

大规模花鲈对饲料中缬氨酸的需求量研究

■ 卫育良^{1,2} 窦秀丽¹ 梁萌青^{1,2*} 徐后国^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东青岛 266237)

摘要: 试验旨在研究大规模花鲈饲料缬氨酸的需求量。配制饲料缬氨酸水平为1.12%、1.54%、1.96%、2.28%、2.54%和2.87%的6组饲料, 将初重(182.33±1.08) g的花鲈随机放入18个网箱(分为6组, 每组3个重复)进行10周的养殖试验。结果表明, 末重、增重率、特定生长率和饲料效率随饲料缬氨酸的升高呈先升高后降低的趋势, 最高点在1.96%组。摄食率、蛋白质效率和蛋白质沉积率随饲料缬氨酸的增加呈先升高后趋于平缓的趋势。饲料缬氨酸水平对鱼体组成及肌肉必需氨基酸含量无显著影响($P>0.05$)。肝脏谷草转氨酶和谷丙转氨酶的活性随饲料缬氨酸的升高呈先升高后降低的趋势。本试验条件下, 以特定生长率和饲料效率为评价指标, 大规模花鲈饲料缬氨酸的需求量为2.14%~2.17%饲料干物质(5.07%~5.14%饲料蛋白)。

关键词: 花鲈; 缬氨酸; 生长; 饲料利用; 营养需求

doi:10.13302/j.cnki.fi.2021.08.008

中图分类号:S815.1

文献标识码:A

文章编号:1001-991X(2021)08-0047-07

Nutrient Requirement of Valine in Large-sized Japanese Seabass

WEI Yuliang^{1,2} DOU Xiuli¹ LIANG Mengqing^{1,2*} XU Houguo^{1,2}

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shandong Qingdao 266071, China; 2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Shandong Qingdao 266237, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate dietary valine requirement for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). Six isonitrogenous and isolipidic experimental diets were formulated to contain graded valine levels (1.12%, 1.54%, 1.96%, 2.28%, 2.54% and 2.87% dry matter of diet). Large-sized Japanese seabass [initial weight (182.33±1.08) g] were reared in sea cages and fed for 10 weeks. Fish were randomly allotted into 18 sea cages (6 treatments with 3 replicates). Final body weight, weight gain, specific growth rate

作者简介: 卫育良, 博士, 助理研究员, 研究方向为水产动物营养与饲料。

通讯作者: 梁萌青, 博士, 研究员。

收稿日期: 2021-03-01

基金项目: 国家自然科学基金[31672663、31902387、31972803]; 中国水产科学院基本科研业务费[2020TD48]; 农业公益性行业专项[201003020]

Research, 2015, 34(8):661-666.

- [25] 邱金海, 杨清山, 林星. 饲料中不同的蛋白质水平对黄姑鱼生长性能的影响[J]. 现代农业科技, 2016(8):235-237.
- [26] 白燕, 王维新, 迟进坤. 黄粉虫粉对幼刺参生长、消化和免疫力的影响[J]. 饲料研究, 2012(11):59-62.
- [27] 李宁, 冉学文, 熊晓莉. 黄粉虫主要活性物质的提取研究进展[J]. 应用化工, 2019, 48(3):704-708.
- [28] 张莉莎, 张建新, 欧晓峰, 等. 黄粉虫抗氧化活性肽的分离纯化研究[J]. 食品科学, 2009, 30(22):180-183.
- [29] 杨蕾. 黄酮类化合物在反刍动物营养上的研究进展[J]. 家畜生态学报, 2019, 40(2):8-12.

- [30] 张洪利, 康大力. 抗氧化肽的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2):660-661, 664.
- [31] 汪璇. 黄粉虫黄酮提取、分离及抗氧化性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [32] 胡海滨, 刘金桃, 李彦先, 等. 饲料中大豆黄酮对大菱鲆生长、消化酶活力、抗氧化力及肠道结构的影响[J]. 水产学报, 2014, 38(9):1503-1513.
- [33] 杨继华, 陈冰, 黄燕华, 等. 饲料中添加桑叶黄酮对吉富罗非鱼生长性能、体成分、抗氧化指标及抗亚硝酸盐应激能力的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(9):3403-3412.

(编辑: 沈桂宇, guiyush@126.com)

(SGR) and feed efficiency (FE) firstly increased and then decreased with dietary valine level, and reached the highest value when experimental diets contained 1.96% valine dry matter of diet. Feed intake (FI), protein efficiency ratio (PER) and protein productive value (PPV) increased at first and then changed to be steady with the increase of dietary valine. Whole body composition and essential amino acid concentrations of muscle were not affected by graded levels of dietary valine. Aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase in liver firstly increased and then decreased with dietary valine level. Our data indicate that optimum dietary valine requirements of Japanese seabass are estimated to be 2.14%–2.17% dry matter of diet (5.07%–5.14% of dietary protein) based on SGR and FE.

