

德清县不同品牌饲料养殖青虾的肌肉品质研究

黄 昊¹, 何涓源², 陈利忠¹, 张润锋², 余 翔²

(1. 浙江恒通生物科技股份有限公司, 浙江 湖州 313014;

2. 湖北师范大学生命科学学院, 食用野生植物保育与利用湖北省重点实验室, 湖北 黄石 435002)

摘要: 为研究浙江省德清地区不同品牌饲料养殖青虾的肉质品质差异, 随机选取四种品牌饲料(A、B、C、D)养殖的青虾各100尾, 对其生长指标、肌肉持水力及肌肉质构特性、常规营养成分、氨基酸和脂肪酸组分等进行对比分析。结果表明, D组青虾体质量和肥满度2个生长指标显著低于其它三组($P < 0.05$)。A组青虾滴水损失在四组样品中最高($P < 0.05$), 且其肌肉硬度、弹性和咀嚼性等质构特性显著低于其它三组($P < 0.05$)。四组青虾之间的肌肉粗蛋白、粗脂肪和各类氨基酸组分的质量分数没有差异($P > 0.05$)。C组青虾脂肪酸营养价值在四组青虾中最低。综上, 德清地区不同品牌饲料养殖的青虾肌肉品质存在一定差异, B组饲料养殖青虾的肌肉综合品质最佳。

关键词: 德清县; 饲料; 青虾; 肌肉品质

中图分类号: S 966.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3149(2021)01-0001-09

doi: 10.3969/j.issn.2096-3149.2021.01.001

0 引言

青虾学名日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*), 又称河虾, 广泛分布于我国及东南亚一些国家的淡水水域^[1], 其味道鲜美且营养丰富, 受到广大消费者的青睐, 市场需求量逐年上升。浙江省德清县素有“中国青虾之乡”的美名, 全境青虾养殖水面超过10万亩, 2019年高品质青虾产量超过7400万吨, 总产值达8亿元, 约占浙江青虾总产量的1/3^[2]。

随着青虾养殖业的快速发展, 消费者对青虾等水产品的口感和营养更为关注, 对青虾养殖业也提出了更高的要求, 而处于青虾养殖产业链核心地位的饲料更是备受关注。研究表明, 青虾饲料原料品质^[3]、饲料添加剂种类^[4]和饲料配方^[5,6]等因素不仅影响青虾的生长, 还直接影响青虾肌肉的品质和风味, 是高品质青虾养殖的关键。近年来, 随着德清县青虾养殖规模的不断扩大, 各大品牌青虾饲料纷纷落户德清。这在繁荣当地青虾养殖市场的同时, 也因各品牌青虾饲料在生产原料、配方以及企业研发水平等的差异, 造成青虾品质良莠不齐的隐患。因此, 对德清县主要饲料品牌养殖的青虾开展肌肉品质检测和分析, 以及规范德清当地青虾养殖和稳定青虾质量具有极大现实意义。

本研究以德清县各种青虾饲料品牌的市场占有率为参考依据, 选取四个主要品牌的青虾饲料养殖的青虾为样品, 对其生长指标、肌肉质构特性、常规营养品质、氨基酸及脂肪酸组成等进行对比分析, 从青虾肌肉品质方面定性、定量地表征出各品牌饲料养殖青虾效果的差异。该研究结果可为德清青虾营养需求研究、青虾饲料的进一步开发以及德清县青虾质量标准化体系建设提供理论依据。

收稿日期: 2020-10-21

基金项目: 湖北省教育厅科学技术研究计划重点项目(D20192502); 食用野生植物保育与利用湖北省重点实验室开放基金项目(EW-PL201807); 湖北师范大学研究生科研创新项目(20190143)

作者简介: 黄 昊(1986—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为水产养殖。

通讯作者: 余 翔(1977—), 男, 博士, 副教授, 研究方向为生物技术, E-mail: yuxiang25cn@163.com.

1 材料与方法

1.1 试验材料

在浙江省德清县浙江恒通生物科技股份有限公司养殖基地进行养殖试验,投放“太湖2号”青虾苗,规格为12 000尾/千克,投放密度为10 千克/亩。养殖水体条件为:水温27.0℃~30.0℃,溶氧浓度5.0~7.6 mg/L,pH 7.5~8.0。养殖期间,四组青虾分别采用不同品牌青虾饲料(A、B、C、D)进行投喂,投喂量大致均在1.5~2.5 千克/亩,养殖时间5个月。各品牌饲料配方及营养水平详见表1。

