

文章编号: 1674-5566(2026)01-0036-09

DOI: 10.12024/jsou.20241104710

野生和养殖绿鳍马面鲈机体营养成分比较分析

李浩轩^{1,2}, 叶正威^{1,2}, 张彦娇¹, 刘家豪², 马强², 卫育良², 梁萌青², 刘长琳², 徐后国²

(1. 中国海洋大学 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 海水养殖生物育种与可持续产出全国重点实验室, 山东 青岛 266071)

摘要: 为比较野生和养殖绿鳍马面鲈营养成分的异同, 以野生绿鳍马面鲈(体长 20.0~21.7 cm, 体质量 120.95~170.66 g)和养殖绿鳍马面鲈(体长 21.0~23.4 cm, 体质量 124.08~184.85 g)各 10 尾(每尾作为 1 个独立样本)为研究对象, 测定了形体指标、常规营养成分、脂肪酸和氨基酸并进行比较分析。研究表明: 养殖组的肝体比和脏体比显著高于野生组, 肥满度无显著差异。绿鳍马面鲈肌肉粗蛋白含量在 18.5%~20.2%(鲜质量), 粗脂肪含量在 0.8%~1.1%(鲜质量)。养殖组肌肉的粗蛋白和粗脂肪含量显著高于野生组, 水分含量无显著差异; 养殖组全鱼和肝脏的灰分含量显著低于野生组。养殖组和野生组全鱼脂肪酸组成相似。肌肉 DHA 和 EPA 含量(%总脂肪酸)分别在 20.2%~24.7% 及 11.4%~15.8%; 养殖组肌肉中饱和脂肪酸、20:4n-6 和 DHA 含量显著低于野生组, 但 EPA 含量显著高于野生组, 长链多不饱和脂肪酸含量以及 EPA+DHA 含量差异不大。野生和养殖绿鳍马面鲈全鱼和肌肉氨基酸共检测 18 种, 全鱼氨基酸组成类似, 但养殖组肌肉必需氨基酸总量显著高于野生组, 必需氨基酸中异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸及赖氨酸含量养殖组都显著更高。综上所述, 绿鳍马面鲈的营养价值较高, 以肌肉蛋白、脂肪、EPA 含量及必需氨基酸含量评价, 养殖绿鳍马面鲈的营养品质要优于野生绿鳍马面鲈。

关键词: 绿鳍马面鲈; 体成分比较; 蛋白; 脂肪; 脂肪酸; 氨基酸

中图分类号: S 968 **文献标志码:** A

绿鳍马面鲈(*Thamnaconus septentrionalis*), 又称马面鱼、橡皮鱼和剥皮鱼等, 隶属于鲈形目(Tetraodontiformes)单角鲈科(Monacanthidae)马面鲈属(*Thamnaconus*), 广泛分布于我国东、黄海及日本、朝鲜沿岸, 属于温水底栖杂食性鱼类^[1-2]。绿鳍马面鲈因其蛋白含量高、必需氨基酸和鲜味氨基酸丰富以及肌肉脂肪含量低等优点, 深受大众喜爱, 是重要的海产经济鱼类之一^[3-4]。目前野生绿鳍马面鲈的渔业资源和捕获量逐年缩减, 根据《中国渔业统计年鉴》, 2023 年野生绿鳍马面鲈捕捞量在 1.19 万 t, 相比 2022 年同比减少 2.52%, 靠捕捞已远不能满足市场需求^[2,5]。关于绿鳍马面鲈的人工养殖已有很多研究^[6-8], 但是关于其专用配合饲料的开发的较少, 由于饲料和养殖

环境的不同, 养殖绿鳍马面鲈机体营养及品质是否会受影响尚不清楚。目前已有对野生和养殖绿鳍马面鲈肌肉、肝脏营养成分等比较的研究^[3,9], 但关于其机体营养成分、肌肉和肝脏常规成分以及氨基酸、脂肪酸组成等综合比较的研究还未见报道。基于此, 本研究旨在分析对比野生和养殖绿鳍马面鲈的常规营养成分以及组织脂肪酸和氨基酸组成, 以期绿鳍马面鲈的配合饲料的研制和改进以及养殖的优化和推广提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本试验野生绿鳍马面鲈于 2024 年 3 月购自

收稿日期: 2024-11-27 修回日期: 2024-12-18

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2023TD52)

作者简介: 李浩轩(2001—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail: 1009608557@qq.com

通信作者: 张彦娇, E-mail: yanjiaozhang@ouc.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

http://www.shhydx.com

山东省烟台市,海捕后立即-20℃冷冻保存,冷冻3 d后快递寄出,共10尾,体长20.0~21.7 cm,体质量120.95~170.66 g;养殖绿鳍马面鲈于2024年2月采购于山东省威海市乳山市元泽水产有限公司,共10尾,体长21.0~23.4 cm,体质量124.08~184.85 g,养殖组绿鳍马面鲈为该公司自行繁养,鲜鱼放在冰上用泡沫箱封存并立即运输至中国水产科学研究院黄海水产研究所后进行取样。试验所用每尾鱼都作为1个独立样本。

1.2 样品处理

各组每尾鱼准确测量体长,称量体质量,计算肥满度。每组随机各取3尾鱼作全鱼,冻干研磨后存于干燥器中,用于全鱼常规营养成分以及脂肪酸和氨基酸组成分析。每组剩余7尾鱼于冰袋上解剖,称取肝脏、内脏质量,用于计算肝体比和脏体比。再取鱼体背部两侧肌肉,和肝脏一起于-80℃冰箱中保存备用。

