龄雄性成熟中华绒螯蟹(简称 2 龄蟹)和 15 只 3 龄雄性成熟中华绒螯蟹(简称 3 龄蟹), 活体带回至中国水产科学研究院黑龙江水产研究室黑龙江省冷水性鱼类种质资源及增养殖重点开放实验室。毛巾擦干蟹体表水分, 用电子天平(JA2002, 精确度 0.01 g, 上海浦春计量仪器有限公司生产, 中国)精确称重, 游标卡尺(605, 精确度 0.01 mm, 哈尔滨量具刃具有限责任公司)测量头胸甲长和头胸甲宽(表 1)。

表 1 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹的
体重和形态学参数

Tab. 1 Body weight and morphological parameters of adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old

项目 item	n=15; $\bar{x} \pm SE$	
	2 龄蟹 two-year-old crab	3 龄蟹 three-year-old crab
体重/g body weight	135.86±2.15	182.64±7.36**
头胸甲长/mm carapace length	59.24±0.39	65.19±0.76**
头胸甲宽/mm carapace width	65.32±0.39	71.80±0.84**

注: **表示差异极显著($P<0.01$).
Note: ** denotes extremely significant difference ($P<0.01$).

1.2 总可食率测定和肥满度测定

本研究中使用的中华绒螯蟹经黑龙江水产研究所实验动物福利与伦理委员会审查和批准。活体解剖, 用镊子夹取每只蟹全部肝胰腺和性腺系统并分别精确称重, 用于计算 HSI 和 GSI。用剪刀和镊子精确刮取 2 龄和 3 龄蟹肌肉, 用于计算 MY。总可食率 TEY 为 HSI、GSI 和 MY 三者之和。根据体重与头胸甲长, 计算肥满度(condition factor, CF)。将解剖获得的头胸甲、肝胰腺、性腺系统和肌肉样品均保存于-40 ℃冰箱中, 以备后续色泽和品质测定使用。

$$HSI (\%) = 100 \times \text{肝胰腺重} / \text{体重}$$

$$GSI (\%) = 100 \times \text{性腺系统重} / \text{体重}$$

$$MY (\%) = 100 \times \text{肌肉重} / \text{体重}$$

$$TEY (\%) = HSI + GSI + MY$$

$$CF (\text{g}/\text{cm}^3) = \text{体重} / \text{头胸甲长}^3$$

1.3 色泽及常规营养成分测定

采用色差计(CR-400, 日本柯尼卡美能达公司生产, 日本)分别测定 2 龄和 3 龄蟹头胸甲和肝胰腺的色泽参数 L^* 、 a^* 和 b^* 。 L^* 代表亮度, a^* 代表红度, b^* 代表黄度。每个样品随机选取 3 个点, 将其平均值作为色泽的参考值^[14]。

采用真空冷冻干燥机(FD-1A-50, 北京博医康仪器有限公司生产, 中国)测定 2 龄和 3 龄蟹可食组织(肝胰腺、性腺系统和肌肉)的水分含量(-50 ℃真空冷冻至恒重); 将每种可食组织冷冻

干燥后的样品随机选择 5 个合并为 1 个重复样, 每种组织共合并为 3 个重复样。采用 AOAC^[29]方法测定 2 龄和 3 龄蟹冷冻干燥后样品中的粗蛋白(凯氏定氮法)和灰分(550 °C 灼烧至恒重); 根据 GB 5009.6-2016^[30]索氏抽提法提取冷冻干燥后样品中粗脂肪并测定其含量。通过水分数据, 将粗蛋白、粗脂肪和灰分干重数据折算成湿重数据。

1.4 脂肪酸组成测定

根据 GB 5009.168-2016^[31]中归一化法测定可食组织中脂肪酸组成及其百分比含量。在脂肪提取物中加入 2% 氢氧化钠甲醇溶液 8 mL, 连接回流冷凝器, (80±1) °C 水浴上回流, 直至油滴消失。从回流冷凝器上端加入 7 mL 15% 三氟化硼甲醇溶液, 在(80±1) °C 水浴中继续回流 2 min。用少量水冲洗回流冷凝器。停止加热, 从水浴上取下烧瓶, 迅速冷却至室温。准确加入 10~30 mL 正庚烷, 振摇 2 min, 再加入饱和氯化钠水溶液, 静置分层。吸取上层正庚烷提取溶液大约 5 mL, 至 25 mL 试管中, 加入 3~5 g 无水硫酸钠, 振摇 1 min, 静置 5 min, 吸取上层溶液到进样瓶中待测定。所用仪器为气相色谱-质谱联用仪(7890B-5977A, GC-MS, 美国安捷伦科技公司, 美国)。

1.5 游离氨基酸组成测定及呈味强度值(TAV)分析

根据 Chen 等^[32]的方法分析可食组织中游离氨基酸组成及其含量, 用该方法共检测了 17 种游离氨基酸。称量约 0.1 g 可食组织冷冻干燥后的组织样品, 随后加入 15 mL 的 5% 三氯乙酸溶液, 匀浆 1 min 后在室温(20~25 °C)下在冷却浴中超声处理 5 min, 静置 2 h。将上述混合液在 4 °C、10000 rpm/min 下离心 15 min。收集 5 mL 上清液并添加 3 mol/L 氢氧化钠溶液将 pH 调节至 2.0。用蒸馏水将溶液定容至 25 mL, 混匀后过 0.45 μm 滤膜后待测。所用仪器为氨基酸自动分析仪(L-8800, 日立仪器有限公司, 日本)。呈味强度值(TAV)由上述测定的游离氨基酸含量与阈值之间的比值计算而得^[33]。

1.6 矿物质元素组成测定

根据 GB 5009.268-2016^[34]中电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定可食组织中矿物质元素组

成及其含量。取冷冻干燥后可食组织样品约 0.15~0.40 g 于微波消解内罐中, 加入 10 mL 硝酸, 加盖放置于微波消解仪(MARS, 美国 CEM 公司, 美国)中消解约 1 h。冷却后取出, 缓慢打开罐盖排气, 用少量水冲洗内盖, 将消解罐放在控温电热板上 100 °C 加热 30 min 用水定容至 25 mL 后混匀待测, 同时做空白对照实验。所用仪器为电感耦合等离子体质谱仪(7500, ICP-MS, 美国安捷伦科技公司, 美国)。

1.7 数据分析

应用 SPSS 22.0 软件处理实验数据并统计分析, 所有数据均采用平均值±标准误($\bar{X} \pm SE$)表示。采用 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。采用独立 T 检验(independent samples T-test)检查各项指标间的差异性, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 总可食率和肥满度比较

9 月 15 日 2 龄和 3 龄蟹可食组织比例和肥满度参数如表 2 所示。2 龄蟹 HSI 极显著高于 3 龄蟹($P < 0.01$), 而 GSI 则低于 3 龄蟹。2 龄蟹 MY 显著低于 3 龄蟹($P < 0.05$), 而 TEY 低于 3 龄蟹, 但无显著性差异($P > 0.05$)。2 龄蟹 CF 跟 3 龄蟹相同, 均为(0.65±0.01) g/cm³。

表 2 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹可食组织比例和肥满度比较

Tab. 2 Edible tissue ratio and relative fatness of adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old

$n=15; \bar{x} \pm SE$

项目 item	2 龄蟹 two-year-old crab	3 龄蟹 three-year-old crab
肝胰腺指数/% HSI	7.56±0.22**	6.71±0.18
性腺指数/% GSI	1.66±0.07	1.76±0.10
出肉率/% MY	30.20±0.65	32.25±0.64*
总可食率/% TEY	39.39±0.86	40.90±0.75
肥满度/(g/cm ³) CF	0.65±0.01	0.65±0.01

注: *表示差异显著($P < 0.05$), **表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: * denotes significant difference ($P < 0.05$), ** denotes extremely significant difference ($P < 0.01$).

