

DOI:10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20211114

饲料中添加虾壳粉对中华鳖肌肉营养成分及质构特性的影响

程小飞¹, 高金伟¹, 向 劲^{1,2}, 田 兴¹, 刘 丽¹, 邓时铭¹, 谢仲桂^{1*}, 李传武^{1,2*}(1.湖南省水产科学研究所,水生动物营养与品质调控湖南省重点实验室,
湖南长沙 410153;2.湖南省水产原种场,湖南长沙 410153)

[摘要] 本试验以中华鳖成鳖为研究对象,在对照组饲料(商业饲料)中添加 10%的虾壳粉为试验组饲料,通过 12 周的养殖试验,研究克氏原螯虾下脚料(虾壳粉)对中华鳖肌肉一般营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成及质构特性的影响。结果显示:试验组中华鳖肌肉的粗蛋白质含量较对照组降低 2.75% ($P < 0.05$),而水分含量则较对照组提高 2.08% ($P < 0.05$),粗脂肪和灰分差异不显著 ($P > 0.05$);试验组除丙氨酸含量较对照组提高 19.70% ($P < 0.05$) 以外,其苏氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、精氨酸、 Σ TAA、 Σ EAA 和 Σ NEAA 分别较对照组降低 24.10%、15.19%、19.76%、18.75%、17.10%、17.83%、16.71% ($P < 0.05$);试验组的 C16:0、C18:0、C24:0、C24:1、C18:2n6c、C20:2n6、C20:3n3、C22:6n3 8 种脂肪酸显著高于对照组 ($P < 0.05$),而其 C14:0、C15:0、C16:1、C18:1n9c、C18:3n3、C20:1、C22:1n9 7 种脂肪酸显著低于对照组 ($P < 0.05$);试验组的 SFA、PUFA、HUFA、n-3、n-6、n-3/n-6 分别较对照组提高 24.82%、32.79%、67.42%、59.71%、17.58%、37.50% ($P < 0.05$),而 MUFA 较对照组降低 38.95% ($P < 0.05$);试验组与对照组中华鳖肌肉的硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性、内聚性和黏附性均没有显著性差异 ($P > 0.05$)。结果表明:商业饲料中直接添加 10%虾壳粉对中华鳖肌肉质构特性无显著影响,但会对其肌肉品质产生负面影响。

[关键词] 中华鳖;虾壳粉;营养成分;质构特性**[中图分类号]** S963**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1004-3314(2021)11-0072-06

克氏原螯虾,俗称小龙虾,近年来我国养殖产量和面积大幅增长,2018 年总产量达 163.87 万 t,养殖面积达 1680 万亩(中国小龙虾产业发展报告,2019)。小龙虾主食虾尾或虾仁,按虾头虾壳 80%~85%废弃比例折算(何志刚等,2017),每年的小龙虾废弃物即有 131 万~139 万 t。虾壳是小龙虾深加工副产物,干燥虾壳粉中含有 33.72%的粗蛋白质,10.27%的粗脂肪,27.47%的氨基酸,12.19%的钙,0.50%的钾等营养物质(程小飞等,2020),其作为废弃物资源化利用一直是相关领域的研究热点。

中华鳖(*Trionyx sinensis*)是我国重要的水产经济动物,关于中华鳖的研究已有较多报道,主要集中在不同养殖模式或不同品系的营养成分分析(吴斌等,2020;喻亚丽等,2019;张君等,2019、2018)、重金属蓄积(刘伶俐等,2019)、胁迫应激(邢潇等,2019)、生物学性状(梁宏伟等,2017;肖凤芳等,2014)、营养需求(Zhong 等,2020;Zhang 等,2020;寇红岩等,2020)、病害防控(Zhao 等,2020;李延利等,2020)、蛋白源开发(程道妹等,2018;唐精等,2013)等方面。关于虾壳粉在中华鳖饲料方面的研究较少,仅见石天亮等(2013)报道,用 50%新鲜虾壳粉替代中华鳖饲料中部分鱼粉,可有效提高其免疫力,增强其抗病性和生长速度,而关于虾壳粉对中华鳖肌肉除氨基酸外其他营养成分及品质的影响鲜见报道。