Key words: Japanese seabass; valine; growth; feed utilization; nutrient requirement

缬氨酸是一种重要的支链氨基酸,不但参与体内蛋白质的组成,而且参与蛋白质的合成与分解代谢^[1]。作为鱼类的10种必需氨基酸之一,之前的研究表明,饲料中缬氨酸不足,会显著影响尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)^[2]、美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)^[3]、团头鲂(*Megalobrama amblycephala* Yih, 1955)^[4]、草鱼(*Ctenopharyngodon idella Valenciennes*)^[5]等鱼类的生长,表明饲料中适宜的缬氨酸水平对鱼类生长具有重要意义。但是,这些研究主要集中在小规格的鱼苗及鱼种阶段,即鱼的初重小于50 g,对于体重超过100 g的大规格鱼育成阶段的氨基酸需求研究较少。姚林杰等^[6]研究发现,即使摄食配方相同的饲料,在不同生长阶段,团头鲂肌肉所含的包括缬氨酸在内的必需氨基酸含量也有差异,并据此推测鱼类在不同生长阶段,对饲料必需氨基酸的需求不同。这一推测在斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)上得到证实,王学武^[7]的研究表明,22 g的小规格斜带石斑鱼对赖氨酸的需求量为3.04%饲料干物质(6.33%饲料蛋白),而102 g的大规格斜带石斑鱼对赖氨酸的需求量则为2.61%饲料干物质(5.8%饲料蛋白),同样的,在蛋氨酸上,也发现不同规格的斜带石斑鱼必需氨基酸需求量不同。这表明,要构建鱼类精准的氨基酸营养需求数据库,不但要考虑小规格苗种阶段的缬氨酸需求量,还需要考虑大规格养成阶段的需求量。

花鲈(*Lateolabrax japonicus*)在我国南北方均有养殖,是一种重要的海水养殖鱼类,其缬氨酸的需求量已在初重8 g的小规格上进行研究^[8]。因此,本试验拟以(182.33±1.08) g的大规格花鲈为研究对象,通过摄食生长试验,进一步研究大规格花鲈的缬氨酸需求量,以期获得花鲈精准的缬氨酸需求数据,为花鲈商

品饲料的研发提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验配制6组粗蛋白质约为42%、粗脂肪约为7.5%的等氮等脂的基础饲料(见表1)。基础饲料的完整蛋白以鱼粉、玉米蛋白和明胶为蛋白源,剩余蛋白以混合晶体氨基酸补充,其中,晶体必需氨基酸的添加以花鲈实际体蛋白换算成43%蛋白所含的必需氨基酸含量为参考^[8],使除缬氨酸以外的其他必需氨基酸达到鱼体最适需求量(见表2)。然后,分别向基础饲料中添加0、0.40%、0.80%、1.20%、1.60%和2.00%晶体缬氨酸,以谷氨酸作为等氮替代物。为减少添加过量晶体氨基酸引起饲料pH值减小,制备过程中用6 mol/L的NaOH进行pH调节,然后制成直径为5 mm的颗粒饲料,于55℃下烘干保存,并取样测定每组饲料的缬氨酸含量,测定结果分别为1.12%、1.54%、1.96%、2.28%、2.54%和2.87%饲料干物质。

1.2 试验鱼及饲养管理

本试验选择初重(182.33±1.08) g规格的花鲈为养殖对象,在浙江省宁波市象山港湾水产苗种有限公司进行养殖试验。试验开始前,将花鲈放入体积为(3 m×6 m×3 m)的海水浮式网箱中先进行2周的暂养。然后,将花鲈随机放入体积为(1.5 m×1.5 m×2.0 m)的网箱中,试验分为6个处理组,每个处理组设3个重复,每个网箱放入18尾鱼,进行为期10周的养殖试验。试验期间,每天06:00和18:00喂鱼,海水温度在25~30℃,盐度在19~22,pH值7.2~7.5,溶解氧含量大约在7 mg/L。

1.3 样品采集及生化指标测定

1.3.1 样品采集

表1 饲料配方组成及其营养水平(干物质)

项目	饲料赖氨酸水平(%干物质)					
	1.12	1.54	1.96	2.28	2.54	2.87
原料组成(%)						
玉米蛋白	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
鱼粉	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
明胶	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
糊精	15.45	15.45	15.45	15.45	15.45	15.45
鱼油	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
豆油	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
卵磷脂	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
混合必需氨基酸	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16
混合非必需氨基酸	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28
维生素和矿物质混合物	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
诱食剂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
微晶纤维素	15.51	15.51	15.51	15.51	15.51	15.51
谷氨酸	3.60	3.20	2.80	2.40	2.00	1.60
缬氨酸	0	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平						
粗蛋白质(%)	41.32	42.12	42.31	42.25	42.60	42.89
粗脂肪(%)	7.88	7.63	7.74	7.67	6.98	7.70
灰分(%)	2.68	2.77	2.68	2.76	2.72	2.90
水分(%)	9.80	9.28	9.27	9.25	9.44	9.30
能量(kJ/g)	21.14	21.12	21.17	21.14	21.01	21.16

