

# 饲喂蚕豆对斑点叉尾鮰生长性能和肌肉品质的影响

朱耀强 李道友 赵思明 熊善柏

华中农业大学食品科技学院/国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉), 武汉 430070

**摘要** 分别以蚕豆(*Vicia faba* Linn.)和配合饲料饲喂平均体质量为250 g的斑点叉尾鮰(*Ictalurus punctatus*) 100 d,考察蚕豆对斑点叉尾鮰生长和肌肉特性的影响。结果表明:蚕豆组和配合饲料组增重率分别为104.85%和276.97%,饵料系数分别为4.32和2.11,蛋白质效率分别为80.52%和145.16%,肥满度分别为14.72和23.83;在肌肉成分方面,二者除粗灰分无显著差异( $P>0.1$ )外,蚕豆组斑点叉尾鮰肌肉粗蛋白、粗脂肪和总糖含量较配合饲料组极显著降低( $P<0.01$ ),水分含量明显提高( $P<0.01$ ),必需氨基酸、鲜味氨基酸和不饱和脂肪酸含量均低于配合饲料组;在肌肉质构特性方面,新鲜和蒸煮的蚕豆组斑点叉尾鮰肌肉的硬度和咀嚼性均比配合饲料组有极显著提高( $P<0.01$ ),饲喂蚕豆可改善斑点叉尾鮰肌肉的质构特性,但其生长性能和营养价值有所降低。

**关键词** 蚕豆; 斑点叉尾鮰; 生长性能; 肌肉品质; 营养价值

**中图分类号** S 963.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)06-0771-07

斑点叉尾鮰(*Ictalurus punctatus*)原产于北美洲,湖北省水产科学研究所于1984年首次由美国引进<sup>[1]</sup>。我国斑点叉尾鮰产业受美国市场需求的拉动而得到快速发展,产量由2003年的4.6万t迅速增加到2009年的22万t<sup>[2]</sup>。近几年,受美国贸易壁垒制约和国内火锅市场的强力拉动,我国斑点叉尾鮰产业逐渐由出口依赖型转向国内消费型<sup>[3]</sup>。但由于斑点叉尾鮰肉质细腻、无肌间刺,切成薄片后在火锅中烹煮时易碎烂而影响了其可接受性。

通过调整饲料成分和饲养方式可改变养殖鱼类肌肉的肉质和风味<sup>[4-5]</sup>。国内有研究报道,草鱼通过饲喂蚕豆可使其肌肉变得紧密脆爽、烹调时不易煮烂,深受消费者欢迎<sup>[6-7]</sup>,罗非鱼<sup>[8-9]</sup>和异育银鲫<sup>[10]</sup>饲喂蚕豆后也取得类似的效果。本试验以配合饲料为对照,研究饲喂蚕豆对斑点叉尾鮰生长性能和肌肉品质的影响,旨在为开发火锅专用的脆爽斑点叉尾鮰鱼片提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验用斑点叉尾鮰平均体质量( $250 \pm 4.5$ ) g

左右,购于武汉市白沙洲水产批发市场。本试验共设2个处理组,即饲喂配合饲料组和饲喂蚕豆(*Vicia faba* Linn.)组,每个处理组3个平行试验。试验用鱼运回消毒处理后,饲养于华中农业大学水产养殖基地网箱内,网箱规格4 m×5 m×2 m,每个网箱放养60尾,共360尾。在正式试验开始前,对试验鱼进行驯食。1组驯食配合饲料,另1组驯食蚕豆,视驯食情况逐渐加大投饲量。

蚕豆投喂方法为投喂前将蚕豆置于1% NaCl水溶液中浸泡24 h,再破碎至饲料颗粒同等大小(粒径3.5 mm),直接投喂。驯食成功后开始正式试验,按照鱼体质量3%左右分别饲喂蚕豆和配合饲料,每天09:00、16:00分2次投喂,每天记录水温和投饲量,并观察水质及鱼活动状况。饲养试验期间水温23~29℃,饲养时间为2010年7月1日至2010年10月10日,共100 d。

### 1.2 试验饲料

配合饲料(海大斑点叉尾鮰成鱼饲料806)和蚕豆(苏州二号小青皮蚕豆)的基本营养成分及必需氨基酸含量分别见表1和表2。

收稿日期: 2011-12-22

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项基金(CARS-46-23)

