

谢 敏, 曾国清, 向建国, 等. 豆粕部分替代鱼粉对鳊生长、肌肉成分及血浆生化指标的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(13): 165–169.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.039

豆粕部分替代鱼粉对鳊生长、肌肉成分及血浆生化指标的影响

谢 敏^{1,2}, 曾国清^{1,3}, 向建国², 向 劲¹, 王彭鹏^{1,2}, 蒋国民^{1,4}

(1. 湖南省水产科学研究所, 湖南长沙 410153; 2. 湖南农业大学动科院, 湖南长沙 410128;

3. 水产高效健康生产湖南省协同创新中心, 湖南常德 415000; 4. 湖南渔缘生物科技有限公司, 湖南长沙 410153)

摘要:为研究豆粕部分替代鱼粉对鳊(*Elopichthys bambusa*)生长性能、肌肉成分和血浆生化指标的影响, 选用初体质量为(584.85±23.97) g 的鳊 825 尾, 随机分成 5 组, 每组 3 个重复, 每个重复 55 尾鱼。5 组试验鱼分别投喂以豆粕替代 0%、10%、20%、30%、40% 鱼粉的等氮等能饲料。每天投喂 2 次(07:00 和 17:00), 并记录投喂量和死亡情况, 试验周期为 8 周。结果表明, 当豆粕替代鱼粉比例超过 20% 时, 鳊增质量率、特定生长率和蛋白质效率显著下降($P < 0.05$), 而饲料系数显著升高($P < 0.05$); 各个处理组肌肉成分未出现显著性差异($P > 0.05$), 肌肉粗脂肪有先下降后上升的趋势; 随着豆粕替代鱼粉比例的提高, 超氧化物歧化酶(SOD)活力逐渐升高, 溶菌酶(LYZ)、甘油三酯(TG)和血糖(Glu)浓度呈现先下降后升高的趋势, 总胆固醇(TC)含量呈现先上升后下降的趋势, 且 10%~30% 的替代比例没有显著性差异($P > 0.05$)。因此, 鳊饲料中可添加豆粕来部分替代鱼粉, 但不能超过 30% 的替代比例, 最佳替代比例为 20%。

关键词:鳊(*Elopichthys bambusa*); 豆粕; 鱼粉; 生长; 血浆生化指标; 肌肉成分

中图分类号: S963.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0165-04

鱼粉由于具有必需氨基酸和脂肪酸含量高、适口性好和富含维生素和矿物质等特点, 通常被认为是水产动物饲料的最佳原料^[1]。据统计, 2006 年水产养殖业共消耗约 3 700 万 t 鱼粉^[2]。到 2015 年后, 水产养殖业预计将每年消耗 4 600 万 t 鱼粉^[3], 由于水产养殖业对鱼粉的需求逐年上升, 而鱼粉的产出则趋于平衡, 导致从 2000—2008 年鱼粉价格逐年攀升^[2]。此外, 大多数鱼类对鱼粉中磷的生物利用度不高^[4], 不能被利用的磷将会造成养殖水体的污染。因此, 寻找到能部分或全部替代鱼粉的蛋白源已成为水产养殖业非常紧迫的任务。豆粕作为一种蛋白质含量高的植物性蛋白原料, 价格低廉、来源稳定广泛, 相对于其他植物性蛋白质原料具有较高的可消化蛋白和相对平衡的氨基酸组成, 被认为是替代鱼粉的最佳植物性蛋白源。已有研究显示, 豆粕可以部分替代鱼粉而不影响鱼类生长^[5]。

鳊(*Elopichthys bambusa*)属鲤形目、鲤科、雅罗鱼亚科、鳊属, 是一种广泛分布的大型淡水肉食性鱼类, 鳊的人工繁殖、苗种培育、池塘培育和人工驯化已获得成功。目前, 尚未见到有关植物蛋白原料替代鱼粉在鳊饲料中效果的研究报道, 本研究评价了豆粕以不同比例替代鳊饲料中鱼粉的效果, 以期为进一步开发鳊鱼植物蛋白质配合饲料提供科学理论依据。

