

文章编号: 1674-5566(2020)02-0249-06

DOI:10.12024/jsou.20180702369

赤眼鲮和麦瑞加拉鲮的化学组成、能量密度及对鳊的营养价值

叶金明¹, 吴建开², 孙龙生³, 王德忠², 颜 慧¹, 杨显祥¹, 徐汉连⁴, 董同瑚⁵

(1. 扬州市水产生产技术指导站, 江苏 扬州 225101; 2. 射阳康余水产技术有限公司, 江苏 射阳 224300; 3. 扬州大学动物科技学院, 江苏 扬州 225009; 4. 射阳县渔业技术推广中心, 江苏 射阳 224300; 5. 扬州市董氏特种水产有限公司, 江苏 高邮 225634)

摘要: 为评价赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)和麦瑞加拉鲮(*Cirrhinus mrigala*)对鳊(*Siniperca chuatsi*)的营养价值, 分别测定了体质量为(5.27±1.03)g的赤眼鲮、(5.05±1.21)g的麦瑞加拉鲮和(5.19±0.92)g的鳊的化学组成, 估算了这3种鱼的能量密度, 以探讨赤眼鲮代替麦瑞加拉鲮养殖鳊的可行性。结果显示, 赤眼鲮和麦瑞加拉鲮的全鱼蛋白质含量显著高于鳊, 水分显著低于鳊($P < 0.05$), 必需氨基酸指数分别高达92.56%±2.31%和93.17%±0.36%, 多数必需氨基酸的化学评分≥0.82。而赤眼鲮的脂肪和能量密度更高, 显著高于麦瑞加拉鲮和鳊, 灰分显著低于麦瑞加拉鲮($P < 0.05$)。研究表明, 这两种鱼对鳊都具有较高的营养价值, 但赤眼鲮的营养价值更高, 以赤眼鲮代替麦瑞加拉鲮养殖鳊是可行的, 这为转变鳊的养殖方式提供了参考。

关键词: 赤眼鲮; 麦瑞加拉鲮; 鳊; 化学成分; 能量密度; 营养价值

中图分类号: S 963.2 **文献标志码:** A

鳊(*Siniperca chuatsi*)隶属于鲈形目(Perciformes)、鲈科(Serranidae)、鳊属(*Siniperca*), 在鳊属已知的9个种类中, 鳊的生长最快、个体最大, 因其经济价值和营养价值较高, 已成为我国池塘养殖“小品种、大市场、高品质、高效益”发展模式的代表性品种。由于缺乏成熟的商业饲料技术, 至今仍以投喂活鱼养殖为主。麦瑞加拉鲮(*Cirrhinus mrigala*)因繁殖力强、食性杂、生长快、成本低和产量高等优点, 而成为我国多数地区鳊养殖的首选饲料鱼^[1-2]。但由于该种类为暖水性鱼类, 最低生存温度为8℃^[3], 在我国多数不能自然越冬, 因而很难满足不同地区或不同季节鳊的养殖需要及契合均衡上市的要求。赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)因在我国分布广泛, 能够在高寒地区越冬, 且与麦瑞加拉鲮有相似的饲料鱼特性^[1], 被逐渐开发为鳊反季节苗种培育和梭鲈等肉食性鱼类养殖的饲料鱼^[4-7]。

鱼类的化学组成和能量密度是鱼类营养学、生理学重要的研究内容之一, 是评价鱼类营养、

生长状况及衡量鱼体能量储备水平的重要指标^[8-10]。目前有关赤眼鲮鱼体的化学成分、能量密度及麦瑞加拉鲮的肌肉营养成分已有研究报道^[2-3, 10], 但未见有这两种鱼对鳊营养价值评定的报道。本研究在叶金明等^[1]通过生物学特性评价这两种鱼作为鳊养殖配套饵料鱼适宜性的基础上, 测定分析了赤眼鲮、麦瑞加拉鲮和鳊的化学组成、能量密度、必需氨基酸指数和氨基酸化学评分, 以评价这两种鱼对鳊的营养价值, 探讨赤眼鲮代替麦瑞加拉鲮养殖鳊的可行性, 为鳊等肉食性鱼类养殖的饵料鱼开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样本采集

