

# 循环水养殖中流速对翘嘴鲌肌肉品质和营养代谢的影响研究

朱庭耀、赵建、叶章颖\*

浙江大学农业生物环境工程研究所

国家大宗淡水鱼产业技术体系智能化养殖岗位

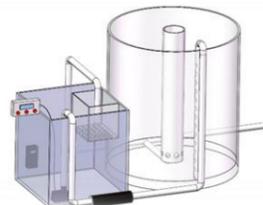
Email: 12213002@zju.edu.cn



## 摘要

本研究旨在探究循环水养殖中流速对翘嘴鲌肌肉品质和营养代谢的影响。结果表明，流速显著提高了肌肉的胶着性、咀嚼性和粘附性，增加了肌纤维的直径。MF组具有更强的抗氧化能力和更大的肌纤维密度。在1.2 bl/s流速下，肌肉中必需氨基酸和鲜味氨基酸的含量显著增加。此外，随着流速的增加，蛋白质代谢相关基因的表达量显著上调。代谢组学结果显示，HF组KEGG的功能通路主要映射到氨基酸代谢和碳水化合物代谢上，代谢物中的大部分脂质及其衍生物表达下调，而氨基酸及其衍生物表达上调。本研究可为提升翘嘴鲌肌肉品质及营养价值提供改良途径，为流速在渔业生产中的应用提供理论基础。

## 实验材料



将240尾 ( $70.66 \pm 0.34$  g) 驯化后可稳定吃饲料的翘嘴鲌随机分为CK (0bl/s)、LF (0.4 bl/s)、MF (0.8 bl/s) 和HF (1.2 bl/s) 4组，在自主设计的循环水养殖系统内进行为期7周的养殖试验。

## 实验结果

### 1. 肌肉质构

Table.1 不同流速下翘嘴鲌肌肉的质构变化

Parameters	Groups			
	CK	LF	MF	HF
硬度 Hardness(N)	$14.97 \pm 0.44^{ab}$	$13.87 \pm 0.83^a$	$16.05 \pm 0.59^b$	$15.01 \pm 0.33^{ab}$
胶着性 Gumminess(N)	$6391.43 \pm 263.45^{ab}$	$5864.86 \pm 370.58^a$	$6795.39 \pm 173.34^b$	$7042.98 \pm 280.69^b$
弹性 Springiness(mm)	$0.72 \pm 0.02^b$	$0.64 \pm 0.03^a$	$0.72 \pm 0.02^b$	$0.69 \pm 0.01^{ab}$
内聚性 Cohesiveness(%)	$0.43 \pm 0.01^a$	$0.42 \pm 0.03^a$	$0.45 \pm 0.02^a$	$0.46 \pm 0.02^a$
咀嚼性 Chewiness(mJ)	$4535.20 \pm 148.70^b$	$3821.99 \pm 184.19^a$	$5135.10 \pm 170.34^c$	$4972.76 \pm 245.34^{bc}$
恢复性 Resilience(N)	$0.20 \pm 0.01^a$	$0.21 \pm 0.01^a$	$0.24 \pm 0.01^b$	$0.24 \pm 0.01^b$
粘附性 Adhesiveness(N)	$-55.30 \pm 3.48^a$	$-60.14 \pm 4.74^a$	$-37.69 \pm 2.08^b$	$-43.04 \pm 2.93^b$