收稿日期: 2017-02-15

基金项目: 湖南省长沙市科技局研究项目(编号: K1508144-21)。

作者简介: 谢 敏(1990—), 男, 湖南常德人, 硕士研究生, 研究实习员, 主要从事水产动物营养研究。E-mail: 540924031@qq.com。

通信作者: 向建国, 硕士, 教授, 主要从事渔业资源及鱼类生态学研究。E-mail: 2507467211@qq.com。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

以国产蒸汽鱼粉(蛋白质含量 60.2%)为主要蛋白质原料, 豆油为脂肪源, 玉米淀粉为糖源配制基础饲料, 基础饲料中鱼粉含量为 58.0%; 以豆粕分别替代 0%、10%、20%、30% 和 40% 的鱼粉蛋白, 配制 5 种等氮等能[蛋白质含量(42.02±0.30)%、能量(19.82±0.33) kJ/g]的饲料, 分别投喂 5 组试验鱼, 饲料组成及营养水平见表 1。饲料原料粉碎过 80 目筛, 按照配比精确称质量后生产膨化饲料。

表 1 试验饲料组成及营养水平

成分	A(0% 替代组)	B(10% 替代组)	C(20% 替代组)	D(30% 替代组)	E(40% 替代组)
鱼粉(%)	58	52	46	40	34
豆粕(%)	0.0	9.1	10.8	12.5	15.5
肉粉(%)	3.0	3.4	7.7	12.0	15
豆油(%)	2.0	2.8	2.8	2.8	2.8
面粉(%)	34.3	30.0	30.0	30.0	30.0
预混料(%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
胆碱(%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
磷酸二氢钙(%)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
实际测量值					
粗蛋白质(%)	42.53	41.86	42.05	41.75	41.91
水分(%)	5.72	5.34	5.58	5.21	5.75
灰分(%)	12.74	12.54	12.2	12.45	12.51
粗脂肪(%)	8.13	8.06	8.12	7.8	7.96
能量(kJ/g)	19.6	20.1	20.2	19.4	19.8

1.2 试验鱼与饲养管理

饲养试验在湖南省慈利县黄石水库养殖基地进行,试验鳙鱼由张家界慈姑生态农业科技有限公司提供。试验鳙鱼在 10 m×10 m×5 m 的生产网箱驯养 7 d 后,挑选体格健壮、大小均匀、平均体质量(584.85±23.97) g/尾的鳙 825 尾,随机分成 5 组,每组 3 个重复,每个重复 55 尾,分配于 15 个试验养殖网箱中(5 m×5 m×2 m),记为 A、B、C、D 和 E 组,分别投喂对应的试验饲料。试验时间为 2013 年 8 月 13 日至 10 月 8 日,试验周期为 8 周,每天投喂饲料 2 次(07:00 和 17:00),以饲料在 20~40 min 内基本摄食完为宜。每天记录投喂量、死亡情况。养殖期间,水温 23.5~31.4℃,pH 值为 7.5~7.9,氨氮含量低于 0.05 mg/L,亚硝酸盐含量低于 0.06 mg/L,溶氧含量高于 5.0 mg/L。

1.3 样品采集与指标测定

试验结束后,禁食 1 d 后,分别统计每个养殖网箱内鳙的数量,每个网箱随机挑取 6 尾鱼分别测量体质量和体长,然后分别采用尾静脉采血后,置于含有柠檬酸钠抗凝剂的 5 mL 离心管中,4 000 r/min 离心 10 min 制备血浆样品,于-80℃冰箱保存用于血浆生化指标分析。然后解剖,分别称量内脏、肝脏、肠质量,然后采集每尾鱼的白肌编号置于-80℃冰箱保存,后用于肌肉成分分析。

鳙肌肉和饲料常规成分分析均采用国标方法。水分含量测定采用 105℃烘箱干燥恒质量法(GB/T6435—1986)、粗脂肪含量测定采用索氏抽提法(GB/T6432—1994)、粗蛋白质含量测定采用凯氏定氮法(GB/T6432—1994)、粗灰分含量测定采用马福炉 550℃灼烧法(GB/T6438—1992)。

