

盱眙地区不同养殖模式下克氏原螯虾肌肉品质的比较分析

万金娟 陈友明 邵俊杰 唐建清 沈美芳* 孙梦玲 张美琴 孙敏

(江苏省淡水水产研究所,南京 210017)

摘要:为探究盱眙地区不同养殖模式下克氏原螯虾的肌肉品质差异,随机选取江苏省盱眙县稻虾共作、池塘主养、蟹塘混养、莲田套养和野生(洪泽湖)5种养殖模式下的健康鲜活克氏原螯虾(体重在30 g左右)各50尾,对其含肉率、失水率以及肌肉质构特性、常规营养成分含量、氨基酸组成和含量等进行测定和分析。结果显示:5种养殖模式克氏原螯虾的体长、体重以及体重/体长均无显著差异($P>0.05$)。池塘主养虾的含肉率显著高于蟹塘混养和莲田套养虾($P<0.05$),蟹塘混养和莲田套养虾的失水率显著高于其他3种养殖模式虾($P<0.05$)。稻虾共作和莲田套养虾肌肉的硬度显著高于其他3种养殖模式虾($P<0.05$),野生虾肌肉的内聚力显著高于稻虾共作和池塘主养虾($P<0.05$),稻虾共作、莲田套养和野生虾肌肉的咀嚼性显著高于池塘主养虾($P<0.05$),各养殖模式虾肌肉的弹性和回复性无显著差异($P>0.05$)。蟹塘混养和莲田套养虾的肌肉水分含量显著高于其他3种养殖模式虾($P<0.05$),野生虾的肌肉粗脂肪含量显著低于池塘主养和蟹塘混养虾($P<0.05$),5种养殖模式虾肌肉中粗蛋白质及粗灰分含量无显著差异($P>0.05$)。5种养殖模式虾肌肉中均含有17种氨基酸,且各种氨基酸含量以及氨基酸总量、鲜味氨基酸总量、必需氨基酸总量等均无显著差异($P>0.05$)。由此可见,在本试验条件下,5种养殖模式下克氏原螯虾的肌肉常规营养成分含量相差不大,但蟹塘混养和莲田套养模式下克氏原螯虾的肌肉持水力相对较差。

关键词:克氏原螯虾;养殖模式;质构特性;营养价值

中图分类号:S963

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)02-0965-08

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)俗称淡水小龙虾,属甲壳纲,十足目,螯虾科,原螯虾属,是我国常见的四大淡水经济养殖虾类之一^[1]。近年来,我国克氏原螯虾产业发展迅猛,2017年其养殖面积突破1 000万亩(1亩 \approx 666.67 m²),产量突破100万t,经济总产值突破2 600亿元^[2]。其中,江苏省盱眙县的克氏原螯虾养殖产量位居全国各县市养殖产量的前5名^[2],其打造的“盱眙龙虾”品牌居水产品品牌榜榜首,该地区的克氏原螯虾

产业具有“养殖产量大、模式全、技术成熟”的特点。

随着水产养殖业的发展和人们生活水平的提高,消费者更加关注水产动物的肉质、口感、营养和安全性。研究发现,养殖模式能显著影响水产动物的生长、肌肉品质和营养成分^[3-5]。《中国小龙虾产业发展报告(2018)》^[2]显示,目前克氏原螯虾的养殖模式主要有稻虾综合种养(细分为稻虾连作、稻虾共作等,占总养殖面积的70.83%)、池

收稿日期:2019-08-13

基金项目:江苏省现代农业产业技术体系建设项目(克氏原螯虾产业技术体系);现代农业产业技术体系专项(CARS-48);江苏省重点研发计划(现代农业)“稻田综合种养系统中虾、鱼等高质量丰产生态健康养殖技术集成创新与示范”(BE2018355-1)