朱耀强, 硕士研究生, 研究方向: 水产品加工及贮藏工程. E-mail: shineboy134@163.com

通讯作者: 熊善柏, 教授, 研究方向: 水产品加工保鲜理论与技术. E-mail: xionsb@mail.hzau.edu.cn

表 1 蚕豆与配合饲料的营养成分(湿质量比)<sup>1)</sup>

Table 1 Nutritional composition of formula feed and broad bean in terms of wet mass percentage

%

营养成分 Nutritional composition	碳水化合物 Carbohydrate	水分 Moisture	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash	蛋白质 Crude protein
配合饲料 Formula feed	41.12±0.64 A	9.63±0.082 A	5.24±0.27 A	11.36±0.013 A	32.65±0.19 a
蚕豆 Broad bean	51.15±0.35 B	13.56±0.21 B	1.85±0.26 B	4.69±0.024 B	28.75±0.26 b

1) 同列数据标小写字母不同者差异显著 ( $P < 0.05$ ), 大写字母不同者差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 下同。Values in the same column with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), values with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ), the same as below.

表 2 蚕豆与配合饲料的必需氨基酸  
含量占饲料蛋白百分比

Table 2 The essential amino acid composition of formula feed and broad bean in terms of percentage

%

必需氨基酸 Essential amino acids	配合饲料 Formula feed	蚕豆 Broad bean	需求量 <sup>[11]</sup> Need of channel catfish
精氨酸 Arg	5.97	7.13	4.3
异亮氨酸 Ile	3.46	3.13	2.6
赖氨酸 Lys	5.76	5.63	5.1
苯丙氨酸 Phe	4.29	3.97	5.0
色氨酸 Trp	0.67	0.66	0.5
组氨酸 His	2.54	2.09	1.5
亮氨酸 Leu	6.83	6.26	3.5
蛋氨酸 Met	0.80	0.42	2.3
苏氨酸 Thr	3.83	2.96	2.0
缬氨酸 Val	4.50	3.65	3.0
总量 Total amino acid	38.65	35.90	29.8

### 1.3 生长性能测定

试验用鱼饲养 100 d 后, 饥饿 24 h, 在每个网箱随机取鱼 5 尾, 称质量, 计算增重率、饵料系数、蛋白质效率、肝体比、脏体比、肥满度等, 各指标计算公式如下:

增重率 = (末质量 - 初质量) / 初质量 × 100%;

饵料系数 = 总投饲量 / (末质量 - 初质量);

蛋白质效率 = (末质量 - 初质量) / [总投饲量 × 蛋白质含量] × 100%;

肝体比 = 肝脏质量 / 体质量 × 100%;

脏体比 = 内脏总质量 / 体质量 × 100%;

肥满度 = 去内脏质量 / 体长;

成活率 = 成活尾数 / 总尾数 × 100%。

### 1.4 肌肉组分测定

测定生长指标的斑点叉尾鲷, 宰杀后取鱼体鳃盖后缘至背鳍第一鳍条处的侧线以上部位的白肌 100 g。去皮, -80 °C 冻藏备用。

1) 基本营养成分。水分含量测定, 105 °C 烘干失水法; 粗蛋白质测定, 微量凯氏定氮法; 粗脂肪测

定, 索氏抽提法; 粗灰分测定, 马福炉灼烧法 (550 °C); 总糖测定, 硫酸-苯酚法。

2) 氨基酸组成测定。氨基酸组成按国标 GB/T5009.124-2003 使用日立 L-8800 全自动氨基酸分析仪测定。色氨酸在酸水解过程中被破坏, 其测定方法参照梁惠等<sup>[12]</sup>的方法。

3) 脂肪酸组成测定。参考谭汝成等<sup>[13]</sup>的方法, 将样品脂肪甲酯化, 再用气相色谱法测定。

### 1.5 必需氨基酸评价方法

根据 FAO/WHO 1973 年建议的每克氮氨基酸评分标准模式和鸡蛋蛋白模式进行比较, 氨基酸评分 (amino acid scores, AAS)、化学评分 (chemical scores, CS) 和必需氨基酸指数 (essential amino acid index, EAAI) 分别按以下公式求得:

$$AAS = \frac{\text{待评蛋白 AA 含量} / (\text{mg/g})}{\text{WHO/FAO 评分模式 AA 含量} / (\text{mg/g})}$$

$$CS = \frac{\text{待评蛋白 AA 含量} / (\text{mg/g})}{\text{鸡蛋蛋白 AA 含量} / (\text{mg/g})}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{\text{赖氨酸}'}{\text{赖氨酸}} \times 100 \times \dots \times \frac{\text{缬氨酸}'}{\text{缬氨酸}} \times 100}$$