2.2 色泽参数比较

2 龄和 3 龄蟹头胸甲和肝胰腺色泽参数如表 3 所示。就头胸甲而言, 2 龄蟹湿样 L^* 和 b^* 显著高于 3 龄蟹 ($P<0.05$), 而干样 a^* 则显著低于 3 龄蟹

($P<0.05$)。就肝胰腺而言, 2 龄蟹湿样 L^* 和干样 a^* 显著高于 3 龄蟹 ($P<0.05$)。2 龄和 3 龄蟹头胸甲干样和肝胰腺湿样如图 2 所示。从外观上看, 头胸甲干样和肝胰腺湿样的红度和黄度均较高。

表 3 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹色泽参数比较
Tab. 3 The comparison of color parament of adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old
 $n=15; \bar{x} \pm SE$

项目 item	色泽参数 color parament	2 龄蟹 two-year-old crab	3 龄蟹 three-year-old crab
头胸甲 carapace	亮度 L^*	49.39±0.68*	45.23±1.70
	红度 a^*	3.26±0.30	3.79±0.28
	黄度 b^*	18.19±0.65*	15.51±1.00
	亮度 L^*	67.00±0.66	66.07±1.99
	红度 a^*	19.57±0.54	24.08±1.70*
	黄度 b^*	42.10±1.00	45.58±1.42
肝胰腺 hepatopancreas	亮度 L^*	69.98±0.74*	65.42±1.48
	红度 a^*	19.07±0.78	19.04±0.95
	黄度 b^*	57.05±1.44	52.64±1.63
	亮度 L^*	52.19±0.59	53.65±2.20
	红度 a^*	23.54±0.85*	19.25±1.10
	黄度 b^*	43.29±1.08	41.25±0.96

注: *表示差异显著 ($P<0.05$).
Note: * denotes significant difference ($P<0.05$).

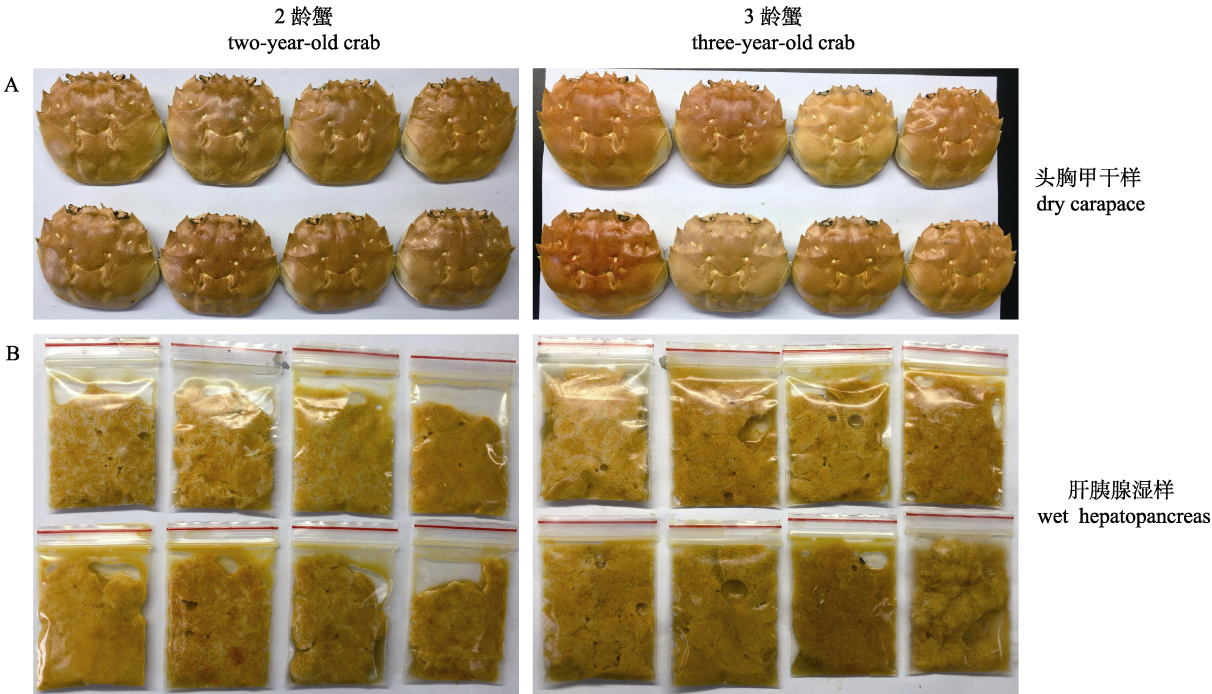


图 2 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹头胸甲和肝胰腺色泽比较
Fig. 2 The comparison of carapace and hepatopancreas of adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old

2.3 常规营养成分比较

2 龄和 3 龄蟹可食组织常规营养成分如表 4 所示。就肝胰腺而言,2 龄蟹粗脂肪含量显著高于 3 龄蟹($P<0.05$),而水分、粗蛋白和灰分含量则均低于 3 龄蟹($P>0.05$)。就性腺系统和肌肉而言,2 龄蟹水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量与 3 龄蟹均无显著性差异($P>0.05$)。2 龄蟹性腺系统和肌肉中粗蛋白含量均高于 3 龄蟹。

表 4 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹
可食组织常规营养成分比较
Tab. 4 The proximate composition of adult
male *Eriocheir sinensis* between
two-year-old and three-year-old
%; $n=3$; $\bar{x} \pm SE$; 湿重 wet weight

项目 item	2 龄蟹 two-year-old crab	3 龄蟹 three-year-old crab
肝胰腺 hepatopancreas		
水分 moisture	46.05±1.91	50.68±2.58
粗蛋白 crude protein	7.22±0.36	8.23±0.32
粗脂肪 crude lipid	43.24±0.08*	36.67±0.62
灰分 ash	1.03±0.05	1.13±0.05
性腺系统 gonadal system		
水分 moisture	74.21±0.48	74.86±0.13
粗蛋白 crude protein	17.42±0.09	16.88±0.13
粗脂肪 crude lipid	0.52±0.00	0.52±0.01
灰分 ash	2.24±0.03	2.16±0.05
肌肉 muscle		
水分 moisture	80.52±0.22	81.67±0.56
粗蛋白 crude protein	16.26±0.06	15.30±0.23
粗脂肪 crude lipid	0.41±0.02	0.41±0.01
灰分 ash	1.46±0.04	1.31±0.01

注: *表示差异显著($P<0.05$).
Note: * denotes significant difference ($P<0.05$).

