

菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及其杂交 F1 代肌肉营养成分的比较分析

张年国 潘桂平* 周文玉 刘本伟 周裕华 侯文杰

上海市水产研究所, 上海市水产技术推广站 上海 200433

摘要: 为了了解菊黄东方鲀 (*Takifugu flavidus*)、暗纹东方鲀 (*T. obscurus*) 及其杂交 F1 代的肌肉营养特征, 利用生物化学方法, 从每类实验样本中取 9 尾对其肌肉中的粗蛋白、粗脂肪、水分、粗灰分和氨基酸成分进行了测定和分析。结果显示: (1) 杂交 F1 代在生长方面具有明显的杂交优势, 与亲本之间存在着显著差异 ($P < 0.05$), 杂交 F1 代的体重为其亲本的 1.48 ~ 1.77 倍; (2) 杂交 F1 代肌肉水分含量与其母本含量相近, 但粗脂肪含量均较亲本少 ($P < 0.05$), 粗蛋白含量则与亲本差异不显著 ($P > 0.05$); (3) 除色氨酸和胱氨酸外, 16 种氨基酸均在肌肉样本中被检测到, 除甲硫氨酸外, 其余 15 种氨基酸间含量均存在着显著性差异 ($P < 0.05$)。菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交 F1 代的总氨基酸含量最高, 而暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) F1 代总氨基酸含量则介于两亲本之间。对其必需氨基酸总量进行分析发现, 菊黄东方鲀与其正反杂交 F1 代之间均存在显著性差异 ($P < 0.05$), 而暗纹东方鲀与其正反杂交 F1 代之间差异不显著 ($P > 0.05$); (4) 肌肉营养品质评价结果表明, 菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交 F1 代的鲜味氨基酸含量为 26.68%, 明显高于双亲样本 (菊黄东方鲀 22.28%、暗纹东方鲀 25.20%), 而暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) F1 代的鲜味氨基酸总量 (23.30%) 较其父本偏高, 但低于其母本。研究结果表明, 杂交东方鲀的肌肉营养综合了双亲的优良特性, 特别是菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交 F1 代, 拥有最高的鲜味氨基酸含量, 具有推广价值。

关键词: 菊黄东方鲀; 暗纹东方鲀; 杂交; 肌肉; 营养成分

中图分类号: Q953 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 04-633-09

Comparative Analysis on the Muscle Nutrient Composition of Tawny Puffer (*Takifugu flavidus*), Obscura Puffer (*T. obscurus*) and Their Hybrid F1 Generation

ZHANG Nian-Guo PAN Gui-Ping ZHOU Wen-Yu LIU Ben-Wei
ZHOU Yu-Hua HOU Wen-Jie

Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai Fisheries Technical Extension Station, Shanghai 200433, China

基金项目 上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字 (2013) 第 6-3 号];

* 通讯作者, E-mail: gppan@126.com;

第一作者介绍 张年国, 男, 工程师; 研究方向: 遗传育种技术; E-mail: z817382@126.com.

收稿日期: 2015-06-16, 修回日期: 2015-12-13 DOI: 10.13859/j.cjz.201604015

Abstract: In order to understand the nutritional components and quality in muscle of fish *Takifugu flavidus*, *T. obscurus* and their hybrid F1 generation we took 9 tails them to measure the contents of crude protein, crude fat, moisture, ash and amino acids in the muscle, as well as the growth rate. Compared to their parents, the hybrid individuals grew significantly faster than their parents; their weight of hybrid individuals increased by 148% - 177%, showing a marked hybrid vigour. The muscle of crossbred F1 had lower crude fat content than that of its parents, while the moisture and crude protein content was similar ($P > 0.05$). Total of 16 amino acids was detected in the muscle samples of hybrid F1 and the content showed significant difference except Met ($P < 0.05$) except Try and Cys. The total amino acids in *T. obscurus* (♀) × *T. flavidus* (♂) were higher than that in *T. flavidus* and lower than that in *T. obscurus*, while the *T. flavidus* (♀) × *T. obscurus* (♂) had highest content of total amino acids. There was no significant difference between crossbred F1 and *T. obscurus* in total essential amino acids ($P > 0.05$), while the difference between crossbred F1 and *T. flavidus* was significant ($P < 0.05$). The composition of total tasty amino acids in the muscle of the crossbred F1 of *T. flavidus* (♀) × *T. obscurus* (♂) was 26.68% which is significantly higher than that in *T. flavidus* (22.88%) and *T. obscurus* (25.20%), while the total tasty amino acids in crossbred F1 of *T. obscurus* (♀) × *T. flavidus* (♂) (23.30%) was higher than that in *T. flavidus* and lower than that in *T. obscurus*. Our results showed that the muscle in the crossbred F1, especially the *T. flavidus*(♀) × *T. obscurus* (♂) crossbred, had higher essential amino acids and tasty amino acids, and it might be a new promising candidate for aquaculture.