血浆超氧化物歧化酶(SOD)、溶菌酶(LYZ)活性、葡萄糖(Glu)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)浓度均采用南京建成试剂盒测定,测定过程中严格按照说明书操作。SOD 活力单位定义为:1 mL 血浆在 37℃条件下,SOD 抑制率达到 50% 时

所对应的酶量为 1 个活力单位。

1.4 指标计算

- 试验鳙鱼指标计算方法为:
- 增质量率(WGR)=(末体质量-初始体质量)/初始体质量×100%;
- 特定生长率(SGR)=(ln 末体质量-ln 初始体质量)/饲养天数×100%;
- 饲料系数(FC)=投喂饲料量/(末体质量-初始体质量);
- 蛋白质效率(PER)=(末体质量-初始体质量)/蛋白质摄入量×100%;
- 肥满度(CF)=体质量/体长³×100%;
- 存活率(SR)=末尾数/初始尾数×100%;
- 肝体比(HSI)=肝脏质量/体质量×100%;
- 脏体比(VSI)=内脏质量/体质量×100%;
- 脂肪系数(AI)=肠系膜脂肪质量/体质量×100%;

1.5 数据统计与分析

试验结果以“平均值±标准差”表示,采用 SPSS17.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),采用 Duncan’s 氏法多重比较检验, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 豆粕部分替代鱼粉对鳙生长性能的影响

由表 2 可知,豆粕部分替代鱼粉对鳙的存活率没有显著影响($P>0.05$),各试验组均未出现死亡现象,表明试验饲料能满足鳙的存活要求。但显著影响了鳙的生长、饲料系数和蛋白质效率($P<0.05$),随着试验饲料中鱼粉含量降低,豆粕含量的上升,鳙鱼终末体质量、增质量率和特定生长率有下降趋势,当豆粕替代量达到 30% 以后,其生长性能显著低于对照组(A),而饲料系数则显著高于对照组。

表 2 豆粕替代鱼粉对鳙生长性能的影响

组别	存活率 (%)	末质量 (g)	增质量率 (%)	特定生长率 (%/d)	饲料系数	蛋白质效率 (%)
A(0% 替代组)	100	1 303.72±49.04b	122.92±8.39b	1.43±0.07c	1.27±0.09a	1.84±0.13b
B(10% 替代组)	100	1 265.53±57.48b	116.39±9.83b	1.38±0.08c	1.45±0.12a	1.65±0.14b
C(20% 替代组)	100	1 239.33±43.36b	111.91±7.41b	1.34±0.06c	1.47±0.11a	1.62±0.10b
D(30% 替代组)	100	1 144.29±57.74a	95.66±9.87a	1.20±0.09b	1.91±0.20b	1.26±0.13a
E(40% 替代组)	100	1 083.69±58.22a	85.29±9.95a	1.10±0.10a	1.89±0.24b	1.28±0.15a

注:同列数据后无字母或有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($P<0.05$)。下表同。

2.2 豆粕部分替代鱼粉对鳙形体指标的影响

由表 3 可知,与对照组相比,各试验组采用豆粕不同水平替代鱼粉对鳙的 HSI、CF 和 AI 均无显著影响,试验组 B、C 和 D 的 VSI 均明显低于对照组($P<0.05$),试验组 E 和对照组

表 3 豆粕替代鱼粉对鳙形体指标的影响

组别	脏体比 (%)	肝体比 (%)	脂肪系数 (%)	肥满度 (g/cm ³)
A(0% 替代组)	11.42±0.75b	1.11±0.17	5.39±0.61	0.97±0.02
B(10% 替代组)	9.56±0.65a	0.99±0.07	5.27±0.81	0.96±0.05
C(20% 替代组)	9.80±0.54a	1.00±0.10	5.47±0.43	0.95±0.02
D(30% 替代组)	9.87±0.70a	1.05±0.14	5.49±0.64	0.94±0.05
E(40% 替代组)	11.54±1.34b	1.12±0.12	4.76±0.98	0.96±0.06