2.4 脂肪酸组成比较

表 5 为 2 龄和 3 龄蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉中主要脂肪酸组成及其百分比含量比较。就肝胰腺而言,2 龄蟹 Σ PUFA 极显著高于 3 龄蟹($P<0.01$),而 DHA、 Σ EFA、 Σ HUFA、 Σ n-3 PUFA、 Σ n-6 PUFA、 Σ DHA+EPA 和 DHA/EPA 略高于 3 龄蟹($P>0.05$), Σ SFA、EPA、ARA、 Σ MUFA 和 n-3/n-6 PUFA 则低于 3 龄蟹($P>0.05$)。就性腺系统而言,仅 C18:0 存在极显著性差异($P<0.01$)。2 龄蟹 C18:0、DHA、 Σ SFA、 Σ MUFA、 Σ EFA 和 DHA/EPA

高于 3 龄蟹,而 EPA、ARA、 Σ PUFA、 Σ HUFA、 Σ n-3 PUFA、 Σ n-6 PUFA 和 Σ DHA+EPA 略低于 3 龄蟹($P>0.05$)。就肌肉而言, Σ PUFA 存在极显著性差异($P<0.01$), Σ SFA、C18:1n9c、 Σ MUFA 和 C18:3n3 存在显著性差异($P<0.05$)。2 龄蟹 C18:1n9c、DHA、EPA、 Σ SFA、 Σ MUFA、 Σ n-3 PUFA、n-3/n-6 PUFA、 Σ DHA+EPA 和 DHA/EPA 高于 3 龄蟹,而 C18:3n3、ARA、 Σ PUFA、 Σ EFA、 Σ HUFA 和 Σ n-6 PUFA 则低于 3 龄蟹。总体来看,肌肉中显著性差异项明显高于肝胰腺和性腺系统。

2.5 游离氨基酸组成比较

表 6 为 2 龄和 3 龄蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉中游离氨基酸组成及其含量比较。就肝胰腺而言,2 龄蟹和 3 龄蟹肝胰腺中游离氨基酸均无显著性差异($P>0.05$)。2 龄蟹性腺系统中 Ala 和 Pro 极显著高于 3 龄蟹($P<0.01$),Asp、His、Thr 和 Σ FAA 显著高于 3 龄蟹($P<0.05$),其余游离氨基酸无显著性差异($P>0.05$)。肌肉中 His 和 Pro 存在显著性差异($P<0.05$)。2 龄蟹 Σ EFAA、 Σ FAA 和 PETFAA 略高于 3 龄蟹($P>0.05$)。就不同可食组织而言,肌肉中游离氨基酸含量最高(1676.64~1784.52 mg/100 g),其次是肝胰腺(1243.12~1243.29 mg/100 g),最少的为性腺系统(317.52~472.00 mg/100 g),性腺系统中显著性差异项明显高于肝胰腺和肌肉。

表 7 为 2 龄和 3 龄蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉中呈味强度值及总呈味值比较。就肝胰腺而言,呈鲜味氨基酸主要为 Glu,呈甜味氨基酸主要为 Ala,呈苦味氨基酸主要为 Arg、Lys、Val、Met 和 His。2 龄蟹 Glu 和 Σ TUV 略高于 3 龄蟹,而 Ala、Arg、 Σ TSV 和 Σ TBV 则低于 3 龄蟹。就性腺系统而言,呈鲜味氨基酸主要为 Glu,呈甜味氨基酸主要为 Ala,呈苦味氨基酸主要为 Arg。2 龄蟹 Glu、Ala、Arg、 Σ TUV、 Σ TSV 和 Σ TBV 均高于 3 龄蟹。就肌肉而言,呈鲜味氨基酸主要为 Glu,呈甜味氨基酸主要为 Ala 和 Gly,呈苦味氨基酸主要为 Arg、Val、Met 和 His。2 龄蟹 Ala、Arg、Met、 Σ TSV 和 Σ TBV 高于 3 龄蟹,而 Glu 和 Σ TUV 则低于 3 龄蟹。

2.6 矿物质元素组成比较

表 8 为 2 龄和 3 龄蟹肝胰腺、性腺系统和肌

肉组织中矿物质元素组成及其含量比较。就肝胰腺而言, K 元素含量存在极显著性差异($P<0.01$), Na、Mg、Fe 和 Σ TME 含量存在显著性差异($P<0.05$), 其它元素无显著性差异($P>0.05$)。2 龄蟹 Fe 元素含量高于 3 龄蟹, 其它元素含量均低于 3 龄蟹。就性腺系统而言, Σ TME 含量存在极显著性差异($P<0.01$)。除 2 龄蟹 Mn 元素含量略高于 3 龄蟹外, 其余元素含量均低于 3 龄蟹。就肌肉而言, Mn 元素含量存在极显著性差异($P<0.01$), Σ TME 存在显著性差异($P<0.05$)。2 龄蟹除 Fe、Zn 和 Mn 元素含量略高于 3 龄蟹外, 其余元素含量均低于 3 龄蟹。

表 5 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉组织中主要脂肪酸组成比较
Tab. 5 The fatty acid composition in hepatopancreas, gonadal system and muscle of adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old

%; n=3; $\bar{x} \pm SE$

脂肪酸 fatty acid	肝胰腺 hepatopancreas		性腺系统 gonadal system		肌肉 muscle	
	2 龄蟹	3 龄蟹	2 龄蟹	3 龄蟹	2 龄蟹	3 龄蟹
	two-year-old crab	three-year-old crab	two-year-old crab	three-year-old crab	two-year-old crab	three-year-old crab
C14:0	2.10±0.23	1.99±0.16	0.53±0.06	0.53±0.13	0.57±0.00	0.39±0.00
C15:0	1.07±0.02	1.06±0.01	0.31±0.00	0.33±0.05	0.38±0.01	0.37±0.01
C16:0	20.03±0.47	20.90±0.61	9.61±0.07	9.80±0.71	14.14±0.16	13.37±0.01
C17:0	1.01±0.01	1.06±0.05	1.01±0.04	1.00±0.13	1.37±0.02	1.23±0.09
C18:0	3.87±0.11	4.14±0.04	9.69±0.08**	8.32±0.08	11.42±0.38	10.18±0.27
Σ SFA	28.80±0.64	30.25±0.98	21.92±0.23	20.77±1.07	28.13±0.25*	25.76±0.37
C15:1n5	0.41±0.00	0.46±0.01	1.13±0.00	1.21±0.03	1.35±0.11	1.63±0.20
C16:1n7	9.34±1.44	10.95±0.42	2.99±0.02	3.26±0.32	3.59±0.26	3.56±0.01
C18:1n9c	29.33±2.18	28.65±1.31	22.36±0.39	21.67±0.86	23.49±0.10*	21.95±0.27
C20:1n9	1.26±0.05	1.13±0.19	1.24±0.01	1.18±0.02	0.73±0.04	0.68±0.00
Σ MUFA	41.56±0.70	42.37±1.10	33.59±0.07	33.18±0.52	29.54±0.21*	28.29±0.04
C18:2n6c	13.34±0.59	11.02±0.38	5.59±0.14	5.32±0.07	7.13±0.18	8.27±1.74
C18:3n3	5.02±0.46	4.75±0.43	1.45±0.02	1.60±0.26	1.73±0.03	2.29±0.11*
C20:2n6	1.02±0.06	1.17±0.18	2.19±0.01	2.27±0.38	1.16±0.08	1.80±0.13
C20:4n6 (ARA)	2.67±0.03	3.02±0.11	15.83±0.16	17.18±1.40	8.48±0.38	11.04±0.52
C20:3n3	0.65±0.03	0.60±0.04	0.85±0.04	0.86±0.05	0.56±0.03	0.65±0.02
C20:5n3 (EPA)	2.48±0.25	2.53±0.17	10.47±0.19	11.14±0.39	13.22±0.45	12.98±0.77
C22:6n3 (DHA)	3.26±0.07	3.11±0.59	7.14±0.04	7.05±0.14	9.29±0.13	8.18±0.30
Σ PUFA	29.71±0.00**	27.35±0.04	44.51±0.15	46.43±1.20	42.34±0.04	45.95±0.33**
Σ EFA	18.63±0.14	16.05±0.81	7.47±0.16	7.34±0.21	9.15±0.22	10.84±1.82
Σ HUFA	15.09±0.66	14.88±0.17	36.31±0.00	38.43±0.77	33.76±0.07	35.60±1.51
Σ n-3 PUFA	11.41±0.47	10.97±0.02	19.90±0.11	20.64±0.39	24.79±0.22	24.09±0.67
Σ n-6 PUFA	18.30±0.39	16.38±0.04	24.61±0.18	25.80±1.01	17.55±0.16	21.87±0.74
n-3/n-6 PUFA	0.63±0.06	0.67±0.00	0.81±0.02	0.81±0.08	1.41±0.04	1.11±0.11
Σ DHA+EPA	5.74±0.18	5.63±0.42	17.60±0.14	18.18±0.25	22.51±0.32	21.16±1.07
DHA/EPA	1.33±0.16	1.25±0.31	0.68±0.02	0.63±0.03	0.70±0.03	0.63±0.01