赤眼鲮、麦瑞加拉鲮和鳊均采自扬州市董氏特种水产有限公司横泾养殖基地, 每种鱼各采集3口池塘, 每口池随机捕捞100尾活鱼为一个实验样本, 采集的样本暂养在300L的水族箱中饲

收稿日期: 2018-07-25 修回日期: 2019-10-30

基金项目: 江苏省水产三新工程重点项目(PJ2015-15); 江苏省海洋与渔业科技创新与推广项目(Y2017-39)

作者简介: 叶金明(1964—), 男, 研究员, 硕士, 研究方向为水产苗种繁育与养殖。E-mail: yzcyj@126.com

饿 24 h, 测量体长和体质量后进行全鱼成分分析。其中, 赤眼鳟和麦瑞加拉鲮投喂蛋白质含量为 28% 的草鱼商品饲料, 鳊投喂麦瑞加拉鲮鱼种。

1.2 样品测定

鲜鱼样品先在 65 °C 下烘干, 按下列方法测定全鱼成分: 水分采用 105 °C 恒温烘干失重法测定; 粗蛋白质采用凯氏定氮仪 (Kjeltec TM 8100, FOSS, 丹麦) 测定; 脂肪采用索氏脂肪浸提系统 (ST243, FOSS, 丹麦) 测定; 粗灰分采用马福炉 550 °C 高温灼烧法测定; 氨基酸采用 6N 盐酸水解、全自动氨基酸分析仪 (L-8900, Hitachi, 日本) 测定。

1.3 计算公式

(1) 能量密度 (E):

$$E = m_{\text{脂肪}} \times 39.5 \text{ kJ/g} + m_{\text{蛋白质}} \times 23.6 \text{ kJ/g} \quad (1)$$

式中: 由于碳水化合物约占鱼体组成的 0.5%, 在鱼类能量学的分析中往往忽略不计^[10]。

(2) 必需氨基酸指数 ($EAAI$):

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{aa_1}{AA_1} \times \frac{aa_2}{AA_2} \times \dots \times \frac{aa_n}{AA_n}} \quad (2)$$

式中: aa_n 为待评鱼的必需氨基酸含量 (绝干基础%); AA_n 为鳊的必需氨基酸含量 (绝干基础%); n 为必需氨基酸数目^[11]。

(3) 氨基酸化学评分 (CS):

$$CS = \frac{aa}{AA} \quad (3)$$

式中: aa 为待评鱼蛋白质中某氨基酸含量; AA 为鳊蛋白质中同种氨基酸含量^[9]。

1.4 数据处理

实验所得数据采用 Excel 2010 处理, 用平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 表示; 统计分析采用 Statistica 6.0 软件进行单因素方差分析 (ANOVA) 和多重比较 (Fisher-LSD), 差异性显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 全鱼化学组成和能量密度

由表 1 可知, 赤眼鳟和麦瑞加拉鲮的水分接近, 分别为 71.38% \pm 0.31% 和 72.05% \pm 0.83%, 显著低于鳊的 75.76% \pm 0.22% ($P < 0.05$)。麦瑞加拉鲮的粗蛋白质最高, 为 21.87% \pm 0.04%, 显著高于赤眼鳟的 17.62% \pm 0.11% ($P < 0.05$), 而赤眼鳟的粗蛋白质则显著高于鳊的 13.97% \pm 0.16% ($P < 0.05$)。赤眼鳟的粗脂肪最高, 为 6.85% \pm 0.32%, 显著高于鳊的 5.19% \pm 0.03% ($P < 0.05$), 麦瑞加拉鲮的粗脂肪最低, 为 1.41% \pm 0.01%, 显著低于赤眼鳟和鳊 ($P < 0.05$)。赤眼鳟的粗灰分最低, 为 3.41% \pm 0.12%, 显著低于麦瑞加拉鲮的 4.76% \pm 0.03% ($P < 0.05$), 而鳊的粗灰分含量介于赤眼鳟和麦瑞加拉鲮之间, 为 3.65% \pm 0.18%, 与赤眼鳟和麦瑞加拉鲮之间差异不显著 ($P > 0.05$)。能量密度则以赤眼鳟最高, 为 (6.86 \pm 0.15) kJ/g, 显著高于麦瑞加拉鲮的 (5.72 \pm 0.01) kJ/g 和鳊的 (5.35 \pm 0.05) kJ/g ($P < 0.05$), 麦瑞加拉鲮与鳊之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 1 赤眼鳟、麦瑞加拉鲮和鳊的全鱼化学组成和能量密度 (鲜样基础, $n = 3$)