1.3 测定方法

1.3.1 常规营养成分测定

水分含量测定采用冷冻干燥法,粗蛋白含量测定采用凯氏定氮法(FOSS 2300,瑞典),粗脂肪含量测定采用索氏抽提法,灰分含量测定采用马弗炉550℃高温灼烧法。所有测定方法均采用AOAC的方法。

1.3.2 脂肪酸组成测定

采用气相色谱仪(GC-2010pro, 岛津,日本)分析脂肪酸组成。将冻干后的样品先用氯仿-甲醇法提取脂质,再先后用KOH-甲醇溶液和BF₃-甲醇溶液酯化(75℃水浴),脂肪酸甲酯用正己烷萃取6 h,然后用配有熔融石英毛细管柱(SH-RT-2560, 100 m×0.25 mm×0.20 μm)和氢火焰离子化检测器的气相色谱仪进行测定。柱温采用程序升温,100℃以10℃/min的速率升至190℃;然后以0.3℃/min的速率从190℃升至200℃;然后以4℃/min的速率从200℃升至230℃。进样口温度和检测器温度均为230℃,火焰离子化检测器柱温度为300℃,进样口温度为250℃,柱温为100℃。结果以%总脂肪酸(%TFA)表示。

1.3.3 氨基酸组成测定

将冻干称量后的样品加入6 mol/L盐酸,充氮保护后于110℃下高温酸解22~24 h,冷却后将溶液转入50 mL容量瓶定容,再取0.5 mL溶液40℃吹氮至吹干,再用0.02 mol/L盐酸溶解后过

滤膜入进样瓶中,最后利用日立L-8900氨基酸分析仪(L-8900,Hitachi,日本)测定。

1.4 计算和统计方法

肝体比(Hepatosomatic index, HSI)、脏体比(Viscerosomatic index, VSI)、肥满度(Condition factor, CF)的计算公式:

$$I_{\text{HSI}}=100\% \times W_l/W_b \quad (1)$$

$$I_{\text{VSI}}=100\% \times W_v/W_b \quad (2)$$

$$I_{\text{CF}}=W_v/L_b^3 \times 100 \quad (3)$$

式中: I_{HSI} 为肝体比,%; I_{VSI} 为脏体比,%; I_{CF} 为肥满度, g/cm^3 ; W_l 和 W_v 分别为鱼体肝脏和内脏质量,g; W_b 为鱼体质量,g; L_b 为鱼体长,cm。

采用SPSS 25.0进行独立样本 t 检验,取 $P < 0.05$ 为差异显著。所有试验数据均以平均值±标准差(Mean±SD)表示。

2 结果

2.1 形体指标

由表1可知,野生与养殖绿鳍马面鲈的肥满度差异不显著($P > 0.05$),但养殖组绿鳍马面鲈的脏体比和肝体比都显著高于野生组绿鳍马面鲈($P < 0.05$)。

表1 野生与养殖绿鳍马面鲈的形体指标
Tab. 1 Somatic indices of wild and farmed *Thamnaconus septentrionalis*

指标 Parameter	野生 Wild	养殖 Farmed
体质量 Body mass/g	147.74±5.75	156.15±7.78
脏体比 Viscerosomatic index/%	14.26±0.40	15.82±0.51*
肝体比 Hepatosomatic index/%	7.27±0.56	9.78±0.69*
肥满度 Condition factor/(g/cm ³)	1.30±0.03	1.35±0.03

注:*为差异显著($P < 0.05$)。

Notes: * indicates significant differences ($P < 0.05$).

2.2 常规营养成分

由表2可知,绿鳍马面鲈全鱼粗蛋白在15.2%~16.2%,粗脂肪在3.9%~4.8%。粗蛋白在野生组含量略高而粗脂肪在野生组含量略低,但差异不显著($P > 0.05$),但是,养殖组绿鳍马面鲈全鱼灰分含量显著低于野生组绿鳍马面鲈($P < 0.05$)。绿鳍马面鲈肌肉粗蛋白含量在18.5%~20.2%,粗脂肪含量在0.8%~1.1%;野生组绿鳍马面鲈肌肉粗蛋白含量显著低于养殖组($P < 0.05$),粗脂肪含量也显著低于养殖组($P < 0.05$)。养殖组绿鳍马面鲈肝脏灰分含量显著低于野生组($P < 0.05$),其他指标差异不显著($P > 0.05$)。

表 2 野生与养殖绿鳍马面鲈全鱼、肌肉和肝脏常规营养成分含量
Tab. 2 Proximate nutritional components in whole body, muscle and liver of wild and farmed *Thamnaconus septentrionalis*

指标 Parameter	%鲜质量					
	全鱼 Whole body		肌肉 Muscle		肝脏 Liver	
	野生 Wild	养殖 Farmed	野生 Wild	养殖 Farmed	野生 Wild	养殖 Farmed
水分 Moisture	77.29±1.31	76.38±0.09	78.67±1.41	77.73±0.27	38.10±1.85	37.10±1.63
粗蛋白 Crude protein	16.18±0.82	15.23±0.27	18.57±0.45	20.24±0.27*	5.79±0.45	5.19±0.16
粗脂肪 Crude lipid	3.90±0.40	4.79±0.92	0.81±0.03	1.10±0.05*	50.01±1.84	51.45±0.85
灰分 Ash	3.58±0.11	3.11±0.09*	1.35±0.04	1.34±0.01	0.75±0.02	0.48±0.01*

注: *表示野生和养殖组数据间有显著性差异($P<0.05$)。

Notes: * indicates significant difference between wild and farmed fish($P<0.05$).