基金项目:湖南省科技重大专项资金(2017NK1030)

作者简介:程小飞(1986-),男,助理研究员,硕士,研究方向为水产动物营养与饲料科学,E-mail:chengxiaofei19@126.com

* 通讯作者:谢仲桂,男,副研究员,E-mail:23692569@qq.com;

李传武,男,研究员,E-mail:lichuanwu1219@126.com

本试验在中华鳖商业饲料中添加 10% 的干虾壳粉,通过测定中华鳖肌肉一般营养成分、氨基酸、脂肪酸等营养成分及质构特性,综合评价饲料中添加虾壳粉对中华鳖肌肉品质的影响,为小龙虾副产物虾壳粉的资源化利用,尤其在中华鳖饲料中的应用提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 试验饲料 本试验所用的对照组饲料为市售成鳖配合饲料,主要原料由进口白鱼粉、豆粕、蛋白粉、 α -淀粉、啤酒酵母粉、鱼油、卵磷脂、磷酸二氢钙、多种维生素、多种矿物质等组成,实测主要营养成分为粗蛋白质 42.59%、粗脂肪 4.99%、灰分 10.85%、水分 8.68%;试验组饲料为在对照组饲料中添加 10% 克氏原螯虾壳粉,实测主要营养成分为粗蛋白质 41.70%、粗脂肪 5.22%、灰分 13.22%、水分 8.27%。

1.2 试验管理及样品处理 本试验所用中华鳖由湖南省常德市汉寿县从现龟鳖养殖家庭农场提供,试验期间分别投喂对照组商业饲料及试验组饲料,养殖周期为 12 周,养殖地点为从现龟鳖养殖家庭农场的两口相同规格中华鳖养殖池塘。试验结束后两口试验池塘随即各取 5 只,逐一称其体重,测量形体指标,解剖,分离内脏并称重,取其后腿肌肉用于营养成分及质构特性检测。中华鳖末体重:对照组平均体重为(1489.96±301.59)g;试验组平均体重为(1254.26±208.72)g。

1.3 营养成分及质构特性测定 一般营养成分测定方法参照程小飞等(2019)报道的方法;氨基酸和脂肪酸测定方法参照程小飞等(2020),其中脂肪酸送样至青岛科创质量检测有限公司进行检测,称取适量的样品,经过前处理后用 0.45 μ L 滤膜过膜后上机测试(气相色谱仪 Agilent 7890A);上机条件为色谱柱:CD-2560 (100 m×0.25 mm×0.20 μ L);升温程序:130 $^{\circ}$ C 保持 5 min,以 4 $^{\circ}$ C/min 的速率升温至 240 $^{\circ}$ C,保持 30 min。进样口温度:250 $^{\circ}$ C;载气流速:0.5 mL/min;分流进样,分流:10:1;检测器:FID;检测器温度:250 $^{\circ}$ C。

肌肉质构特性:采用美国 FTC 公司的 MS-

mm)对腿部肌肉进行 2 次压缩,进行质地多面剖析(TPA)模式测试。其中质构特性指标包括硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性、内聚性和黏附性,各参数定义参考徐坤华等(2014)报道。

1.4 数据处理 采用 Excel 2007 对数据进行处理分析,结果以“平均值±标准差”表示。使用 SPSS 18.0 软件中的独立样本 T 检验对数据进行分析, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 一般营养成分 中华鳖肌肉一般影响成分如表 1 所示,其中试验组的粗蛋白质含量较对照组降低 2.75% ($P < 0.05$),而水分含量较对照组则提高 2.08% ($P < 0.05$);试验组中华鳖肌肉粗脂肪含量较对照组低 35.82%,但无显著性差异 ($P > 0.05$);试验组和对照组中华鳖肌肉的灰分含量无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 1 饲料中添加虾壳粉对中华鳖肌肉一般营养成分的影响(以湿重计)