作者简介:万金娟(1989—),女,安徽宣城人,助理研究员,硕士,研究方向为水产动物饲料与营养学。E-mail: wanjinjuan.a@163.com

*通信作者:沈美芳,研究员,硕士生导师,E-mail: w007945@163.com

塘主养(占总养殖面积的16.67%)以及莲田套养、蟹塘混养和大水面人工增养殖(三者占总养殖面积的12.50%)等。当前关于克氏原螯虾肌肉品质的研究多集中在稻田养殖^[6]和野生养殖^[1,7-8]这2种模式,也有涉及稻田与清水养殖模式中虾克氏原螯虾肌肉理化特性的比较研究^[9],但是尚未见关于以上几种主要养殖模式对克氏原螯虾肌肉品质影响的综合报道。因此,本试验选择盱眙这一具有代表性的克氏原螯虾养殖地区,对常见的5种养殖模式克氏原螯虾的肌肉品质进行比较和分析,旨在为克氏原螯虾营养需求研究、饲料研制以及推广养殖提供理论参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选择我国克氏原螯虾养殖最常见的5种模式(稻虾共作、池塘主养、蟹塘混养、莲田套养和野生),各养殖模式下的样本均于2019年5月28日取自江苏省盱眙县(其中前4种养殖模式样本取自盱眙县满江红线沿线地区,野生样本取自盱眙县境内洪泽湖南岸)。各养殖模式的具体情况如下:1)稻虾共作模式(integrated rice-crayfish culture mode, Rice-c):每亩投放虾苗40 kg,养殖期间饵料以虾料为主(投喂量占比约80%,虾料中含鱼粉6%、豆粕23%、菜籽饼15%、干酒糟及其可溶物7%、洗米糠8%、面粉23%、豆油1.6%、预混料0.6%,饲料粗蛋白质含量为30%),辅以投喂小鱼、玉米和豆粕(投喂量占比约20%);2)池塘主养模式(pond culture mode, Pond-c):每亩投放虾苗50 kg,养殖期间饵料投喂与稻虾共作养殖模式一致;3)蟹塘混养模式(eco-pond of Chinese mitten crab culture mode, Crab-c):每亩投放虾苗15 kg,幼蟹1 800只,养殖期间饵料以蟹料为主(投喂量占比约70%,蟹料中含鱼粉10%、豆粕37%、小麦13%、菜粕5%、青米糠5%、鱼油2%、预混料1%,饲料粗蛋白质含量为40%),辅以投喂小鱼和玉米(投喂量占比约30%);4)莲田套养模式(integrated lotus-crayfish culture mode, Lotus-c):每亩投放虾苗40 kg,养殖期间不另投饵料;5)野生模式(wild mode, Wild-c):没有人为因素参与。

将各养殖模式下的样本冰鲜冷藏运输至实验室后,置于4℃冰箱保存,饥饿24 h后筛选出体格健壮且规格一致的虾各50尾,雌雄各1/2。

1.2 指标测定

1.2.1 体重、体长、含肉率、失水率测定

逐一测量每尾虾的体重、体长;5种养殖模式虾各取20尾,解剖取出完整腹部肌肉并称重,计算含肉率;将3 g肌肉放在72℃水浴锅中煮30 min后冷却,称重并计算失水率。

含肉率(%) = 100 × 腹部肌肉重量 / 体重;

失水率(%) = 100 × (煮前肌肉质量 - 煮后肌肉质量) / 煮前肌肉质量。

1.2.2 肌肉质构特性测定

5种养殖模式虾各取10尾,解剖取腹部肌肉,切成5 mm × 5 mm × 5 mm的小方块,使用TA-XT plus质构仪(英国Stable Micro System公司),以质构剖面分析(texture profile analysis, TPA)方法测定肌肉的硬度、弹性、内聚力、咀嚼性和回复性等指标,具体操作参照邵俊杰等^[10]的方法。每尾虾测2个平行。

1.2.3 肌肉常规营养成分含量测定

5种养殖模式虾各取10尾,解剖取腹部肌肉,用于肌肉常规营养成分含量测定。其中,水分含量参照GB 5009.3—2010《食品安全国家标准食品中水分的测定》^[11]中常压干燥法测定;粗蛋白质含量参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》^[12]中凯氏定氮法测定;粗脂肪含量参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》^[13]中索氏抽提法测定;粗灰分含量参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》^[14]中方法测定。

1.2.4 肌肉氨基酸组成及含量的测定

5种养殖模式虾各取5尾,解剖取腹部肌肉,参照GB 5009.124—2003《食品安全国家标准食品中氨基酸的测定》^[15]中方法,使用高效液相色谱仪测定肌肉中氨基酸组成及含量。