- 注:1. 混合必需氨基酸中每种氨基酸占饲料的百分含量(%):精氨酸1.32、异亮氨酸1.03、亮氨酸0.57、赖氨酸2.35、蛋氨酸0.74、苯丙氨酸0.34、苏氨酸0.78、组氨酸0.03;
2. 混合非必需氨基酸中每种氨基酸占饲料的百分含量(%):天冬氨酸2.36、丝氨酸0.35、甘氨酸0.63、丙氨酸0.51、酪氨酸0.43;
3. 维生素和矿物质混合物向每千克饲料提供:核黄素45 mg、硫胺素25 mg、VK₃ 10 mg、肌醇800 mg、盐酸吡哆醇20 mg、VB₁₂ 0.1 mg、泛酸60 mg、生物素1.20 mg、VA 32 mg、VD 5 mg、烟酸200 mg、叶酸20 mg、VE 120 mg、次粉18.67 g、碘化钾0.8 mg、氟化钠2 mg、硫酸铁80 mg、硫酸锌50 mg、CoCl₂·6H₂O 50 mg、CuSO₄·5H₂O 10 mg、MnSO₄ 1 200 mg、NaCl 100 mg、Ca(H₂PO₄)₂ 3 000 mg、沸石粉15.51 g;
4. 诱食剂:由青岛玛斯特生物技术有限公司提供。

表2 饲料中氨基酸组成分析(% 干物质)

项目	43%鱼体蛋白	饲料赖氨酸水平(%干物质)					
		1.12	1.54	1.96	2.28	2.54	2.87
精氨酸(Arg)	2.58	2.57	2.56	2.54	2.56	2.56	2.53
组氨酸(His)	0.55	0.56	0.57	0.56	0.54	0.55	0.54
异亮氨酸(Ile)	1.78	1.78	1.78	1.75	1.78	1.78	1.78
亮氨酸(Leu)	3.02	3.01	3.02	3.05	3.02	3.03	3.02
赖氨酸(Lys)	3.36	3.18	3.19	3.18	3.18	3.19	3.18
蛋氨酸(Met)	1.22	1.19	1.19	1.24	1.24	1.22	1.25
苯丙氨酸(Phe)	1.51	1.52	1.51	1.55	1.51	1.53	1.55
苏氨酸(Thr)	1.60	1.50	1.50	1.47	1.48	1.44	1.48
缬氨酸(Val)	2.01	1.12	1.54	1.96	2.28	2.54	2.87
天冬氨酸(Asp)	4.01	3.95	3.99	3.93	3.98	3.94	3.95
丝氨酸(Ser)	1.44	1.37	1.39	1.40	1.41	1.37	1.36
甘氨酸(Gly)	2.87	2.89	2.92	2.88	2.88	2.86	2.92
丙氨酸(Ala)	2.55	2.57	2.58	2.55	2.54	2.54	2.55
胱氨酸(Cys)	0.24	0.24	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24
酪氨酸(Tyr)	1.21	1.18	1.19	1.20	1.14	1.08	1.16
谷氨酸(Glu)	6.60	7.46	7.02	6.72	6.31	5.81	5.38

养殖试验开始时,随机挑选5尾花鲈作为初始鱼,保存在-20℃冰箱,用于鱼体成分分析。养殖试验结束后,饥饿24 h,对每个网箱的鱼称重和记数,用

于生长性能相关指标的测定。然后,随机从每个养殖网箱中取3尾花鲈,取肌肉和肝脏,用液氮速冻后保存于-80℃冰柜,用于后续氨基酸及酶活性分析。最后,每个网箱再取4尾花鲈,保存在-20℃冰箱中,用于鱼体成分分析。

1.3.2 生化指标分析

饲料和全鱼样品的水分、粗蛋白质、粗脂肪和灰分测定。用105℃的烘箱将饲料和全鱼样品烘干至恒重,湿重法计算样品的水分含量;用凯氏定氮法测定样品的粗蛋白质含量(VELP UDK142 automatic distillation unit,意大利);用索氏抽提法测定样品的粗脂肪含量(FOSS 索氏抽提仪 SOXTEC 2050,瑞典);灰分含量,先进行炭化,后用马弗炉进行灰化测得。

饲料及肌肉氨基酸含量测定。根据饲料及肌肉蛋白质含量,称取适量的样品,用6 mol/L的HCl在110℃下水解22~24 h后,用氨基酸分析仪测定(日立L-8900型氨基酸分析仪,日本)。