2.3 脂肪酸组成

由表 3 可知, 全鱼共检测出了 24 种脂肪酸, 野生组和养殖组绿鳍马面鲈全鱼脂肪酸组成相

似, 但其中野生组全鱼 C20: 4n-6(ARA) 显著高于养殖组($P<0.05$), C20: 5n-3(EPA) 和 C22: 6n-3(DHA) 差异不显著($P>0.05$)。

表 3 野生与养殖绿鳍马面鲈全鱼、肌肉和肝脏脂肪酸组成
Tab. 3 Fatty acid composition in whole fish, muscle and liver of wild and farmed *Thamnaconus septentrionalis*

脂肪酸 Fatty acid	%总脂肪酸					
	全鱼 Whole body		肌肉 Muscle		肝脏 Liver	
	野生 Wild	养殖 Farmed	野生 Wild	养殖 Farmed	野生 Wild	养殖 Farmed
C14:0	2.55±0.26	2.64±0.17	0.70±0.11	1.04±0.13	2.74±0.14	2.92±0.14
C16:0	26.56±0.56	28.14±0.95	24.09±0.46	23.71±0.24	30.26±0.77	28.85±0.53
C18:0	7.10±0.69	6.31±0.39	6.89±0.26	5.05±0.12*	6.56±0.21	6.10±0.26
C20:0	0.47±0.01	0.28±0.02*	0.15±0.02	0.10±0*	-	-
C22:0	0.10±0.01	0.10±0.02	0.06±0.01	0.04±0.01	0.08±0.01	0.05±0.01*
ΣSFA	37.98±1.59	38.02±1.19	33.38±0.66	31.66±0.31*	40.95±0.97	38.80±0.37
C14: 1n-5	0.63±0.03	0.57±0.03	0.34±0.04	0.23±0.01*	-	-
C16: 1n-7	8.78±1.27	9.32±0.83	2.92±0.47	2.92±0.22	9.99±0.47	10.34±0.36
C17: 1n-7	0.53±0.02	0.54±0.01	0.47±0.03	0.54±0.02	0.66±0.05	0.65±0.03
C18: 1n-9	15.52±0.47	14.40±1.91	11.36±0.60	10.11±0.36	16.11±0.78	16.91±0.97
C20: 1n-9	0.89±0.23	1.01±0.16	0.30±0.05	0.61±0.05*	0.71±0.17	1.26±0.12*
C22: 1n-9	0.22±0.05	0.20±0.02	0.09±0.01	0.09±0.01	0.33±0.02	0.28±0.03
C24: 1n-9	0.24±0.06	0.16±0.02	0.09±0.02	0.03±0*	0.15±0.03	0.09±0.01
ΣMUFA	26.80±1.50	26.19±2.32	15.58±1.06	14.52±0.43	27.98±0.98	29.66±0.79
C18: 2n-6	1.45±0.07	1.83±0.17	1.28±0.34	2.07±0.34	1.30±0.11	2.10±0.11*
C20: 2n-6	0.35±0.06	0.34±0.02	0.14±0.02	0.19±0.01	0.34±0.02	0.32±0.01
C20: 3n-6	0.07±0.01	0.06±0.01	0.09±0.01	0.11±0.01	0.07±0.02	0.06±0
C20: 4n-6	1.68±0.04	1.01±0.11*	5.63±0.27	4.14±0.12*	1.23±0.19	0.86±0.03
n-6ΣPUFA	3.62±0.13	3.35±0.28	7.14±0.60	6.51±0.42	2.97±0.24	3.41±0.11
C18: 3n-3	1.03±0.15	0.87±0.13	0.41±0.05	0.30±0.02	0.95±0.05	0.66±0.02*
C20: 3n-3	0.34±0.04	0.34±0.07	-	-	-	-
C20: 5n-3	6.78±0.60	6.09±0.67	11.44±1.09	15.75±0.24*	5.87±0.18	5.98±0.18
C22: 5n-3	2.77±0.21	2.38±0.36	1.96±0.20	1.77±0.10	2.60±0.20	1.80±0.14*
C22: 6n-3	9.11±1.66	9.43±0.64	24.70±0.84	20.24±0.27*	7.56±0.38	7.63±0.31
n-3ΣPUFA	20.02±1.42	19.12±1.51	38.61±1.81	38.07±0.39	16.98±0.56	16.07±0.47
Σn-3/Σn-6	5.51±0.20	5.73±0.37	5.76±0.58	5.91±0.32	5.94±0.48	4.76±0.26

注: SFA. 饱和脂肪酸; MUFA. 单不饱和脂肪酸; PUFA. 多不饱和脂肪酸。*表示野生组和养殖组数据间有显著性差异($P<0.05$)。-。未检出。

Notes: SFA. Saturated fatty acid; MUFA. Monounsaturated fatty acid; PUFA. Polyunsaturated fatty acid. * indicates significant difference between wild and farmed fish($P<0.05$). -. non-detectable.