注: *表示差异显著($P<0.05$), **表示差异极显著($P<0.01$)。小于 0.3% 的脂肪酸在表格中没有列出。 Σ SFA, 总饱和脂肪酸; Σ MUFA, 总单不饱和脂肪酸; Σ PUFA, 总多不饱和脂肪酸; Σ EFA, 总必需脂肪酸; Σ HUFA, 总高不饱和脂肪酸; Σ n-3 PUFA, 总 ω -3 多不饱和脂肪酸; Σ n-6 PUFA, 总 ω -6 多不饱和脂肪酸。
Note: * denotes significant difference ($P<0.05$). ** denotes extremely significant difference ($P<0.01$). Fatty acids less than 0.3% were not listed in the table. Σ SFA, total saturated fatty acids; Σ MUFA, total monounsaturated fatty acids; Σ PUFA, total polyunsaturated fatty acids; Σ EFA, total essential fatty acids; Σ HUFA, total highly unsaturated fatty acids; Σ n-3 PUFA, total ω -3 polyunsaturated fatty acids; Σ n-6 PUFA, total ω -6 polyunsaturated fatty acids.

表 6 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉组织中游离氨基酸组成及含量比较
Tab. 6 The free amino acid composition in hepatopancreas, gonadal system and muscle of adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old

$n=3$; $\bar{x} \pm SE$; mg/100 g; 湿重 wet weight

游离氨基酸 free amino acids	肝胰腺 hepatopancreas		性腺系统 gonadal system		肌肉 muscle	
	2 龄蟹	3 龄蟹	2 龄蟹	3 龄蟹	2 龄蟹	3 龄蟹
	two-year-old crab	three-year-old crab	two-year-old crab	three-year-old crab	two-year-old crab	three-year-old crab
天冬氨酸 Asp	44.98±14.09	28.55±10.23	9.66±0.46*	4.71±0.68	1.63±0.14	3.25±0.47
精氨酸 Arg	238.21±11.37	269.59±5.12	66.30±0.18	50.54±4.29	568.81±12.84	510.30±28.77
丙氨酸 Ala	183.31±4.83	195.31±2.50	110.40±0.56**	66.72±2.33	435.20±5.94	366.28±16.64
半胱氨酸 Cys	12.46±2.22	13.27±3.85	1.27±0.40	1.01±0.01	3.43±0.62	2.73±0.40
谷氨酸 Glu	99.65±21.86	83.77±8.90	48.18±5.29	28.38±2.87	34.87±3.04	42.53±2.96
甘氨酸 Gly	92.46±10.18	107.94±18.09	45.17±3.71	37.36±1.93	276.96±28.77	372.94±55.58
组氨酸 His	30.01±5.45	33.42±3.22	8.40±0.03*	7.23±0.22	28.24±0.66	37.10±1.53*
脯氨酸 Pro	86.81±15.96	71.91±7.93	71.66±1.01**	41.06±2.50	187.84±6.74*	109.26±5.29
丝氨酸 Ser	17.90±3.28	16.66±2.27	2.57±0.08	2.05±0.20	7.75±0.80	11.37±0.45
酪氨酸 Tyr	66.10±10.86	63.12±14.29	27.39±4.85	18.22±0.26	44.25±4.57	43.38±19.87
异亮氨酸 Ile [▲]	50.30±10.65	48.20±8.49	11.11±1.29	8.49±0.06	20.59±5.14	22.49±7.52
亮氨酸 Leu [▲]	108.29±20.26	108.54±21.45	14.27±1.59	11.83±0.21	31.99±7.64	36.86±11.10
赖氨酸 Lys [▲]	105.98±18.67	94.53±13.69	11.95±0.98	9.21±0.13	32.09±3.10	31.45±2.62
甲硫氨酸 Met [▲]	45.17±5.42	45.30±8.92	29.11±4.36	19.05±1.49	92.61±30.01	64.84±18.49
苯丙氨酸 Phe [▲]	61.66±9.70	63.03±13.44	14.55±1.92	11.72±0.96	18.25±0.80	21.87±7.49
苏氨酸 Thr [▲]	77.19±8.38	67.76±8.33	19.32±0.67*	12.64±0.61	50.60±8.73	43.47±9.12
缬氨酸 Val [▲]	78.03±12.97	73.57±10.62	19.13±2.20	14.90±0.27	40.61±8.18	41.17±12.13
总必需氨基酸 ΣEFAA	526.62±86.06	500.92±84.94	119.45±11.68	87.85±1.55	286.74±63.61	262.15±68.48
总游离氨基酸 ΣFAA	1243.29±110.16	1243.12±111.30	472.00±25.37*	317.57±0.63	1784.52±7.03	1676.64±168.62
必需氨基酸百分 比 PETFAA	42.07±3.19	40.00±3.25	25.25±1.12	27.66±0.43	16.08±3.63	15.38±2.54

注: ▲ 为必需氨基酸, * 表示差异显著($P<0.05$), ** 表示差异极显著($P<0.01$).
Note: ▲ means essential amino acid. * denotes significant difference ($P<0.05$). ** denotes extremely significant difference ($P<0.01$).