1.3 数据处理与分析

试验数据采用Excel 2016软件进行整理,并采用SPSS 23.0软件的ANOVA程序进行方差分析,差异显著时采用Duncan氏法进行组间的多重比较,结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 养殖模式对克氏原螯虾含肉率和失水率的影响

不同养殖模式下克氏原螯虾的含肉率和失水

率如表 1 所示。5 种养殖模式克氏原螯虾的体重、体长以及体重/体长均无显著差异 ($P>0.05$)。池塘主养虾的含肉率显著高于蟹塘混养和莲田套养

虾 ($P<0.05$)。蟹塘混养和莲田套养虾的失水率显著高于其他 3 种养殖模式虾 ($P<0.05$)。

表 1 不同养殖模式下克氏原螯虾的含肉率和失水率

Table 1 Meat rate and water loss rate of *Procambarus clarkii* cultured under different aquaculture modes

项目 Items	体重 Body weight/g	体长 Body length/cm	体重/体长 Body weight/ body length	含肉率 Meat rate/%	失水率 Water loss rate/%
稻虾共作模式 Rice-c	35.88±1.42	8.55±0.41	4.20±0.14	17.43±0.73 ^{ab}	11.12±1.03 ^b
池塘主养模式 Pond-c	32.88±0.66	7.86±0.39	4.18±0.14	19.96±0.89 ^a	12.27±0.23 ^b
蟹塘混养模式 Crab-c	31.14±1.31	7.79±0.32	4.00±0.23	17.06±0.65 ^b	17.83±1.91 ^a
莲田套养模式 Lotus-c	33.20±2.07	8.04±0.44	4.13±0.19	17.18±1.01 ^b	16.31±1.53 ^a
野生模式 Wild-c	33.47±1.13	8.00±0.37	4.18±0.28	17.45±0.91 ^{ab}	10.25±1.09 ^b

同列数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。表 2 和表 3 同。

In the same column, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as Table 2 and Table 3.

2.2 养殖模式对克氏原螯虾肌肉质构特性的影响

不同养殖模式下克氏原螯虾的肌肉质构特性如表 2 所示。5 种养殖模式克氏原螯虾肌肉的弹性均约为 0.50 mm, 回复性均约为 0.35, 不同养殖模式虾间差异不显著 ($P>0.05$)。稻虾共作和莲田

套养虾的肌肉硬度显著高于其他 3 种养殖模式虾 ($P<0.05$); 野生虾的肌肉内聚力最高, 显著高于稻虾共作和池塘主养虾 ($P<0.05$); 池塘主养虾的肌肉咀嚼性最低, 显著低于莲田套养、稻虾共作和野生虾 ($P<0.05$)。

表 2 不同养殖模式下克氏原螯虾的肌肉质构特性

Table 2 Muscle textural properties of *Procambarus clarkii* cultured under different aquaculture modes

项目 Items	硬度 Hardness/g	弹性 Springiness/mm	内聚力 Cohesiveness	咀嚼性 Chewiness/g	回复性 Resilience
稻虾共作模式 Rice-c	1 410.30±94.32 ^a	0.50±0.02	0.38±0.02 ^b	249.78±31.47 ^a	0.35±0.06
池塘主养模式 Pond-c	850.27±103.3 ^b	0.48±0.02	0.40±0.02 ^b	157.02±2.88 ^b	0.33±0.02
蟹塘混养模式 Crab-c	904.67±64.58 ^b	0.52±0.02	0.42±0.02 ^{ab}	196.79±29.00 ^{ab}	0.34±0.03
莲田套养模式 Lotus-c	1 315.22±49.70 ^a	0.46±0.05	0.43±0.04 ^{ab}	260.09±45.00 ^a	0.36±0.08
野生模式 Wild-c	864.50±7.63 ^b	0.54±0.05	0.48±0.02 ^a	230.91±39.05 ^a	0.36±0.01

2.3 养殖模式对克氏原螯虾肌肉常规营养成分含量的影响

不同养殖模式下克氏原螯虾的肌肉常规营养成分含量如表 3 所示。蟹塘混养和莲田套养虾的肌肉水分含量显著高于其他 3 种养殖模式虾 ($P<0.05$); 野生虾的肌肉粗脂肪含量最低, 显著低于池塘主养和蟹塘混养虾 ($P<0.05$); 5 种养殖模式虾的肌肉粗蛋白质含量均在 20% 左右, 肌肉粗灰分含量均为 1.3% 左右, 不同养殖模式虾间差异不显著 ($P>0.05$)。