野生组肌肉中 C18 含量和饱和脂肪酸总量 (SFA) 均显著高于养殖组 ($P<0.05$), ARA 以及 DHA 也显著高于养殖组 ($P<0.05$), 但 EPA 显著低于养殖组 ($P<0.05$)。野生组单不饱和脂肪酸 (MUFA)、n-6PUFA 和 n-3PUFA 总量与养殖组无显著差异 ($P>0.05$), 但均高于养殖组。肌肉 DHA 含量在 20.2%~24.7%, EPA 含量在 11.4%~15.8%。

野生组和养殖组绿鳍马面鲷肝脏脂肪酸组成也相似, 几种关键的脂肪酸如 ARA、EPA、DHA 等都无显著差异 ($P>0.05$)。

2.4 氨基酸组成

由表 4 可知, 绿鳍马面鲷全鱼和肌肉氨基酸共检测 18 种, 其中必需氨基酸 9 种, 非必需氨基酸 9 种。野生组和养殖组全鱼氨基酸组成相似, 均无显著差异 ($P>0.05$)。养殖组肌肉中异亮氨酸 (Ile)、亮氨酸 (Leu)、苯丙氨酸 (Phe)、赖氨酸 (Lys) 以及总必需氨基酸总量 (Σ EAA) 均显著高于野生组 ($P<0.05$), 总必需氨基酸与总非必需氨基酸 (Σ NEAA) 的比值 (Σ EAA/ Σ NEAA) 也显著高于野生组 ($P<0.05$)。总鲜味氨基酸上, 野生组略高于养殖组但差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 野生与养殖绿鳍马面鲷全鱼和肌肉氨基酸组成

Tab. 4 Amino acid composition in whole fish and muscle of wild and farmed *Thamnaconus septentrionalis*

氨基酸 Amino acid	全鱼 Whole body		肌肉 Muscle	
	野生 Wild	养殖 Farmed	野生 Wild	养殖 Farmed
苏氨酸 Thr	2.46±0.05	2.51±0.20	3.67±0.10	3.53±0.10
缬氨酸 Val	3.26±0.09	3.04±0.12	4.41±0.06	4.30±0.18
蛋氨酸 Met	1.64±0.29	1.46±0.29	2.48±0.04	2.46±0.13
异亮氨酸 Ile	2.26±0.37	2.58±0.19	3.73±0.06	4.17±0.05*
亮氨酸 Leu	4.51±0.72	4.99±0.37	6.32±0.11	7.35±0.18*
苯丙氨酸 Phe	2.18±0.51	2.33±0.20	2.56±0.05	3.12±0.10*
赖氨酸 Lys	5.25±0.22	4.77±0.29	7.32±0.13	7.74±0.06*
组氨酸 His	1.59±0.15	1.36±0.08	1.89±0.02	2.24±0.17
精氨酸 Arg	3.45±0.72	4.17±0.37	4.51±0.07	5.12±0.23
总必需氨基酸 Σ EAA	26.58±1.78	27.20±2.05	36.87±0.42	40.02±0.25*
牛磺酸 Tau	2.30±0.07	2.15±0.24	2.78±0.29	2.07±0.07
天冬氨酸 Asp	5.11±0.06	5.37±0.37	7.90±0.12	7.50±0.19
丝氨酸 Ser	2.37±0.02	2.56±0.16	3.35±0.07	3.17±0.10
谷氨酸 Glu	8.67±0.33	8.92±0.53	12.32±0.17	12.40±0.24
甘氨酸 Gly	6.18±0.26	5.75±0.51	3.94±0.39	3.97±0.15
丙氨酸 Ala	4.76±0.12	4.47±0.36	5.04±0.15	4.88±0.08
半胱氨酸 Cys	0.85±0.05	0.85±0.13	0.77±0.12	1.28±0.41
酪氨酸 Tyr	1.26±0.39	1.78±0.15	2.86±0.08	3.03±0.09
脯氨酸 Pro	3.12±0.79	4.13±0.73	4.24±0.95	2.46±0.25
总非必需氨基酸 Σ NEAA	31.48±1.01	31.85±2.13	38.95±0.32	38.31±0.94
Σ EAA/ Σ NEAA	0.84±0.03	0.85±0.01	0.95±0.02	1.05±0.03*
总鲜味氨基酸 Σ DAA	24.71±0.76	24.52±1.73	29.19±0.26	28.75±0.37
氨基酸总量 Σ AA	61.17±2.76	63.18±3.46	80.06±0.81	80.79±0.76

注: EAA. 必需氨基酸; NEAA. 非必需氨基酸; DAA. 鲜味氨基酸。

Notes: EAA. Essential amino acid; NEAA. Non-essential amino acid; DAA. Delicious amino acid.