肝脏谷草转氨酶(AST)和谷丙转氨酶(ALT)酶活性测定采用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒。肝脏谷草转氨酶活性测定采用谷草转氨酶测试盒(C010-2-1);肝脏谷丙转氨酶活性检测采用谷丙转氨酶测试盒(赖氏法,C009-2-1)。

1.4 计算方法及统计分析方法

成活率(SR,%)=100× N_t/N_0

增重率(WGR,%)=100× $(W_t-W_0)/W_0$

摄食率(FI,%/d)=100× $W/[T\times(W_t+W_0)/2]$

特定生长率(SGR,%/d)=100× $(\ln W_t-\ln W_0)/T$

饲料效率(FE)=(W_t-W_0)/ W

蛋白质效率(PER,%)=100× $(W_t-W_0)/(W\times P)$

蛋白质沉积率(PPV,%)=100× $(W_t\times P_t-W_0\times P_0)/(W\times P)$

式中: N_0 、 N_t ——初始鱼数量和终末鱼数量;

W 、 W_0 、 W_t ——摄食的饲料干物质重、初始鱼体重和终末体重(g);

P 、 P_0 、 P_t ——饲料粗蛋白、初始鱼体粗蛋白和终末鱼体粗蛋白含量(g);

T ——试验天数(d)。

所得试验数据采用“平均值±标准差”表示,采用SPSS19.0分析软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),当差异达到显著($P<0.05$)水平时,用Duncan's进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 饲料缬氨酸水平对花鲈生长及饲料利用的影响 (见表3)

表3 饲料不同缬氨酸水平对花鲈生长性能的影响

项目	饲料缬氨酸水平(干物质)					
	1.12	1.54	1.96	2.28	2.54	2.87
初重(IW, g)	182.33±1.08	181.97±2.91	183.27±0.55	183.87±1.20	184.00±0.36	183.77±0.98
末重(FW, g)	291.09±2.94 ^a	316.6±1.44 ^d	352.53±1.45 ^e	336.0±4.54 ^b	334.4±3.04 ^b	322.22±2.22 ^c
成活率(SR, %)	96.30±6.41	88.89±5.56	92.59±6.41	90.74±8.48	85.18±3.20	85.18±3.20
增重率(WGR, %)	59.22±2.38 ^c	74.50±2.09 ^d	92.36±0.85 ^e	82.78±1.95 ^b	81.74±1.60 ^b	75.35±0.88 ^d
特定生长率(SGR, %/d)	0.67±0.02 ^e	0.79±0.20 ^c	0.93±0.06 ^a	0.86±0.02 ^b	0.85±0.02 ^b	0.80±0.02 ^d
摄食率(FI, %/d)	1.11±0.02 ^b	1.24±0.05 ^a	1.25±0.06 ^a	1.23±0.04 ^b	1.23±0.05 ^b	1.23±0.06 ^c
饲料效率(FE)	0.59±0.03 ^d	0.62±0.02 ^d	0.72±0.03 ^a	0.68±0.01 ^b	0.67±0.02 ^b	0.63±0.03 ^c
蛋白质效率(PER, %)	1.65±0.07 ^c	1.89±0.04 ^b	2.09±0.08 ^a	2.01±0.03 ^b	2.08±0.03 ^a	2.01±0.10 ^c
蛋白质沉积率(PPV, %)	29.483±1.11 ^a	33.86±0.72 ^b	37.44±1.53 ^a	35.58±0.63 ^b	36.77±0.50 ^a	36.09±1.84 ^a

注:同行数据肩标不同小写字母表示显著差异($P<0.05$),相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$);下表同。

由表3可知,饲料中不同的缬氨酸水平影响了花鲈的末重、增重率、特定生长率、摄食率、饲料效率、蛋白质效率和蛋白质沉积率。其中,末重、增重率和特定生长率这三个直接反映生长的指标随饲料缬氨酸的增加变化趋势一致,均表现为随着饲料缬氨酸的升高呈先升高后降低的趋势,且最高点出现在缬氨酸水平为1.96%组。以特定生长率为评价指标,进行二次曲线拟合($y=-0.2104x^2+0.9137x-0.0979$, $R^2=0.9051$),得到初重(182.33±1.08)g规格的花鲈缬氨酸的最适需求量为2.17%饲料干物质,占饲料蛋白的5.14%(图1)。摄食率、蛋白质效率和蛋白质沉积率均随着饲料缬氨酸水平的升高呈先升高后趋于平缓的趋势,摄食率在缬氨酸为1.54%组出现拐点,蛋白质效率和蛋白质沉积率与特定生长率等指标一致,在1.96%组出现拐点。此外,饲料效率也随着饲料缬氨酸的升高呈先升高后降低的趋势,且在缬氨酸为1.96%组出现最大值,以饲料效率为评价指标,再次进行二次曲线拟合($y=-0.1117x^2+$