Key words: *Takifugu flavidus*; *T. obscurus*; Hybridization; Muscle; Nutritional composition

菊黄东方鲀 (*Takifugu flavidus*)、暗纹东方鲀 (*T. obscurus*) 均属于鲀形目 (Tetraodontiformes) 鲀科 (Tetraodontidae) 东方鲀属, 其肉质鲜美, 营养丰富, 是重要的养殖经济鱼类。菊黄东方鲀俗称艇巴、满天星等, 主要分布于我国黄海、东海和渤海等海域, 属温带近海底层鱼类, 其生长速度慢; 暗纹东方鲀又称河豚鱼、气泡鱼, 在我国主要分布于东海、黄海及通海的江河下游, 为江海洄游性鱼类, 具有生长速度快、个体大等优点。为了获得两种东方鲀的优良特性, 改善其生长性状, 作者于 2013 年起对菊黄东方鲀和暗纹东方鲀进行了种间正反杂交实验, 并成功获得了杂交子代 (F1), 其生长速度较母本快且抗病力强, 具有较高的市场推广价值。

国内外对鱼类肌肉营养成分分析的研究报道较多, 其中对暗纹东方鲀 (沈美芳等 2002)、红鳍东方鲀 (*Fugu rubripes*) (高露姣等 2011)、菊黄东方鲀、弓斑东方鲀 (*F. ocellatus*) (陶宁萍等 2011) 等营养成分分析

的研究已有报道, 对其杂交子代肌肉营养成分比较研究仅见菊黄东方鲀 (♀) × 红鳍东方鲀 (♂) (赵海涛等 2013), 其他杂交品种则尚未见报道。为了进一步研究菊黄东方鲀和暗纹东方鲀杂交种的经济性状和杂种优势, 本研究通过分析菊黄东方鲀和暗纹东方鲀肌肉的营养成分, 并对杂交子代与双亲的肌肉营养进行综合比较, 旨在为判定菊黄东方鲀、暗纹东方鲀和杂交东方鲀的经济价值及营养需求, 为研制人工配合饲料提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 材料

实验于 2014 年 12 月于上海市水产研究所启东科研基地内进行, 实验所用暗纹东方鲀、菊黄东方鲀、暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) 杂交 F1、菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交 F1 代为当年同一批次繁殖苗种, 四者养殖环境、饵料条件及饲养时间 (210 d) 也基本一致, 养殖期间主要投喂以鳗鱼粉状料

为主的饵料。

1.2 取样方法

每个实验品种取样 9 尾, 随机分为 3 份, 即 3 个重复, 将实验鱼用清水洗净后, 擦干体表水分, 逐一测量每一个体的全长、体长、体重生物指标, 然后用解剖刀取出实验鱼背部去皮肌肉, 解剖操作在冰浴条件下进行, 样品制备后置于 -20℃ 冰箱保存待测。

1.3 营养成分测定方法

实验鱼水分测定采用 105℃ 烘干法 (GB5009.3-2010); 粗灰分含量测定采用 550℃ 灼烧法 (GB5009.5-2010); 粗蛋白含量测定采用凯氏定氮法 (GB5009.5-2010); 粗脂肪含量测定采用索氏抽取法 (GB/T5009.6-2003); 氨基酸含量测定先用盐酸水解法 (GB/T5009.124-2003) 进行前处理, 然后用 Biochrom30 型氨基酸自动分析仪测定除色氨酸和胱氨酸外的 16 种氨基酸含量。