2.4 养殖模式对克氏原螯虾肌肉氨基酸组成及含量的影响

不同养殖模式下克氏原螯虾的肌肉氨基酸组成及含量如表 4 所示。5 种养殖模式克氏原螯虾肌肉中氨基酸组成基本一致, 均含有 17 种氨基酸, 且各种氨基酸含量均无显著差异 ($P>0.05$); 氨基酸总量平均值达 (15.63±0.48)%, 必需氨基酸总量和非必需氨基酸总量分别为 6.00%~6.71%、7.35%~8.05%, 在 5 种养殖模式虾间均没有显著差异 ($P>0.05$); 4 种鲜味氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸)的含量在 5 种养殖模式虾间

均没有显著差异 ($P>0.05$), 鲜味氨基酸总量占氨基酸总量的百分比为 41.71%~42.43%; 5 种养殖模式虾肌肉氨基酸中均以谷氨酸含量为最高, 达到 17.64%~18.64%, 并均以半胱氨酸含量最低。

表 3 不同养殖模式下克氏原螯虾的肌肉常规营养成分含量 (湿重基础)

Table 3 Muscle common nutritional component contents of *Procambarus clarkii* cultured under different aquaculture modes (wet weight basis)

项目 Items	水分 Moisture	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Ash
稻虾共作模式 Rice-c	79.34±0.13 ^b	20.54±0.30	1.40±0.02 ^{ab}	1.31±0.04
池塘主养模式 Pond-c	79.44±0.31 ^b	20.64±0.13	1.50±0.06 ^a	1.30±0.02
蟹塘混养模式 Crab-c	80.51±0.20 ^a	19.96±0.53	1.50±0.01 ^a	1.26±0.02
莲田套养模式 Lotus-c	80.08±0.23 ^a	19.65±0.66	1.48±0.07 ^{ab}	1.32±0.10
野生模式 Wild-c	79.09±0.34 ^b	19.80±0.41	1.36±0.16 ^b	1.32±0.13

表 4 不同养殖模式下克氏原螯虾的肌肉氨基酸组成及含量 (湿重基础)

Table 4 Muscle amino acid composition and contents of *Procambarus clarkii* cultured under different aquaculture modes (wet weight basis)

氨基酸 Amino acids	稻虾共作模式 Rice-c	池塘主养模式 Pond-c	蟹塘混养模式 Crab-c	莲田套养模式 Lotus-c	野生模式 Wild-c
天冬氨酸 Asp	1.86±0.12	1.71±0.12	1.72±0.17	1.64±0.12	1.81±0.13
谷氨酸 Glu	2.96±0.19	2.77±0.10	2.78±0.10	2.67±0.17	3.01±0.14
甘氨酸 Gly	0.88±0.06	0.87±0.05	0.96±0.04	0.90±0.09	0.90±0.09
丙氨酸 Ala	1.11±0.09	1.04±0.08	1.04±0.10	1.00±0.05	1.06±0.06
苏氨酸 Thr	0.64±0.02	0.59±0.03	0.59±0.03	0.58±0.02	0.62±0.02
缬氨酸 Val	0.84±0.06	0.78±0.06	0.76±0.05	0.73±0.04	0.81±0.08
蛋氨酸 Met	0.41±0.02	0.41±0.03	0.40±0.02	0.38±0.03	0.44±0.02
异亮氨酸 Ile	0.88±0.07	0.82±0.06	0.80±0.09	0.77±0.06	0.84±0.07
亮氨酸 Leu	1.60±0.08	1.50±0.09	1.48±0.12	1.42±0.05	1.58±0.08
苯丙氨酸 Phe	0.74±0.04	0.75±0.04	0.73±0.05	0.69±0.04	0.76±0.05
赖氨酸 Lys	1.55±0.07	1.51±0.06	1.48±0.09	1.44±0.04	1.55±0.11
组氨酸 His	0.34±0.01	0.31±0.02	0.31±0.01	0.29±0.02	0.32±0.01
精氨酸 Arg	1.18±0.14	1.09±0.09	1.1±0.08	1.02±0.09	1.18±0.06
丝氨酸 Ser	0.62±0.02	0.58±0.02	0.58±0.02	0.56±0.04	0.63±0.03
半胱氨酸 Cys	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00
酪氨酸 Tyr	0.51±0.02	0.51±0.02	0.50±0.01	0.53±0.03	0.56±0.03
脯氨酸 Pro	0.06±0.01	0.06±0.01	0.05±0.00	0.05±0.00	0.06±0.01
氨基酸总量 Σ AA	16.26±0.69	15.34±0.73	15.29±0.76	14.67±0.60	16.14±0.75
必需氨基酸总量 Σ EAA	6.71±0.44	6.37±0.32	6.24±0.37	6.00±0.29	6.60±0.34
必需氨基酸总量占氨基酸总量的百分比 Σ EAA/ Σ AA	41.23±1.98	41.51±1.33	40.79±1.40	40.93±1.22	40.87±2.33
非必需氨基酸总量 Σ NEAA	8.03±0.43	7.57±0.42	7.65±0.34	7.35±0.31	8.05±0.39
非必需氨基酸总量占氨基酸总量的百分比 Σ NEAA/ Σ AA	49.40±3.08	49.32±2.41	50.03±2.41	50.13±2.04	49.87±2.39