A 没有显著性差异。

2.3 豆粕部分替代鱼粉对鳙肌肉成分的影响

由表 4 可知,与对照组相比,各个豆粕替代试验组鳙肌肉水分、粗蛋白质和粗脂肪含量没有显著性差异,同时,各组肌

表 4 豆粕替代鱼粉对鳙肌肉成分的影响

组别	水分 (%)	粗蛋白质 (%)	粗脂肪 (%)
A(0% 替代组)	73.01±0.73	16.08±0.92	7.50±1.36
B(10% 替代组)	72.30±1.25	15.88±0.48	7.15±0.39
C(20% 替代组)	73.54±0.16	15.31±0.11	5.92±0.59
D(30% 替代组)	73.20±0.58	15.70±0.55	6.98±1.02
E(40% 替代组)	72.89±1.08	15.52±1.16	7.12±1.84

肉粗脂肪含量呈现先下降后上升的趋势,C 组肌肉脂肪水平达到最低。

2.4 豆粕部分替代鱼粉对鳃血浆生化指标的影响

由表 5 可知,随着饲料中豆粕含量的升高,各个处理组的

SOD 活力呈现上升趋势,相对于对照组(A),20% 替代及以上各组有显著性影响($P < 0.05$);各组 LYZ、TG 和 Glu 呈现先降低后上升的趋势,30% 替代组达到最低,且 B 组、C 组和 D 组没有显著性差异;TC 呈现先上升后下降的趋势。

表 5 豆粕替代鱼粉对鳃血浆生化指标的影响

组别	超氧化物歧化酶 (U/mL)	溶菌酶 ($\mu\text{g/mL}$)	总胆固醇 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)	血糖 (mmol/L)
A(0% 替代组)	98.60 \pm 13.73a	5.78 \pm 0.37b	3.98 \pm 0.50a	8.76 \pm 0.28c	9.63 \pm 0.65b
B(10% 替代组)	118.64 \pm 29.04a	3.07 \pm 0.16a	4.68 \pm 0.66b	4.70 \pm 0.28ab	6.28 \pm 0.28a
C(20% 替代组)	145.56 \pm 5.26b	3.05 \pm 0.17a	4.90 \pm 0.41c	5.42 \pm 0.80b	6.92 \pm 0.06a
D(30% 替代组)	147.17 \pm 6.72b	3.01 \pm 0.11a	4.25 \pm 0.22ab	4.44 \pm 0.83a	6.91 \pm 0.44a
E(40% 替代组)	164.14 \pm 24.12b	4.76 \pm 0.19c	3.75 \pm 0.41a	8.74 \pm 0.45c	11.31 \pm 1.24c

3 讨论

3.1 豆粕替代鱼粉对鳃生长指标的影响

鱼用配合饲料中动植物蛋白源的比例与养殖品种和食性等多种因子相关,通常选用饲料利用率和鱼生长率作为养殖指标^[6]。本研究表明,10% 和 20% 的豆粕替代鱼粉对鳃的生长性能没有明显的不利影响,然而,30% 和 40% 替代组则明显降低了鳃的 WGR 和 SGR,显著提高了鳃的 FC 等生长指标。分析其原因,可能由于鳃属于典型的肉食性鱼类,对蛋白质和氨基酸的要求高,虽然可以通过平衡营养素来一定程度地替代鱼粉而不显著降低其生长性能,但是由于豆粕中氨基酸不平衡和抗营养因子的存在^[7],超过一定范围的替代仍然会对鳃的生长带来负面影响,Wilson 认为鱼类的生长性能与饲料中的必需氨基酸平衡程度成正相关^[8],有研究表明氨基酸的消化吸收率同饲料中蛋白源呈正相关,添加高质量的蛋白源能明显提高饲料中氨基酸的消化率^[9]。此外,不同鱼种对豆粕的耐受程度不同,鳃属于凶猛肉食性鱼类,对豆粕的耐受性相对于草食性和杂食性鱼类较差。

毛盼等研究发现,青鱼幼鱼饲料中鱼粉含量不低于 20% 便不会对青鱼的生长造成负面影响^[10];Hernandez 等研究指出,豆粕替代鱼粉比例为 60% 时不会影响尖吻重牙鲷的生长^[11]。当豆粕替代鱼粉量低于 34% 时,对大西洋鲑(90 g)的生长没有产生抑制作用^[12];对大规格大西洋鲑的研究有类似的结论^[13]。本试验采用大规格鳃为试验对象,推测鳃幼鱼也有类似效果,此外本试验采用膨化饲料饲喂鳃,经过高温膨化后,饲料中的蛋白酶抑制因子、大豆凝集素等抗营养因子的活性大大降低,可以提高鳃对饲料的利用率,目前还没有关于鳃饲料中植物蛋白替代鱼粉的报道,因此,生产颗粒饲料饲喂鳃的替代比例还有待进一步研究。