1.4 营养品质评价方法

依据联合国粮农组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) / 世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 1973 年建议的必需氨基酸 (essential amino acid, EAA) 评分标准模式 [% , 干物质 (dry matter, DM)] 和全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸模式 (% , DM) 分别计算氨基酸评分 (amino acid score, AAS, S_{AA})、化学评分 (chemical score, CS, S_C) 和必需氨基酸指数 (essential amino acid index, EAAI, I_{EAA})。

S_{AA} = 样品某氨基酸含量/WTO 标准模式中同种氨基酸含量; S_C = 样品中某氨基酸含量/全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量; $I_{EAA} = [(100A/A_E) (100B/B_E) (100C/C_E) \dots (100H/H_E)]^{1/n}$, 式中, n 为比较的必需氨基酸个数, $A, B, C \dots H$ 为样品中必需氨基酸含量, $A_E, B_E, C_E \dots H_E$ 为全鸡蛋蛋白质相对应的必需氨基酸含量。 S_{AA} 、 S_C 和 I_{EAA} 分别代表氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数。

F 值为支链氨基酸与芳香族氨基酸的比

值: $F = (\text{缬氨酸} + \text{亮氨酸} + \text{异亮氨酸}) / (\text{苯丙氨酸} + \text{酪氨酸})$ 。

1.5 数据处理与统计

利用 SPSS 18.0 软件对数据进行统计分析, 采用单因素方差分析 (one-way ANOVA, LSD) 进行差异显著性检验, $P < 0.05$ 为差异显著, $P > 0.05$ 为差异不显著。实验数据取平均值进行分析。

2 结果与分析

2.1 实验用鱼生物学参数

对实验用的东方鲀进行生物学参数测量, 结果见表 1。杂交东方鲀具有明显的生长优势, 对杂交 F1 代来说, 其体重、全长、体长生物学指标均与其亲本存在显著性差异 ($P < 0.05$), 以暗纹东方鲀为母本的杂交 F1 代体重达 120.9 g/尾, 是其亲本的 1.68 ~ 1.77 倍, 而以菊黄东方鲀为母本的杂交 F1 代增长速度稍慢, 体重达 106.1 g/尾, 是其亲本的 1.48 ~ 1.56 倍, 而亲本之间体重差异不显著 ($P > 0.05$)。

亲本之间全长、体重、体重/体长比均不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 正反交 F1 代之间则差异显著 ($P < 0.05$)。体长两亲本及两组 F1 代两两之间差异均显著 ($P < 0.05$)。

2.2 一般营养成分分析

菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及其正反杂交 F1 代肌肉一般营养分析见表 2。杂交东方鲀肌肉中的水分含量与其母本相近, 如菊黄东方鲀与菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) F1 代、暗纹东方鲀与暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) F1 代, 它们之间差异不显著 ($P > 0.05$), F1 代与其父本相比均差异显著 ($P < 0.05$)。东方鲀杂交 F1 代粗脂肪含量均低于亲本 ($P < 0.05$), 粗蛋白含量则差异不显著 ($P > 0.05$); 对于粗灰分含量来讲, 以暗纹东方鲀为母本的杂交 F1 代与其亲本大致相近, 差异不显著 ($P > 0.05$), 但对于以菊黄东方鲀为母本的杂交 F1 代, 则存在着显著性差异 ($P < 0.05$)。

2.3 氨基酸组成和含量分析

表 1 菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及其杂交 F1 代的生物学测量参数

Table 1 Biometric parameters of *Takifugu flavidus*, *T. obscurus* and their hybrid F1 generation

样品种类 Sample types	体重 (g) Weight	全长 (cm) Total length	体长 (cm) Body length	体重/体长 Weight/Body length
菊黄东方鲀 <i>Takifugu flavidus</i>	68.2	12.5	10.3 ^a	6.2
暗纹东方鲀 <i>T. obscurus</i>	71.9	13.2	11.4 ^b	6.5
暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) <i>T. obscurus</i> (♀) × <i>T. flavidus</i> (♂)	120.9 ^b	15.9 ^b	13.3 ^d	9.1 ^b
菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) <i>T. flavidus</i> (♀) × <i>T. obscurus</i> (♂)	106.1 ^a	15.5 ^a	12.7 ^c	8.4 ^a

同列数据肩标无字母或有相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 无字母与有字母的之间亦表示差异显著 ($P < 0.05$)。

In the same column, values with no letter or with the same letter superscripts means no significant difference ($P > 0.05$) between them, while values with different letter superscripts means significant difference ($P < 0.05$). The values with letters superscript vs. no letters also mean significant difference ($P < 0.05$).