$0.4784x+0.1802$, $R^2=0.8211$),得到花鲈缬氨酸最适需求量为2.14%,占饲料蛋白的5.07%(图2)。

2.2 饲料缬氨酸水平对花鲈体组成的影响 (见表4)

由表4可知,花鲈鱼体水分含量在65.95%~68.64%之间,粗蛋白质含量在16.94%~17.60%之间,粗脂肪含量在8.60%~9.42%之间,粗灰分含量在4.05%~5.25%之间,但饲料不同缬氨酸水平对鱼体水分、粗蛋白质、粗脂肪和灰分均无显著影响($P>0.05$)。

2.3 饲料缬氨酸水平对花鲈肌肉必需氨基酸组成的影响 (见表5)

由表5可知,饲料缬氨酸水平的增加对肌肉中的缬氨酸含量无显著影响($P>0.05$)。同样的,除缬氨酸以外的肌肉其他必需氨基酸含量也不受饲料缬氨酸水平变化的影响($P>0.05$)。

2.4 饲料缬氨酸水平对花鲈肝脏转氨酶活性的影响 (见表6)

由表6可知,饲料缬氨酸水平影响了花鲈肝脏谷

草转氨酶和谷丙转氨酶的活性,且这两个转氨酶活性均随着饲料缬氨酸水平的升高呈现先升高后降低的

变化趋势,在缬氨酸水平为1.96%组出现最高值,显著高于其他各处理组($P<0.05$)。

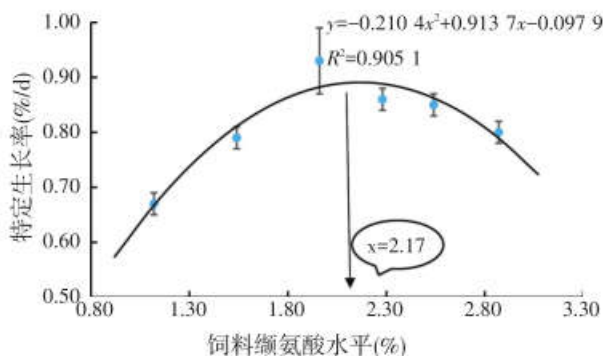


图1 饲料中不同水平缬氨酸对花鲈特定生长率的影响

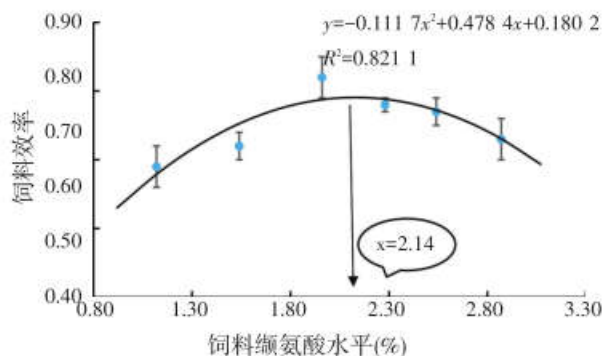


图2 饲料中不同缬氨酸水平对饲料效率的影响

表4 饲料不同缬氨酸水平对花鲈体组成的影响(%)

项目	饲料缬氨酸水平(%干物质)					
	1.12	1.54	1.96	2.28	2.54	2.87
水分	67.67±1.98	66.11±1.12	65.95±0.95	68.64±1.53	66.60±1.72	66.24±1.13
粗蛋白质	16.94±0.59	17.04±0.75	17.11±0.31	16.96±0.52	17.60±0.79	17.07±0.27
粗脂肪	8.69±0.19	9.42±0.62	9.06±0.72	8.96±0.73	8.96±0.77	8.60±0.48
灰分	4.63±0.37	4.85±0.38	4.05±0.78	4.95±0.41	5.25±0.69	4.69±0.64

表5 饲料不同水平缬氨酸对花鲈肌肉必需氨基酸组成的影响(%肌肉蛋白)

项目	饲料缬氨酸水平(%干物质)					
	1.12	1.54	1.96	2.28	2.54	2.87
精氨酸(Arg)	4.52±0.32	4.62±0.39	4.73±0.27	4.97±0.33	4.67±0.25	4.44±0.08
组氨酸(His)	1.57±0.11	1.66±0.10	1.74±0.13	1.73±0.09	1.76±0.13	1.82±0.11
异亮氨酸(Ile)	3.14±0.01	3.16±0.03	3.15±0.10	3.14±0.00	3.14±0.01	3.14±0.01
亮氨酸(Leu)	5.41±0.08	5.69±0.59	5.37±0.11	5.38±0.04	5.34±0.05	5.38±0.10
蛋氨酸(Met)	1.99±0.13	2.06±0.11	2.07±0.07	2.11±0.04	2.13±0.00	2.12±0.04
苯丙氨酸(Phe)	3.09±0.28	3.17±0.02	3.14±0.05	3.13±0.06	3.30±0.35	3.14±0.03
赖氨酸(Lys)	6.21±0.18	6.33±0.14	6.41±0.03	6.48±0.01	6.47±0.17	6.38±0.02
缬氨酸(Val)	3.21±0.05	3.25±0.05	3.25±0.05	3.25±0.04	3.26±0.05	3.25±0.03
苏氨酸(Thr)	3.14±0.04	3.16±0.04	3.16±0.06	3.19±0.01	3.17±0.04	3.16±0.03

表6 饲料缬氨酸水平对花鲈肝脏转氨酶活性的影响(U/g prot.)