式中, mg/g 表示每克氮中氨基酸的毫克数;  $n$  为比较的氨基酸数;  $t$  为试验蛋白的氨基酸, mg/g;  $s$  为鸡蛋蛋白质的氨基酸, mg/g。

### 1.6 肌肉质构的测定

将斑点叉尾鲷宰杀后, 取 2 片, 采背部肌肉, 切成 1 cm × 1 cm × 1 cm 大小的肉块, 分别蒸、煮 10 min (均从水沸腾后放入切好的肉块后开始计时)。对新鲜、蒸熟和煮熟的肌肉用 TA-XT2i 型质构仪测定质构参数, 测定条件为: 探头型号, P36/R; 测前速率, 1.00 mm/s; 测试速率, 0.50 mm/s; 测后速率, 1.00 mm/s; 压缩变形率, 30%; 2 次测定间隔时间, 5.00 s; 触发类型, 自动。

### 1.7 数据分析

试验数据以平均值 ± 标准误表示, 试验结果用 SAS 8.1 软件进行显著性  $t$  检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲷生长性能的影响

分别饲喂蚕豆和配合饲料养殖 100 d 后,由表 3 可知,饲养 100 d 后,蚕豆组体质量增重率为 104.85%,而饲喂配合饲料的斑点叉尾鲷体质量由 248.36 g 增加到 936.25 g,增重率为 276.97%,蚕豆组的斑点叉尾鲷生长速度明显较配合饲料组慢。

表 3 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲷生长性能的影响<sup>1)</sup>

Table 3 Effects of feeding broad bean on growth of channel catfish

生长指标 Growth index	配合饲料组 Formula feed group	蚕豆组 Broad bean group
初质量/g Initial body weight	248.36±4.37 a	250.67±5.51 a
末质量/g Final body weight	936.25±8.30 A	513.50±5.13 B
摄食量/g Feed intake	1 451.45±20.52 A	1 135.43±14.19 B
增重率/% Growth rate	276.97±5.23 A	104.85±4.22 B
饵料系数 Feed coefficients ration	2.11 ±0.24 A	4.32 ±0.38 B
蛋白质效率/% Protein efficiency ration	145.16±10.37 A	80.51±4.11 B
肝体比 Viscous weight/Body weight	0.78±0.09 a	0.63 ±0.12 a
内脏比 Liver weight/Body weight	7.65±0.32 A	4.33 ±0.33 B
肥满度 Condition factor K	23.83±0.94 A	14.72±0.32 B
成活率/% Survival rate	100.00	100.00

1) 投饲量均折算成干物质计算 The feed intake of broad bean group was converted to dry material.

从表 3 可知,在饵料指标方面,蚕豆组饵料系数为 4.32,是配合饲料组饵料系数的 2 倍,配合饲料组蛋白质效率为 145.16%,明显高于蚕豆组;在形体指标方面,蚕豆组斑点叉尾鲷的肥满度和内脏比均明显下降( $P<0.01$ ),而肝体比在数值上也有下降趋势( $P>0.05$ );从外观形态上看,摄食蚕豆的斑点叉尾鲷腹部较小,体形较为细长。

### 2.2 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲷肌肉组分的影响

1) 肌肉基本成分。配合饲料组和蚕豆组斑点叉尾鲷肌肉中的水分、蛋白质、脂肪、灰分和总糖的测定结果见表 4。从表 4 中可知,二者除粗灰分无显著差异( $P>0.1$ )外,与配合饲料组相比,蚕豆组斑点叉尾鲷肌肉粗蛋白、粗脂肪和总糖含量极显著降低( $P<0.01$ ),水分含量极显著提高( $P<0.01$ )。

表 4 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲷肌肉成分的影响(湿质量比)

Table 4 Effects of feeding broad bean on flesh composition of channel catfish in terms of wet mass percentage %

肌肉成分 Flesh composition	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash	总糖 Total sugar
配合饲料组 Formula feed group	78.17±0.06 A	18.13±0.13 A	1.83±0.05 A	1.23±0.50 a	0.64±0.07 A
蚕豆组 Broad bean group	82.08±0.16 B	15.23±0.12 B	1.06±0.04 B	1.20±0.27 a	0.43±0.03 B