Tab. 1 Chemical composition of whole body in *S. curriculus*, *C. mrigala* and *S. chuatsi* (on fresh basis, $n = 3$)

种类 Species	体长 Body length/ cm	体质量 Body weight/ g	水分 Moisture/%	粗蛋白质 Crude protein/ %	粗脂肪 Crude lipid/ %	粗灰分 Crude ash/ %	能量密度 Energy density/ (kJ/g)
赤眼鳟 <i>S. curriculus</i>	5.62 \pm 0.46	5.27 \pm 1.03	71.38 \pm 0.31 ^a	18.49 \pm 0.11 ^b	6.85 \pm 0.32 ^c	3.41 \pm 0.12 ^a	7.07 \pm 0.15 ^b
麦瑞加拉鲮 <i>C. mrigala</i>	5.30 \pm 0.53	5.05 \pm 1.21	72.05 \pm 0.83 ^a	21.87 \pm 0.04 ^c	1.41 \pm 0.01 ^a	4.76 \pm 0.03 ^c	5.72 \pm 0.01 ^a
鳊 <i>S. chuatsi</i>	4.96 \pm 0.34	5.19 \pm 0.92	75.76 \pm 0.22 ^b	15.43 \pm 0.16 ^a	5.19 \pm 0.03 ^b	3.65 \pm 0.18 ^b	5.69 \pm 0.05 ^a

注: 同一列数值中肩标字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

Notes: The same column values with different superscripts indicate significant difference ($P < 0.05$)

2.2 全鱼氨基酸组成

全鱼鲜基样和绝干样的氨基酸测定结果如表 2 所示,3 种鱼的全鱼氨基酸组成比例不同。鲜基样中麦瑞加拉鲟的单个必需氨基酸含量均显著高于赤眼鲟和鳊($P < 0.05$),赤眼鲟组氨酸显著低于鳊($P < 0.05$),缬氨酸和苯丙氨酸无显著差异外($P > 0.05$),其余的必需氨基酸均显著高于鳊($P < 0.05$)。鲜基样中的必需氨基酸总

和,与粗蛋白质测定结果相似,也以麦瑞加拉鲟最高,为 $8.36\% \pm 0.09\%$,显著高于赤眼鲟的 $7.25\% \pm 0.12\%$ 和鳊的 $6.32\% \pm 0.06\%$ ($P < 0.05$)。必需氨基酸总量占氨基酸总和的比例,则以鳊最高,为 $46.61\% \pm 0.09\%$,与赤眼鲟的 $45.05\% \pm 0.16\%$ 和麦瑞加拉鲟的 $45.21\% \pm 0.10\%$ 无显著差异($P > 0.05$)。

表 2 赤眼鲟、麦瑞加拉鲟和鳊全鱼氨基酸含量比较($n=3$)

Tab.2 The comparison of amino acids of whole body in *S. curriculus*, *C. mrigala* and *S. chuatsi* ($n=3$) %