表1 饲料成分组成及营养水平

配料 Ingredient	A/%	B/%	C/%	D/%
鱼粉 Fish meal	8.0	10.0	15.0	15.0
水解羽毛粉 Hydrolyzed feather meal	0.0	0.0	2.0	0.0
鸡肉粉 Chicken meal	5.0	4.0	0.0	0.0
虾粉 Shrimp meal	5.0	5.0	0.0	0.0
酵母水解物 Yeast hydrolysate	0.0	1.0	0.0	0.0
血球蛋白粉 Blood meal	2.5	2.5	2.5	0.0
虾壳粉 Shrimp shell meal	3.0	3.0	3.0	3.0
鱿鱼膏 Squid paste	1.0	1.0	3.0	3.0
麸皮 Bran	0.0	0.0	5.0	5.0
小麦淀粉 Wheat starch	17.0	19.0	20.0	19.0
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	0.0	0.0	2.0	0.0
豆粕 Soybean mea	24.3	28.3	18.3	22.8
菜粕 Rapeseed meal	9.0	6.0	5.0	10.0
棉粕 Cottonseed meal	5.0	6.0	7.0	6.0
花生粕 Peanut meal	5.0	6.0	7.0	6.0
芝麻粕 Sesame meal	5.0	0.0	0.0	0.0
豆油 Soybean oil	2.0	2.0	2.0	2.0
磷脂 Phospholipid	1.5	1.5	1.5	1.5
氯化胆碱 Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2
磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	1.5	1.5	1.5	1.5
膨润土 Bentonite	2.0	2.0	2.0	2.0
谷氨酸渣 Residue of glutamic acid frmentation	2.0	0.2	2.0	2.0
维生素预混料 + 矿物质预混料 Vitamin premix ¹⁾ + Mineral premix ²⁾	1.0	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100	100	100	100
营养水平 Nutrient level				
水分 Moisture	10.59	10.87	11.31	11.65
粗蛋白 Crude protein	40.10	38.89	37.73	35.15
粗脂肪 Crude fat	6.04	6.11	6.99	6.95
灰分 Ash	10.50	11.32	10.92	11.23
赖氨酸 Lys	2.23	2.28	1.99	1.93
蛋氨酸 Met	0.71	0.67	0.64	0.62
精氨酸 Arg	2.68	2.53	2.39	2.31
苏氨酸 Thr	1.48	1.38	1.31	1.26

注:1. 每千克维生素预混料含有 Vitamin premix contains the following per kg: 维生素 A VA 1.5 g, 维生素 B₁ VB₁ 1.3 g, 维生素 B₂ VB₂ 2.0 g, 维生素 B₆ VB₆ 2.4 g, 维生素 B₁₂ VB₁₂ 0.8 g, 维生素 C VC 40.0 g, 维生素 D₃ VD₃ 0.5 g, 维生素 K₃ VK₃ 3.5 g, 烟酰胺 nicotinamide 3.6 g, D-泛酸钙 D-calcium pantothenate 3.3 g, 叶酸 folic acid 0.4 g, D-生物素

D – biotin 0.8 g, 肌醇 inositol 12.5 g; 2. 每千克矿物质预混料含有 Mineral premix contains the following per kg: 砻糠粉 rice chaff powder 267.4 g, 五水硫酸铜 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 10 g, 七水硫酸亚铁 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 66.7 g, 四水硫酸锰 $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 9.4 g, 七水硫酸锌 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 34.8 g, 七水硫酸镁 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 150 g, 氯化钾 KCl 23.6 g, 亚硒酸钠 Na_2SeO_3 4.5 g, 七水硫酸钴 $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1.7 g, 沸石粉 zeolite power 352.8 g.

将从四家养殖场捕获的青虾样品以鲜活状态运输至实验室,以同一体长规格(7.5 cm ~ 8 cm)对各组青虾样品进行筛选,每组 100 尾,其中每组各随机取 35 尾新鲜青虾分别进行生长指标、肌肉持水力及质构特性测定,剩余的每组 65 尾新鲜青虾加入液氮进行速冻,将速冻好的青虾样品进行分类包装后置于 -70℃ 冰箱贮藏备用。

1.2 测定方法

1.2.1 青虾生长指标和肌肉持水力测定 将挑选分组后的新鲜青虾样品逐一测定体长和体质量,计算其肥满度^[7],测定体质量后,从每组新鲜青虾样品中各随机挑选 15 尾,进行解剖取出完整尾部肌肉并称重,计算其含肉率;从每组解剖后的新鲜青虾尾部肌肉中各随机选择 10 条进行称重,然后逐一悬挂在保鲜袋中,置于 4℃ 冰箱中贮藏 24 h 后取出称重,计算其滴水损失^[7]。

肥满度 /% = $(m_0 / L^3) \times 100\%$

含肉率 /% = $(m_1 / m_0) \times 100\%$

滴水损失 /% = $(m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$

式中, m_0 、 m_1 、 m_2 分别为虾的体质量,虾尾肌肉质量,贮藏 24h 后的虾尾肌肉质量, L 为虾体长。

1.2.2 青虾肌肉质构特性测定 从四组新鲜青虾剩余样品中各随机取 10 尾,解剖取尾部肌肉,使用 TMS – PRO 质构仪(美国 FTC 公司),以 TPA 方法测定肌肉的硬度、粘附性、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性和剪切力等指标,具体操作方法参考王伟等^[8]的方法。

1.2.3 青虾肌肉中常规营养成分测定 从四组冷冻青虾样品中各取 10 尾置于 4℃ 冰箱充分解冻 24 h,取出完整尾部肌肉用于常规营养成分测定:肌肉中水分质量分数采用肉类水分测定仪测定,灰分质量分数采用 GB5009.4 – 2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》中马弗炉灼烧法测定,粗蛋白质量分数采用 GB5009.5 – 2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中凯氏定氮法测定,粗脂肪质量分数采用 GB5009.6 – 2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中索氏抽提法测定。