表 5 投饲蚕豆对斑点叉尾鲷肌肉氨基酸组成的影响(湿质量比)<sup>1)</sup>

Table 5 Effects of feeding broad bean on amino acids in flesh of channel catfish in terms of wet mass percentage mg/g

氨基酸 Amino acids	配合饲料组 Formula feed group	蚕豆组 Broad bean group
天冬氨酸 Asp <sup>A</sup>	20.6	16.9
苏氨酸 Thr <sup>B</sup>	8.9	7.8
丝氨酸 Ser	8.3	6.8
谷氨酸 Glu <sup>A</sup>	32.5	26.5
甘氨酸 Gly <sup>A</sup>	9.6	7.4
丙氨酸 Ala <sup>A</sup>	11.6	9.6
胱氨酸 Cys	4.1	4.3
缬氨酸 Val <sup>B</sup>	9.7	8.1
蛋氨酸 Met <sup>B</sup>	5.4	4.4
异亮氨酸 Ile <sup>B</sup>	8.6	7.0
亮氨酸 Leu <sup>B</sup>	16.7	13.7
酪氨酸 Tyr	8.4	7.3
苯丙氨酸 Phe <sup>B</sup>	9.2	8.2
赖氨酸 Lys <sup>B</sup>	19.8	16.1
组氨酸 His	6.6	3.6
精氨酸 Arg	11.9	9.6
脯氨酸 Pro	5.7	4.5
色氨酸 Trp <sup>B</sup>	1.9	1.7
A	80.2	67.0
B	74.3	60.4
TAA	199.5	163.5
A/TAA/%	402.0	409.8
B/TAA/%	372.4	369.4

1) A: 人体必需的氨基酸 The free essential amino acid; B: 鲜味氨基酸 The abbreviation of free delicious amino acid; TAA: 总氨基酸量 Total amino acid.

2) 肌肉氨基酸含量。由表 5 可知,配合饲料组

和蚕豆组斑点叉尾鲴肌肉中含量最高的氨基酸都是谷氨酸,含量最低的是色氨酸,与国内报道<sup>[14]</sup>的淡水鱼类基本一致。配合饲料组和蚕豆组斑点叉尾鲴肌肉中的 18 种氨基酸总量分别为 19.95% 和 16.35%,蚕豆组斑点叉尾鲴明显低于配合饲料组。合理的必需氨基酸模式应是 E/T 接近 40% 左右<sup>[15]</sup>,由此可知,配合饲料组和蚕豆组斑点叉尾鲴肌肉中的氨基酸均组成齐全、含量丰富,且构成比例优良,具有较高的营养价值。斑点叉尾鲴肌肉中 8 种必需氨基酸的含量是决定其蛋白质营养价值的重要因素,而鱼肉味道的鲜美程度决定于 4 种鲜味氨基酸的含量。

从表 5 可以看出,配合饲料组和蚕豆组斑点叉尾鲴肌肉的必需氨基酸和鲜味氨基酸种类齐全,但是蚕豆组斑点叉尾鲴肌肉的必需氨基酸和鲜味氨基酸含量均低于配合饲料组。

由表 6 可知,配合饲料组和蚕豆组斑点叉尾鲴的限制性氨基酸各不相同。以 AAS 为标准时,配合饲料组和蚕豆组斑点叉尾鲴的限制性氨基酸分别

为色氨酸(Trp)、缬氨酸(Val)。必需氨基酸指数(EAAI)是评价蛋白质营养价值的常用指标之一。经计算配合饲料组和蚕豆组斑点叉尾鲴肌肉的 EAAI 分别为 95.97 和 97.40,均显著高于一般经济鱼类的鲢(60.73)、草鱼(62.71)、鲫(68.96)<sup>[16]</sup>。蚕豆组斑点叉尾鲴的肌肉蛋白质必需氨基酸组成比例较配合饲料组更趋近于鸡蛋蛋白质。

3) 肌肉脂肪酸组成。由表 7 可知,蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鲴的脂肪酸组成包括 5 种饱和脂肪酸(SFA)和 9 种不饱和脂肪酸(UFA),斑点叉尾鲴肌肉脂肪酸的不饱和脂肪酸均占大多数。不饱和脂肪酸是人体必需的脂肪酸,蚕豆组斑点叉尾鲴的不饱和脂肪酸含量为 68.81%,低于配合饲料组斑点叉尾鲴(72.32%),这说明饲喂蚕豆的斑点叉尾鲴脂肪营养价值低于配合饲料组。