氨基酸 Amino acid*	绝干基础 On dry basis			鲜样基础 On fresh basis		
	赤眼鲟 <i>S. curriculus</i>	麦瑞加拉鲟 <i>C. mrigala</i>	鳊 <i>S. chuatsi</i>	赤眼鲟 <i>S. curriculus</i>	麦瑞加拉鲟 <i>C. mrigala</i>	鳊 <i>S. chuatsi</i>
组氨酸 His	1.01 ± 0.47 ^a	1.75 ± 0.06 ^c	1.34 ± 0.00 ^b	0.29 ± 0.13 ^a	0.49 ± 0.02 ^c	0.32 ± 0.00 ^b
精氨酸 Arg	4.60 ± 0.19 ^b	4.94 ± 0.00 ^c	3.44 ± 0.04 ^a	1.32 ± 0.05 ^b	1.38 ± 0.00 ^c	0.83 ± 0.01 ^a
苏氨酸 Thr	2.42 ± 0.06 ^a	2.92 ± 0.00 ^c	2.67 ± 0.00 ^b	0.69 ± 0.02 ^b	0.82 ± 0.00 ^c	0.65 ± 0.00 ^a
缬氨酸 Val	2.63 ± 0.12 ^a	3.17 ± 0.00 ^c	2.97 ± 0.03 ^b	0.75 ± 0.03 ^a	0.89 ± 0.00 ^b	0.72 ± 0.01 ^a
蛋氨酸 Met	1.56 ± 0.06 ^a	1.82 ± 0.00 ^b	1.64 ± 0.06 ^a	0.45 ± 0.02 ^b	0.51 ± 0.00 ^c	0.40 ± 0.02 ^a
异亮氨酸 Ile	2.44 ± 0.11 ^a	2.99 ± 0.01 ^c	2.64 ± 0.02 ^b	0.70 ± 0.03 ^b	0.84 ± 0.00 ^c	0.64 ± 0.00 ^a
亮氨酸 Leu	4.01 ± 0.22 ^a	4.64 ± 0.06 ^c	4.31 ± 0.00 ^b	1.15 ± 0.06 ^b	1.30 ± 0.02 ^c	1.05 ± 0.00 ^a
苯丙氨酸 Phe	2.29 ± 0.12 ^a	2.64 ± 0.12 ^b	2.60 ± 0.04 ^b	0.66 ± 0.03 ^a	0.74 ± 0.03 ^b	0.63 ± 0.01 ^a
赖氨酸 Lys	4.37 ± 0.18 ^a	5.03 ± 0.06 ^b	4.44 ± 0.42 ^a	1.25 ± 0.05 ^b	1.41 ± 0.02 ^c	1.08 ± 0.10 ^a
Σ必需氨基酸 TEAA	25.32 ± 0.49 ^a	29.90 ± 0.11 ^b	26.06 ± 0.09 ^a	7.25 ± 0.12 ^b	8.36 ± 0.09 ^c	6.32 ± 0.06 ^a
Σ必需氨基酸/ 氨基酸总和 ΣEAA/TAA	45.05 ± 0.76	45.21 ± 0.17	46.61 ± 0.12	45.05 ± 0.16	45.21 ± 0.10	46.61 ± 0.09
天门冬氨酸 Asp	6.58 ± 0.07 ^b	8.60 ± 0.12 ^c	5.51 ± 0.05 ^a	1.88 ± 0.02 ^b	2.40 ± 0.03 ^c	1.34 ± 0.01 ^a
谷氨酸 Glu	8.77 ± 0.28 ^b	10.22 ± 0.07 ^c	7.84 ± 0.02 ^a	2.51 ± 0.08 ^b	2.86 ± 0.02 ^a	1.90 ± 0.00 ^a
丝氨酸 Ser	2.22 ± 0.06 ^a	2.74 ± 0.01 ^b	2.67 ± 0.01 ^b	0.64 ± 0.02 ^a	0.76 ± 0.00 ^b	0.65 ± 0.00 ^a
甘氨酸 Gly	4.64 ± 0.19 ^a	4.98 ± 0.02 ^b	4.43 ± 0.00 ^a	1.33 ± 0.05 ^b	1.39 ± 0.01 ^b	1.07 ± 0.00 ^a
丙氨酸 Ala	3.88 ± 0.14 ^a	4.45 ± 0.01 ^b	4.06 ± 0.01 ^a	1.11 ± 0.04 ^b	1.24 ± 0.00 ^c	0.98 ± 0.00 ^a
脯氨酸 Pro	2.92 ± 0.13	3.01 ± 0.05	2.99 ± 0.03	0.83 ± 0.04	0.84 ± 0.01	0.73 ± 0.01 ^a
酪氨酸 Tyr	1.78 ± 0.08 ^a	2.15 ± 0.01 ^b	2.28 ± 0.08 ^c	0.51 ± 0.02 ^a	0.60 ± 0.00 ^c	0.55 ± 0.02 ^b
胱氨酸 Cys	0.11 ± 0.02 ^c	0.08 ± 0.01 ^b	0.04 ± 0.01 ^a	0.03 ± 0.01 ^c	0.02 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^a
Σ非必需氨基 TNEAA	30.89 ± 0.16 ^a	36.24 ± 0.06 ^b	29.84 ± 0.02 ^a	8.84 ± 0.05 ^b	10.13 ± 0.02 ^c	7.23 ± 0.01 ^a
Σ非必需氨基酸/ 氨基酸总和 ΣNEAA/TAA	54.95 ± 0.30	54.79 ± 0.11	53.39 ± 0.05	54.95 ± 0.08	54.79 ± 0.03	53.39 ± 0.01