1.2.4 青虾肌肉中氨基酸和脂肪酸测定 氨基酸测定参照 GB5009.124 – 2003《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》方法,脂肪酸测定参考黄苏红等^[9]的方法。

1.3 数据处理与分析

实验数据采用 SPSS 18.0 软件的 one – way ANOVA 程序进行方差分析,采用 Duncan 氏多重比较检验,结果以平均值 ± 标准偏差来表示, $P < 0.05$ 为差异显著性标准。

2 结果与分析

2.1 青虾生长指标和肌肉持水力测定

青虾的生长指标(体质量、体长、含肉率)和肌肉持水力检测结果如表 2 所示。

表 2 不同品牌饲料养殖青虾的生长指标和肌肉持水力

测定项目	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
体质量 Body weight / g	5.70 ± 0.43 ^a	5.28 ± 0.59 ^a	5.11 ± 0.63 ^a	3.98 ± 0.64 ^b
体长 Body length / cm	7.95 ± 0.16 ^a	7.63 ± 0.15 ^a	7.82 ± 0.20 ^a	7.74 ± 0.26 ^a
肥满度 Condition factor / (g/cm ³)	1.14 ± 0.05 ^a	1.15 ± 0.20 ^a	1.17 ± 0.24 ^a	0.87 ± 0.07 ^b
含肉率 Meat rate / %	30.40 ± 1.94 ^b	29.01 ± 1.17 ^b	33.32 ± 2.07 ^a	30.41 ± 1.11 ^b
滴水损失 Drip loss / %	11.22 ± 0.71 ^a	8.06 ± 1.042 ^b	5.65 ± 0.10 ^c	5.58 ± 0.30 ^c

注:同一行中字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

由表 2 可知, *D* 组青虾体质量显著低于其它三组 ($P < 0.05$), 四组青虾之间体长参数无显著差异 ($P > 0.05$), *D* 组青虾肥满度显著低于其它三组 ($P < 0.05$)。四组青虾含肉率均在 29% 以上, *C* 组的青虾更是达到 33%, 显著高于其它三组 ($P < 0.05$)。在滴水损失方面, *A* 组青虾肌肉滴水损失显著高于其它三组 ($P < 0.05$)。

2.2 青虾肌肉质构特性测定

青虾样品的肌肉质构特性如表 3 所示。

表 3 不同品牌饲料养殖青虾的肌肉质构特性

测定项目	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
硬度 Hardness / N	15.44 ± 2.27 ^b	20.43 ± 2.80 ^{ab}	22.57 ± 1.99 ^a	19.70 ± 3.54 ^{ab}
咀嚼性 Chewiness / mJ	2.27 ± 0.81 ^b	3.54 ± 0.04 ^a	3.57 ± 0.38 ^a	3.21 ± 0.46 ^{ab}
弹性 Springiness / mJ	0.76 ± 0.11 ^b	0.90 ± 0.08 ^a	0.92 ± 0.04 ^a	0.91 ± 0.04 ^a
内聚性 Cohesiveness / N	0.19 ± 0.03 ^a	0.18 ± 0.03 ^a	0.17 ± 0.01 ^a	0.18 ± 0.03 ^a
粘附性 Adhesiveness / N	2.93 ± 0.67 ^a	3.60 ± 0.71 ^a	3.86 ± 0.29 ^a	3.55 ± 0.46 ^a

注: 同一行中字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

由表 3 可知, *C* 组青虾肌肉的硬度和咀嚼性显著高于 *A* 组 ($P < 0.05$), 而与 *B*、*D* 两组没有显著性差异 ($P > 0.05$)。*A* 组青虾肌肉弹性显著低于 *B*、*C*、*D* 组 ($P < 0.05$)。在内聚性和粘附性上, 四组青虾之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.3 青虾肌肉常规营养成分测定

青虾肌肉的常规营养成分测定如表 4 所示。

表 4 不同品牌饲料养殖青虾肌肉中常规营养成分测定

测定项目	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
水分 Moisture content / %	73.08 ± 0.62 ^b	75.16 ± 0.32 ^a	71.99 ± 0.43 ^b	72.72 ± 0.52 ^b
粗蛋白质 Crude protein / %	14.13 ± 2.46 ^a	15.84 ± 1.03 ^a	15.64 ± 1.58 ^a	16.04 ± 0.97 ^a
粗脂肪 Crude fat / %	0.72 ± 0.14 ^a	0.77 ± 0.09 ^a	0.74 ± 0.11 ^a	0.79 ± 0.04 ^a
灰分 Ash / %	1.38 ± 0.13 ^{ab}	1.85 ± 0.42 ^a	1.11 ± 0.26 ^b	1.21 ± 0.03 ^b

注: 同一行中字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

由表 4 可知, *B* 组青虾肌肉内水分质量分数显著高于其他三组 ($P < 0.05$), 四组青虾在肌肉粗蛋白质和粗脂肪质量分数上无显著差异 ($P > 0.05$), *B* 组青虾肌肉的灰分质量分数显著高于 *C* 和 *D* 组 ($P < 0.05$)。