3.2 豆粕替代鱼粉对鳃形体指标的影响

本试验结果表明,采用豆粕替代鱼粉对鳃的形体指标(HSI、CF 和 AI)没有产生显著影响,这与 Biswas 等^[14]在真鲷、Zhou 等^[15]在军曹鱼和王桂芹等^[16]在翘嘴红鲌的研究结果相似,表明本试验饲料并未对鳃的肝脏造成负面影响,各个试验组 CF 没有显著性差异,说明鳃的营养状态良好。但是,鳃 VSI 呈现先下降后上升的趋势,试验 B 组、C 组、D 组鳃的 VSI 显著低于对照组,试验 E 组和对照组无显著性差异,推测可能是试验 E 组由于豆粕的增加,超过鳃对豆粕的耐受限度而处于亚健康状态,而对照组则可能因为营养过剩导致了内

脏质量显著高于其他试验组,王广军等在军曹鱼幼鱼上有类似的研究结果^[17]。

3.3 豆粕替代鱼粉对鳃肌肉成分的影响

豆粕替代饲料鱼粉蛋白后,在不同的试验中对鱼的生化成分影响并不一致。使用豆粕替代鱼粉后,对大西洋鲑^[18]、尖齿胡子鲶^[19]和金头鲷^[20]的鱼体粗蛋白质、粗脂肪和水分均无显著影响。本试验选用鳃的肌肉生化成分对养殖鱼品质综合评价。试验结果表明,随着豆粕替代鱼粉比例的升高,鳃肌肉的粗蛋白质、粗脂肪和水分没有显著影响,这和 Zhou 等在军曹鱼上的研究结果^[15]相似。在本试验中,随着豆粕替代鱼粉比例的升高,鳃肌肉中粗脂肪呈现先下降后上升的趋势,20% 替代组(C 组)达到最低,但是各试验组差异并不显著。推测原因可能与饲料中较高的豆粕含量有关,因为大豆中的非淀粉多糖会影响鱼类对饲料中脂肪的消化和吸收,降低长链饱和脂肪酸的消化率^[21],此外,由于养殖周期较短,粗脂肪含量降低这种趋势并未完全表现出来。

3.4 豆粕替代鱼粉对鳃血浆生化指标的影响

血浆生化指标可以反映鱼的健康状况和身体状况。SOD 是一种生物活性蛋白,可以清除鱼体内超氧化物离子和自由基,保护细胞^[22]。LYZ 是具有抗菌活性的水解酶,可以破坏细胞壁致使细菌裂解^[23],其活性高低是衡量鱼体免疫状态的指标之一。本试验中,SOD 活力随着豆粕替代比例的上升而上升,说明鳃处于氧化应激状态,这可能是由于豆粕对鳃的肝肠道有一定的刺激作用。此外,食物是否充足^[24],饲料中外加油脂的氧化程度^[25]都会影响鱼类的抗氧化能力;随着豆粕替代鱼粉的比例上升,鳃血浆 LYZ 呈现先下降后上升的趋势,30% 替代组达到最低,10% ~ 30% 替代组没有显著差异,Marja 等指出血清中 LYZ 活性与循环系统中白细胞数量成正相关关系,这就意味着 0% 替代组和 40% 替代组循环系统中白细胞数量较多,推测可能由于这 2 组鳃处于亚健康状态,说明一定范围内,适量添加豆粕有利于鳃处于健康的生理状态^[26],这与向泉等在齐口裂腹鱼上的研究结果^[27]类似。

甘油三酯是反映体内脂肪代谢水平的重要生理指标,其含量上升,则表明肝脏中堆积的脂肪较多,易导致脂肪肝、肝肥大等症状。本试验中,各试验组血浆 TG 含量随着饲料豆粕含量的上升呈现先下降后上升的趋势,30% 替代组为最低,且 10% ~ 30% 替代组未出现显著性差异,表明一定范围内,适量添加豆粕能减轻鳃脂肪肝的发生,但是替代比例不能超过 30%,这与本试验所测得的血浆 LYZ 活力的趋势一致。胆