3 讨论

3.1 野生与养殖绿鳍马面鲷形体指标及常规营养成分比较分析

形体指标是评估鱼类肥瘦程度、摄食及生长

环境质量好坏的一项指标。本研究中养殖绿鳍马面鲷的脏体比、肝体比和肥满度均高于野生组, 其中脏体比和肝体比差异显著。野生绿鳍马面鲷因需主动摄食, 需要消耗更多的能量, 不利于脂肪积累, 导致肥满度低于养殖绿鳍马面鲷;

另外冯健等^[10]研究发现红姑鱼(*Sciaenops ocellatus*)的肝体比随饲料粗脂肪含量升高而显著上升,孙阳等^[11]对红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)的研究中也发现,随着饲料粗脂肪水平的升高,肝体比和脏体比均显著增加。绿鳍马面鲀的肝脂含量高,肝体比也很高,跟红鳍东方鲀类似,肝脏是重要的脂肪存储组织,脂肪含量要远高于其他鱼类。综上本研究中可能由于该养殖绿鳍马面鲀的投喂饵料粗脂肪含量比野生鱼所摄食的食物高,所以肝体比和脏体比要显著高于野生组。

鱼类常规营养成分是反映其营养品质的重要指标。野生和养殖绿鳍马面鲀机体成分差异主要体现在全鱼灰分、肌肉蛋白、肌肉脂肪和肝脏灰分。在全鱼的营养成分中,野生绿鳍马面鲀的粗蛋白略高于养殖组而粗脂肪略低于养殖组,这可能也与饲料粗脂肪含量略高有关,DANIELS等^[12]对美国红鱼的研究表明,更高的饲料粗脂肪会使体蛋白含量降低而使体脂肪含量升高,而本研究中形体指标的测定结果也与养殖组全鱼粗脂肪更高的结果吻合。肌肉蛋白和肌肉脂肪含量对品质影响较大。绿鳍马面鲀肌肉蛋白含量在18%~20%,高于常见的海水鱼类大菱鲆(*Scophthalmus maximus*, 16.91%)^[13]和大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*, 16.55%)^[14],肌肉脂肪含量在1%左右,与同属鲀形目的其他瘦肌型鱼类相似^[15-16],但低于鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)^[17]和鲫(*Carassius auratus*)^[18]。本研究中,养殖绿鳍马面鲀的肌肉蛋白和脂肪含量均显著高于野生组,说明通过合理的养殖方式和饲料配方能提高养殖鱼类肌肉蛋白含量,这与左鹏翔等^[19]研究的结果类似,说明养殖绿鳍马面鲀肌肉的营养价值要优于野生绿鳍马面鲀。

3.2 野生与养殖绿鳍马面鲀脂肪酸比较分析

鱼体内多不饱和脂肪酸PUFA含量的多少是评价鱼体营养品质高低的一个重要指标,特别是其中的EPA、DHA以及ARA的含量。许多研究已经证明,DHA和EPA具有降低血液中甘油三酯、预防心血管疾病以及改善部分身体机能等作用^[20-22],ARA与DHA和EPA相比每日推荐摄入量要低得多,但是对于鱼类来说很重要^[23]。本研究中,检测出野生绿鳍马面鲀肌肉中EPA和DHA相对含量分别为11.44%和24.70%,与其他鱼类相

比,DHA和EPA相对含量均高于大黄鱼^[24]、翘嘴鲌(*Culter alburnus*)^[25]、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)^[26]等,但DHA含量低于养殖的红鳍东方鲀^[27]。从整体上看野生和养殖绿鳍马面鲀肌肉脂肪酸组成差别不大,主要差别体现在养殖绿鳍马面鲀有更低的SFA、ARA和DHA,但有更高的EPA。鱼体的脂肪酸能很大程度上反映饲料的脂肪酸组成,一般养殖过程中所使用的商业饲料为了减少成本会用陆生油源来部分或者全部替代鱼油,这会导致鱼体中SFA、MUFA和C18 PUFA(主要是C18:2n-6和C18:3n-3)含量增加^[28]。虽然本实验中没有分析养殖组所用饲料的脂肪酸组成,但是从脂肪酸组成结果来看,本研究中养殖绿鳍马面鲀与野生的相比,SFA、MUFA和C18 PUFA含量差距不大,甚至含有更低的SFA。这说明,即使是养殖的绿鳍马面鲀,推测饲料中含有较高含量的鱼油,从而导致脂肪酸品质没有降低。此外,LC-PUFA(长链多不饱和脂肪酸)在较低营养级的鱼类中具有从头合成的能力,而高营养级的鱼类的这种能力有限^[29]。鱼体脂肪酸含量不仅受到种类、年龄和环境等影响,很大程度上还受到食物的影响。绿鳍马面鲀属于杂食性鱼类,营养级数值为3.61,处在中营养级,从食物中获取脂肪酸占有一定比例,但两组的LC-PUFA总量以及DHA+EPA的含量相差不大,说明该养殖绿鳍马面鲀饲料脂肪酸组成和比例良好、养殖环境优越、食物充足,和野生环境类似。于久翔等^[27]对红鳍东方鲀的研究中发现,养殖红鳍东方鲀的DHA+EPA含量比野生的含量要高,王际英等^[30]对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的研究也有类似的结果。说明养殖条件的改善能使得养殖水产动物达到和野生种一样甚至更高的营养品质。

3.3 野生与养殖绿鳍马面鲀氨基酸比较分析

本研究中,野生与养殖绿鳍马面鲀全鱼氨基酸组成类似。肌肉中氨基酸总量(干物质)分别为80.06%和80.79%。与其他鱼类相比,高于草鱼^[26]、暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)^[31]、大黄鱼^[32]、菊黄东方鲀(*Takifugu flavidus*)^[16]等种类。在食物中的众多营养素中,蛋白质是最重要的,蛋白质由氨基酸构成,氨基酸中EAA是评估营养品质及价值的重要指标^[33]。本研究中养殖绿鳍马面鲀 Σ EAA显著高于野生组,推测是由于养殖绿鳍马面鲀的饵料营养成分更均衡,养殖环境优