亚油酸(C18:02)和亚麻酸(C18:03)是人体必需脂肪酸,只能从食物中获得,配合饲料组斑点叉尾鲴肌肉中 C18:02 和 C18:03 脂肪酸都远高于蚕豆组,说明蚕豆不能提供足够的亚油酸和亚麻酸。

表 6 斑点叉尾鲴肌肉的氨基酸评分和化学评分及必需氨基酸指数<sup>1)</sup>

Table 6 Amino acid scores, chemical scores and essential amino acid index of channel catfish flesh

蛋白质来源 Protein source	评价指标 Evaluation index	Thr	Val	Met+Cys	Ile	Leu	Phe+Tyr	Lys	Trp
FAO/WHO	氨基酸含量/(mg/g) Amino acid content	250	310	220	250	440	380	340	63
鸡蛋蛋白 Egg proteins	氨基酸含量/(mg/g) Amino acid content	292	411	386	331	534	565	441	106
配合饲料组 Formula feed group	氨基酸含量/(mg/g) Amino acid content	306.82	334.40	327.51	296.48	575.73	606.75	682.60	65.50
	AAS	1.23	1.08	1.49	1.19	1.31	1.60	2.01	1.04
	CS	1.05	0.81	0.85	0.90	1.08	1.07	1.55	0.62
	EAAI	95.97							
蚕豆组 Broad bean group	氨基酸含量/(mg/g) Amino acid content	319.03	331.31	355.85	286.31	560.36	633.98	658.52	69.53
	AAS	1.28	1.07	1.62	1.15	1.27	1.67	1.94	1.10
	CS	1.09	0.81	0.92	0.86	1.05	1.12	1.49	0.66
	EAAI	97.40							

1) AAS:氨基酸评分 Amino acid scores; CS:化学评分 Chemical scores; EAAI:必需氨基酸指数 Essential amino acid index.

### 2.3 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲴肌肉质构特性的影响

从图 1~4 中可以看出,蚕豆组硬度、弹性、回复性和咀嚼性均大于配合饲料组,其中蚕豆组斑点叉尾鲴肌肉硬度和咀嚼性都极显著提高,说明饲喂蚕豆可以明显改变斑点叉尾鲴肌肉的质构特性,尤其

是硬度和咀嚼性。通过不同处理方式所测得的配合饲料组斑点叉尾鲴的硬度可以看出,蒸煮处理后鱼肉硬度都有所下降。经过蒸煮处理,蚕豆组的弹性和回复性均高于配合饲料组。2 个试验组斑点叉尾鲴肌肉经不同方式处理,蚕豆组咀嚼性明显大于饲料组。



表 7 蚕豆组与配合饲料组斑点叉尾鲷脂肪酸含量(湿质量)<sup>1)</sup>

Fatty acid contents in flesh of channel catfish in terms of wet mass		mg/kg	
脂肪酸种类 Fatty acids	配合饲料组 Formula feed group	蚕豆组 Broad bean group	
豆蔻酸 C14 : 00 Myristic acid	15.7	9.7	
棕榈酸 C16 : 00 Palmitic acid	645.7	715.6	
棕榈一烯酸 C16 : 01 Palmitoleic acid	52.0	34.4	
十七碳烷酸 C17 : 00 Seventeen carbon acid	7.0	6.1	
硬脂酸 C18 : 00 Stearic acid	238.1	265.0	
油酸 C18 : 01 Oleic acid	1 140.7	966.4	
亚油酸 C18 : 02 Linoleic acid	582.8	516.5	
亚麻酸 C18 : 03 Linolenic acid	51.6	28.4	
花生酸 C20 : 00 Arachidic acid	5.3	3.9	
花生一烯酸 C20 : 01 Eicosanoic acid	40.3	32.9	
花生二烯酸 C20 : 02 Eicosadienoic acid	64.9	65.4	
花生四烯酸 C20 : 04 Arachidonic acid	126.7	175.4	
二十碳五烯酸 C20 : 05 Eicosapentaenoic acid	28.0	31.6	
二十二碳六烯酸 C22 : 06 Docosahexaenoic acid	295.4	355.2	
SFA	911.80	1 000.25	
UFA	2 382.40	2 206.20	
TFA	3 294.20	3 206.45	
SFA 比例/% SFA composed	27.68	31.19	
UFA 比例/% UFA composed	72.32	68.81	

1)SFA:饱和脂肪酸 Saturated fatty acids; UFA:不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acid; TFA:脂肪酸总量 Total fatty acid.