表 2 菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及杂交 F1 代肌肉一般营养成分 ($n = 3$, 鲜重)

Table 2 Muscle composition of *Takifugu flavidus*, *T. obscurus* and their hybrid F1 generation ($n = 3$, flesh weight)

样品种类 Sample types	水分 Moisture (mg/g)	粗脂肪 Crude fat (mg/g)	粗蛋白 Crude protein (mg/g)	粗灰分 Crude ash (mg/g)
菊黄东方鲀 <i>Takifugu flavidus</i>	764.0 ^b	5.1 ^b	203.0	16.4 ^b
暗纹东方鲀 <i>T. obscurus</i>	758.0 ^a	19.4 ^d	202.0	20.4 ^c
暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) <i>T. obscurus</i> (♀) × <i>T. flavidus</i> (♂)	757.0 ^a	10.3 ^c	204.0	20.6 ^c
菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) <i>T. flavidus</i> (♀) × <i>T. obscurus</i> (♂)	768.0 ^b	4.1 ^a	202.0	12.1 ^a

同列数据肩标无字母或有相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 无字母与有字母的之间亦表示差异显著 ($P < 0.05$)。

In the same column, values with no letter or with the same letter superscripts means no significant difference ($P > 0.05$) between them, while values with different letter superscripts means significant difference ($P < 0.05$). The values with letters superscript vs. no letters also mean significant difference ($P < 0.05$).

菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及其正反交 F1 代肌肉样品中除色氨酸和胱氨酸外的 16 种氨基酸均被检测到 (表 3), 除甲硫氨酸外, 其余 15 种氨基酸间含量均存在着显著性差异 ($P < 0.05$)。分析发现, 在亲代与杂交 F1 代中, 具有相同父本的个体间大部分氨基酸差异不显著 ($P > 0.05$), 如暗纹东方鲀与菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) F1 代两者间的苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、精氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、络氨酸等, 菊黄东方鲀与暗纹

东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) F1 代中的苏氨酸、组氨酸、甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸等; 具有相同母本的亲代与杂交 F1 代间大部分氨基酸则存在着显著性差异 ($P < 0.05$), 如菊黄东方鲀与菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) F1 代中除甲硫氨酸外, 所有氨基酸间均存在着显著性差异。

菊黄东方鲀、暗纹东方鲀、菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) F1 代及暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) F1 代的氨基酸总量占肌肉鲜

表 3 菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及杂交 F1 代氨基酸含量与组成 ($n = 3$, 鲜重)Table 3 Composition of amino acids in the muscle of *Takifugu flavidus*, *T. obscurus* and their hybrid F₁ generation ($n = 3$, flesh weight)