项目	饲料缬氨酸水平(%干物质)					
	1.12	1.54	1.96	2.28	2.54	2.87
谷草转氨酶(AST)	10.61±0.25 ^d	12.46±0.07 ^h	14.43±0.20 ^a	11.95±0.06 ^c	10.82±0.26 ^d	9.61±0.30 ^e
谷丙转氨酶(ALT)	27.16±0.11 ^d	30.66±0.12 ^e	35.64±0.50 ^a	33.31±0.34 ^b	30.85±0.02 ^c	27.36±0.77 ^f

3 讨论

饲料中植物蛋白替代鱼粉,通常会引引起某一种或几种必需氨基酸缺乏,因此,研究鱼类氨基酸的适宜需求量,是获得鱼类最佳生长所需理想蛋白质模型的基础^[9-10],同时,也可以为商业饲料的配方设计提供指导。对于花鲈,目前已开展赖氨酸^[11]、亮氨酸^[8]、异亮氨酸^[8]、缬氨酸^[8]、组氨酸^[8]、苯丙氨酸^[12]、苏氨酸^[12-13]、色氨酸^[14]等多种必需氨基酸需求研究,其中,缬氨酸的

研究是基于8 g的小规格苗种阶段的研究,而对初重超过100 g的大规格养成阶段缺乏研究,因此,为进一步完善花鲈的缬氨酸需求量,本试验聚焦在初重为(182.33±1.08) g大规格花鲈的缬氨酸需求量研究。

生长结果表明,饲料中不同水平的缬氨酸影响了花鲈的末重、增重率、特定生长率、摄食率、饲料效率、蛋白质效率和蛋白质沉积率,这进一步说明研究大规格花鲈缬氨酸需求量对生长和饲料利用具有重要意

义。本试验以生长最具有代表性的指标特定生长率和饲料利用最具代表性的指标饲料效率分别进行二次曲线拟合,得到初重(182.33 ± 1.08) g的大规格花鲈缬氨酸最适需求量分别为2.17%饲料干物质(5.14%饲料蛋白)和2.14%(5.07%饲料蛋白),这一结果与同样以特定生长率和饲料效率为评价指标得到8 g小规格花鲈缬氨酸的需求量2.11%饲料干物质(5.02%饲料蛋白)的结果接近^[8]。通常规格越大的鱼类,如大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)、斜带石斑鱼等对饲料蛋白质的需求量越低^[15-16],同时,在团头鲂的研究上还发现,摄食同一配方饲料,规格越大,肌肉蛋白的必需氨基酸含量越低^[6],而氨基酸是组成蛋白质的基本单位,因此,理论上规格越大的鱼类,对必需氨基酸的需求量越低,并且,这一理论在不同规格斜带石斑鱼赖氨酸和蛋氨酸需求量的研究中得到验证^[7]。但是,本试验的研究结果却与规格越大,必需氨基酸需求量越低的理论相矛盾,其可能的原因有两点:其一,这一理论与鱼的种类有关,例如,尽管赖氨酸在斜带石斑鱼上随着初重规格增大而需求量降低,但在团头鲂上,却发现赖氨酸需求量随着初重规格增大而升高^[7];其二,与所研究的具体氨基酸有关,因为组成鱼体蛋白质的必需氨基酸有10种,鱼的规格越大,对饲料蛋白的需求量越低,不能代表每种氨基酸的需求量一定也跟着降低,如同一种花鲈,对缬氨酸需求量在不同规格之间接近,对异亮氨酸的需求量随规格的增大而降低^[8,14],对组氨酸和亮氨酸需求量则随着规格的增大升高^[8,13-14]。这种因鱼和必需氨基酸的种类不同,相应的需求量在不同规格有明显不同的结果,暗示在设计不同规格鱼的饲料配方时,必需氨基酸需求量不能仅仅根据“规格越大,氨基酸需求量越低”来设计,而是需要依据每种鱼对应必需氨基酸的试验结果进行合理的调整。