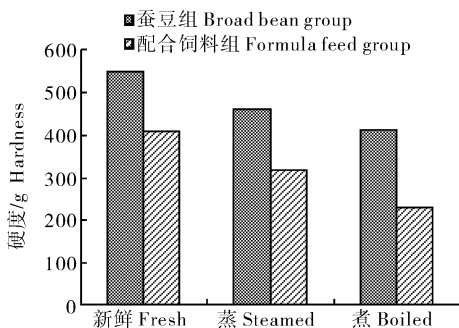


图 1 蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鲷肌肉硬度比较  
Fig. 1 Hardness of channel catfish flesh fed with formula feed and broad bean

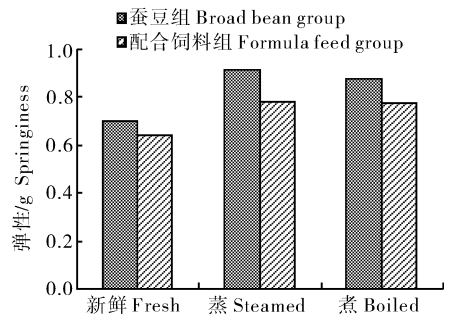


图 2 蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鲷肌肉弹性比较  
Fig. 2 Springiness of channel catfish flesh fed with formula feed and broad bean

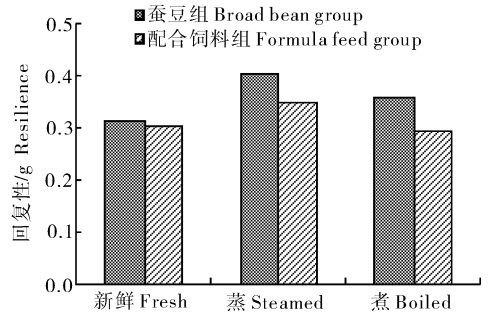


图 3 蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鲷肌肉回复性比较  
Fig. 3 Resilience of channel catfish flesh fed with formula feed and broad bean

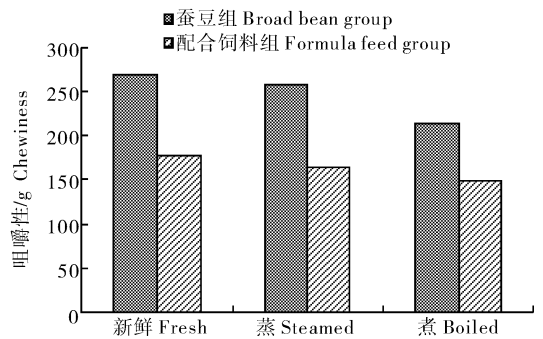


图 4 蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鲷肌肉咀嚼性比较  
Fig. 4 Chewiness of channel catfish flesh fed with formula feed and broad bean

### 3 讨论

#### 3.1 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲷生长性能的影响

本试验研究表明,以蚕豆作为斑点叉尾鲷的单一饵料源,其生长速度相对于饲喂配合饲料组显著降低,饵料系数增高,蛋白质效率显著降低,这与蚕豆的营养特性及斑点叉尾鲷食性有密切的关系。

从饲料蛋白质种类和含量来看,Page 等<sup>[17]</sup>认为体质量为 114~500 g 的斑点叉尾鲷,饲料中 25%

蛋白质水平就能满足最佳的生长需要。而从表1可知,试验饲喂的蚕豆和配合饲料的蛋白质含量都能满足斑点叉尾鲷生长所需。但斑点叉尾鲷是一种以肉食性为主的杂食性鱼类,蚕豆作为单一饵料源只能提供植物性蛋白,不能被斑点叉尾鲷很好地消化吸收。