固醇是皮质激素和性激素的前体,对机体代谢、脂肪代谢和蛋白代谢都有重要作用。有研究表明,植物产物的类雌激素异黄酮会导致动物体内的胆固醇含量降低^[28],Kaushik 等也证实豆粕有低胆固醇血效应^[29]。Kaushik 等指出,当植物蛋白替代鱼粉后,会导致舌齿鲈血浆胆固醇含量降低^[30]。但是,本试验鳃血浆胆固醇却呈现先上升后下降的趋势,推测可能由于本试验饲料在豆粕替代鱼粉比例上升的基础上,不断添加了肉骨粉导致的。胆固醇对于动物组织和细胞有着重要的作用,不仅参与形成细胞膜,而且是合成胆汁酸的原料,因此进一步研究鳃的胆固醇变化的原因具有重要的意义。血糖是衡量鱼体糖代谢的重要指标,有研究指出血清中的葡萄糖含量越高,鱼体的生长就越差^[10,31]。本试验,随着豆粕替代比例的上升,试验鳃的血浆血糖浓度呈现先下降后上升的趋势,说明一定范围内适当使用豆粕替代鱼粉对鳃糖代谢有促进作用。

4 结论

在本试验条件下,饲料中使用豆粕替代 20% 的鱼粉并不会对鳃增质量率、特定生长率、饲料系数和蛋白质效率产生显著性影响,在一定范围内,使用豆粕替代不超过 30% 的鱼粉有利于鳃处于健康的生理状态,综合各项指标得出,鳃饲料中可添加豆粕来部分替代鱼粉,但不能超过 30% 的替代比例,最佳替代比例为 20%。

参考文献:

- [1] Committee on the Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National research council nutrient requirements of fish and shrimp [M]. Washington D C: National Academy Press, 2011: 304 – 307.
- [2] Tacon A G, Metian J. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquaculture feeds: trends and future prospects[J]. Aquaculture, 2008, 285: 146 – 158.
- [3] New M B, Wijkström U N. Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap[J]. FAO Fisheries Circular, 2002, 975: 7 – 15.
- [4] NRC. Nutrient requirements of fish[S]. Washington D C: National Academy Press, 1993.
- [5] Francis G, Makkar H P S, Becker K. Anti – nutritional factors present in plant – derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish[J]. Aquaculture, 2001, 199: 197 – 227.
- [6] 钱雪桥, 崔奕波, 解绥启, 等. 养殖鱼类饲料蛋白需要量的研究进展[J]. 水生生物学报, 2002, 26(4): 410 – 416.
- [7] Ai Q H, Xie X J. Effect of dietary soybean meal protein levels on energy budget of the southern catfish (*Silurus meridionalis*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2005, 141(4): 461 – 469.
- [8] Wilson R P, Poe W E. Relationship of whole body and egg essential amino acid pattern to amino acid requirement patterns in Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 1985, 80(2): 385 – 388.
- [9] Allan G L, Parkinson S, Booth M A, et al. Replacement of fishmeal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients[J]. Aquaculture, 2000, 186: 293 – 310.
- [10] 毛盼, 胡毅, 李金龙, 等. 豆粕替代鱼粉对青鱼幼鱼生长及生理生化指标的影响[J]. 淡水渔业, 2013, 43(5): 50 – 56, 67.
- [11] Hernandez M D, Martinez F J, Jover M, et al. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in *Sharpsnout seabream* (*Diplodus puntazzo*) diet[J]. Aquaculture, 2007, 263(1/2/3/4): 159 – 167.
- [12] Olli J J, Krogdahl A, Vabeno A. Dehulled solvent – extracted soybean meal as a protein source in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* L[J]. Aquaculture Res, 1995, 26: 167 – 174.
- [13] Storebakken T, Kvien I S, Shearer K D, et al. The apparent digestibility of diets containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*): evaluation of different fecal collection methods[J]. Aquaculture, 1998, 169: 195 – 210.
- [14] Biswas A K, Kaku H, Ji S C, et al. Use of soybean meal and phytase for partial replacement of fish meal in the diet of Red Sea bream, *Pagrus major*[J]. Aquaculture, 2007, 267(1/4): 284 – 291.
- [15] Zhou Q C, Mai K S, Tan B P, et al. Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) [J]. Aquaculture Nutrition, 2005, 11(3): 175 – 182.
- [16] 王桂芹, 周洪琪, 陈建明, 等. 翘嘴红鲌对饲料蛋白的营养需求及豆粕对鱼粉的适宜替代量[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 277 – 285.
- [17] 王广军, 吴锐全, 谢骏, 等. 军曹鱼饲料中用豆粕代替鱼粉的研究[J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(4): 304 – 307.
- [18] Refstie S, Storebakken T, Baeverfjord G, et al. Long – term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level[J]. Aquaculture, 2011, 193: 91 – 106.
- [19] Fagbenro O A, Davies S J. Use of soybean flour (dehulled, solvent – extracted soybean) as a fish meal substitute in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): growth, feed utilization and digestibility[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2001, 17(2): 64 – 69.
- [20] Venou B, Alexis M N, Fountoulaki E, et al. Effects of extrusion and inclusion level of soybean meal on diet digestibility, performance and nutrient utilization of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) [J]. Aquaculture, 2006, 261(1): 343 – 356.
- [21] Storebakken T, Refstie S, Ruyter B. Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture [M]//Drackly J K. Soy in animal nutrition. Savoy IL: Federation of Animal Science Societies, 2000: 127 – 170.
- [22] Mccord J M, Fridoveich I. Superoxide dismutase: an enzymatic function for erythrocyte (Hemocuprein) [J]. Biological Chemistry, 1969, 244: 6049 – 6055.
- [23] Mori K, Nakanishi T, Suzuki T, et al. Defense mechanisms in invertebrates and fish[J]. Tanpakushitsu Kakusan Koso, 1989, 34(3): 214 – 223.
- [24] Pascual P, Pedrajas J R, Toribio F, et al. Effect of food deprivation on oxidative stress biomarkers in fish (*Sparus aurata*) [J]. Chemico – Biological Interactions, 2003, 145(2): 191 – 199.
- [25] Mourente G, Az – Salvago D, Bell E, et al. Increased activities of hepatic antioxidant defence enzyme in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed dietary oxidised oil: attenuation by dietary vitamin E[J]. Aquaculture, 2002, 214: 343 – 361.
- [26] Marja M, Antti S. Changes in plasma lysozyme and blood leucocyte level of hatchery – reared Atlantic salmon and sea trout (*Salmo trutta* L.) during parr – smolt transformation[J]. Aquaculture, 1992, 106: 75 – 78.

金崇富, 杨智青, 陈应江, 等. 不同养殖模式下黄羽肉鸡生长性状、肉品质及屠宰性能的研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(13): 169–171.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.040

不同养殖模式下黄羽肉鸡生长性状、肉品质及屠宰性能的研究

金崇富, 杨智青, 陈应江, 时 凯, 侯福银, 陈长宽

(江苏沿海地区农业科学研究所, 江苏盐城 224002)

摘要:以黄羽肉鸡为研究对象, 进行了不同饲养模式下鸡生长性状、肉品质及屠宰性能的对比分析。生长性能研究结果表明, 5 周龄体质量发酵床模式极显著高于散养及网上平养模式 ($P < 0.01$); 8 周龄体质量网上平养及发酵床模式极显著高于散养模式 ($P < 0.01$); 9 周龄体质量发酵床模式极显著高于网上平养模式 ($P < 0.01$)。屠宰性能研究结果表明, 3 种模式下产肉性能均较好。肉品质研究结果表明, 在胸肌品质中: 肉色发酵床模式极显著高于散养模式 ($P < 0.01$), 显著高于网上平养模式 ($P < 0.05$); 剪切力发酵床模式极显著高于网上平养模式 ($P < 0.01$), 显著高于散养模式 ($P < 0.05$); 水分发酵床模式极显著高于散养模式 ($P < 0.01$), 显著高于网上平养模式 ($P < 0.05$); 粗蛋白质发酵床模式显著高于网上平养及散养模式 ($P < 0.05$)。在腿肌品质中: pH 值网上平养模式极显著高于发酵床及散养模式 ($P < 0.01$); 肉色网上平养及发酵床模式极显著高于散养模式 ($P < 0.01$); 剪切力发酵床模式显著高于散养及网上平养模式 ($P < 0.05$); 粗蛋白质网上平养及发酵床模式极显著高于散养模式 ($P < 0.01$)。