氨基酸组成 Amino acid composition	氨基酸含量 Amino acid contents (mg/g)			
	菊黄东方鲀 <i>Takifugu flavidus</i>	暗纹东方鲀 <i>T. obscurus</i>	暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) <i>T. obscurus</i> (♀) × <i>T. flavidus</i> (♂)	菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) <i>T. flavidus</i> (♀) × <i>T. obscurus</i> (♂)
苏氨酸 Threonine (Thr) ※	6.2 ^a	6.7 ^{bc}	6.4 ^{ab}	6.9 ^c
缬氨酸 Valine (Val) ※◇	6.2 ^a	6.9 ^c	6.6 ^b	7.1 ^c
甲硫氨酸 Methionine (Met) ※	4.5	4.9	4.7	4.9
异亮氨酸 Isoleucine (Ile) ※◇	5.6 ^a	6.2 ^b	6.1 ^b	6.4 ^b
亮氨酸 Leucine (Leu) ※◇	10.9 ^a	11.7 ^b	11.6 ^b	12.1 ^c
苯丙氨酸 Phenylalanine (Phe) ※▽	5.2 ^a	5.7 ^b	5.6 ^b	5.8 ^b
赖氨酸 Lysine (Lys) ※	13.0 ^a	13.5 ^b	14.3 ^c	14.0 ^c
组氨酸 Histidine (His) □	3.6 ^a	3.9 ^{ab}	3.9 ^{ab}	4.1 ^b
精氨酸 Arginine (Arg) □	9.2 ^b	10.3 ^c	8.7 ^a	10.0 ^c
天冬氨酸 Aspartic acid (Asp) ※△	14.5 ^a	15.8 ^c	15.2 ^b	16.1 ^c
丝氨酸 Serine (Ser) ☆	6.2 ^a	6.9 ^c	6.5 ^b	6.9 ^b
谷氨酸 Glutamic acid (Glu) ※△	22.6 ^a	24.2 ^b	24.0 ^b	25.2 ^c
甘氨酸 Glycine (Gly) ☆△	7.9 ^a	10.8 ^c	8.2 ^a	10.4 ^b
丙氨酸 Alanine (Ala) ☆△	9.0 ^a	10.2 ^b	9.2 ^a	10.2 ^b
酪氨酸 Tyrosine (Tyr) ※▽	4.7 ^a	5.3 ^b	5.0 ^b	5.2 ^b
脯氨酸 Proline (Pro) ☆	5.3 ^a	6.8 ^c	5.4 ^a	6.1 ^b
∑AA	134.6 ^a	149.8 ^c	141.4 ^b	151.4 ^c
∑EAA	51.6 ^a	55.6 ^{bc}	55.3 ^b	57.2 ^c
∑HEAA	12.8 ^a	14.2 ^b	12.6 ^a	14.1 ^b
∑NEAA	70.2 ^a	80.0 ^c	73.5 ^b	80.1 ^c
∑DAA	54.0 ^a	61.0 ^c	56.6 ^b	61.9 ^d
∑EAA/∑AA (%)	38.34	37.12	39.11	37.78
∑EAA/∑NEAA (%)	73.50	69.50	75.24	71.41
∑DAA/∑AA (%)	40.12	40.72	40.03	40.89

∑AA 为氨基酸总量, ∑EAA 为必需氨基酸总量, ∑HEAA 为半必需氨基酸总量, ∑NEAA 为非必需氨基酸总量, ∑DAA 为鲜味氨基酸总量; ※为必需氨基酸, □为半必需氨基酸, ☆为非必需氨基酸, △为鲜味氨基酸, ◇为支链氨基酸, ▽为芳香氨基酸。同列数据肩标无字母或有相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 无字母与有字母的之间亦表示差异显著 ($P < 0.05$)。

∑AA mean total amino acids, ∑EAA, total essential amino acids, ∑HEAA, half the total essential amino acids, ∑NEAA, total non-essential amino acids, ∑DAA, freshness to total amino acids, ※ essential amino acids, □ half essential amino acids, ☆ non-essential amino acids, △ freshness amino acids, ◇ branched chain amino acids, ▽ aromatic amino acids. In the same column, values with no letter or with the same letter superscripts means no significant difference ($P > 0.05$) between them, while values with different letter superscripts means significant difference ($P < 0.05$). The values with letters superscript vs. no letters also mean significant difference ($P < 0.05$).

重分别为 13.46%、14.98%、14.14% 及 15.14%，菊黄东方鲀与正反交 F1 代之间均存在着显著性差异 ($P < 0.05$)，暗纹东方鲀与其正交子代间存在着显著性差异 ($P < 0.05$)，而与其反交子代间差异不显著 ($P > 0.05$)。

对表 3 中的必需氨基酸总量来说，菊黄东方鲀与其正反交 F1 代之间均存在着显著性差异 ($P < 0.05$)，而暗纹东方鲀与其正反交 F1 代之间则差异不显著 ($P > 0.05$)；对于鲜味氨基酸总量，菊黄东方鲀与暗纹东方鲀均与其正反交 F1 代间存在着显著性差异 ($P < 0.05$)。对 4 种个体的必需氨基酸与总氨基酸比率及必需氨基酸与非必需氨基酸比率进行比较发现，暗纹东方鲀最低，分别为 37.12% 和 69.50%，暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) F1 代则最高，含量分别为 39.11% 和 75.24%。4 种个体的鲜味氨基酸总量与总氨基酸比率在 40.03% ~ 40.89% 之间，其间并不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.4 营养品质评价