从饲料氨基酸组成和含量来看,氨基酸含量和比例不平衡,可能是蚕豆组斑点叉尾鲷生长过程中的重要限制性因子。研究表明,斑点叉尾鲷的必需氨基酸为赖氨酸、亮氨酸、精氨酸、组氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸和缬氨酸<sup>[18]</sup>。蚕豆作为单一饵料投喂,蚕豆的必需氨基酸含量比配合饲料低,可能是制约斑点叉尾鲷生长的因素之一。另外,配合饲料和蚕豆的蛋氨酸含量都不能满足斑点叉尾鲷的生长所需,蚕豆的蛋氨酸尤其缺乏。Cai等<sup>[19]</sup>认为饲喂仅含植物蛋白饲料的斑点叉尾鲷需要较高的蛋氨酸含量,本试验中蚕豆作为斑点叉尾鲷唯一的植物蛋白源,本身蛋氨酸含量就不能满足斑点叉尾鲷的生长所需,致使蛋白质效率低下,饲料蛋白不能充分地转化成机体蛋白。因此蚕豆中蛋氨酸的严重缺乏也是制约斑点叉尾鲷生长的重要限制性因子。

从蚕豆的特殊成分来看,由于直接饲喂蚕豆,其蚕豆表皮所含有的抗营养因子,如缩合单宁、植酸、蛋白酶抑制剂和葡糖甙脲等<sup>[20]</sup>不能完全通过浸泡而消除,这些抗营养因子降低了肠道对营养物质的吸收以及机体的利用,从而降低斑点叉尾鲷对蚕豆的利用率。因此,以蚕豆为单一饵料源的斑点叉尾鲷,其生长较慢,饲料利用率低。

### 3.2 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲷肌肉成分的影响

试验发现,斑点叉尾鲷肌肉中的主要成分除灰分无显著差异( $P>0.1$ )外,蚕豆组的粗蛋白、粗脂肪和总糖含量都显著降低,而水分含量显著升高,这与肖调义等<sup>[6]</sup>报道的脆肉草鱼的数据不太一致,这可能与斑点叉尾鲷的食性有关系。在肌肉脂肪含量方面,蚕豆组斑点叉尾鲷的脂肪含量明显低于配合饲料组,可能由于蚕豆所提供的脂肪含量不能满足斑点叉尾鲷的营养需求,金明昌<sup>[21]</sup>指出一般饲料的脂肪水平在5%~6%可满足斑点叉尾鲷的生长,而蚕豆中脂肪含量只有1.85%。此外,蚕豆组斑点叉尾鲷肌肉的氨基酸总量和必需氨基酸含量、脂肪酸总量和不饱和脂肪酸含量均低于配合饲料组,说明斑点叉尾鲷饲喂蚕豆后,其肌肉的营养价值降低。单

纯饲喂蚕豆并不利于提高斑点叉尾鲷肌肉的营养价值。但是,蚕豆组斑点叉尾鲷的氨基酸指数略高于配合饲料组,说明饲喂蚕豆后斑点叉尾鲷的肌肉蛋白质必需氨基酸组成比例更趋合理。

### 3.3 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲷肉质的影响

饲喂蚕豆后,斑点叉尾鲷肌肉的硬度、弹性、回复性和咀嚼性均大于配合饲料组,其中蚕豆组斑点叉尾鲷肌肉硬度和咀嚼性都极显著提高,说明饲喂蚕豆组可以明显改变斑点叉尾鲷肌肉的质构特性。但是斑点叉尾鲷肌肉经过蒸煮以后硬度和咀嚼性都有所下降,这与甘承露<sup>[22]</sup>报道的脆肉鲩的结果相反,可能是因为斑点叉尾鲷肉质比草鱼细腻导致的。

综上所述,斑点叉尾鲷饲喂蚕豆后其肌肉的质构特性发生明显改变,硬度和咀嚼性都明显提高,能够起到改善斑点叉尾鲷肉质的效果。但是,由于蚕豆作为单一的饲料源,不能很好地满足斑点叉尾鲷的营养需求,抑制了斑点叉尾鲷的生长,其肌肉营养价值也有所降低。因此,可以在配合饲料中添加一定量的蚕豆,并补充一定量的蛋氨酸来克服单宁物质缩合所造成的不良影响,提高蚕豆蛋白质的生物利用率,这样既可以保证斑点叉尾鲷的正常生长,又可改善斑点叉尾鲷的肉质。