营养成分	g/100 g	
	对照组	试验组
水分	78.81±0.37 ^b	80.45±0.43 ^a
粗脂肪	0.67±0.27	0.43±0.07
粗蛋白质	18.18±0.29 ^a	17.68±0.24 ^b
灰分	1.08±0.14	1.08±0.29

2.2 氨基酸组成 中华鳖肌肉氨基酸组成如表 2 所示,试验组和对照组均检测出 17 种氨基酸(Trp 因酸水解未检测出),其中试验组的苏氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、精氨酸分别较对照组降低 24.10%、15.19%、19.76%、18.75% ($P < 0.05$),而其丙氨酸较对照组提高 19.70% ($P < 0.05$),其他 12 种氨基酸含量无显著性差异 ($P > 0.05$);试验组的 Σ TAA、 Σ EAA 和 Σ NEAA 分别较对照组降低 17.10%、17.83%、16.71% ($P < 0.05$),而其 Σ DAA、 Σ EAA/ Σ NEAA、 Σ EAA/ Σ TAA、 Σ DAA/ Σ TAA 无显著性差异 ($P > 0.05$)。表明饲料中添加 10% 虾壳粉会显著降低中华鳖肌肉必需氨基酸含量,影响其肌肉氨基酸营养价值。

2.3 脂肪酸组成 中华鳖肌肉脂肪酸组成如表 3 所示,试验组的 C16:0、C18:0、C24:0、C24:1、C18:2n6c、C20:2n6、C20:3n3、C22:6n3 8 种脂肪酸含量

表 2 饲料中添加虾壳粉对中华鳖肌肉
氨基酸组成的影响(以湿重计)

			g/100 g		
氨基酸	对照组	试验组	氨基酸	对照组	试验组
天冬氨酸	2.24±0.65	1.63±0.04	苯丙氨酸	0.88±0.35	0.63±0.03
苏氨酸	0.83±0.10 ^a	0.63±0.06 ^b	组氨酸	0.80±0.17	0.61±0.03
丝氨酸	0.86±0.22	0.64±0.01	赖氨酸	1.67±0.26 ^a	1.34±0.05 ^b
谷氨酸	2.16±1.79	2.39±0.33	精氨酸	1.12±0.16 ^a	0.91±0.01 ^b
甘氨酸	0.81±0.17	0.63±0.06	脯氨酸	0.60±0.15	0.63±0.04
丙氨酸	0.66±0.15 ^b	0.79±0.10 ^a	ΣTAA	17.60±0.19 ^a	14.59±0.24 ^b
胱氨酸	0.28±0.46	0.05±0.05	ΣEAA	7.01±1.03 ^a	5.76±0.07 ^b
缬氨酸	1.00±0.42	0.74±0.01	ΣDAA	5.88±1.12	5.44±0.22
蛋氨酸	0.61±0.11	0.51±0.00	ΣNEAA	10.59±0.76 ^a	8.82±0.17 ^b
异亮氨酸	0.79±0.06 ^a	0.67±0.02 ^b	ΣEAA/ΣNEAA	66.02±4.81	65.33±0.43
亮氨酸	1.24±0.26	1.25±0.02	ΣEAA/ΣTAA	39.73±1.72	39.51±0.16
酪氨酸	1.05±0.77	0.54±0.02	ΣDAA/ΣTAA	34.04±9.26	37.31±1.00

注:ΣTAA 为氨基酸总和;ΣEAA 为必需氨基酸总和;ΣDAA 为鲜味氨基酸总和,其包括谷氨酸、甘氨酸、天门冬氨酸和丙氨酸;NEAA 为非必需氨基酸总和。

分别较对照组提高 8.92%、53.72%、53.49%、57.45%、16.97%、63.64%、55.19%、72.03% ($P < 0.05$), 而其 C14:0、C15:0、C16:1、C18:1n9c、C18:3n3、C20:1、C22:1n9 7 种脂肪酸含量分别较对照组降低 27.41%、50.00%、42.82%、40.31%、28.53%、27.20%、42.17% ($P < 0.05$); 试验组的 SFA、PUFA、HUFA、n-3、n-6、n-3/n-6 脂肪酸分别较对照组提高 24.82%、32.79%、67.42%、59.71%、17.58%、37.50% ($P < 0.05$), 而 MUFA 较对照组降低 38.95% ($P < 0.05$)。表明饲料中添加 10% 虾壳粉可以提高中华鳖肌肉多不饱和脂肪酸比例,改善肌肉脂肪酸组成。