注: * 色氨酸未测定; 同一行数值中肩标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

Notes: * Tryptophane not determined; The same line values with different superscripts indicate significant difference($P < 0.05$)

绝干样中麦瑞加拉鲮除苯丙氨酸外,其余的必需氨基酸均显著高于赤眼鲟和鳊($P < 0.05$),赤眼鲟除精氨酸显著高于鳊外,其余的必需氨基酸均显著低于鳊($P < 0.05$),这与鲜基样中不同。绝干样中的必需氨基酸总和,以麦瑞加拉鲮最高,为 $29.90\% \pm 0.11\%$,显著高于赤眼鲟的 $25.32\% \pm 0.49\%$ 和鳊的 $26.06\% \pm 0.09\%$ ($P < 0.05$)。必需氨基酸总量占氨基酸总和的比例,以鳊最高,为 $46.61\% \pm 0.12\%$,高于赤眼鲟的 $45.05\% \pm 0.76\%$ 和麦瑞加拉鲮的 $45.21\% \pm 0.17\%$,但无显著性差异($P > 0.05$),这与鲜基样相似。

2.3 全鱼蛋白质中必需氨基酸组成和化学评分

由表3可知,3种鱼的全鱼蛋白质中必需氨

基酸组成比例不同。赤眼鲟与麦瑞加拉鲮相比,全鱼蛋白质中必需氨基酸含量,赤眼鲟的精氨酸和亮氨酸显著高于麦瑞加拉鲮($P < 0.05$),组氨酸则显著低于麦瑞加拉鲮($P < 0.05$),其余的必需氨基酸无显著性差异($P > 0.05$)。赤眼鲟、麦瑞加拉鲮与鳊全鱼蛋白质中必需氨基酸含量相比,赤眼鲟除精氨酸显著高于鳊($P < 0.05$),蛋氨酸和苯丙氨酸无显著差异外,其余的必需氨基酸均低于鳊($P < 0.05$);麦瑞加拉鲮除精氨酸显著高于鳊($P < 0.05$),组氨酸和异亮氨酸无显著性差异外($P > 0.05$),其余的必需氨基酸均显著低于鳊($P < 0.05$)。赤眼鲟和麦瑞加拉鲮对鳊的必需氨基酸指数均较高,分别为 $92.56\% \pm 2.31\%$ 和 $93.17\% \pm 0.36\%$ 。

表3 赤眼鲟和麦瑞加拉鲮全鱼蛋白质中必需氨基酸含量、必需氨基酸指数和化学评分($n=3$)

Tab. 3 The essential amino acid content of protein, EAAI and chemical score in *S. curriculum* and *C. mrigala* whole body ($n=3$)

必需氨基酸 Amino acid	蛋白质中氨基酸含量 Amino acid content of protein/(g/100 g)			化学评分 Chemical score	
	赤眼鲟 <i>S. curriculum</i>	麦瑞加拉鲮 <i>C. mrigala</i>	鳊 <i>S. chuatsi</i>	赤眼鲟 <i>S. curriculum</i>	麦瑞加拉鲮 <i>C. mrigala</i>
	组氨酸 His	1.56 ± 0.72^a	2.24 ± 0.08^b	2.11 ± 0.01^b	0.74 ± 0.54^a
精氨酸 Arg	7.12 ± 0.30^c	6.32 ± 0.00^b	5.40 ± 0.06^a	1.32 ± 0.39^b	1.17 ± 0.00^a
苏氨酸 Thr	3.75 ± 0.09^a	3.73 ± 0.00^a	4.19 ± 0.01^b	0.90 ± 0.08	0.89 ± 0.00
缬氨酸 Val	4.07 ± 0.19^a	4.05 ± 0.00^a	4.67 ± 0.05^b	0.87 ± 0.16	0.87 ± 0.00
蛋氨酸 Met	2.42 ± 0.09^{ab}	2.33 ± 0.00^a	2.58 ± 0.10^b	0.94 ± 0.09	0.90 ± 0.00
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	2.59 ± 0.06^{ab}	2.43 ± 0.01^a	2.64 ± 0.06^b	0.98 ± 0.06	0.92 ± 0.01
异亮氨酸 Ile	3.77 ± 0.17^a	3.82 ± 0.02^{ab}	4.15 ± 0.03^b	0.91 ± 0.15	0.92 ± 0.01
亮氨酸 Leu	6.21 ± 0.33^b	5.93 ± 0.08^a	6.78 ± 0.01^c	0.92 ± 0.31	0.88 ± 0.07
苯丙氨酸 Phe	3.55 ± 0.19^{ab}	3.37 ± 0.15^a	4.09 ± 0.07^b	0.87 ± 0.16	0.82 ± 0.13
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	6.30 ± 0.15^a	6.12 ± 0.09^a	7.67 ± 0.09^b	0.82 ± 0.13	0.80 ± 0.07
赖氨酸 Lys	6.76 ± 0.28	6.42 ± 0.08	6.98 ± 0.65	0.97 ± 0.27	0.92 ± 0.07
必需氨基酸指数 EAAI	92.56 ± 2.31	93.17 ± 0.36	100.00	-	-