## 参 考 文 献

- [1] 王友慧,叶元土. 斑点叉尾鲷营养需求和饵料开发研究进展[J]. 饲料广角,2002(12):16-18.
- [2] 肖友红. 中国鲷鱼产业如何应对美国新政[J]. 中国水产,2010(7):27-28.
- [3] 高峰,邓伟. 内忧外患下的鲷鱼产业又见朝阳[J]. 当代水产,2010(11):43-44.
- [4] 姜琳琳,苏捷. 鱼肉风味品质的研究进展[J]. 水利渔业,2008,28(4):19-21.
- [5] 郭黛健,张耀武,易力. L-肉碱对黄河鲤鱼生长性能和肌肉品质的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(15):3127-3130.
- [6] 冯启新. “脆肉鲩”与“软骨鲮”[J]. 水产科技,2006(3):35-36.
- [7] 肖调义,刘建波,陈清华,等. 脆肉鲩肌肉营养特性分析[J]. 水利渔业,2004,34(3):28-30.
- [8] 伦峰,冷向军,孟晓林,等. 蚕豆对罗非鱼肉质影响的初步研究[J]. 上海水产大学学报,2007,16(1):83-86.
- [9] 仲维玮,文华,蒋明,等. 混合植物蛋白源对罗非鱼幼鱼生长、体组成及表观消化率的影响[J]. 华中农业大学学报,2010,29(3):356-362.
- [10] 李宝山,冷向军,李小勤,等. 投饲蚕豆对异育银鲫生长、肉质及肠道蛋白酶活力的影响[J]. 动物营养学报,2007,19(5):631-635.
- [11] 王广军. 斑点叉尾鲷营养需求研究进展[J]. 广东饲料,2005,14

- (5):27-29.
- [12] 梁惠,张秀珍,宋杨,等. 山东省常见海产品中色氨酸含量测定[J]. 青岛大学医学院学报,2007,37(1):2.
- [13] 谭汝成,熊善柏,刘敬科,等. 提取条件对白鲢鱼油性质的影响及鱼油脂肪酸组成分析[J]. 食品科学,2008,29(2):72-75.
- [14] 郝淑贤,李来好,杨贤庆,等. 5种罗非鱼营养成分分析及评价[J]. 营养学报,2007,29(6):614-615.
- [15] 代应贵,范家佑,王晓辉. 瓣结鱼肌肉营养成分分析[J]. 营养学报,2006,28(4):361-363.
- [16] 高春生,范光丽. 淇河鲫肌肉营养成分分析及营养价值评定[J]. 淡水渔业,2006,36(5):33-36.
- [17] PAGE J W, ANDREWS J W. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. Journal of Nutrition,1973,203:1339-1346.
- [18] DUPREE H K, HALVER J E. Amino acids essential for the growth of channel catfish, *Ictalurus punctatus* [J]. Transactions of the American Fisheries Society,1970,99:90-92.
- [19] CAI Y J, BURTLE G J. Methionine requirement of channel catfish fed soybean meal-corn-based diets[J]. Journal of Animal Science,1996,74:514-521.
- [20] 夏明忠. 蚕豆抗营养因子研究[J]. 西昌学院学报,2005,19(2):1-5.
- [21] 金明昌. 斑点叉尾鲷营养需要研究进展[J]. 饲料研究,2008(3):56-58.
- [22] 甘承露. 脆肉鲩肌肉特性及其贮藏稳定性的研究[D]. 武汉:华中农业大学图书馆,2010.

## Effect of feeding broad bean on growth and flesh quality of channel catfish

ZHU Yao-qiang LI Dao-you ZHAO Si-ming XIONG Shan-bai

College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University/

National R & D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing, Wuhan 430070, China

**Abstract** A study was conducted to investigate the effect of feeding broad bean on growth performance and flesh quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Channel catfish with average body weight of 250 g were fed with formula feed and broad bean for 100 days, respectively. The feeding experiment showed that the growth rate of channel catfish fed with formula feed and broad bean were 104.85% and 276.97%, feed coefficient were 4.32 and 2.11, protein efficiency ratio were 145.16% and 80.52%, condition factor were 14.72 and 23.83. For flesh ingredient, compared with channel catfish fed with formulate feed, crude ash was not significantly different ( $P>0.1$ ). Channel catfish fed with broad bean had lower crude protein, crude fat, and total sugar ( $P<0.01$ ), but higher moisture ( $P<0.01$ ). The essential amino acids, flavor amino acids and unsaturated fatty acid contents decreased with feeding broad bean. The hardness and chewiness of channel catfish fed with fresh or steam cooked broad bean were also increased ( $P<0.01$ ) compared with formula feed group. Results showed the channel catfish fed with broad bean could have crisp quality, but the growth performance and nutritional value of flesh was reduced.

**Key words** broad bean; channel catfish; growth; flesh quality; nutritive value

(责任编辑:陆文昌)