2.4 质构特性 如表 4 所示,试验组中华鳖肌肉的硬度、胶黏性、咀嚼型、内聚性分别较对照组低 11.31%、16.86%、9.36%、12.50%,而其弹性和黏附性分别较对照组高 8.33%和 55.56%,但均无显著性差异 ($P > 0.05$)。表明饲料中添加 10% 虾壳粉对中华鳖肌肉质构特性有负面影响的趋势,但影响不显著。

3 讨论

3.1 饲料中添加虾壳粉对中华鳖肌肉粗蛋白质和氨基酸组成的影响 蛋白质是六大营养要素之首,其含量高低是评价肌肉品质的最重要指标之

表 3 饲料中添加虾壳粉对中华鳖肌肉
脂肪酸组成的影响(以湿重计)

			%		
脂肪酸	对照组	试验组	脂肪酸	对照组	试验组
C14:0	1.35±0.00 ^a	0.98±0.00 ^b	C20:3n3	2.41±0.02 ^b	3.74±0.07 ^a
C15:0	0.12±0.00 ^a	0.06±0.00 ^b	C24:0	6.02±0.02 ^b	9.24±0.09 ^a
C16:0	17.38±0.02 ^b	18.93±0.21 ^a	C24:1	0.47±0.01 ^b	0.74±0.05 ^a
C16:1	7.17±0.01 ^a	4.10±0.30 ^b	C22:6n3	6.40±0.02 ^b	11.01±0.00 ^a
C18:0	6.31±0.00 ^b	9.70±0.03 ^a	SFA	31.18±0.02 ^b	38.92±0.21 ^a
C18:1n9c	31.36±0.01 ^a	18.72±0.05 ^b	MUFA	42.23±0.02 ^a	25.78±0.31 ^b
C18:2n6c	16.79±0.01 ^b	19.64±0.07 ^a	PUFA	26.59±0.03 ^b	35.31±0.11 ^a
C20:1	2.39±0.00 ^a	1.74±0.01 ^b	HUFA	8.81±0.03 ^b	14.75±0.06 ^a
C18:3n3	0.77±0.00 ^a	0.55±0.01 ^b	n-3	9.58±0.03 ^b	15.30±0.06 ^a
C20:2n6	0.22±0.00 ^b	0.36±0.01 ^a	n-6	17.01±0.00 ^b	20.00±0.07 ^a
C22:1n9	0.83±0.00 ^a	0.48±0.02 ^b	n-3/n-6	0.56±0.00 ^b	0.77±0.00 ^a

注:SFA 为饱和脂肪酸 (14:0,15:0,16:0,18:0);MUFA 为单不饱和脂肪酸 (16:1n-7,18:1n-9,20:1n-9,22:1n-9);PUFA 为多不饱和脂肪酸 (18:2n-6,18:3n-3,20:2n-6,20:3n-3,22:6n-3);HUFA 为高不饱和脂肪酸 (20:3n-3,22:6n-3);n-3 为 18:3n-3,20:3n-3,22:6n-3;n-6 为 18:2n-6,20:2n-6。

表 4 饲料中添加虾壳粉对中华鳖
肌肉质构特性的影响(以湿重计)

质构特性	对照组	试验组
硬度/N	145.63±53.44	129.16±14.16
弹性/mm	2.04±0.22	2.21±0.08
胶黏性/N	89.42±30.60	74.34±10.1
咀嚼性/mJ	182.39±62.15	165.31±28.11
内聚性/ratio	0.56±0.08	0.49±0.02
黏附性/mJ	0.09±0.05	0.14±0.01