越,而野生绿鳍马面鲈可能由于生活环境等原因导致营养物质没有得到很好的积累,所以 Σ EAA 低于养殖组。这与于久翔等^[27]对红鳍东方鲈的研究以及孙志鹏等^[34]对梭鲈(*Sander lucioperca*)的研究类似。赖氨酸是鱼类饲料蛋白源的第一限制性氨基酸,也是人乳等食物中的第一限制性氨基酸^[35]。从本研究的结果来看,养殖绿鳍马面鲈肌肉中的赖氨酸含量要显著高于野生组。此外,鲜味氨基酸含量是评估肉质风味的重要评价指标,本研究中野生组和养殖组的鲜味氨基酸总量相近。综上可以得出,从肌肉氨基酸组成来看,本研究养殖的绿鳍马面鲈品质与野生绿鳍马面鲈相近甚至优于野生绿鳍马面鲈。

4 结论

从形体指标上看,与野生种群相比,养殖绿鳍马面鲈具有更高的肝体比和脏体比。从肌体常规营养成分上看,养殖绿鳍马面鲈具有更高的肌肉蛋白和脂肪含量,且蛋白含量较其他部分常见海水鱼类高。在脂肪酸组成方面,养殖种群具有更低的饱和脂肪酸含量,更高的EPA含量;长链多不饱和脂肪酸含量与野生种群相当。养殖绿鳍马面鲈肌肉中的必需氨基酸总量、赖氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸和异亮氨酸等含量高于野生种群。由此可知,绿鳍马面鲈是一种营养和经济价值较高的海产鱼类,养殖的绿鳍马面鲈在品质上并没有下降,反而有优于野生种群的潜能。所以绿鳍马面鲈的养殖具有广阔的前景,值得大力开发。

作者声明本文无利益冲突。

参考文献:

- [1] 詹秉义,楼冬春,钟俊生. 绿鳍马面鲈资源评析与合理利用[J]. 水产学报, 1986, 10(4): 409-418.
ZHAN B Y, LOU D C, ZHONG J S. An assessment of the filefish population and rational exploitation of the resource [J]. Journal of Fisheries of China, 1986, 10(4): 409-418.
- [2] 许学龙,郑元甲,刘松. 东、黄海绿鳍马面鲈的资源评估[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(6): 651-656.
XU X L, ZHENG Y J, LIU S. Estimation of stock size of filefish *Thamnaconus modestus* in the East China Sea and Yellow Sea [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1992, 23(6): 651-656.
- [3] 徐大风,刘琨,王鹏飞,等. 绿鳍马面鲈肌肉营养成分分析和营养评价[J]. 海洋科学, 2018, 42(5): 122-129.
XU D F, LIU K, WANG P F, et al. Analysis of nutritional composition in the muscle of *Thamnaconus septentrionalis* [J]. Marine Sciences, 2018, 42(5): 122-129.
- [4] 郁迪,丁冬各,王斌. 绿鳍马面鲈(*Navodon septentrionalis*)鱼皮胶原蛋白的分离纯化及理化性质研究[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(5): 1055-1062.
YU D, DING D G, WANG B. Isolation and characterization of collagens from skin of bluefin leatherjacket (*Navodon septentrionalis*) [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2016, 47(5): 1055-1062.
- [5] 王丹,高宏泉. 中国渔业统计年鉴: 2024[M]. 北京: 中国农业出版社, 2024: 1-180.
WANG D, GAO H Q. China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2024: 1-180.
- [6] 刘琨,张乐乐,张庆文,等. 绿鳍马面鲈工厂化养殖研究[J]. 渔业现代化, 2017, 44(3): 35-40.
LIU K, ZHANG L L, ZHANG Q W, et al. Study on *Thamnaconus septentrionalis* under industrial aquaculture condition [J]. Fishery Modernization, 2017, 44(3): 35-40.
- [7] 姜良龙,张哲,王臻,等. 绿鳍马面鲈工厂化早繁苗种培育关键技术[J]. 水产科学, 2021, 40(6): 801-809.
JIANG L L, ZHANG Z, WANG Z, et al. Key techniques of industrial seedling production for drab filefish *Thamnaconus septentrionalis* in early breeding season [J]. Fisheries Science, 2021, 40(6): 801-809.
- [8] 刘琨,刘刚,黄亮,等. 绿鳍马面鲈大规格苗种网箱培育试验[J]. 渔业现代化, 2019, 46(6): 54-60.
LIU K, LIU G, HUANG L, et al. Experiment on cage cultivation of large-size *Thamnaconus septentrionalis* Günther [J]. Fishery Modernization, 2019, 46(6): 54-60.
- [9] 张子阳,成永旭,柯翎,等. 绿鳍马面鲈肝脏营养成分及重金属含量分析与评价[J]. 水产科学, 2024, 43(3): 468-474.
ZHANG Z Y, CHENG Y X, KE L, et al. Analysis and evaluation of nutritional composition and heavy metals levels in liver of bluefin leatherjack *Thamnaconus septentrionalis* [J]. Fisheries Science, 2024, 43(3): 468-474.
- [10] 冯健,贾刚. 饵料中不同脂肪水平诱导红鲈鱼脂肪肝病的研究[J]. 水生生物学报, 2005, 29(1): 61-64.
FENG J, JIA G. Studies on the fatty liver diseases resulted from different lipid levels in *Sciaenops ocellatus* diets [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2005, 29(1): 61-64.
- [11] 孙阳,姜志强,李艳秋,等. 饲料脂肪水平对红鳍东方