关键词:肉鸡; 肉质; 屠宰性能; 生长性能

中图分类号: S831.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0169-03

畜牧业飞速发展, 提高畜禽品质以满足各地消费者需要尤为重要。在家禽生产中, 影响鸡肉品质的因素很多, 如品种、饲料营养、产蛋日龄、保存时间及饲养方式等^[1]。对于黄羽肉鸡来说, 在保证肉品风味的前提下, 合理配制饲料, 提高饲料转化效率, 对降低养殖成本具有重要的意义^[2]。屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率、腹脂率等是衡量禽类产肉性能的重要指标, 目前对屠宰性能研究较为广泛, 众多研究结果表明, 鸡的屠宰性能与品种、养殖模式、性别及饲养条件有关^[3-9]。关于畜禽肉品质的研究主要侧重于常规肉品质分析(肉色、失水率、pH 值、嫩度、粗蛋白质、粗脂肪、水分等)^[10-12], 本试验以江苏沿海地区农业科学研究所生态养殖基地黄羽肉鸡为试验对象, 主要研究在不同饲养模式下, 鸡生

长性状、肉品质及屠宰性能的对比分析, 为其科学养殖提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及样品采集

2 100 羽黄羽肉鸡母鸡分 3 种饲养模式(散养、网上平养、发酵床平养)饲养于江苏沿海地区农业科学研究所生态养殖基地, 记录其生长性状(5、6、7、8、9、10 周龄体质量)。在 10 周龄后每个模式选取 40 羽母鸡屠宰, 用于屠宰性能测定(屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率及腹脂率)及品质分析(pH 值、肉色、剪切力、系水力、水分、粗蛋白质及粗脂肪)。

1.2 指标测定及方法

屠宰率 = 屠体质量 / 宰前体质量 $\times 100\%$;

半净膛率 = 半净膛质量 / 宰前体质量 $\times 100\%$;

全净膛率 = 全净膛质量 / 宰前体质量 $\times 100\%$;

胸肌率 = 两侧胸肌质量 / 全净膛质量 $\times 100\%$;

腿肌率 = 两侧腿肌质量 / 全净膛质量 $\times 100\%$;

腹脂率 = (腹脂质量 + 肌胃外脂肪质量) / 全净膛质量 $\times 100\%$;

收稿日期: 2016-11-30

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(15)1009]。

作者简介: 金崇富(1985—), 男, 江苏建湖人, 硕士, 助理研究员, 从事动物遗传育种与繁殖研究。E-mail: jincf001@sina.com。

通信作者: 陈应江, 副研究员, 从事畜牧研究。E-mail: ycaasjin@163.com。

[27] 向 泉, 周兴华, 陈 建, 等. 饲料中豆粕蛋白替代鱼粉蛋白对齐口裂腹鱼幼鱼生长性能、体成分及血液生化指标的影响[J]. 水产学报, 2012, 36(5): 723–731.

[28] Goulding N J, Gibney M J, Taylor T G, et al. Reversible hypercholesterolaemia produced by cholesterol-free fish meal protein diets[J]. Atherosclerosis, 1983, 49(2): 127–137.

[29] Kaushik S J, Cravedi J P, Lalles J P, et al. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia

and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. Aquaculture, 1995, 133: 257–274.

[30] Kaushik S J, Coves D, Dutto G, et al. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a Marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax* [J]. Aquaculture, 2004, 230: 391–404.

[31] 王 崇, 雷 武, 解绶启, 等. 饲料中豆粕替代鱼粉蛋白对异育银鲫生长、代谢及免疫功能的影响[J]. 水生生物学报, 2009, 33(4): 740–747.