一。蒋迪等(2017)报道,蚕蛹替代饲料中 5%和 10%鱼粉,可显著提高中华鳖肌肉粗蛋白质和粗脂肪水平。同样的,程道妹等(2018)报道,饲料中添加 15%或 30%的蝇蛆蛋白可显著提高中华鳖肌肉粗蛋白质含量,而本试验条件下,饲料中添加 10%的虾壳粉显著降低了中华鳖肌肉的粗蛋白质含量。吴凡等(2018)报道,饲料蛋白水平在一定范围内对中华鳖肌肉粗蛋白质含量的影响成正相关。周凡等(2014)报道,中华鳖日本品系对蝇蛆蛋白粉、虾壳粉、发酵豆粕、豌豆浓缩蛋白、大豆浓缩蛋白以及玉米蛋白粉的表现消化率不同,其中对虾壳粉干物质、粗蛋白质、粗脂肪、总能的表现消化率均最低,导致本试验中华鳖肌肉粗蛋白质保留率较对照组低的原因可能与中华鳖对虾壳粉的

消化率较低及试验组饲料粗蛋白质水平低于对照组相关。本试验中,饲料中添加 10%的虾壳粉对中华鳖肌肉灰分含量无显著影响,这与吴凡等(2018)、程道妹等(2018)和蒋迪等(2017)对中华鳖的报道一致。而本试验中,饲料中添加 10%的虾壳粉会显著降低中华鳖肌肉水分含量,导致这种差异的原因还有待进一步探索。

本试验中,饲料中添加 10%虾壳粉导致中华鳖肌肉苏氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、必需氨基酸总和、非必需氨基酸总和和总氨基酸含量显著降低,影响中华鳖肌肉氨基酸营养价值,这与吉红等(2012)对框鳞镜鲤研究结果及程小飞等(2020)对芙蓉鲤的研究结果相似,即饲料中氨基酸组成对试验鱼肌肉氨基酸组成有一定影响。根据 FAO/WHO 定义的理想模式,质量较好的蛋白质,其氨基酸组成中 EAA/TAA 为 40%左右, EAA/NEAA 在 60%以上(FAO/WHO,1973),本研究中试验组和对照组中华鳖肌肉的 EAA / NEAA (分别为 65.33%、66.02%) 和 EAA / TAA (分别为 39.51%、39.73%)无显著差异,均属优质蛋白质。与本试验结果类似,石天亮等(2013)报道,分别用配制含 50%鲜虾壳浆的“速冻鲜饲料”投喂中华鳖幼鳖 6 个月,其肌肉的苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、必需氨基酸总和、非必需氨基酸总和、鲜味氨基酸总和、氨基酸总和分别较野生中华鳖降低了 21.93%、21.18%、34.62%、22.09%、20.64%、21.34%、24.71%、22.73%、23.16%、21.85%、22.99%,而其试验组和野生中华鳖肌肉 EAA/NEAA (分别为 68.62%、68.24%) 和 EAA/ TAA (分别为 40.69%、40.56%)基本相同。

3.2 饲料中添加虾壳粉对中华鳖肌肉粗脂肪和脂肪酸组成的影响 王道尊(1997)等报道,中华鳖在不同年龄段其肌肉粗脂肪含量均较低,不超过 1.29%,且在一定范围内,肌肉粗脂肪含量与肉品的风味成正相关。本试验中,试验组中华鳖肌肉粗脂肪含量较对照组低 35.82%,但无显著性差异,可见饲料中添加 10%虾壳粉可能在一定程度上影响了中华鳖肌肉的风味。与本试验不同的是,蒋迪等

(2017)报道,蚕蛹替代鱼粉可显著提高中华鳖的肌肉粗脂肪含量,程道妹等(2018)也报道,饲料中添加 15%蝇蛆蛋白的室外养殖中华鳖和 30%蝇蛆蛋白的室内养殖中华鳖粗脂肪含量显著升高,而与本试验结果类似的是,程道妹等(2018)报道的饲料中添加 15%蝇蛆蛋白对室内养殖中华鳖肌肉粗脂肪含量无显著影响,造成中华鳖肌肉粗脂肪沉积的因素可能与饲料中粗脂肪含量、脂肪源种类及其消化率、养殖环境等因素相关。