- 鲢幼鱼生长、体组成及血液指标的影响[J]. 天津农学院学报, 2013, 20(3): 14-18.
- SUN Y, JIANG Z Q, LI Y Q, et al. Effects of dietary lipid levels on growth, body composition and blood parameters of juvenile *Takifugu rubripes* [J]. Journal of Tianjin Agricultural University, 2013, 20(3): 14-18.
- [12] DANIELS W H, ROBINSON E H. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) [J]. Aquaculture, 1986, 53(3/4): 243-252.
- [13] 王远红, 吕志华, 郑桂香, 等. 大菱鲆的营养成分分析[J]. 营养学报, 2003, 25(4): 438-440.
- WANG Y H, LYU Z H, ZHENG G X, et al. Analysis of the nutritional components of *Scophthalmus maximus* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2003, 25(4): 438-440.
- [14] 林利民, 王秋荣, 王志勇, 等. 不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 286-291.
- LIN L M, WANG Q R, WANG Z Y, et al. Comparison of biochemical compositions of muscle among three stocks and wild-caught large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(2): 286-291.
- [15] XU H G, BI Q Z, PRIBYTKOVA E, et al. Different lipid scenarios in three lean marine teleosts having different lipid storage patterns [J]. Aquaculture, 2021, 536: 736448.
- [16] 周裕华, 周文玉, 潘桂平, 等. 野生菊黄东方鲀与养殖菊黄东方鲀肌肉品质比较[J]. 水产科技情报, 2021, 48(4): 210-213.
- ZHOU Y H, ZHOU W Y, PAN G P. Comparison of muscle characteristics between wild and cultured *Takifugu flavidus* [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2021, 48(4): 210-213.
- [17] REN W, LI J Q, TAN P, et al. Lipid deposition patterns among different sizes of three commercial fish species [J]. Aquaculture Research, 2018, 49(2): 1046-1052.
- [18] 吉维舟, 刘晓娜, 谌芳, 等. 野生鲫与养殖鲫肌肉营养成分及抗氧化能力比较分析[J]. 广东农业科学, 2017, 44(6): 135-138.
- JI W Z, LIU X N, CHEN F, et al. Comparative analysis on nutrients and antioxidant capacity of wild and cultured crucian carp [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2017, 44(6): 135-138.
- [19] 左鹏翔, 金方彭, 冷云, 等. 野生与养殖细鳞裂腹鱼肌肉营养成分比较分析及营养价值评价[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2023(18): 126-132.
- ZUO P X, JIN F P, LENG Y, et al. Comparative analysis and nutritional value evaluation of muscle nutrient composition between wild and cultured *Schizothorax chongi* [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2023(18): 126-132.
- [20] USYDUS Z, SZLINDER-RICHERT J. Functional properties of fish and fish products: a review [J]. International Journal of Food Properties, 2012, 15(4): 823-846.
- [21] USYDUS Z, SZLINDER-RICHERT J, POLAK-JUSZCZAK L, et al. Fish products available in polish market - assessment of the nutritive value and human exposure to dioxins and other contaminants [J]. Chemosphere, 2009, 74(11): 1420-1428.
- [22] HIBBELN J R, FERGUSON T A, BLASBALG T L. Omega-3 fatty acid deficiencies in neurodevelopment, aggression and autonomic dysregulation: opportunities for intervention [J]. International Review of Psychiatry, 2006, 18(2): 107-118.
- [23] XU H G, MENG X X, WEI Y L, et al. Arachidonic acid matters [J]. Reviews in Aquaculture, 2022, 14(4): 1912-1944.
- [24] 郭全友, 邢晓亮, 姜朝军, 等. 野生和养殖大黄鱼 (*Larimichthys crocea*) 品质特征与差异性探究[J]. 现代食品科技, 2019, 35(10): 92-101.
- GUO Q Y, XING X L, JIANG C J, et al. Quality characteristics and differences of wild and cultured large yellow croakers (*Larimichthys crocea*) [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(10): 92-101.
- [25] 类延菊, 贡文霞, 杨品红, 等. 野生与养殖翘嘴鲌品质的比较研究[J]. 淡水渔业, 2021, 51(3): 74-81.
- LEI Y J, YUN W X, YANG P H, et al. Comparative studies on the flesh quality between wild and cultured *Culter alburnus* [J]. Freshwater Fisheries, 2021, 51(3): 74-81.
- [26] 程汉良, 蒋飞, 彭永兴, 等. 野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较分析[J]. 食品科学, 2013, 34(13): 266-270.
- CHENG H L, JIANG F, PENG Y X, et al. Comparison of nutrient composition of muscles of wild and farmed grass carp, *Ctenopharyngodon idella* [J]. Food Science, 2013, 34(13): 266-270.
- [27] 于久翔, 高小强, 韩岑, 等. 野生和养殖红鳍东方鲀营养品质的比较分析[J]. 动物营养学报, 2016, 28(9): 2987-2997.
- YU J X, GAO X Q, HAN C. Comparative analysis on nutritional quality between wild and cultured *Takifugu rubripes* [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(9): 2987-2997.
- [28] XU H H, TURCHINI G M, FRANCIS D S, et al. Are fish what they eat? A fatty acid's perspective [J]. Progress in Lipid Research, 2020, 80: 101064.
- [29] TRUSHENSKI J T, ROMBENSO A N. Trophic levels predict the nutritional essentiality of polyunsaturated fatty acids in fish—introduction to a special section and a brief synthesis [J]. North American Journal of Aquaculture, 2020, 82(3): 241-250.