将表 3 中的氨基酸数据换算成每克氮中含

氨基酸毫克数后，与 FAO/WHO 建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行比较 (表 4)，并计算出 4 种东方鲀实验样本的氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS)、必需氨基酸指数 (EAAI) 和支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值 (F 值) (表 5)。根据氨基酸评分 (AAS) 和化学评分 (CS) 分析，在 4 种东方鲀实验样本中，第一和第二限制性氨基酸相同，分别为缬氨酸和异亮氨酸。菊黄东方鲀的必需氨基酸指数 (EAAI) 最低，为 51.95，菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) F1 代的 EAAI 值则最高，为 59.00，其他两种实验样本则差异不大。4 种东方鲀实验样本的支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值 (F 值) 差异不显著 ($P > 0.05$)，数值在 2.25 ~ 2.33 之间，属于较高比值。

2.5 鲜味氨基酸分析

鲜味氨基酸的组成及含量能够在一定程度上决定蛋白质的鲜美程度，在鲜味氨基酸中，天冬氨酸和谷氨酸是其特性氨基酸，其中谷氨酸的鲜味最强，而甘氨酸与丙氨酸则是呈甘味的特性氨基酸。正反交 F1 代与其双亲肌肉

表 4 菊黄东方鲀、暗纹东方鲀及杂交 F1 代肌肉中必需氨基酸含量比较 (单位: mg/g)

Table 4 Composition of essential amino acids in the muscle of *Takifugu flavidus*, *T. obscurus* and their hybrid F1 generation (unit: mg/g)

必需氨基酸 Essential amino-acid	菊黄东方鲀 <i>Takifugu flavidus</i>	暗纹东方鲀 <i>T. obscurus</i>	暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) <i>T. obscurus</i> (♀) × <i>T. flavidus</i> (♂)	菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) <i>T. flavidus</i> (♀) × <i>T. obscurus</i> (♂)	FAO/WHO 标准 FAO/WHO standard	鸡蛋蛋白 Egg protein
苏氨酸 Threonine (Thr)	1.64	1.73	1.65	1.86	2.50	2.92
缬氨酸 Valine (Val)	1.64	1.78	1.70	1.91	3.10	4.10
赖氨酸 Lysine (Lys)	3.44	3.49	3.68	3.77	3.40	4.41
异亮氨酸 Isoleucine (Ile)	1.48	1.60	1.57	1.72	2.50	3.31
亮氨酸 Leucine (Leu)	2.89	3.02	2.98	3.26	4.40	5.34
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phenylalanine + Tyrosine (Phe + Tyr)	2.62	2.84	2.73	2.96	3.80	5.65
总计 Total	13.71	14.46	14.30	15.49	19.70	25.73
占氨基酸总量比例 Proportion of total amino acid (%)	38.46	37.37	39.32	37.97	/	/

表 5 4 种东方鲀样本肌肉中氨基酸评分 (AAS) 和化学评分 (CS)

Table 5 Comparison of amino acid score (AAS), chemical score (CS) among *Takifugu flavidus*, *T. obscurus* and their hybrid F1 generation

必需氨基酸 Essential amino-acid	菊黄东方鲀 <i>Takifugu flavidus</i>		暗纹东方鲀 <i>T. obscurus</i>		暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) <i>T. obscurus</i> (♀) × <i>T. flavidus</i> (♂)		菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) <i>T. flavidus</i> (♀) × <i>T. obscurus</i> (♂)	
	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
	苏氨酸 Threonine (Thr)	0.66	0.56	0.69	0.59	0.66	0.57	0.74
缬氨酸 Valine (Val)	0.53*	0.40*	0.57*	0.43*	0.55*	0.41*	0.62*	0.47*
赖氨酸 Lysine (Lys)	1.01	0.78	1.03	0.79	1.08	0.83	1.11	0.85
异亮氨酸 Isoleucine (Ile)	0.59#	0.45#	0.64#	0.48#	0.63#	0.47#	0.69#	0.52#
亮氨酸 Leucine (Leu)	0.66	0.54	0.69	0.57	0.68	0.56	0.74	0.61
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phenylalanine + Tyrosine (Phe+Tyr)	0.69	0.46	0.75	0.50	0.72	0.48	0.77	0.53
EAAI	51.95		55.10		54.08		59.00	
F 值 F-value	2.29		2.25		2.29		2.33	

“*”为第一限制性氨基酸，“#”为第二限制性氨基酸。EAAI. 必需氨基酸指数。

“*” represent the first limiting amino acid, “#” represents the second limiting amino acid. EAAI. Essential amino acid index.