续表 4

氨基酸 Amino acids	稻虾共作模式 Rice-c	池塘主养模式 Pond-c	蟹塘混养模式 Crab-c	莲田套养模式 Lotus-c	野生模式 Wild-c
必需氨基酸总量占非必需 氨基酸总量的百分比 $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{NEAA}$	83.46±6.81	84.16±4.37	81.52±4.33	81.64±3.47	81.95±4.26
鲜味氨基酸总量 ΣDAA	6.81±0.44	6.40±0.44	6.49±0.36	6.19±0.36	6.78±0.41
鲜味氨基酸总量占氨基酸 总量的百分比 $\Sigma\text{DAA}/\Sigma\text{AA}$	41.87±2.07	41.71±1.68	42.43±1.22	42.18±1.50	41.99±1.59

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$).

3 讨论

本试验所取的克氏原螯虾样本平均体重为 (33.31 ± 1.98) g, 体长与体重变化趋势呈正相关, 各养殖模式虾间均无显著差异。唐建清等^[16]用 Von Bertalanffy 生长模型拟合克氏原螯虾体重增长曲线, 发现雌、雄虾性成熟年龄、拐点年龄和体重分别为 0.8 年、3.0 年、37.9 g 和 0.7 年、2.5 年、33.6 g。可见, 本试验所选克氏原螯虾样本各部分机能已完全成熟, 属于 2 龄成虾, 所测定指标可用来作为食用虾的参考依据。含肉率是评价水产品品质、亲本种质和经济性状等的指标之一。本试验条件下, 池塘主养虾的含肉率显著高于蟹塘混养和莲田套养虾, 这表明克氏原螯虾的含肉率受生活环境和养殖模式的影响。持水力是评价肌肉品质特性的重要指标, 可反映当肌肉受到外力作用(如加热、冷冻、切碎、加压)时保持原有水分的能力。肌肉持水力增强, 则肌肉蛋白质的降解速率将会显著降低, 肉或肉制品的货架期也将明显延长; 相反, 当肌肉持水力减弱时, 水分流失的同时伴随着肌肉中可溶性蛋白质和风味物质含量的降低, 这将显著影响肌肉品质和加工特性^[17]。失水率与持水力呈负相关, 可用来评价肌肉的持水力情况。本试验结果显示, 蟹塘混养和莲田套养虾肌肉的失水率显著高于其他 3 种养殖模式虾, 表明这 2 种养殖模式虾的肌肉持水力相对较差。周伟等^[18]指出, 随着斑节对虾肌肉水分含量的逐渐升高, 肌肉持水力呈极显著降低, 表明肌肉持水力与水分含量呈负相关, 而本试验中蟹塘混养和