2.4 青虾肌肉氨基酸和脂肪酸组分分析

2.4.1 青虾肌肉氨基酸组分测定 四组青虾肌肉中氨基酸组分测定结果如表 5 所示。

表 5 不同品牌饲料养殖青虾肌肉中氨基酸组分测定(湿重基础)

测定项目	氨基酸含量 / %			
	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
组氨酸* His	2.35 ± 0.19 ^{ab}	2.64 ± 0.13 ^a	2.09 ± 0.25 ^{bc}	1.92 ± 0.08 ^c
苏氨酸* Thr	0.72 ± 0.05 ^a	0.72 ± 0.05 ^a	0.75 ± 0.08 ^a	0.72 ± 0.02 ^a
缬氨酸* Val	0.08 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.01 ^a
蛋氨酸* Met	0.62 ± 0.05 ^a	0.59 ± 0.02 ^a	0.61 ± 0.02 ^a	0.63 ± 0.02 ^a
苯丙氨酸* Phe	0.82 ± 0.06 ^a	0.81 ± 0.02 ^a	0.91 ± 0.12 ^a	0.87 ± 0.03 ^a
异亮氨酸* Ile	1.17 ± 0.07 ^a	1.13 ± 0.01 ^a	1.21 ± 0.06 ^a	1.21 ± 0.04 ^a
亮氨酸* Leu	1.11 ± 0.11 ^a	0.99 ± 0.17 ^a	0.88 ± 0.36 ^a	0.99 ± 0.08 ^a
赖氨酸* Lys	1.11 ± 0.08 ^a	0.84 ± 0.15 ^a	1.60 ± 1.05 ^a	1.49 ± 0.42 ^a

续表 5

测定项目	氨基酸含量/%			
	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
天冬氨酸▲ Asp	2.11 ± 0.13 ^a	1.98 ± 0.09 ^a	2.07 ± 0.09 ^a	2.12 ± 0.04 ^a
谷氨酸▲ Glu	0.84 ± 0.05 ^a	0.81 ± 0.02 ^a	0.87 ± 0.09 ^a	0.90 ± 0.02 ^a
甘氨酸▲ Gly	0.35 ± 0.03 ^a	0.34 ± 0.04 ^a	0.37 ± 0.02 ^a	0.36 ± 0.01 ^a
丙氨酸▲ Ala	0.29 ± 0.02 ^a	0.28 ± 0.01 ^a	0.29 ± 0.0 ^a	0.29 ± 0.01 ^a
丝氨酸 Ser	0.10 ± 0.00 ^a	0.10 ± 0.02 ^a	0.10 ± 0.03 ^a	0.12 ± 0.03 ^a
精氨酸 Arg	1.98 ± 0.12 ^a	1.92 ± 0.07 ^a	2.03 ± 0.09 ^a	2.10 ± 0.08 ^a
酪氨酸 Tyr	0.73 ± 0.04 ^a	0.70 ± 0.00 ^a	0.89 ± 0.52 ^a	0.78 ± 0.17 ^a
半胱氨酸 Cys	0.69 ± 0.04 ^a	0.66 ± 0.02 ^a	0.69 ± 0.02 ^a	0.70 ± 0.03 ^a
脯氨酸 Pro	0.39 ± 0.07 ^a	0.35 ± 0.07 ^a	0.35 ± 0.31 ^a	0.34 ± 0.08 ^a
氨基酸总量 Σ AA	14.94 ± 0.56 ^a	15.47 ± 0.95 ^a	15.78 ± 1.55 ^a	15.64 ± 0.38 ^a
必需氨基酸总量 Σ EAA	7.99 ± 0.56 ^a	7.80 ± 0.29 ^a	8.12 ± 0.89 ^a	7.92 ± 0.37 ^a
必需氨基酸总量/氨基酸总量 Σ EAA / Σ AA	51.63 ± 0.59 ^{ab}	52.23 ± 0.32 ^a	51.45 ± 0.66 ^{ab}	50.63 ± 1.28 ^b
非必需氨基酸总量 Σ NEAA	7.48 ± 0.40 ^a	7.14 ± 0.27 ^a	7.65 ± 0.65 ^a	7.72 ± 0.11 ^a
非必需氨基酸总量/氨基酸总量 Σ NEAA/ Σ AA	48.37 ± 0.59 ^{ab}	47.77 ± 0.32 ^b	48.55 ± 0.66 ^{ab}	49.37 ± 1.28 ^a
必需氨基酸总量/非必需氨基酸总量 Σ EAA/ Σ NEAA	106.7 ± 2.53 ^{ab}	109.3 ± 1.42 ^a	106.0 ± 2.81 ^{ab}	102.7 ± 5.20 ^b
鲜味氨基酸总量 Σ DAA	3.59 ± 0.23 ^a	3.41 ± 0.15 ^a	3.60 ± 0.19 ^a	3.68 ± 0.08 ^a
鲜味氨基酸总量/氨基酸总量 Σ DAA/ Σ AA	23.18 ± 0.13 ^a	22.83 ± 0.29 ^a	22.90 ± 1.11 ^a	23.52 ± 0.61 ^a