此外,本试验还发现,末重、增重率、特定生长率和饲料效率均随着饲料缬氨酸的增加呈先升高后降低的变化趋势,其原因可能是支链氨基酸的亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸在鱼体内存在颞颥效应,即支链氨基酸在肠道中的转运吸收过程共用相同的转运载体,这导致过量的缬氨酸会与其他支链氨基酸发生转运载体的竞争性抑制,导致氨基酸吸收不平衡,降低对支链氨基酸的利用效率。同时,支链氨基酸在分解过程中,也会共用支链酮酸脱氢酶,导致过量的缬氨酸与其他支链氨基酸在氧化分解过程中对支链酮酸脱氢酶产生竞争性抑制^[14,18-19]。除花鲈外,生长随饲料缬

氨酸的增加呈下降的趋势在南亚野鲮(*Labeo rohita*, Hamilton)^[20]、建鲤(*Cyprinus carpio* var. Jian)^[21]、草鱼^[5,22]、大黄鱼^[8]等鱼类上也发现。但团头鲂^[4]、真鲷(*Pagrus major*)^[23]、美国红鱼^[3]、尼罗罗非鱼^[2]等鱼类随着饲料缬氨酸的增加呈现先升高后趋于平缓的趋势,出现了不同的鱼类生长结果随饲料缬氨酸的增加呈现不同的响应,可能的原因是不同鱼类对饲料中过量缬氨酸引起的支链氨基酸颞颥作用耐受能力不同^[24]。

支链氨基酸(亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸)是组成哺乳动物肌肉蛋白的重要氨基酸,合计占肌肉蛋白的14%~18%^[18]。在本试验中,对肌肉支链氨基酸的测定也发现,花鲈的亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸占肌肉蛋白为11.76%~12.10%,尽管低于哺乳动物占肌肉蛋白的含量,但也是组成鱼类肌肉的重要氨基酸。本试验中,饲料缬氨酸含量的升高对肌肉缬氨酸的含量无显著影响。同时,亮氨酸和异亮氨酸这两个支链氨基酸在肌肉中的含量也没有随饲料缬氨酸的升高而产生差异,相似的结果在初重大约6.5 g的尼罗罗非鱼的研究上也发现^[2]。但是在印度鲤鱼(*Catla catla*)稚仔鱼的研究中发现,鱼体缬氨酸含量随着饲料缬氨酸的升高呈先升高后降低的变化趋势^[25],因此,猜测肌肉缬氨酸含量受饲料缬氨酸含量的影响可能与初始鱼的大小有关。另外,Mai等^[11]认为肌肉赖氨酸含量变化可以作为花鲈饲料氨基酸需求量的评价指标,这一理论在红鳍东方鲀的赖氨酸和蛋氨酸需求量的研究上得到验证^[26-27],但是这一理论在花鲈缬氨酸需求量的研究,特别是大规格花鲈缬氨酸需求量上,并没有得到进一步证明,这表明生长可能仍然是氨基酸需求量研究的重要指标,肌肉氨基酸含量变化只能是对生长结果的一种补充验证。

谷草转氨酶和谷丙转氨酶是氨基酸分解代谢中两个重要的氨基酸分解代谢相关酶,谷草转氨酶的作用是将天冬氨酸和 α -酮戊二酸催化生成谷氨酸和草酰乙酸。谷丙转氨酶的作用为将丙氨酸和 α -酮戊二酸催化生成谷氨酸和丙酮酸^[28-30]。在本试验中发现,肝脏的谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性均是随着饲料缬氨酸含量的升高出现先升高后降低的变化趋势,这与孙丽慧等^[5]在草鱼上发现的肝脏谷丙转氨酶活性随饲料缬氨酸含量的变化趋势一致。由于谷草转氨酶和谷丙转氨酶催化生成的草酰乙酸和丙酮酸可以进入三羧酸循环参与能量代谢,因此,谷草转氨酶和谷丙转氨酶在适量缬氨酸处理组活性升高,可能既表明肝脏中转氨酶活性的增强,也表明肝脏中能量代谢的活

性增强^[27],而这些代谢活性的增强,有利于花鲈的生长,因为出现这两种转氨酶活性随饲料缬氨酸的变化与生长的变化结果一致。

4 结论

在本试验条件下,初重为 (182.33 ± 1.08) g的大规格花鲈,以特定生长率和饲料效率为评价指标,根据二次曲线拟合得出,花鲈对饲料中缬氨酸的适需求量为2.14%~2.17%饲料干物质,占饲料蛋白5.07%~5.14%。