3 讨论

3.1 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹可食率比较

肝胰腺、性腺和肌肉是中华绒螯蟹重要的可食部位, 它们与体重的比值是评价市场价值的重要指标^[35]。本研究表明 2 龄蟹 GSI 低于 3 龄蟹, 说明 3 龄蟹性腺系统发育要早于或发育速度快于 2 龄蟹, 这与 2 龄蟹 HSI 高于 3 龄蟹是协调一致的。因为在性腺系统发育期间, HSI 和 GSI 呈显著负相关, 即肝胰腺中营养物质向性腺系统中转移, 提供了外源性物质来源, 促进性腺系统发育^[36]。Wu 等^[10]研究表明随着性腺系统发育, 整体上 MY 和 TEY 呈现上升的趋势。本研究表明 2 龄蟹 MY 显

著低于 3 龄蟹($P<0.05$), 可能与 3 龄蟹 GSI 高于 2 龄蟹有关^[10]。本研究 2 龄、3 龄蟹的 MY 和 TEY 要明显高于先前报道^[8,10,35], 而和 Wang 等^[11]在黑龙江地区采集中华绒螯蟹 MY 和 TEY 结果差异不大, 说明 MY 参数受人为刮肉操作因素影响较大。为保证实验数据的准确性, 需要尽早制定中华绒螯蟹 MY 参数操作标准, 以减少人为因素对实验数据的影响。

3.2 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹色泽参数及常规营养成分比较

色泽参数是中华绒螯蟹感官评价的重要指标参数, 也是影响消费者能否购买的重要因素之一^[14,37]。通常来讲, 中华绒螯蟹的头胸甲红度值越高, 肝胰

表 7 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉组织中游离氨基酸的阈值和呈味强度值(TAV)比较

Tab. 7 The threshold and taste activity value of free amino acid composition in hepatopancreas, gonadal system and muscle of adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old

$n=3; \bar{x} \pm SE$

游离氨基酸 free amino acids	呈味情况 flavor characteristics	阈值 threshold (mg/100 mL)	肝胰腺 hepatopancreas		性腺系统 gonadal system		肌肉 muscle	
			2 龄蟹	3 龄蟹	2 龄蟹	3 龄蟹	2 龄蟹	3 龄蟹
			two-year-old crab	three-year-old crab	two-year-old crab	three-year-old crab	two-year-old crab	three-year-old crab
天冬氨酸 Asp	鲜(+) umami (+)	100	0.45	0.29	0.10	0.05	0.02	0.03
谷氨酸 Glu	鲜(+) umami (+)	30	3.32	2.79	1.61	0.95	1.16	1.42
总鲜味氨基酸 ΣTUV			3.77	3.08	1.70	0.99	1.18	1.45
丙氨酸 Ala	甜(+) sweetness (+)	60	3.06	3.26	1.84	1.11	7.25	6.10
甘氨酸 Gly	甜(+) sweetness (+)	130	0.71	0.83	0.35	0.29	2.13	2.87
丝氨酸 Ser	甜(+) sweetness (+)	150	0.12	0.11	0.02	0.01	0.05	0.08
苏氨酸 Thr	甜(+) sweetness (+)	260	0.30	0.26	0.07	0.05	0.19	0.17
脯氨酸 Pro	甜/苦(+) sweetness/bitterness (+)	300	0.29	0.24	0.24	0.14	0.63	0.36
总甜味氨基酸 ΣTSV			4.47	4.70	2.52	1.60	10.26	9.58
精氨酸 Arg	甜/苦(-) sweetness/bitterness (-)	50	4.76	5.39	1.33	1.01	11.38	10.21
赖氨酸 Lys	甜/苦(-) sweetness/bitterness (-)	50	2.12	1.89	0.24	0.18	0.64	0.63
缬氨酸 Val	甜/苦(-) sweetness/bitterness (-)	40	1.95	1.84	0.48	0.37	1.02	1.03
甲硫氨酸 Met	苦/甜/硫(-) bitterness/sweetness/sulphur (-)	30	1.51	1.51	0.97	0.63	3.09	2.16
组氨酸 His	苦(-) bitterness (-)	20	1.50	1.67	0.42	0.36	1.41	1.85
异亮氨酸 Ile	苦(-) bitterness (-)	90	0.56	0.54	0.12	0.09	0.23	0.25
亮氨酸 Leu	苦(-) bitterness (-)	190	0.57	0.57	0.08	0.06	0.17	0.19
苯丙氨酸 Phe	苦(-) bitterness (-)	90	0.69	0.70	0.16	0.13	0.20	0.24
总苦味氨基酸 ΣTBV			13.65	14.11	3.79	2.85	18.13	16.57

注: +表示味道愉悦, -表示味道不好。
Note: + means pleasant taste; - means unpleasant taste.

表 8 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉组织中矿物质元素组成及含量比较

Tab. 8 The mineral element composition in hepatopancreas, gonadal system and muscle of adult male *Eriocheir sinensis* between two-year-old and three-year-old

$n=3; \bar{x} \pm SE; \text{mg}/100 \text{ g}; \text{湿重 wet weight}$

元素 element	肝胰腺 hepatopancreas		性腺系统 gonadal system		肌肉 muscle	
	2 龄蟹	3 龄蟹	2 龄蟹	3 龄蟹	2 龄蟹	3 龄蟹
	two-year-old crab	three-year-old crab	two-year-old crab	three-year-old crab	two-year-old crab	three-year-old crab
Na	1209.98±229.01	2206.25±241.82*	4999.17±76.57	5319.73±55.95	2437.03±186.95	2728.41±95.13
K	1476.87±162.20	2552.34±143.00**	2861.61±122.23	3300.40±59.92	3169.66±47.02	3473.21±124.27
Ca	1222.76±52.26	1284.45±106.81	1245.14±10.12	1313.60±42.17	839.04±92.08	845.47±54.01
Mg	314.92±25.00	448.69±29.41*	607.52±11.92	765.87±90.10	510.18±21.05	541.23±5.75
Fe	140.93±16.31*	84.42±4.05	7.13±0.34	7.89±0.43	9.35±0.20	8.05±0.52
Zn	15.72±2.30	19.77±2.47	11.16±0.56	11.57±0.37	38.96±0.59	37.70±1.54
Cu	3.52±0.60	7.47±1.58	5.17±1.11	6.36±0.41	5.15±0.45	5.81±0.66
Mn	2.17±0.13	2.39±0.29	4.33±0.23	3.96±0.32	0.65±0.02**	0.48±0.02
总矿物质元素 ΣTME	4387.66±357.19	6606.87±332.76*	9741.61±180.56	10729.77±97.29**	7010.35±166.63	7640.63±129.86*

注: *表示差异显著($P<0.05$), **表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: * denotes significant difference ($P<0.05$). ** denotes extremely significant difference ($P<0.01$).

腺组织黄度值越高,则相对市场价格越高^[38]。本研究表明 2 龄蟹头胸甲干样的 a^* 和 b^* 低于 3 龄蟹,说明 3 龄蟹头胸甲干样的色泽参数优于 2 龄蟹,3 龄蟹甲壳积累更多的虾青素、角黄素、玉米黄素和 β 类胡萝卜素^[39]。2 龄蟹肝胰腺湿样 b^* 高于 3 龄蟹,说明 2 龄蟹积累更多的玉米黄素和 β 类胡萝卜素^[39]。与西双版纳人工养殖中华绒螯蟹^[40]和天然水域绥芬河绒螯蟹^[5]比较,黑龙江肇东池塘养殖中华绒螯蟹的 a^* 和 b^* 均明显更高,说明此地养殖中华绒螯蟹积累更多的类胡萝卜素。

可食组织的常规营养成分(水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分)是评价水产动物营养价值的重要指标^[41],其组成受遗传、养殖环境、发育阶段和饲料等多方面因素影响^[10,19]。本研究表明 2 龄蟹性腺系统中粗脂肪含量显著高于 3 龄蟹($P<0.05$),说明 3 龄肝胰腺向性腺系统提供了更多的脂质以满足营养物质积累和能量代谢。2 龄蟹性腺系统和肌肉中粗蛋白含量高于 3 龄蟹,在养殖环境和饲料因素都一致的前提下,说明 2 龄和 3 龄蟹种质还是有一定差别的。就不同可食组织而言,肝胰腺中粗脂肪含量最高,性腺系统中粗蛋白含量最高,肌肉中水分含量最高,这与已往报道文献结果是一致的^[8-9, 11-12, 39]。