通常不同脂肪源对鱼类肌肉脂肪酸组成影响显著,且基本反映了饲料中脂肪酸组成(程小飞等,2013)。本试验中,试验组和对照组中华鳖肌肉的粗脂肪酸种类无差异,而其含量差异显著,试验组中华鳖肌肉的 SFA、PUFA、HUFA、n-3、n-6、n-3/n-6 脂肪酸显著高于对照组,而 MUFA 显著低于对照组,分析认为,这可能与虾壳粉中含有大量的 C18:1n-9,其更容易被中华鳖吸收并转化为 C22:6n3 (DHA) 有关(程小飞等,2020、2013),因此饲料中添加 10%虾壳粉可有效提高中华鳖肌肉 DHA 等不饱和脂肪酸含量,改善肌肉脂肪酸组成。

3.3 饲料中添加虾壳粉对中华鳖肌肉质构特性的影响 水产品的质构特性决定了其在食用时的口感,日益受到消费者的重视(胡盼等,2015;梁萌青等,2010)。质构剖面分析法(TPA),主要包括硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性、内聚性和黏附性等指标,在一定程度上反映了肌肉的品质状况。饲料成分、生长环境、养殖模式等因素,都可能影响到肌肉的质构特性(毛东东等,2018;柳明等,2010)。本试验中,试验组中华鳖肌肉的硬度、胶黏性、咀嚼性、内聚性较对照组降低 9.36%~16.83%,而其弹性和黏附性较对照组高 8.33%~55.56%,但各指标均无显著性差异。Mithcell 等(2003)研究表明,弹性模拟鱼肉在口腔行为,弹性越大,咀嚼性越好,肉质越爽脆。胡芬等(2011)认为,鱼类肌肉硬度较大、弹性较强,口感会更好。从中华鳖肌肉各质构参数看,试验组和对照组无显著差异,说明饲料中添加 10%虾壳粉对中华鳖肌肉的质构特性无显著影响。