注:同一行数值中肩标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

Notes: The same line values with different superscripts indicate significant difference ($P < 0.05$)

对比赤眼鲟对鳊蛋白质中必需氨基酸的化学评分,以精氨酸最高,为 1.32 ± 0.39 ,显著高于麦瑞加拉鲮($P < 0.05$),为非限制性氨基酸;最低的为组氨酸,化学评分为 0.74 ± 0.54 ,显著低于麦瑞加拉鲮($P < 0.05$),则为第一限制性氨基酸;其余的必需氨基酸虽为限制性氨基酸,但化学评分均在 0.82 以上,与麦瑞加拉鲮差异不显著($P > 0.05$)。对比麦瑞加拉鲮对鳊蛋白质中必需氨基酸的化学评分,精氨酸和组氨酸最高,分别为 1.17 ± 0.00 和 1.06 ± 0.08 ,为非限制性氨基酸;最低的为苯丙氨酸,化学评分为 0.82 ± 0.13 ,

为第一限制性氨基酸;其余的必需氨基酸虽为限制性氨基酸,但化学评分均在 0.87 以上。

3 讨论

鱼类的化学成分由水分、蛋白质、脂肪、糖类、灰分、维生素和矿物质等营养物质组成,而能量密度是衡量鱼体能量储备水平的重要指标,一道用于鱼类营养及生长状况的评价^[8-10]。同样,赤眼鲟、麦瑞加拉鲮和鳊也由这些营养物质组成,本研究中,这3种鱼的营养物质和能量密度含量不同,这是由于鱼类种类之间种的遗传差异

所造成。即使同种鱼类,也因受营养状况、水温、季节、生殖活动、洄游、个体大小和生长阶段等因素的影响,其化学组成和能量密度也不尽相同^[2, 10-14]。

鱼类的生长实质是摄入的营养物质和能量在鱼体内代谢、转化和沉积,通常与蛋白质、糖类、脂肪和能量等密切相关,且脂肪和能量对昂贵的蛋白质有节约效果^[9]。本研究中,赤眼鲮和麦瑞加拉鲮的水分比鳊低、蛋白质和能量密度比鳊高,但赤眼鲮的脂肪和能量密度比麦瑞加拉鲮更高、灰分更低,说明了这两种饵料鱼均能为鳊提供更多的营养物质和更高的能量,但赤眼鲮对鳊的营养价值比麦瑞加拉鲮更高。

除上述营养成分外,氨基酸也是鱼类生长、繁殖、代谢等生理活动重要的营养物质,蛋白质营养的实质是氨基酸营养,取决于必需氨基酸的组成和含量,其营养价值的评定多采用生物评价法,评价指标有蛋白质效率、净蛋白质效率、生物价和净蛋白质利用率等^[9, 15]。由于鱼类是生活在水中的变温动物,测定方法繁琐,且易受环境因子干扰,因此,采用化学方法如必需氨基酸指数、化学评分法也不失为一种快速、有效的方法。