3.3 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹脂肪酸组成比较

脂肪酸组成和含量是评估可食组织营养价值的重要指标^[7,42],尤其是必需脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量^[19]。脂肪酸组成和含量可能受遗传^[43]、养殖环境^[44]和饲料^[7]等多方面因素共同影响。本研究表明肝胰腺中 Σ SFA 含量高于性腺系统和肌肉,而 Σ PUFA 含量则低于性腺系统和肌肉,这与已往研究结果一致^[8-12],可能与肝胰腺是甲壳动物的脂质代谢和存储中心有关,需要积累更多的能量型脂肪酸有关^[45]。

平衡的必需脂肪酸含量对人体具有重要的作用,尤其是 Σ EFA 和 LC-PUFAs^[46]。DHA 和 EPA 对人体尤其是特殊人群(胎儿、婴儿、青少年和孕妇)具有更加重要的作用^[47]。研究表明 2 龄蟹肝胰腺、性腺系统和肌肉组织中 DHA 含量高于 3 龄蟹,而 ARA 含量则低于 3 龄蟹,说明在养殖环境

相似和饲料一致的情况下,可能是 2 龄和 3 龄蟹体内相关基因表达存在一定差异,影响了 LC-PUFA 合成关键酶 Fad 和 Elvol 的表达,促进了内源性生物合成差异,从而影响了 2 龄和 3 龄蟹 LC-PUFA 产物积累^[48-49]。也有可能是由于 2 龄蟹和 3 龄蟹摄食量差异而造成的,或蟹体内对 LC-PUFA 分解速度不同而造成的,但究竟是哪种原因,还需要进一步实验验证。

n-3 PUFA、n-6 PUFA 以及 n-3/n-6 PUFA 是评价食品营养价值的重要指标^[32]。FAO/WHO^[46]推荐 n-3/n-6 PUFA 的适宜比值为 0.1~0.2,如果比值大于 0.2 对人体健康更加有益^[9-10]。本研究表明不论是 2 龄蟹还是 3 龄蟹,3 种可食组织肝胰腺、性腺系统和肌肉中 n-3/n-6 PUFA 均明显高于 0.2,说明中华绒螯蟹是高营养价值的水产动物。尤其值得注意的是,肌肉中 n-3 PUFA 和 n-3/n-6 PUFA 均明显高于肝胰腺和性腺系统,从这个角度看,肌肉的营养价值要更高。这与先前的研究结果一致^[8-11]。2 龄蟹肌肉组织 n-6 PUFA 明显低于 3 龄蟹,在 n-3 PUFA 相差不大的前提下,导致 2 龄蟹 n-3/n-6 PUFA 明显高于 3 龄蟹。

3.4 2 龄和 3 龄成年雄性中华绒螯蟹游离氨基酸组成比较

游离氨基酸组成和含量是影响水产动物营养和滋味品质的重要影响因素^[12]。本研究表明 2 龄和 3 龄蟹肌肉主要游离氨基酸组成与已往报道是一致的^[11-12,19,50],但是含量存在一定差异。2 龄蟹可食组织中 Σ EFAA 和 Σ FAA 均高于 3 龄蟹,说明 2 龄蟹营养品质优于 3 龄蟹。Wang 等^[11]研究表明黑龙江稻田养殖 2 龄辽河水系中华绒螯蟹性腺系统中高含量游离氨基酸分别为 Ala [(100.86 $\pm$ 0.97) mg/100 g] 和 Arg [(56.42 $\pm$ 3.20) mg/100 g],而本研究 2 龄蟹高含量游离氨基酸分别为 Ala [(110.40 $\pm$ 0.56) mg/100 g] 和 Arg [(66.30 $\pm$ 0.18) mg/100 g] 略高于先前研究,说明不同的养殖环境或饲料投喂影响了其游离氨基酸的含量。2 龄蟹 Σ FAA 为 (472.00 $\pm$ 25.37) mg/100 g, 低于 WANG 等^[11]中稻田养殖模式 2 龄蟹性腺系统中 Σ FAA [655 mg/100 g],说明稻田养殖模式性腺系统中游离氨基酸总量要高于池塘养殖模式,这与张家奇等^[51]研究结果一

致。2龄蟹性腺系统 Ala 和 Pro 含量极显著高于3龄蟹($P<0.01$), 说明2龄蟹和3龄蟹性腺系统在积累游离氨基酸含量上存在一定差异。

TAV 是样品中各游离氨基酸含量与阈值的比值, 通常 $TAV>1$ 时, 表示该物质对呈味有重要影响, 数值越大, 贡献越大^[51]。本研究表明不同组织呈鲜味和甜味的主要氨基酸基本相同, 均为 Glu 和 Ala, 而呈苦味的主要氨基酸则存在一定差异, 这与已往研究结果一致^[11-12]。在肝胰腺和肌肉中, Arg 的 TAV 均是最高的, 说明 Arg 对中华绒螯蟹肝胰腺和肌肉呈味具有重要的作用。Arg 呈味与含量有较大关系, 低含量的 Arg 呈苦味, 而高含量的 Arg 则与鲜甜味呈明显的正相关^[52]。本研究表明肌肉中2龄蟹 ΣTUV 低于3龄蟹, 说明2龄蟹鲜味弱于3龄蟹; 2龄蟹 ΣTSV 高于3龄蟹, 说明2龄蟹甜味要优于3龄蟹; 2龄蟹 ΣTBV 高于3龄蟹, 说明在2龄蟹苦味也要高于3龄蟹。

3.5 2龄和3龄成年雄性中华绒螯蟹矿物质元素组成比较

矿物质元素是构成人体机体组织和维持正常生命活动的重要物质, 对人体健康具有重要的作用^[53], 矿物质元素是人体必不可少的, 但是却不能自身合成, 因此食品中矿物质元素组成及其含量是评价其营养价值的重要指标之一^[54]。Na、Ca、K 和 Mg 是人体需要的大量元素, K 能防止中风, 维持正常的肌肉收缩, 与 Na 共同维持体液平衡^[55]。本研究表明中华绒螯蟹上述四种大量元素的含量较高, 是人体重要的大量元素来源。肝胰腺和肌肉中 K 元素含量最高, 性腺系统中 Na 元素含量最高, 这与与先前研究结果一致^[56]。2龄蟹 Na、Ca、K 和 Mg 元素含量均低于3龄蟹, 说明3龄蟹积累更多的大量元素, 对人体更加有益。Fe、Zn、Cu 和 Mn 是人体的微量元素, 对人体物质代谢具有重要的作用^[57]。本研究表明除2龄蟹肝胰腺中 Fe 元素, 性腺系统中 Mn 元素, 肌肉中 Fe、Zn 和 Mn 元素外, 其余元素均低于3龄蟹, 说明微量元素在中华绒螯蟹体内累积作用也比较明显, 3龄蟹比2龄蟹多1年的生长期, 进而导致体内矿物质元素积累量高于2龄蟹, 但以上假说是否成立, 还需进一步实验验证。

参考文献:

- [1] Du N S. Chinese mitten crab species in some genus and their English names[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1998, 25(3): 108-109, 113. [堵南山. 中华绒螯蟹的同属种类及其英文名称[J]. 水产科技情报, 1998, 25(3): 108-109, 113.]
- [2] Feng Q M, Long X W, Jiang X D. et al. Changes of tissue indices and lipid composition of wild adult Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) during catadromous migration[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2020, 29(2): 234-241. [封强梅, 龙晓文, 姜晓东, 等. 长江野生中华绒螯蟹降海洄游过程中组织系数和脂类组成的变化[J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(2): 234-241.]
- [3] Cheng Y X, Wu X G, Yang X Z, et al. Current trends in hatchery techniques and stock enhancement for Chinese mitten crab, *Eriocheir japonica sinensis*[J]. Reviews in Fisheries Science, 2008, 16(1-3): 377-384.
- [4] Wang S H, Wang H N, Liu Q, et al. A comparative study between culture performance and total edible yield of first-generation Chinese mitten crabs produced from inbred families and hybrid families[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2019, 26(4): 664-676. [王世会, 王海宁, 刘青, 等. 中华绒螯蟹1龄性早熟自交和1龄性早熟与2龄正常成熟杂交 F_1 养殖性能及可食率比较[J]. 中国水产科学, 2019, 26(4): 664-676.]
- [5] Wang S H, Luo L, Zhang R, et al. Body weight profile and proximate composition of adult Suifenhe *Eriocheir sensu stricto*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2022, 43(4): 61-19. [王世会, 罗亮, 张瑞, 等. 绥芬河水系野生绒螯蟹体质量分布及常规营养品质[J]. 渔业科学进展, 2022, 43(4): 61-19.]
- [6] Peng F, Fang D A, Zhou Y F, et al. Preliminary research of biological plasticity of the third-year-old population of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.), 2022, 48(1): 86-95. [彭飞, 方弟安, 周彦锋, 等. 中华绒螯蟹3龄群体的生物学可塑性初探[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2022, 48(1): 86-95.]
- [7] 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.
- [8] 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. [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.]
- [9] 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. [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.]
- [10] Wu X G, Zhu S C, Zhang H C, et al. Fattening culture improves the gonadal development and nutritional quality of male Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. *Aquaculture*, 2019, 518: 734865.
- [11] 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.
- [12] Wang Y Z, Li J H, Wang S H, et al. Composition and nutritional qualities of edible tissues of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) from Ya Lake over different months[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2022, 105: 104199.
- [13] Qu L L, Wang X C, Wu X G, et al. Progress on major influences on nutritional quality of crabs[J]. *The Food Industry*, 2017, 38(3): 217-221. [瞿俐俐, 王锡昌, 吴旭干, 等. 影响蟹类营养品质主要因素的研究进展[J]. 食品工业, 2017, 38(3): 217-221.]
- [14] Long X W, Wu X G, Zhao L, et al. Effects of dietary supplementation with *Haematococcus pluvialis* cell powder on coloration, ovarian development and antioxidation capacity of adult female Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. *Aquaculture*, 2017, 473: 545-553.
- [15] Li Q Q, Zu L, Cheng Y X, et al. Carapace color affects carotenoid composition and nutritional quality of the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 126: 109286.
- [16] Wang S H, Cheng Y X, Shi L Y, et al. A comparative study of edible yield and quality in adult Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in different periods of autumn[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2020, 27(10): 1196-1209. [王世会, 成永旭, 石连玉, 等. 秋季不同时期上市中华绒螯蟹可食率和品质比较[J]. 中国水产科学, 2020, 27(10): 1196-1209.]
- [17] Chen Z Z, Cheng Y X, Wang W. Changes of hepatopancreas index, lipid content and fatty acid composition in *Eriocheir sinensis* during precocity[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, 27(1): 57-61. [陈再忠, 成永旭, 王武. 早熟期间中华绒螯蟹肝胰腺指数、肝脂含量及脂肪酸组成的变化[J]. 水产学报, 2003, 27(1): 57-61.]
- [18] Sui L Y, Sun H X, Wu X G, et al. Effect of dietary HUFA on tissue fatty acid composition and reproductive performance of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) broodstock[J]. *Aquaculture International*, 2011, 19(2): 269-282.
- [19] 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.
- [20] Wu H R, Ge M T, Chen H F, et al. Comparison between the nutritional qualities of wild-caught and rice-field male Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*)[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 117: 108663.
- [21] Gu S Q, Wang X C, Tao N P, et al. Characterization of volatile compounds in different edible parts of steamed Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. *Food Research International*, 2013, 54(1): 81-92.
- [22] Zhuang K, Wu N, Wang X, et al. Effects of 3 feeding modes on the volatile and nonvolatile compounds in the edible tissues of female Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. *Journal of Food Science*, 2016, 81(4): S968-S981.
- [23] Zhang L, Yin M Y, Zheng Y, et al. Brackish water improves the taste quality in meat of adult male *Eriocheir sinensis* during the postharvest temporary rearing[J]. *Food Chemistry*, 2021, 343: 128409.
- [24] Jiang R, Liu B L, Liu H X, et al. Microstructures of eyestalks of three common commercial shrimp and crab species in China[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2018, 49(1): 99-105. [蒋瑞, 刘必林, 刘华雪, 等. 三种常见经济虾蟹类眼柄微结构分析[J]. 海洋与湖沼, 2018, 49(1): 99-105.]
- [25] Ni Z Y, Liu B L, Zhang J, et al. Current progresses direct age determination and growth of shrimps and crabs using microstructure of eyestalks: a review[J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2019, 34(1): 139-144. [倪震宇, 刘必林, 张健, 等. 利用眼柄微结构研究虾蟹类年龄和生长的进展[J]. 大连海洋大学学报, 2019, 34(1): 139-144.]
- [26] Shi W L. How did large-sized river crab come into being in Heilongjiang Province[J]. *Reservoir Fisheries*, 2005, 25(5): 10, 26. [史为良. 黑龙江省大河蟹是如何产生的[J]. 水利渔业, 2005, 25(5): 10, 26.]
- [27] Liu Y C. Feasibility analysis of growing large-sized river crabs in three years of artificial control of sexual maturity[J]. *Hebei Fisheries*, 2014, 248(8): 15-17. [刘艳春. 人工控制性成熟三年养成大规格河蟹可行性分析[J]. 河北渔业, 2014, 248(8): 15-17.]
- [28] Zhang L. Growth and nutritional characteristics of the third-