莲田套养虾的肌肉水分含量要显著高于其他 3 种养殖模式虾, 这可能是这 2 种养殖模式虾的肌肉持水力相对较差的原因。

TPA 是目前用于评价水产品肉质最广泛的方法之一, 利用质构仪来模拟食物咀嚼过程, 对食物进行压迫而反映一系列质构特性, 硬度、弹性、内聚力、咀嚼性和回复性等均是反映肌肉质构特性的指标。影响肌肉质构特性的因素较多, 如饲料成分、宰杀过程、储藏条件、生长环境及养殖模式等^[19-21], 其中养殖模式对水产动物肌肉质构特性的影响较大^[10, 22-23]。本试验中, 稻虾共作和莲田套养虾的肌肉硬度显著高于其他 3 种养殖模式虾。稻田共作和莲田套养虾在生长过程中会以稻秆、莲的根茎叶为食, 相较于其他养殖模式摄入了更多的植物蛋白质, 其对植物的摄取是否会影响到肌肉的硬度和咀嚼性有待进一步研究、探讨。一般认为肌肉硬度越大, 抵抗牙齿挤压的能力越大, 肌肉纤维断裂所需的形变越大, 胶黏性就越大, 同时咀嚼性也会更好^[24]。已有研究指出肌肉的质构特性与其营养指标表现出一定的相关性。Robb 等^[25]研究发现粗脂肪含量越高的鱼片其咀嚼性也越大; 胡芬等^[26]指出, 肌肉硬度与其水分含量呈负相关, 与其粗脂肪呈正相关。本试验结果尚未表现出肌肉硬度、咀嚼性与其常规营养成分含量的绝对相关性, 但野生虾的肌肉内聚力最高, 显著高于稻虾共作和池塘主养虾; 同时, 由常规营养成分含量测定结果可知野生虾肌肉粗脂肪含量最低, 表明肌肉内聚力与粗脂肪含量之间可能存在负相关。

虾的肌肉作为主要食用部分,其常规营养成分——水分、粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分等的含量,是评价肌肉品质的重要指标。邵俊杰等^[10]报道,与传统池塘养殖模式相比,高密度循环水和水泥池塘养殖模式能显著提高斑点叉尾鲷肌肉粗蛋白质含量,降低粗脂肪含量;表明养殖模式对水产动物肌肉的营养成分含量有一定的影响。但另有研究发现鲢鳙鱼肌肉的粗蛋白质含量主要受品种、遗传等因素的影响,而养殖模式对其影响不大^[27]。本试验也发现克氏原螯虾肌肉中粗蛋白质含量不受养殖模式的显著影响;同时野生虾肌肉中粗脂肪含量最低,究其原因可能是野生虾生活在广阔的洪泽湖水域,活动和摄食范围广,在捕食和相对恶劣的环境中生存需要消耗更多的能量;而人工养殖环境中的虾活动空间有限,摄食人工饵料,摄食能量消耗低,活动耗能低,导致较多脂肪的积累。在对野生大麻哈鱼的研究中也发现了相同的情况^[28]。

对蛋白质的评价主要体现在氨基酸的含量及组成上^[28]。人体必须从外界食物中摄取必需氨基酸,因此,必需氨基酸的种类、数量和组成比例是决定食物中蛋白质营养价值的重要指标^[29]。鲜味氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸)的组成与含量决定了鱼类肌肉的风味,其所占比例与肌肉的鲜美程度呈正相关^[30]。5种养殖模式克氏原螯虾肌肉中必需氨基酸、非必需氨基酸、鲜味氨基酸以及氨基酸总量无显著差异,可见克氏原螯虾肌肉氨基酸的种类和含量可能主要受品种、遗传等因素的影响,而养殖模式对其影响不大。这与赵何勇等^[29]、程亚美等^[31]的研究结果一致。但与其他几种养殖模式虾相比,莲田套养虾肌肉中必需氨基酸和鲜味氨基酸的含量相对较低,可能是由于其生长过程中未投喂饵料,摄入营养相较于其他几种养殖模式单一。此外,稻虾共作、池塘主养、蟹塘混养、莲田套养和野生养殖模式克氏原螯虾肌肉中必需氨基酸总量占氨基酸总量的百分比分别为41.23%、41.51%、40.79%、40.93%、40.87%,必需氨基酸总量占非必需氨基酸总量的百分比分别为83.46%、84.16%、81.52%、81.64%、81.95%,均达到了世界卫生组织(WHO)/联合国粮农组织(FAO)理想模式(必需氨基酸总量占氨基酸总量的百分比为40.00%、必需氨基酸总量占非必需氨基酸总量的百分比为60.00%以上为优质