本研究中,3种鱼的全鱼和蛋白质中的氨基酸组成比例不同,这也是鱼类种类之间种的遗传差异造成的。对比赤眼鲮、麦瑞加拉鲮与鳊全鱼蛋白质中必需氨基酸含量,大部分必需氨基酸均低于鳊,为限制性必需氨基酸,说明这些必需氨基酸是不能满足鳊生长需要的,其结果会导致饵料系数增加,这也是为什么鳊养殖生产中饵料系数需要4.0~6.0的原因之一。但是,赤眼鲮和麦瑞加拉鲮的EAAI分别高达92.56%±2.31%和93.17%±0.36%,说明这两种饵料鱼的必需氨基酸组成与鳊的必需氨基酸组成的拟合程度较高,在有名锤形石首鱼(*Atractoscion nobilis*)中也研究证实,其生长与饲料蛋白质的EAAI之间有明显的正相关^[13],按照EAAI的评价标准^[11],86%<EAAI≤95%,属于良好蛋白源。

本研究基于营养价值评价得出,赤眼鲮的脂肪含量和能量密度均比麦瑞加拉鲮高、灰分更低,蛋白质、脂肪含量和能量密度均比鳊高、水分和灰分更低,EAAI表明必需氨基酸组成平衡,赤眼鲮对鳊具有较高的营养价值,以赤眼鲮代替麦瑞加拉鲮养殖鳊是可行的。实践中搭配投喂一

些组氨酸和苯丙氨酸含量较高的饵料鱼,有利于提高鳊的养殖效果。本研究结果为鳊反季节养殖开辟了新的饵料鱼途径,对转变鳊养殖方式有参考意义。

参考文献:

- [1] 叶金明, 吴建开, 杨显祥, 等. 麦鲮和赤眼鲮作为鳊鱼养殖配套饵料鱼适宜性的评价[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(4): 569-574.
YE J M, WU J K, YANG X X, et al. Evaluation of suitability of *Squaliobarbus curriculus* and *Cirrhinus mrigala* as food fish for Mandarin fish farming [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(4): 569-574.
- [2] 王志铮, 施建军, 吕敢堂, 等. 受短期饥饿胁迫下麦瑞加拉鲮鱼(*Cirrhina mrigola*)幼鱼的生长、肌体组分及其内脏消化酶活力的变化特征[J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(3): 218-224.
WANG Z Z, SHI J J, LYU G T, et al. Development, Biochemical composition and digestive enzyme activity of juvenile *Cirrhina mrigala* under short-term starvation [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2006, 37(3): 218-224.
- [3] 叶星, 刘家照. 麦瑞加拉鲮与鳊的养殖效果及抗寒能力和肌肉营养成分的比较[J]. 中国水产科学, 1999, 6(4): 126-128.
YE X, LIU J Z. Comparisons of culture effects, cold-resistance and nutrient contents in muscles between *Cirrhinus mrigala* and *C. molitorella* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1999, 6(4): 126-128.
- [4] 许郑超, 李彩娟, 张振早, 等. 以赤眼鲮为主的梭鲈饵料鱼配套技术[J]. 科学养鱼, 2016(2): 67-68.
XU Z C, LI C J, ZHANG Z Z, et al. Supporting techniques of Sander lucioperca based on *Squaliobarbus curriculus* as bait fish [J]. Scientific Fish Farming, 2016(2): 67-68.
- [5] 刘君, 金殿凯, 韩克清, 等. 池塘鳊鱼反季节生态养殖技术初探[J]. 科学养鱼, 2018(2): 45-46.
LIU J, JIN D K, HAN K Q, et al. Preliminary study on anti-seasonal ecological culture techniques of mandarin fish in pond [J]. Scientific Fish Farming, 2018(2): 45-46.
- [6] 叶金明, 黄桂铭. 翘嘴鳊反季节人工繁殖及苗种培育试验[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(4): 513-517.
YE J M, HUANG G M. Test of anti-season artificial propagation and fry culture of mandarin fish [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(4): 513-517.
- [7] 叶金明, 吴建开, 丛宁, 等. 翘嘴鳊一年三次人工繁殖及苗种培育试验[J]. 水产养殖, 2015, 36(3): 5-9.
YE J M, WU J K, CONG N, et al. Test of three times a year artificial propagation and fry culture of Mandarin fish [J]. Journal of Aquaculture, 2015, 36(3): 5-9.
- [8] BRETT J R, GROVES T D D. Physiological energetics [J]. Fish Physiology, 1979, 8: 279-352.