注: * —必需氨基酸; ▲—鲜味氨基酸; 同一行中字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

由表 5 可知, B 组青虾肌肉中组氨酸(His) 质量分数显著高于 C 和 D 组($P < 0.05$), 7 种 EAA 的质量分数在四组青虾间无显著差异($P > 0.05$), 4 种 DAA(天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸) 在各组青虾肌肉中的质量分数无显著差异($P > 0.05$)。对四组青虾样品肌肉中各种类别氨基酸组分进行统计分析后发现, 四组青虾样品间的 Σ AA、Σ EAA、Σ NEAA、Σ DAA 和 Σ DAA/ Σ AA 均无显著差异($P > 0.05$)。B 组青虾样品肌肉的 Σ EAA/ Σ AA 和 Σ EAA/ Σ NEAA 分别为 52.23% 和 109.3%, 显著高于 D 组($P < 0.05$), 而 D 组青虾肌肉的 Σ NEAA/ Σ AA 显著高于 B 组($P < 0.05$)。

2.4.2 青虾肌肉脂肪酸组分测定 四组青虾肌肉中脂肪酸组分测定结果如表 6 所示。

表 6 不同品牌饲料养殖青虾肌肉中脂肪酸组分分析(湿重基础)

测定项目	脂肪酸含量/%			
	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
C6 : 0	0.003 ± 0.001 ^c	0.006 ± 0.001 ^a	0.003 ± 0.001 ^c	0.005 ± 0.001 ^b
C8 : 0	0.004 ± 0.002 ^{ab}	0.005 ± 0.001 ^a	0.002 ± 0.001 ^b	0.004 ± 0.001 ^{ab}
C10 : 0	0.010 ± 0.001 ^a	0.011 ± 0.002 ^a	0.007 ± 0.001 ^b	0.007 ± 0.002 ^b
C11 : 0	0.005 ± 0.001 ^a	0.004 ± 0.001 ^a	0.004 ± 0.001 ^a	0.012 ± 0.001 ^a
C12 : 0	0.015 ± 0.003 ^a	0.017 ± 0.001 ^a	0.010 ± 0.001 ^b	0.010 ± 0.002 ^b
C13 : 0	0.012 ± 0.001 ^b	0.105 ± 0.005 ^a	0.016 ± 0.001 ^b	0.002 ± 0.001 ^c
C14 : 0	0.086 ± 0.007 ^b	0.136 ± 0.002 ^a	0.059 ± 0.003 ^c	0.086 ± 0.014 ^b
C15 : 0	0.024 ± 0.001 ^b	0.034 ± 0.006 ^a	0.017 ± 0.001 ^c	0.038 ± 0.005 ^a
C16 : 0	0.488 ± 0.031 ^b	0.737 ± 0.090 ^a	0.343 ± 0.023 ^b	0.462 ± 0.081 ^b
C17 : 0	0.032 ± 0.001 ^b	0.044 ± 0.006 ^a	0.032 ± 0.001 ^b	0.042 ± 0.003 ^a

续表 6

测定项目	脂肪酸含量/%			
	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
C18 : 0	0.374 ± 0.016 ^b	0.493 ± 0.029 ^a	0.272 ± 0.014 ^c	0.322 ± 0.051 ^{bc}
C21 : 0	0.225 ± 0.007 ^b	0.285 ± 0.043 ^a	0.189 ± 0.005 ^b	0.272 ± 0.011 ^a
饱和脂肪酸总量 Σ SFA	1.279 ± 0.058 ^b	1.886 ± 0.174 ^a	0.953 ± 0.017 ^c	1.261 ± 0.179 ^b
C14 : 1	0.005 ± 0.001 ^a	0.005 ± 0.001 ^a	0.004 ± 0.001 ^b	0.005 ± 0.001 ^a
C16 : 1	0.136 ± 0.019 ^c	0.348 ± 0.039 ^a	0.120 ± 0.019 ^c	0.196 ± 0.025 ^b
C17 : 1	0.0679 ± 0.00 ^a	0.085 ± 0.020 ^a	0.029 ± 0.002 ^b	0.041 ± 0.003 ^b
C18 : 1n9t	0.468 ± 0.043 ^b	0.645 ± 0.086 ^a	0.326 ± 0.028 ^c	0.412 ± 0.040 ^{bc}
C24 : 1	0.114 ± 0.017 ^a	0.133 ± 0.021 ^a	0.069 ± 0.002 ^b	0.083 ± 0.010 ^b
单不饱和脂肪酸总量 Σ MUFA	0.791 ± 0.073 ^b	1.206 ± 0.165 ^a	0.547 ± 0.023 ^c	0.737 ± 0.100 ^c
C18 : 2n6t	0.385 ± 0.043 ^a	0.351 ± 0.036 ^a	0.217 ± 0.022 ^b	0.322 ± 0.040 ^a
C18 : 3n3	0.109 ± 0.010 ^a	0.103 ± 0.011 ^a	0.096 ± 0.006 ^a	0.105 ± 0.013 ^a
C20 : 2	0.087 ± 0.006 ^a	0.085 ± 0.011 ^a	0.053 ± 0.002 ^b	0.086 ± 0.010 ^a
C20 : 5(EPA)	0.789 ± 0.038 ^b	1.014 ± 0.133 ^a	0.516 ± 0.024 ^c	0.927 ± 0.114 ^{ab}
多不饱和脂肪酸总量 Σ PUFA	1.312 ± 0.294 ^a	1.554 ± 0.190 ^a	0.882 ± 0.054 ^b	1.440 ± 0.177 ^a
Σ SFA : Σ MUFA : Σ PUFA	1.61 : 1 : 1.66	1.56 : 1 : 1.29	1.74 : 1 : 1.61	1.71 : 1 : 1.95