参考文献

- [1] SHIMOMURA Y, YAMAMOTO Y, BAJOTTO G, et al. Nutritional effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle[J]. The Journal of Nutrition, 2006, 136(2): 529-532.
- [2] XIAO W, LI D Y, ZHU J L, et al. Dietary valine requirement of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*[J]. Aquaculture Nutrition, 2018, 24: 315-323.
- [3] CASTILLO S, GATLIN III D M. Dietary requirements for leucine, isoleucine and valine (branched-chain amino acids) by juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*[J]. Aquaculture Nutrition, 2018a, 24: 1056-1065.
- [4] REN M C, HABTE-TSION H M, LIU B, et al. Dietary valine requirement of juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala* Yih, 1955)[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2015, 31(6): 1086-1092.
- [5] 孙丽慧,陈建明,沈斌乾,等. 草鱼鱼种对饲料中缬氨酸需求量的研究[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(6): 900-908.
- [6] 姚林杰,叶元土,蔡春芳,等. 饲料蛋白质脂肪比与不同生长阶段团头鲂全鱼蛋白质、脂肪含量及肌肉氨基酸、脂肪酸组成的关系[J]. 动物营养学报, 2014, 26(8): 2184-2196.
- [7] 王学武. 两个生长阶段斜带石斑鱼对赖氨酸和蛋氨酸最适需要量的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2014: 10-48.
- [8] 李燕. 鲈鱼和大黄鱼支链氨基酸与组氨酸营养生理的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010: 15-103.
- [9] HAULER R C, CARTER C G. Reevaluation of the quantitative dietary lysine requirements of fish[J]. Reviews in Fisheries Science, 2001, 9(3): 133-163.
- [10] DO NASCIMENTO T M T, MANSANO C F M, PERES H, et al. Determination of the optimum dietary essential amino acid profile for growing phase of Nile tilapia by deletion method[J]. Aquaculture, 2020, 523: 735204.
- [11] MAI K S, ZHANG L H, AI Q H, et al. Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*[J]. Aquaculture, 2006, 258(1/4): 535-542.
- [12] 何志刚. 大黄鱼(*Pseudosciaena crocea* R.)和鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)苏氨酸和苯丙氨酸营养生理研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008: 36-80.
- [13] 窦秀丽. 鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)、生长中后期缬氨酸、组氨酸和苏氨酸营养需求的研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2014: 21-47.
- [14] 路凯. 花鲈对亮氨酸、异亮氨酸和色氨酸需求量的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015: 16-63.
- [15] 林淑琴. 不同生长阶段大黄鱼的蛋白质和蛋/能比营养研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013: 11-38.
- [16] 杨俊江. 三个生长阶段斜带石斑鱼蛋白质、脂肪和碳水化合物需要量研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2014: 12-34.
- [17] 宋长友,任鸣春,谢骏,等. 不同生长阶段团头鲂的赖氨酸需要量研究[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(3): 396-405.
- [18] BROSNAN J T, BROSNAN M E. Branched-chain amino acids: enzyme and substrate regulation[J]. The Journal of Nutrition, 2006, 136(1): 207-211.
- [19] CASTILLO S, GATLIN III D M. Imbalanced dietary levels of branched-chain amino acids affect growth performance and amino acid utilization of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*[J]. Aquaculture, 2018b, 497: 17-23.
- [20] ABIDI S F, KHAN M A. Dietary valine requirement of Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton) fry[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2004, 20(2): 118-122.
- [21] DONG M, FENG L, KUANG S Y, et al. Growth, body composition, intestinal enzyme activities and microflora of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) fed graded levels of dietary valine[J]. Aquaculture Nutrition, 2013, 19(1): 1-14.
- [22] LUO L, WANG Y G, LI Q, et al. Research on dietary valine requirement of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2010, 22(3): 616-624.
- [23] RAHIMNEJAD S, LEE K J. Dietary valine requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major*[J]. Aquaculture, 2013, 416/417: 212-218.
- [24] HAN Y, HAN R, KOSHIO S, et al. Interactive effects of dietary valine and leucine on two sizes of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*[J]. Aquaculture, 2014, 432: 130-138.
- [25] ZEHRRA S, KHAN M A. Dietary valine requirement of fingerling *Catla*[J]. Journal of Applied Aquaculture, 2014, 26(3): 232-251.
- [26] 张庆功,梁萌青,徐后国,等. 红鳍东方鲀幼鱼对饲料中蛋氨酸需求的研究[J]. 渔业科学进展, 2019, 40(4): 1-10.
- [27] 张庆功,王建学,卫育良,等. 红鳍东方鲀幼鱼赖氨酸需求量的研究[J]. 动物营养学报, 2020, 32(2): 847-855.
- [28] BROSNAN M E, BROSNAN J T. Hepatic glutamate metabolism: a tale of 2 hepatocytes[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2009, 90(3): 857-861.
- [29] OWEN O E, KALHAN S C, HANSON R W. The key role of anaplerosis and cataplerosis for citric acid cycle function[J]. Journal of Biological Chemistry, 2002, 277(34): 30409-30412.
- [30] SOOKOIAN S, PIROLA C J. Alanine and aspartate aminotransferase and glutamine-cycling pathway: their roles in pathogenesis of metabolic syndrome[J]. World Journal of Gastroenterology, 2012, 18(29): 3775-3781.

(编辑:沈桂宇,guiyush@126.com)