- [9] 荻野珍吉. 鱼类营养和饲料[M]. 陈同铭, 黄小秋, 译. 北京: 海洋出版社, 1987: 127-153.
KANNNO. Fish nutrition and feed[M]. CHEN T M, HUANG X Q, trans. Beijing: China Ocean Press, 1987: 127-153.
- [10] 林小植, 陈蔚辉, 范汉金, 等. 韩江下游赤眼鲮幼鱼鱼体的化学组成及能量密度的研究[J]. 淡水渔业, 2011, 41(2): 25-29.
LIN X Z, CHEN W H, FAN H J, et al. The chemical composition and energy density of juvenile *Squaliobarbus curriculus* in the lower reaches of Hanjiang River [J]. Freshwater Fisheries, 2011, 41(2): 25-29.
- [11] 冯东勋, 赵保国. 利用必需氨基酸指数(EAAI)评价新饲料蛋白源[J]. 中国饲料, 1997(7): 10-13.
FENG D X, ZHAO B G. Evaluation of new feed protein sources using essential amino acid index (EAAI) [J]. Chinese Feed, 1997(7): 10-13.
- [12] 王军辉, 谢小军. 瓦氏黄颡鱼不同季节鱼体的化学组成及能量密度预测模型[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 122-129.
WANG J H, XIE X J. The chemical compositions and models for predicting energy density in *Pelteobagrus vachellii* different seasons[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(1): 122-129.
- [13] LÓPEZ L M, DURAZO E, VIANA M T, et al. Effect of dietary lipid levels on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass, *Atractoscion nobilis*[J]. Aquaculture, 2009, 289(1/2): 101-105.
- [14] SINGH R K, DESAI A S, CHAVAN S L, et al. Effect of water temperature on dietary protein requirement, growth and body composition of Asian catfish, *Clarias batrachus* fry[J]. Journal of Thermal Biology, 2009, 34(1): 8-13.
- [15] WILSON R P, HALVER J E. Protein and amino acid requirements of fishes [J]. Annual Review of Nutrition, 1986, 6: 225-244.

The chemical composition and energy density of *Squaliobarbus curriculus* and *Cirrhinus mrigala* with nutritional value to *Sinaperca chuatsi*

YE Jinming¹, WU Jiankai², SUN Longsheng³, WANG Dezhong², YAN Hui¹, YANG Xianxiang¹, XU Hanlian⁴, DONG Tonghu⁵

(1. Yangzhou City Fisheries Technical Guidance Station, Yangzhou 225101, Jiangsu, China; 2. Sheyang Kangyu Fisheries Technology Co., Ltd, Sheyang 224300, Jiangsu, China; 3. College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu, China; 4. Sheyang Fisheries Technology Promotion Center, Sheyang 224300, Jiangsu, China; 5. Yangzhou Dong's Special Aquatic Products Co., Ltd, Gaoyou 225634, Jiangsu, China)

Abstract: In order to evaluate nutritional value of *Squaliobarbus curriculus* and *Cirrhinus mrigala* to *Sinaperca chuatsi*, chemical components were determined and energy density were estimated in *S. curriculus* with body weight of (5.27 ± 1.03) g, *C. mrigala* (5.05 ± 1.21) g and *S. chuatsi* (5.19 ± 0.92) g, to explore the feasibility of replacing *C. mrigala* with *S. curriculus* in *S. chuatsi* culture. The results showed that protein content of whole fish in *S. curriculus* and *C. mrigala* was significantly higher and moisture content was significantly lower than that of *S. chuatsi* ($P < 0.05$). The essential amino acid indexes of the two fishes reached $92.56\% \pm 2.31\%$ and $93.17\% \pm 0.36\%$, respectively. Chemical score of most essential amino acids were higher than 0.84. Fat content and energy density of *S. curriculus* were significantly higher than those of *C. mrigala* and *S. chuatsi*, and ash content was significantly lower than that of *C. mrigala* ($P < 0.05$). It indicated that the two fishes had high nutritional value to *S. chuatsi*, but *S. curriculus* showed higher nutritional value than *C. mrigala*. It is feasible to use *S. curriculus* to replace *C. mrigala* in *S. chuatsi* culture, which provides a reference to transform culture methods in *S. chuatsi*.

Key words: *Squaliobarbus curriculus*; *Cirrhinus mrigala*; *Sinaperca chuatsi*; chemical composition; energy density; nutritional value