注: 同一行中字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

由表 6 可知, 四组青虾肌肉中的 SFA 组分中质量分数较高的组分是棕榈酸 (C16 : 0)、硬脂酸 (C18 : 0) 和二十一烷酸 (C21 : 0), B 组青虾肌肉中 Σ SFA 显著高于 A、C、D 组 ($P < 0.05$)。四组青虾肌肉 MUFA 中 C18 : 1n9t 组分的质量分数最高, 且 B 组青虾肌肉中 Σ MUFA 显著高于其余三组 ($P < 0.05$)。四组青虾肌肉 PUFA 组分中的 C20 : 5(EPA) 质量分数均较高, B 组青虾肌肉 EPA 质量分数显著高于 A、C 组 ($P < 0.05$), C 组青虾肌肉 Σ PUFA 显著低于其余 3 组 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 不同品牌饲料对青虾生长指标和肌肉质构特性的影响

本试验所取青虾样本体长均在 7.6 cm ~ 8 cm, A、B、C 三组青虾体质量均在 5.1 g ~ 5.6 g 范围, 完全达到中国水产科学研究院淡水渔业研究中心培育的“太湖 2 号”青虾养殖效果^[10]。D 组青虾饱满度显著低于其他三组 ($P < 0.05$), 可能跟 D 品牌饲料中较低的粗蛋白含量 (35.15%) 有关。相关研究也表明, 青虾成虾饲料中适宜的粗蛋白含量为 36.2% ~ 39.15%^[11]。含肉率是评价水产品品质、亲本种质和经济性质的重要指标。本试验条件下, 品牌 C 饲料喂养的青虾含肉率显著高于其它三组 ($P < 0.05$), 表明青虾的含肉率受到饲料成分的影响。肌肉持水力是评价肌肉品质特性的重要指标, 不仅反映肌肉的贮藏和加工性能, 且与肌肉质构、口感和风味密切相关, 而滴水损失是反映肌肉持水力的重要参数, 两者呈负相关^[12]。本研究中 A 组青虾肌肉滴水损失在四组中最高 (11.02%), 且其硬度、弹性和咀嚼性质构参数在四组中最低, 相关研究也表明滴水损失与肌肉硬度、咀嚼性和弹性等质构特性呈负相关^[13~15], 本研究结果与之相符。目前, 在青虾研究中还未见饲料对肌肉持水力影响的相关报道, 但在草鱼和花鲈饲料的相关研究中发现, 使用全鱼粉饲料可使草鱼和花鲈的鱼肉咀嚼性和弹性更佳, 有效改善肉质^[16]。本研究中各组饲料中鱼粉用量分别: A 组 8%, B 组 10%, C 和 D 组均为 15%。据此推测, 饲料中相对较低的鱼粉用量可能是造成 A 组和 B 组青虾肌肉持水力相对较低的原因。

3.2 不同品牌饲料对青虾的肌肉常规营养成分影响

四组青虾样品肌肉内粗蛋白(14.13%~16.04%)和粗脂肪(0.72%~0.79%)质量分数与已报道的日本沼虾肌肉营养研究结果基本一致^[17],均显示出高蛋白低脂肪的食用品质。虽然四种不同品牌饲料在组成配方和营养水平上(见表1)存在差异,但四组青虾样品之间的肌肉内粗蛋白和粗脂肪质量分数基本没差异。相关对鲢鳙鱼^[18]和草鱼^[19]的水产营养学研究报道表明,水产品肌肉内粗蛋白和粗脂肪的质量分数主要受品种、遗传等因素的影响,受饲料影响较小,本实验结果与之相符。B组青虾肌肉中粗灰分含量高于其它三组,可能与品牌B饲料中灰分(11.32%)较高有关。

3.3 不同品牌饲料对青虾肌肉氨基酸和脂肪酸组分影响

3.3.1 对氨基酸组分影响 青虾肌肉蛋白质营养水平的高低,需要综合考虑肌肉蛋白质中各类氨基酸的组成和比例。世界卫生组织(World health organization, WHO)/联合国粮农组织(Food and agriculture organization, FAO)提出蛋白质理想模式应为: $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{AA}$ 高于40%, $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{NEAA}$ 高于60%^[20],四组青虾样品中D组的 $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{AA}$ (50.63%)和 $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{NEAA}$ (102.7%)最低,但均符合蛋白质理想模式标准要求,可以确定四组青虾肌肉蛋白质内的氨基酸平衡效果较好,均为优质蛋白质。