- stage of *Eriocheir sinensis*[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2019: 1-45. [张丽. 中华绒螯蟹(3龄阶段)生长于营养特性[D]. 南京: 南京农业大学, 2019: 1-45.]
- [29] AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists[M]. 16th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [30] GB 5009.6-2016. National food safety standard-Determination of fat in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016. [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.]
- [31] GB 5009.168-2016. National food safety standard-Determination of fatty acids in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016. [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.]
- [32] 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.
- [33] Rotzoll N, Dunkel A, Hofmann T. Quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa* Fr.)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(7): 2705-2711.
- [34] GB 5009.268-2016. National food safety standard-Determination of multi elements in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016. [GB 5009.268-2016. 食品安全国家标准-食品中多元素的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.]
- [35] He J, Wu X G, Li J H, et al. Comparison of the culture performance and profitability of wild-caught and captive pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) juveniles reared in grow-out ponds: Implications for seed selection and genetic selection programs[J]. Aquaculture, 2014, 434: 48-56.
- [36] Xu J Q, Wu X G, Zhao C P, et al. Growth, gonadal development and secondary sexual characteristics of pond-reared male Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) during the second year culture[J]. Chinese Journal of Zoology, 2016, 51(3): 434-448. [徐佳倩, 吴旭干, 张鹏超, 等. 池塘养殖中华绒螯蟹二龄雄体生长、性腺发育和第二性征的变化[J]. 动物学杂志, 2016, 51(3): 434-448.]
- [37] Tume R K, Sikes A L, Tabrett S, et al. Effect of background colour on the distribution of astaxanthin in black tiger prawn (*Penaeus monodon*): Effective method for improvement of cooked colour[J]. Aquaculture, 2009, 296(1-2): 129-135.
- [38] Chien Y H, Jeng S C. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus*, Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes[J]. Aquaculture, 1992, 102: 333-346.
- [39] Li Q, Sun Q F, Liu Q, et al. Estimation of genetic parameters for carotenoid traits in Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, females[J]. Aquaculture, 2021, 532: 735990.
- [40] Wang S H, Long X W, Zu L, et al. Preliminary study on gonadal development and nutritional composition of adult *Eriocheir sinensis* from Xishuangbanna[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(4): 483-490 [王世会, 龙晓文, 祖露, 等. 西双版纳河蟹性腺发育规律和营养品质[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(4): 483-490.]
- [41] Kauser 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.
- [42] Ghasemi-Fard S, Wang F L, Sinclair A J, et al. How does high DHA fish oil affect health? A systematic review of evidence[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2019, 59 (11): 1684-1727.
- [43] 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.
- [44] 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.
- [45] Wang Q J, Wu X G, Long X W, et al. Nutritional quality of different grades of adult male Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 55(3): 944-955.
- [46] FAO/WHO. Fats and oils in human nutrition[R]//Report of a joint FAO/WHO expert consultation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1994.
- [47] Muskiet F A J, Kemperman R F J. Folate and long-chain polyunsaturated fatty acids in psychiatric disease[J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2006, 17(11): 717-727.
- [48] Izquierdo M S, Robaina L, Juárez-Carrillo E, et al. Regulation of growth, fatty acid composition and delta-6 desaturase expression by dietary lipids in gilthead seabream larvae (*Sparus aurata*)[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2008, 34: 117-127.
- [49] Xie D Z, Chen C Y, Dong Y W, et al. Regulation of long-chain polyunsaturated fatty acid biosynthesis in teleost fish[J]. Progress in Lipid Research, 2021, 82:101095.
- [50] 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.
- [51] Zhang J Q, Zhang L, Wang X C. Effects of rice culture and

- pond culture on the quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(13): 229-236. [张家奇, 张龙, 王锡昌. 稻田养殖和池塘养殖对中华绒螯蟹滋味品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(13): 229-236.]
- [52] Dermiki M, Phanphensophon N, Mottram D S, et al. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minced meat[J]. Food Chemistry, 2013, 141(1): 77-83.
- [53] Dato-Cajegas C R S, Yakupitiyage A. The need for dietary mineral supplementation for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, cultured in a semi-intensive system[J]. Aquaculture, 1996, 144(1-3): 227-237.
- [54] Gökolu N, Yerlikaya P. Determination of proximate composition and mineral contents of blue crab (*Callinectes sapidus*) and swim crab (*Portunus pelagicus*) caught off the Gulf of Antalya[J]. Food Chemistry, 2003, 80: 495-498.
- [55] Cui L L, Lu S X, Gao H T, et al. Analysis and evaluation of muscle nutritional components of five principal strains of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in China[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2021, 34(6): 1-10. [崔丽莉, 鲁绍雄, 高海涛, 等. 5 个养殖虹鳟品种肌肉的营养成分分析与评价[J]. 水产学杂志, 2021, 34(6): 1-10.]
- [56] Zhao L, Wu X G, Long X W, et al. Comparative study on major mineral contents among three mitten crab populations: *Eriocheir sinensis*, *E. japonica* and their hybrids[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2014, 22: 109-118. [赵磊, 吴旭干, 龙晓文, 等. 中华绒螯蟹、日本绒螯蟹及其杂交种成体主要矿物质元素含量比较[J]. 广东农业科学, 2014, 22: 109-118.]
- [57] Zhang S F, He C Z, Li J H, et al. Analysis and evaluation of mineral contents in different tissues of pearl oyster *Pinctada fucata martensii* between the yellow colored line and cultured stock[J]. Marine Science Bulletin, 2020, 39(3): 357-362. [张善发, 贺承章, 李俊辉, 等. 马氏珠母贝金壳色选育群体与养殖群体不同组织中矿物质元素的分析与评价[J]. 海洋通报, 2020, 39(3): 357-362.]

Comparison of edible yield, color, and quality of adult male Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) between two and three years of age

WANG Shihui^{1,2}, LUO Liang^{1,2}, ZHANG Rui^{1,2}, GUO Kun^{1,2}, BAI Shuyan^{1,3}, QIN Dongli^{1,3}, XU Wei^{1,2}, ZHAO Zhigang^{1,2}

1. Key Open Laboratory of Cold Water Fish Germplasm Resources and Breeding of Heilongjiang Province, Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;
2. Engineering Technology Research Center of Saline-Alkaline Waters Fisheries (Harbin), Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;
3. Supervision, Inspection, and Testing Center for Fishery Environment and Aquatic Products (Harbin), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Harbin 150070, China

Abstract: The Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, is an important aquaculture species in China. Generally, *E. sinensis* has a life cycle of two years. However, recent studies have demonstrated that their life cycle can extend to three years at high latitudes. To expand the new germplasm of *E. sinensis* and explain its quality characteristics, this study took the two-year-old male mature *E. sinensis* (two-year-old crab, TWC) in the northern cold region as the control to explore the differences of edible yield, color, proximate composition, fatty acid, free amino acid, and mineral elements of the three-year-old male mature *E. sinensis* (three-year-old crab, THC). This provides an important judgment basis for the development and utilization of the new germplasm of the THC. The results indicate that on September 15, the hepatosomatic index (HSI) of TWC was significantly higher than that of THC ($P < 0.01$), while the meat yield was significantly lower than that of THC ($P < 0.05$). Significant differences were observed in L^* and a^* between TWC and THC of wet and dry carapace and hepatopancreas ($P < 0.05$). The content of crude lipid in hepatopancreas of TWC was significantly higher than that of THC ($P < 0.05$), while the content of crude protein in testis and muscle was higher than that of THC, but not significantly. In terms of fatty acids, the contents of DHA and DHA/EPA in hepatopancreas, testis, and muscle tissue of TWC were higher than those of THC, while ARA was lower than in THC. The fatty acid items of significant difference in muscle (5 items) were obviously higher than in hepatopancreas (1 item) and testis (1 item). In terms of free amino acids, Σ EFAA and Σ FAs in hepatopancreas, testis, and muscle of TWC were higher than in those of THC. The free amino acid items of significant difference in testis (6 items) were clearly higher than those in hepatopancreas (0 item) and muscle (2 items). Glu and Σ TUV in hepatopancreas and testis of TWC were higher than those of THC, while those in muscle were lower than in those of THC. In terms of mineral elements, the contents of sodium, potassium, calcium, magnesium, and copper in the three edible tissues of TWC were lower than in THC. The mineral element items of significant difference in hepatopancreas (5 items) were evidently higher than that in testis (1 item) and muscle (2 items). In conclusion, most of the proximate composition, fatty acids, and free amino acids of TWC are better than those of THC, but the edible yield and the contents of most mineral elements are distinctly lower than those of THC. Overall, male TWC and THC have distinct advantages, and both have high nutritional value.

Key words: *Eriocheir sinensis*; three-year-old; color; fatty acid; free amino acid; mineral element

Corresponding author: ZHAO Zhigang. E-mail: zhaozhigang@hrfri.ac.cn