4 结论

添加 10% 虾壳粉对中华鳖肌肉质构特性无显著性影响, 但会显著降低其粗蛋白质及氨基酸含量, 对中华鳖肌肉品质产生负面影响。

参考文献

- [1] 2019 中国小龙虾产业发展报告[J]. 中国水产, 2019, 9: 12 ~ 19.
- [2] 程道妹, 黄启成, 王方海, 等. 蝇蛆蛋白对中华鳖生长性能及营养品质的影响[J]. 水产科学, 2018, 37(1): 51 ~ 58.
- [3] 程小飞, 蒋国民, 向劲, 等. 饲料中猪肉骨粉替代鱼粉对芙蓉鲤生长性能、血液生理生化、肌肉组成及质构特性的影响[J]. 水生生物学报, 2020, 44(1): 85 ~ 94.
- [4] 程小飞, 宋锐, 洪波, 等. 虾壳粉氨基酸和脂肪酸营养成分分析[J]. 中国饲料, 2020, 23: 66 ~ 70.
- [5] 程小飞, 宋锐, 徐远琴, 等. 网箱养殖刺鲃肌肉营养成分分析及评价[J]. 现代食品科技, 2019, 35(6): 245 ~ 250.
- [6] 程小飞, 田晶晶, 吉红, 等. 蚕蛹基础日粮中添加不同脂肪源对框鳞镜鲤生长、体成分及健康状况的影响[J]. 水生生物学报, 2013, 37(4): 656 ~ 668.
- [7] 何志刚, 王冬武, 李金龙, 等. 克氏原螯虾废弃物综合处理及在饲料中的应用[J]. 江西饲料, 2017, 3: 1 ~ 6.
- [8] 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.
- [9] 胡盼, 高乔, 韩雨哲, 等. 野生与池塘、工厂化养殖牙鲆肌肉理化品质及质构特性比较研究[J]. 水生生物学报, 2015, 39(4): 723 ~ 729.
- [10] 吉红, 程小飞, 李杰, 等. 蚕蛹替代鱼粉对框鳞镜鲤幼鱼生长性能、体成分及健康状况的影响[J]. 水产学报, 2012, 36(10): 1599 ~ 1611.
- [11] 蒋迪, 吕富, 王爱民, 等. 蚕蛹粉替代鱼粉对中华鳖幼鳖形体指标、生长性能及体成分的影响[J]. 中国饲料, 2017, 7: 26 ~ 30+39.
- [12] 寇红岩, 黄燕华, 周萌, 等. 中华鳖对脂肪需求的研究[J]. 饲料研究, 2020, 43(3): 136 ~ 139.
- [13] 李廷利, 张海琪, 吕孙建, 等. 一株引起清溪乌鳖 (*Pelodiscus sinensis nigrum*) “摇头病”致病菌的分离鉴定与药敏分析[J]. 海洋与湖沼, 2020, 51(2): 405 ~ 414.
- [14] 梁宏伟, 曹力欢, 李翔, 等. 三个不同品系中华鳖形态差异分析[J]. 淡水渔业, 2017, 47(4): 91 ~ 96.
- [15] 梁萌青, 雷霖霖, 吴新颖, 等. 3 种主养鲢鳙类的营养成分分析及品质比较研究[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(4): 113 ~ 119.
- [16] 刘伶俐, 黄向荣, 黄华伟, 等. 中华鳖器官组织对养殖环境中镉的富集[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2019, 45(4): 412 ~ 419.
- [17] 柳明, 朱晓鸣, 雷武, 等. 不同饲料营养对池塘养殖长吻鲢生长性能和鱼肉品质的影响[J]. 水生生物学报, 2010, 34(3): 598 ~ 610.
- [18] 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.
- [19] 石天亮, 江辉, 肖乃虎, 等. 新鲜虾壳粉在中华鳖饲喂中的应用[J]. 当代水产, 2013, 38(10): 74 ~ 75.
- [20] 唐精, 张宝彤, 萧培珍, 等. 植物蛋白替代鱼粉对中华鳖生长性能、体组成及消化力的影响[J]. 中国饲料, 2013, 17: 29 ~ 33.
- [21] 王道尊, 汤峥嵘, 谭玉钧. 中华鳖生化组成的分析——I. 一般营养成分的含量及肌肉脂肪酸的组成[J]. 水生生物学报, 1997, 21(4): 299 ~ 302+304 ~ 305.
- [22] 吴斌, 方春林, 贺刚, 等. 中华鳖 3 种养殖模式营养成分和重金属含量分析与比较[J]. 中国饲料, 2020, 5: 42 ~ 45.
- [23] 吴凡, 陆星, 文华, 等. 饲料蛋白质和脂肪水平对中华鳖生长性能、肌肉质构指标及肝脏相关基因表达的影响[J]. 淡水渔业, 2018, 48(1): 47 ~ 54.
- [24] 肖凤芳, 李伟, 朱新平, 等. 中华鳖 3 个养殖群体形态性状对体质量的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2014, 33(6): 1247 ~ 1253.
- [25] 邢潇, 宋如昕, 王兰, 等. 急性冷胁迫对中华鳖幼鳖肠道黏膜组织的影响[J]. 水生生物学报, 2019, 43(1): 102 ~ 108.
- [26] 徐坤华, 赵巧灵, 廖明涛, 等. 金枪鱼质构特性与感官评价相关性研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 190 ~ 197.
- [27] 喻亚丽, 周运涛, 唐雨甜, 等. 3 种品系中华鳖的肌肉品质分析与评价[J]. 中国渔业质量与标准, 2019, 9(5): 61 ~ 70.
- [28] 张君, 陈露, 余鹏, 等. 中华鳖 4 个品系营养成分分析与比较[J]. 水生生物学报, 2018, 42(4): 770 ~ 778.
- [29] 张君, 欧阳霞, 陆剑锋, 等. 中华鳖蛋营养价值评价[J]. 动物营养学报, 2019, 31(11): 5100 ~ 5110.
- [30] 周凡, 丁雪燕, 何丰, 等. 中华鳖日本品系对 6 种饲料蛋白原料表现消化率的研究[J]. 水生生态学杂志, 2014, 35(1): 81 ~ 86.
- [31] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and Protein Requirements [M]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series. 1973, 52.
- [32] Mitchell J. Food texture and viscosity: concept and measurement [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2003, 38(7): 839 ~ 840.
- [33] Zhang X, Yang Z, Deng D, et al. Effects of dietary starch levels on the growth, plasma metabolites and expression of genes involved in glucose transport and metabolism in *Pelodiscus sinensis* juveniles[J]. Aquaculture Research, 2020, 51(2): 738 ~ 750.
- [34] Zhao Bo, Gao Yang, Yao Qibin, et al. *Pelodiscus sinensis* embryos infected with *Aeromonas hydrophila* show higher survival rates than infected *Mauremys reevesii* embryos [J]. Aquaculture, 2020, 518: 734660.
- [35] Zhong Yiwen, Pan Yaxiong, Liu Li, et al. Effects of high fat diet on lipid accumulation, oxidative stress and autophagy in the liver of Chinese softshell turtle (*Pelodiscus sinensis*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2020, 240: 110331.