- [30] 王际英, 苗淑彦, 张利民, 等. 野生与人工养殖牙鲆亲鱼不同组织脂肪酸的比较[J]. 水产学报, 2012, 36(5): 748-755.
WANG J Y, MIAO S Y, ZHANG L M, et al. A comparative study on fatty acid composition in different tissues of the wild and cultured *Paralichthys olivaceus* broodstocks[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(5): 748-755.
- [31] 顾曙余, 赵越. 野生及人工养殖暗纹东方鲀肌肉营养成分的比较分析(英文)[J]. 农业科学与技术, 2008, 9(4): 118-120.
GU S Y, ZHAO C. Comparison of nutrient components in the muscle of wild and artificially reared *Takifugu obscurus* [J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(4): 118-120.
- [32] 周飘苹, 金敏, 吴文俊, 等. 不同养殖模式、投喂不同饵料及不同品系大黄鱼营养成分比较[J]. 动物营养学报, 2014, 26(4): 969-980.
ZHOU P P, JIN M, WU W J, et al. Comparison of nutrient components of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* Richardson) cultured in different modes, fed different feeds and from different strains[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(4): 969-980.
- [33] 邴旭文. 中华倒刺鲃和光倒刺鲃肌肉营养品质的比较[J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(3): 233-237.
BING X W. Comparative nutrition in muscles of *Spinibarbus sinensis* and *S. hollandi* [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2005, 20(3): 233-237.
- [34] 孙志鹏, 曹顶臣, 裴玥, 等. 野生和养殖梭鲈肌肉营养组成分析与评价[J]. 水产学杂志, 2020, 33(4): 15-22.
SUN Z P, CAO D C, PEI Y, et al. Analysis and evaluation of nutritional composition in muscle of wild and farmed pikeperch *Sander lucioperca* [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2020, 33(4): 15-22.
- [35] 马爱军, 陈四清, 雷霖霖, 等. 大菱鲆鱼体生化组成及营养价值的初步探讨[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(1): 11-14.
MA A J, CHEN S Q, LEI Q L, et al. The preliminary study on biochemical composition and its nutrition value of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. Marine Fisheries Research, 2003, 24(1): 11-14.

Comparison of nutrient composition between wild and farmed *Thamnaconus septentrionalis*

LI Haoxuan^{1,2}, YE Zhengwei^{1,2}, ZHANG Yanjiao¹, LIU Jiahao², MA Qiang², WEI Yuliang², LIANG Mengqing², LIU Changlin², XU Houguo²

(1. Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, Shandong, China; 2. State Key Laboratory of Mariculture Biobreeding and Sustainable Goods, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China)

Abstract: In order to compare the nutrient composition of wild and farmed *Thamnaconus septentrionalis*, 10 (each as an independent sample) wild (20.0–21.7 cm in length and 120.95–170.66 g in weight) and 10 farmed *Thamnaconus septentrionalis* (21.0–23.4 cm in length and 124.08–184.85 g in weight) were used in this study, and the morphological indexes, proximate composition, fatty acid profile and amino acid profile were analysed and compared. The results were as follows: the hepatosomatic index and viscerosomatic index of the farmed group were significantly higher than those of the wild group, and there was no significant difference in condition factor. The crude protein content of the muscle of *Thamnaconus septentrionalis* ranged from 18.5% to 20.2%, and the crude lipid content ranged from 0.8% to 1.1%. The crude protein and crude fat contents of the muscle of the farmed group were significantly higher than those of the wild group, and there was no significant difference in moisture content. The ash content of the whole fish and liver of the farmed group was significantly lower than that of the wild group. The fatty acid composition of whole fish was similar between the farmed and wild groups. Muscle DHA and EPA contents (% total fatty acids) were 20.2%–24.7% and 11.4%–15.8%, respectively. The contents of saturated fatty acids, 20:4n-6 and DHA in muscle were significantly lower in the farmed group compared to the wild group, but the EPA content was significantly higher than that in the wild group; while the differences in the contents of long-chain polyunsaturated fatty acids and EPA+DHA were not significant. A total of 18 amino acids were detected in the whole fish and muscle of wild and cultured *Thamnaconus septentrionalis*. The amino acid composition of the whole fish was similar between wild and farmed fish, but the total amount of essential amino acids in the muscle of the farmed group was significantly higher than that of the wild group. Among the essential amino acids, the contents of isoleucine, leucine, phenylalanine, and lysine in the muscle of the cultured group were significantly higher compared to the wild group. In conclusion, the nutritional value of *Thamnaconus septentrionalis* is higher, and the nutritional quality of farmed *Thamnaconus septentrionalis* is higher than that of wild *Thamnaconus septentrionalis*, as evaluated by the contents of protein, lipid, EPA and essential amino acids in muscle.

Key words: *Thamnaconus septentrionalis*; body composition; protein; fat; fatty acids; amino acids