蛋白质)的要求^[32],氨基酸平衡效果较好,可见5种养殖模式下的克氏原螯虾均属于优质的蛋白质源。

4 结论

综上所述,盱眙地区不同养殖模式下的克氏原螯虾肌肉品质存在一定的差异。在本试验条件下,5种养殖模式下克氏原螯虾的肌肉常规营养成分含量相差不大,但蟹塘混养和莲田套养模式下克氏原螯虾的肌肉持水力相对较差。

参考文献:

- [1] 田娟,许巧情,田罗,等.洞庭湖克氏原螯虾肌肉成分分析及品质特性分析[J].水生生物学报,2017,41(4):870-877.
- [2] 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.中国小龙虾产业发展报告(2018)[J].中国水产,2018(7):20-27.
- [3] PERIAGO M J, AYALA M D, LÓPEZ-ALBORS O, et al. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. [J]. *Aquaculture*, 2005, 249(1/2/3/4): 175-188.
- [4] IKONOMOU M G, HIGGS D A, GIBBS M, et al. Flesh quality of market-size farmed and wild British Columbia salmon [J]. *Environmental Science & Technology*, 2007, 41(2): 437-443.
- [5] 王志铮,付英杰,杨磊,等.三种养殖模式下日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)养成品体色和肌肉品质的差异[J].海洋与湖沼,2013,44(4):1042-1049.
- [6] 唐黎,杨家军,林艳红,等.贵州稻田养殖克氏原螯虾肌肉营养成分分析[J].河北渔业,2018(9):15-19, 45.
- [7] 丁建英,康璉,徐建荣.克氏原螯虾肌肉营养成分分析与评价[J].水产科技情报,2010,37(6):298-301.
- [8] 于宁,华雪铭,赵朝阳,等.野生克氏原螯虾的肌肉生化成分、组织消化酶和免疫酶活性分析[J].海洋渔业,2011,33(1):46-52.
- [9] 梁洁,庞敏,李林静,等.稻田与清水养殖模式下小龙虾肉的理化特性比较[J].湖南农业科学,2018(5):79-81.
- [10] 邵俊杰,张世勇,朱昱璇,等.不同养殖模式对斑点叉尾鲷生长和肌肉品质特性的影响[J].水产学报,2017,41(8):1256-1263.
- [11] 中华人民共和国卫生部.GB 5009.3—2010 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].北京:中国标准

- 出版社,2010.
- [12] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.GB 5009.5—2016 食品安全国家标准,食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [13] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.GB/T 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,2017.
- [14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.GB 5009.4—2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [15] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.GB 5009.124—2003 食品中氨基酸的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [16] 唐建清,宋胜磊,吕佳,等.克氏原螯虾种群生长模型及生态参数的研究[J].南京师大学报(自然科学版),2003,26(1):96-100.
- [17] SHAO J J,ZOU Y F,XU X L, et al.Effects of NaCl on water characteristics of heat-induced gels made from chicken breast proteins treated by isoelectric solubilization/precipitation[J]. CyTA-Journal of Food, 2016,14(1):145-153.
- [18] 周伟,王洋,孙学亮,等.养殖密度对斑节对虾肌肉品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(23):69-75.
- [19] 毛东东,张凯,欧红霞,等.2种饲料投喂下草鱼肌肉品质的比较分析[J].动物营养学报,2018,30(6):2226-2234.
- [20] CHENG J H,SUN D W,HAN Z, et al.Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: a review[J].Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2014,13(1):52-61.
- [21] TASKAYA L,CHEN Y C,BEAMER S, et al.Texture and colour properties of proteins recovered from whole gutted silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) using isoelectric solubilisation/precipitation[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2009,89(2):349-358.
- [22] 高露姣,黄艳青,夏连军,等.不同养殖模式下红鳍东方鲀的品质比较[J].水产学报,2011,35(11):1668-1676.
- [23] 耿子蔚,张鑫宇,郑汉宇,等.池塘工业化养殖与传统池塘养殖模式对大口黑鲈肌肉品质特性的比较研究[J].食品工业科技,2018,39(23):95-98,122.
- [24] 钟鸿干,马军,姜芳燕,等.2种养殖模式下斑石鲷肌肉营养成分及品质的比较[J].江苏农业科学,2017,45(1):155-158.
- [25] ROBB D H F,KESTIN S C,WARRISS P D, et al. Muscle lipid content determines the eating quality of smoked and cooked Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J].Aquaculture,2002,205(3/4):345-358.
- [26] 胡芬,李小定,熊善柏,等.5种淡水鱼肉的质构特性及与营养成分的相关性分析[J].食品科学,2011,32(11):69-73.
- [27] SHEARER K D.Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids [J].Aquaculture,1994,119(1):63-88.
- [28] 王继隆,刘伟,李培伦,等.野生和养殖大麻哈鱼肌肉营养成分与品质评价[J].广东海洋大学学报,2019,39(2):126-132.
- [29] 赵何勇,陈诏,徐鸿飞,等.海水和淡水养殖关岛红罗非鱼肌肉营养成分及品质特性分析[J].南方农业学报,2018,49(7):1396-1402.
- [30] 胡园,周朝生,胡利华,等.海、淡水养殖日本鳗鲡肌肉和鱼皮营养分析比较[J].水生生物学报,2015,39(4):730-739.
- [31] 程亚美,赵金良,唐首杰,等.盐碱水和淡水养殖模式下尼罗罗非鱼肌肉品质比较[J].河南农业科学,2019,48(4):125-134.
- [32] 邴旭文,蔡宝玉,王利平.中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J].中国水产科学,2005,12(2):211-215.