Effects of dietary crawfish shell meal on muscle nutritional components and texture characteristics of Chinese soft-shell turtle (*Trionyx sinensis*)

CHENG Xiaofei¹, GAO Jinwei¹, XIANG Jin^{1,2}, TIAN Xing¹,
LIU Li¹, DENG Shiming¹, XIE Zhonggui^{1*}, LI Chuanwu^{1,2*}

(1.Hunan Provincial Key Laboratory of Nutrition and Quality Control of Aquatic Animals, Hunan Fisheries
Science Institute, Changsha, Hunan Province 410153, China; 2.Aquatic Products Seed Stock Station
in Hunan Province, Changsha, Hunan Province 410153, China)

[Abstract] A 12-week growth experiment was conducted to investigate the effects of dietary crawfish shell meal (CSM) on muscle nutritional components and texture characteristics of Chinese soft-shell turtle (*Trionyx sinensis*). Commercial feed as a control group feed (crude protein 42.59%, crude lipid 4.99%, ash 10.85%, moisture 8.68%) and which adding 10% CSM as an experimental group feed (crude protein 41.70%, crude lipid 5.22%, ash 13.22%, moisture 8.27%). The results showed that the crude protein content of soft-shelled turtle muscle in the experimental group was reduced by 2.75% compared with the control group ($P < 0.05$), while the water content was increased by 2.08% compared with the control group ($P < 0.05$). Threonine, isoleucine, lysine, arginine, Σ TAA, Σ EAA and Σ NEAA in the experimental group were reduced by 24.10%, 15.19%, 19.76%, 18.75%, 17.10%, 17.83% and 16.71% respectively compared with the control group ($P < 0.05$), while alanine increased 19.70% ($P < 0.05$) compared with the control group. No significant differences were found in muscle crude lipid and ash content between the two groups ($P > 0.05$). The C16:0, C18:0, C24:0, C24:1, C18:2n6c, C20:2n6, C20:3n3, C22:6n3 fatty acids in the experimental group were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$), while the C14:0, C15:0, C16:1, C18:1n9c, C18:3n3, C20:1, C22:1n9 fatty acids were significantly lower than those in the control group ($P < 0.05$); SFA, PUFA, HUFA, n-3, n-6, n-3/n-6 in the experimental group were increased by 24.82%, 32.79%, 67.42%, 59.71%, 17.58%, 37.50%, respectively ($P < 0.05$), while MUFA was 38.95% lower than the control group ($P < 0.05$). There was no significant difference in hardness, springiness, gumminess, chewiness, cohesiveness and adhesiveness between the muscle of the two groups ($P > 0.05$). In summary, with adding 10% CSM to commercial feed has no significant effect on muscle texture characteristics of Chinese soft-shell turtle, but it had negatively affect on its muscle quality.

[Key words] *Trionyx sinensis*; crawfish shell meal; nutritional components; texture characteristics