蛋白质中的鲜味氨基酸含量及组成见表 6, 菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交 F1 代各鲜味氨基酸均高于其他样本, 其总量达 26.68%, 而暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) 杂交 F1 代鲜味氨基酸总量较其父本偏高, 但低于其母本。4 种东方鲀实验样本相比较来说, 菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交 F1 代具有最高的鲜味度, 具有较好的开发前景。

3 讨论

3.1 杂交东方鲀与亲本肌肉一般营养成分评价

动物的肌肉品质主要取决于肌肉中有关物质的性质、含量和比例等指标, 鱼肉质量的决定因素是指粗灰分、粗脂肪、粗蛋白质含量等。在本实验中, 4 种东方鲀样本中粗蛋白质含量相近, 在 20.2% ~ 20.4% 之间, 这说明杂交东方鲀与其亲本在氨基酸总量方面并没有太大的差异, 且本研究测得的粗蛋白质略高于以往的报道 (沈美芳等 2002, 高露姣等 2011, 陶宁萍等 2011), 这可能与养殖环境不同有关, 鱼类

的营养成分含量受品种、个体、年龄、性别、环境和季节等多方面因素影响, 同时许多其他因素, 如取样的方法、样品的处理技术、操作水平等都会影响结果的一致性。

在 4 种东方鲀实验样本中, 菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂)、暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) 杂交 F1 代的营养物质含量与亲本相比更接近于母本, 说明在营养物质表达上母本的遗传贡献相对更大。通过比较还发现, 杂交品种具有明显的杂交优势, 特别是菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交东方鲀, 其粗灰分与粗脂肪均较其他 3 个样本低, 而水分含量则含量最高, 表明该杂交 F1 代较其他样本而言更加细嫩低脂, 是一种营养价值更高的优质改良品种。

3.2 杂交东方鲀与亲本肌肉氨基酸含量的比较分析

评价食物营养价值高低的重要指标之一是氨基酸的含量和组成, 特别是必需氨基酸和鲜味氨基酸。菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交东方鲀的必需氨基酸指数 (EAAI) 明显高

表 6 4 种东方鲀实验样本肌肉中鲜味氨基酸含量与组成比较 (干样, %)

Table 6 Composition of freshness amino acids in the muscle of *Takifugu flavidus*, *T. obscurus* and their hybrid F1 generation (dry weight, %)

鲜味氨基酸 Flavor amino acid	菊黄东方鲀 <i>Takifugu flavidus</i>	暗纹东方鲀 <i>T. obscurus</i>	暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) <i>T. obscurus</i> (♀) × <i>T. flavidus</i> (♂)	菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) <i>T. flavidus</i> (♀) × <i>T. obscurus</i> (♂)
天冬氨酸 Aspartic acid (Asp)	6.14	6.53	6.26	6.94
谷氨酸 Glutamic acid (Glu)	9.58	10.00	9.88	10.86
甘氨酸 Glycine (Gly)	3.35	4.46	3.37	4.48
丙氨酸 Alanine (Ala)	3.81	4.21	3.79	4.40
总量 Total	22.88	25.20	23.30	26.68

于其亲本, 表明杂交东方鲀肌肉中富含蛋白质较双亲优质, 这与褐牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 与犬齿牙鲆 (*P. dentatus*) (关键等 2007)、圆斑星鲽 (*Verasper variegatus*) 与星斑川鲽 (*Platichthys stellatus*) (王波等 2010)、河川沙塘鳢 (*Odontobutis potamophila*) 与鸭绿沙塘鳢 (*O. yaluensis*) (胡亚丽等 2014) 等研究内容相似, 其杂交后代的营养成分都表现出明显的遗传优势来。

本研究中暗纹东方鲀肌肉的氨基酸含量和 EAAI 都高于菊黄东方鲀, 其杂交品种的氨基酸含量和 EAAI 也比菊黄东方鲀高, 这或许与暗纹东方鲀的营养基因在杂交育种中占主要因素有关。通过对其鲜味氨基酸的组成与含量进行分析发现, 天冬氨酸与谷氨酸起主要作用, 暗纹东方鲀 (♀) × 菊黄东方鲀 (♂) 杂交东方鲀含量介于两亲本之间, 菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交东方鲀则高于其亲本, 进而表明杂交东方鲀与其双亲相比, 具有肌肉氨基酸含量较丰富, 营养价值较高, 食味较鲜美的特点。