Comparative Analysis on Muscle Quality of Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkia*) Cultured under Different Aquaculture Modes in Xuyi Region

WAN Jinjuan CHEN Youming SHAO Junjie TANG Jianqing SHEN Meifang*
SUN Mengling ZHANG Meiqin SUN Min

(Freshwater Fisheries Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China)

Abstract: In order to compare the differences of muscle quality of red swamp crayfish (*Procambarus clarkia*, *P. clarkii*) cultured under different aquaculture modes, the *P. clarkii* cultured under the integrated rice-crayfish culture mode (Rice-c), pond culture mode (Pond-c), eco-pond of Chinese mitten crab culture mode (Crab-c), integrated lotus-crayfish culture mode (Lotus-c) and wild mode (collected from Hongze lake) (Wild-c) in the same area—Xuyi county in Jiangsu province were randomly selected, and the meat rate, water loss rate and texture properties, common nutritional component contents, amino acid composition and contents of muscle from healthy and alive *P. clarkii* (50 crayfish per mode) were analyzed and compared. The results showed that there were no significant differences in body length, body weight and body weight/body length among 5 aquaculture modes ($P>0.05$); however, the meat rate of crayfish cultured under Pond-c was significantly higher than that cultured under Crab-c and Lotus-c ($P<0.05$), the water loss rate of crayfish cultured under Crab-c and Lotus-c were significantly higher than those cultured under other 3 aquaculture modes ($P<0.05$). The muscle hardness of crayfish cultured under Rice-c and Lotus-c were significantly higher than those cultured under other 3 aquaculture modes ($P<0.05$), the muscle cohesiveness of crayfish cultured under Wild-c was significantly higher than those cultured under Rice-c and Pond-c ($P<0.05$), and the muscle chewiness of crayfish cultured under Rice-c, Lotus-c and Wild-c were significantly higher than those cultured under Pond-c ($P<0.05$); no significant differences in the springiness and resilience of muscle were observed among crayfish cultured under 5 aquaculture modes ($P>0.05$). Muscle moisture content of crayfish cultured under Crab-c and Lotus-c were significantly higher than those cultured under other 3 aquaculture modes ($P<0.05$), and muscle crude fat content crayfish cultured under Wild-c was significantly lower than that cultured under Pond-c and Crab-c ($P<0.05$); meanwhile, the differences of muscle crude protein and ash contents among crayfish cultured under 5 aquaculture modes were not significant ($P>0.05$). Additionally, seventeen amino acids were detected in muscle of crayfish cultured under 5 aquaculture modes, and the contents of each amino acid, total amino acid, flavor amino acid and essential amino acid among 5 aquaculture modes had no significant differences ($P>0.05$). In conclusion, the muscle from crayfish cultured under 5 aquaculture modes exhibits similar muscle common nutritional component contents, but the *P. clarkii* muscles from crayfish cultured under Crab-c and Lotus-c have relatively lower water-holding ability. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(2): 965-972]

Key words: *Procambarus clarkia*; aquaculture mode; textural properties; nutrient value