虽然四种品牌青虾饲料的配方、氨基酸添加水平和营养水平存在差异,但本实验四组青虾样品肌肉内的 ΣAA 、 ΣEAA 和 ΣDAA 基本没有差异。相关研究对不同蛋白质水平饲料喂养的克氏螯虾肌肉进行检测,发现肌肉中各类氨基酸组分并不随着饲料蛋白质组分的增加而提高,饲料最适蛋白质浓度为24%~28%^[21]。将玉米蛋白替代部分鱼粉应用于罗氏沼虾和日本沼虾养殖中的研究表明,两种虾肌肉中各类氨基酸组分并未受到影响^[22,23]。因此,结合本实验结果可以确定在一定蛋白质含量范围内,饲料中的蛋白质组分对青虾肌肉内氨基酸组分的影响较小。

3.3.2 对脂肪酸组分影响 青虾由于其独特的生活环境和摄食习性,其肌肉脂肪酸组成和比例更贴近人体需求,营养价值较高。对野生青虾肌肉中脂肪酸组分的检测结果显示, ΣSFA 、 ΣMUFA 、 ΣPUFA 分别为1.036%、0.56%、1.587%, $\Sigma \text{SFA} : \Sigma \text{MUFA} : \Sigma \text{PUFA}$ 为1.85:1:2.82^[24]。本实验四组青虾样品中仅C组青虾肌肉中 ΣSFA (0.953%)、 ΣMUFA (0.547%)、 ΣPUFA (0.882%)低于野生青虾,其他三组均高于野生青虾,尤以B组青虾最高,其 ΣSFA 、 ΣMUFA 、 ΣPUFA 分别达到1.886%、1.206%、1.554%,且 $\Sigma \text{SFA} : \Sigma \text{MUFA} : \Sigma \text{PUFA}$ 为1.56:1:1.29,比其它三组和野生青虾更接近脂肪酸人体需求理想模式 $\Sigma \text{SFA} : \Sigma \text{MUFA} : \Sigma \text{PUFA}$ 1:1:1^[25]。因此,四组青虾中,B组青虾肌肉脂肪的营养价值最高,C组青虾肌肉脂肪的营养价值相对较低。

本实验四种不同品牌饲料配方中豆油、磷脂等油脂原料的添加量基本一致,但B组青虾肌肉 ΣSFA 和 ΣMUFA 高于其它三组,A和B组的 ΣPUFA 高于C组和D组,推测原因可能跟A组和B组饲料配方中采用一定比例的鸡肉粉、虾粉和酵母水解物等复合动物蛋白质源替代鱼粉原料有关。鸡肉粉、虾粉和酵母水解物等原料内脂肪酸主要由SFA和MUFA组成,SFA和PUFA含量及比例对调节青虾体内细胞膜流动相和细胞器功能有重要作用,有利于促进饲料能量的利用,提高肌肉内脂肪的沉积^[26],进而提高B组青虾肌肉内SFA和MUFA的含量。相比C和D组,A和B组饲料组成中均添加有5%的虾粉原料,已有研究表明,虾粉对水产品肌肉内PUFA组分特别是n-3 PUFA组分的质量分数有显著提升作用^[27,28]。据此推测,A和B组青虾肌肉内较高的 ΣPUFA 可能跟其饲料中添加5%的虾粉原料直接相关。

4 结论

本实验结果显示,德清地区不同品牌饲料养殖的青虾肌肉品质存在差异。其中D组饲料养殖青虾生长性能亟待提高,A组饲料养殖青虾在肌肉持水力和肌肉质构特性上相对较弱,C组饲料养殖青虾肌肉脂肪酸营养价值有待进一步优化。四组不同品牌饲料养殖的青虾肌肉常规营养成分、氨基酸组成差异不大,B组饲料养殖青虾的综合肌肉品质最佳。

参考文献:

- [1] 佚名. 青虾“太湖2号”[J]. 中国水产, 2019, (9): 92~99.
- [2] 搜狐新闻. 硬核 “中国青虾之乡”实至名归[EB/OL]. [2019-07-24]. https://www.sohu.com/a/329217057_99901975, 2019.
- [3] Zhang N, Ma Q, Fan W, et al. Effects of the dietary protein to energy ratio on growth, feed utilization and body composition in *Macrobrachium nipponense* [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2016, 23(2): 313~321.
- [4] Kong Y, Ding Z, Zhang Y, et al. Dietary selenium requirement of juvenile oriental river prawn *Macrobrachium nipponense* [J]. *Aquaculture*, 2017, 476: 72~78.
- [5] Etefaghdoost M, Alaf N H. The effect of different feeding rates on growth indices, feed conversion ratio and body composition of Oriental River prawn *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) [J]. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2017, 25(5): 97~112.
- [6] Huang Y, Zhang N, Fan W, et al. Soybean and cottonseed meals are good candidates for fishmeal replacement in the diet of juvenile *Macrobrachium nipponense* [J]. *Aquaculture International*, 2018, 26(1): 309~324.
- [7] 单凡, 刘波, 孙存鑫, 等. 饲料维生素E含量对罗氏沼虾生长性能、血清生化指标和肌肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(1): 214~225.
- [8] 王伟. 气味、色泽、质构评价虾鲜度的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(22): 176~182.
- [9] 黄苏红, 李晔, 通旭婷, 等. 3种经济蟹类肌肉、肝胰腺及生殖腺中脂肪酸的比较研究[J]. 水产科学, 2018, 37(05): 647~652.
- [10] 何奇. “太湖2号”青虾、太湖野生青虾及本地青虾秋季生长对比试验[J]. 科学养鱼, 2019, (3): 30~31.
- [11] 顾海东, 龚培培, 邹宏海, 等. 饲料蛋白质水平与生物源性添加剂对青虾生长及营养成分的影响[J]. 饲料研究, 2013, 2: 64~68.
- [12] Han M, Wang P, Xu X, et al. Low-field NMR study of heat-induced gelation of pork myofibrillar proteins and its relationship with microstructural characteristics [J]. *Food Research International*, 2014, 62: 1175~1182.
- [13] Suh S, Kim Y, Shin D, et al. Effect of frozen-storage period on quality of American sirloin and mackerel (*Scomber japonicus*) [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2017, 26(4): 1077~1084.
- [14] 张婷, 吴燕燕, 李来好, 等. 咸鱼品质的质构与感官相关性分析[J]. 水产学报, 2013, 37(2): 303~310.
- [15] 李莹, 张伟敏, 黄海珠, 等. 三种猪肉质特性比较研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(10): 22~27.
- [16] 于晓彤, 梁晓芳, 王嘉, 等. 不同蛋白质源对草鱼和花鲈肉质影响的比较研究[J]. 动物营养学报, 2016, 28(7): 2055~2068.
- [17] 倪娟, 赵晓勤, 陈立侨. 日本沼虾4种群肌肉营养品质的比较[J]. 中国水产科学, 2003, 10(3): 212~215.
- [18] Shearer K D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids [J]. *Aquaculture*, 1994, 119(1): 63~88.
- [19] Zhao H, Xia J, Zhang X, et al. Diet Affects Muscle Quality and Growth Traits of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*): A Comparison Between Grass and Artificial Feed [J]. *Frontiers in Physiology*, 2018, 9: 283.
- [20] Gilani G S. Background on international activities on protein quality assessment of foods [J]. *British Journal of Nutrition*, 2012, 108 (S2): 168~182.
- [21] 张家宏, 王守红, 寇祥明, 等. 饲料中蛋白质和脂肪水平对克氏原螯虾生长的影响研究[J]. 江西农业学报, 2012, 24(8): 88~93.
- [22] 程媛媛, 周洪琪, 华雪铭, 等. 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾生长、氨基酸沉积率和肌肉营养成分的影响[J]. 中国水产科学, 2009, 16(4): 572~579.
- [23] 胡盼, 黄旭雄, 郭腾飞, 等. 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对日本沼虾生长和肌肉组成的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 2: 73~80.
- [24] 刘肖莲, 姜巨峰, 吴会民, 等. 滨海型盐碱水域杂交青虾“太湖1号”肌肉营养成分分析[J]. 渔业现代化, 2017, 44(5): 67~72.
- [25] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [26] Sargent J R, Bell G, Mcevoy L, et al. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish [J]. *Aquaculture*, 1999, 177(3): 191~199.

- [27] 张玉玲, 罗 坤, 孔 杰, 等. 饲料中添加南极磷虾粉对凡纳滨对虾亲虾生长、性能发育及脂肪酸积累的影响 [J]. 中国水产科学, 2017, 24(2) : 306 ~ 316.
- [28] Burri L, Nunes A J P . Benefits of including krill meal into shrimp diets [J]. World Aquaculture, 2016, 47(3) : 19 ~ 19.

The comparative analysis on muscle quality of *Macrobrachium nipponense* cultured by different brands of aquatic feed in Deqing county

HUANG Hao¹, HE Juan-yuan², CHEN Li-zhong¹, ZHANG Run-feng², YU Xiang²

(1. Zhejiang Henton Biotechnology Co. , LTD, Huzhou 313014, China;

2. College of Life Science, Hubei Normal University, Hubei Key Laboratory of Edible Wild Plants Conservation & Utilization, Huangshi 435002, China)

Abstract: In order to identify the differences in meat quality of *Macrobrachium nipponense* cultured by different brands of aquatic feed in Deqing county, 100 actively shrimp samples in each group were randomly selected from 4 farms which cultured the shrimp with different brands of aquatic feed individual. The shrimp's growth indicator, meat rate, muscle water holding capacity, muscle texture properties, normal nutritional component content, amino acid and fat acid composition of muscle were analyzed and compared. The results indicated that the growth traits of sample D, such as body weight and condition factor, were significantly lower than the other 3 groups of shrimp samples ($P < 0.05$). The drip loss of group A was the highest among 4 groups of shrimp samples ($P < 0.05$), but hardness, springiness and chewiness of sample A were lower than that of other groups of samples ($P < 0.05$). No obvious difference was found in crude protein and crude fat contents among all groups of samples ($P > 0.05$), and amino acid composition of muscle in all the 4 groups of samples was similar ($P > 0.05$). The nutritional value of fatty acid in muscle of sample C is lower than that of the other samples. To sum up, it would be reasonable to confirm that there are some differences in meat quality among the 4 groups of *Macrobrachium nipponense* samples cultured by different brands of aquatic feed in Deqing county, and the meat quality of sample B is the best.

Key words: Deqing county; feed; *Macrobrachium nipponense*; meat quality