在本研究中, 由于采用盐酸水解法来对实验样品进行前期处理, 致使部分氨基酸如色氨酸、胱氨酸等发生水解或者氧化, 进而导致检测结果无法测量或测量不准, 故从肌肉样品中测得的氨基酸种类为除色氨酸和胱氨酸外的其他 16 种常见氨基酸。

3.3 杂交育种在鱼类肌肉品质改良中的应用

利用遗传改良方法来提高养殖鱼类的肌肉品质一直是水产育种学者所关心的问题, 早在 20 世纪 80 年代就有人提出利用选择育种的方法来改良鱼类的肌肉品质。有关鱼肉品质遗传改良方面的研究主要集中在鲑科鱼类与鲆鲽鱼类中, 而对于东方鲀属鱼类则报道极少, 在对鲑科鱼类的研究中曾发现, 虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) (张玉勇等 2009, 徐绍刚等 2014)、大西洋鲑 (*Salmo salar*) (满庆利等 2014) 在肉质相关的脂肪、蛋白、体色等表型方面有较高的遗传力, 并存在广泛的遗传变异。进一步的研究还发现生长性状与某些鱼肉品质性状间存在密切相关关系, 这表明可以利用性状间的相关关系来对鱼肉品质进行间接选育。

本研究以菊黄东方鲀与暗纹东方鲀为育种材料, 开展了正反交实验, 进而对杂交 F1 代进行肌肉一般营养成分组成、氨基酸组成及含量的分析评价研究, 研究结果表明, 杂交东方鲀不仅在生长速度方面较亲本有明显的优势, 还在一些肉质性状, 如必需氨基酸含量、鲜味氨基酸含量等方面显示出一定的优势, 特别是菊黄东方鲀 (♀) × 暗纹东方鲀 (♂) 杂交 F1 代, 其表现出来的优势最为明显, 本结果为杂种优势在鱼类肉质改良中的应用提供了基本数据。

参 考 文 献

- FAO/WHO. 1973. Ad Hope Expert Committee. Energy and protein requirements. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series.
- 高露姣, 黄艳青, 夏连军, 等. 2011. 不同养殖模式下红鳍东方鲀的品质比较. 水产学报, 35(11): 1668–1676.
- 关键, 柳学周, 翟毓秀, 等. 2007. 褐牙鲆(♀) × 犬齿牙鲆(♂) 杂交子一代及其亲本肌肉营养成分分析与比较. 中国水产科学, 14(7): 41–47.
- 胡亚丽, 张丽娟, 尹绍武, 等. 2014. 河川沙塘鳢(♀) × 鸭绿沙塘鳢(♂) 杂交子代及其亲本营养成分比较. 水产科技情报, 41(3): 137–141.
- 满庆利, 曹永芬, 杨质楠, 等. 2014. 大西洋鲑肌肉营养成分分析. 河北渔业, (1): 12–15.
- 沈美芳, 吴光红, 殷悦, 等. 2002. 养殖暗纹东方鲀鱼体的生化组成及营养需求初探. 江西水产科技, (3): 16–22.
- 陶宁萍, 龚玺, 刘源, 等. 2011. 三种养殖河豚鱼肌肉营养成分分析及评价. 营养学报, 33(1): 92–94.
- 王波, 谢琳萍, 翟毓彬, 等. 2010. 星斑川鲈(♀) × 圆斑星鲈(♂) 杂交子代的生化组成分析与评价. 河北渔业, (9): 1–4.
- 徐绍刚, 杨晓飞, 代国庆, 等. 2014. 虹鲢(♀) × 溪红点鲢(♂) 杂交三倍体 F₁ 及其亲本肌肉营养成分的比较. 水产科技情报, 41(5): 247–251.
- 张玉勇, 贾智英, 池喜峰, 等. 2009. 虹鲢(♀) × 山女鲢(♂) 杂交 F₁ 代及其亲本肌肉营养成分和肌肉质地的比较. 动物学杂志, 44(6): 89–95.
- 赵海涛, 万玉美, 张福崇, 等. 2013. 菊黄东方鲀(♀) × 红鳍东方鲀(♂) F₁ 代及其亲本肌肉营养成分的比较分析. 大连海洋大学学报, 28(1): 78–82.