### 2. 肌纤维形态

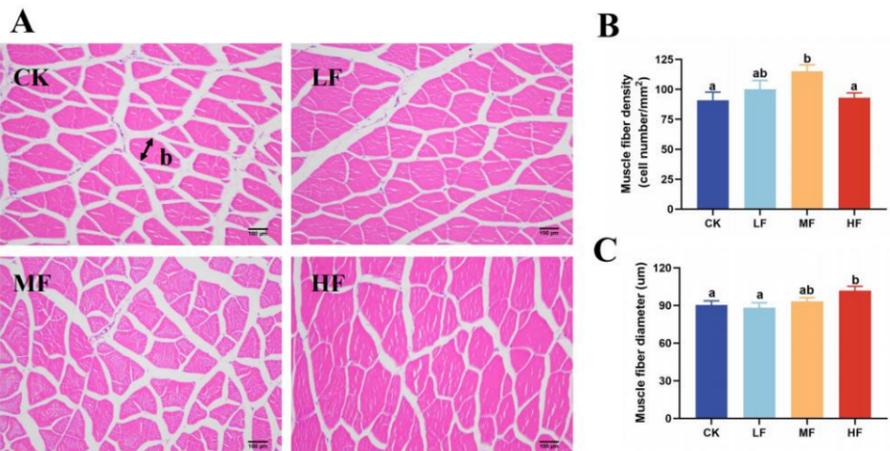


Fig.1 不同流速下翘嘴鲌肌纤维形态的变化。(A) 肌肉组织切片图；(B) 肌纤维密度；(C) 肌纤维直径

### 3. 肌肉抗氧化能力

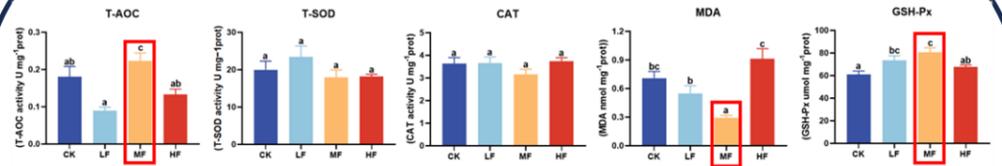


Fig.2 不同流速下翘嘴鲌肌肉抗氧化能力的变化

### 4. 肌肉营养成分

Table.2 不同流速下翘嘴鲌肌肉的营养成分变化

Parameters	Groups			
	CK	LF	MF	HF
水分 Moisture	$77.99 \pm 0.10^b$	$78.22 \pm 0.10^b$	$78.03 \pm 0.15^b$	$77.50 \pm 0.08^a$
粗脂肪 Crude lipid	$0.73 \pm 0.05^a$	$0.75 \pm 0.06^b$	$1.04 \pm 0.05^b$	$0.72 \pm 0.07^a$
粗蛋白 Crude protein	$20.21 \pm 0.17^a$	$19.98 \pm 0.09^a$	$20.10 \pm 0.12^a$	$20.86 \pm 0.16^b$
灰分 Ash	$1.24 \pm 0.02^a$	$1.19 \pm 0.03^a$	$1.24 \pm 0.12^a$	$1.27 \pm 0.07^a$
氨基酸总量 $\Sigma$ AA	$20.06 \pm 0.28^a$	$19.84 \pm 0.20^a$	$20.00 \pm 0.29^a$	$20.98 \pm 0.16^b$
必需氨基酸总量 $\Sigma$ EAA	$8.51 \pm 0.11^{ab}$	$8.42 \pm 0.10^a$	$8.52 \pm 0.10^{ab}$	$8.81 \pm 0.09^b$
鲜味氨基酸总量 $\Sigma$ DAA	$8.89 \pm 0.14^a$	$8.75 \pm 0.09^a$	$8.81 \pm 0.14^a$	$9.31 \pm 0.08^b$
饱和脂肪酸 $\Sigma$ SFA	$30.12 \pm 0.38$	$30.40 \pm 0.18$	$30.37 \pm 0.25$	$30.19 \pm 0.66$
单不饱和脂肪酸 $\Sigma$ MUFA	$24.84 \pm 0.85^{ab}$	$24.22 \pm 0.16^a$	$24.24 \pm 0.62^a$	$26.68 \pm 0.80^b$
多不饱和脂肪酸 $\Sigma$ PUFA	$45.04 \pm 0.50^b$	$45.38 \pm 0.20^b$	$45.39 \pm 0.48^b$	$43.14 \pm 0.37^a$
EPA+DHA	$18.64 \pm 0.98^b$	$19.39 \pm 0.35^b$	$18.80 \pm 0.82^b$	$15.54 \pm 0.97^a$

### 5. 肌肉代谢相关基因

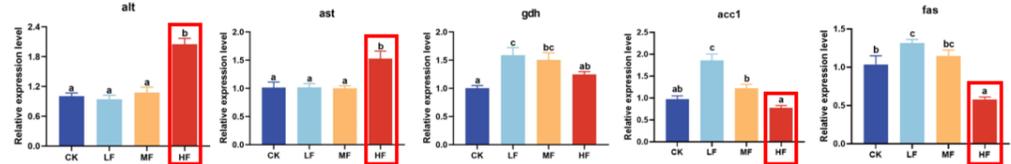


Fig.3 肌肉蛋白质代谢和脂肪代谢相关基因的表达量变化。(蛋白质代谢: alt、ast、gdh; 脂肪代谢: acc1、fas)

### 6. 肌肉代谢通路分析

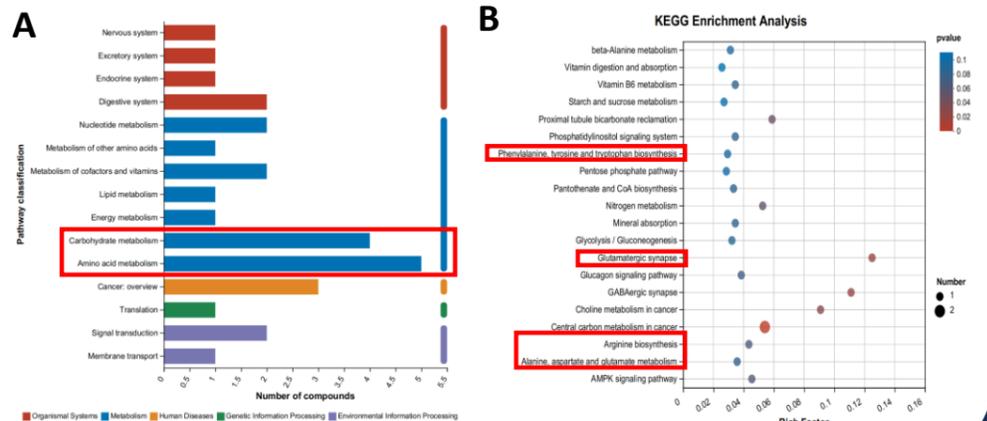


Fig.4 不同流速下翘嘴鲌肌肉代谢通路的变化。(A) KEGG通路统计；(B) KEGG通路富集分析

## 实验结论

适当的流速能够改善翘嘴鲌的肌肉质构，并且减少氧化应激。同时，流速改变了肌肉的营养结构，包括氨基酸和脂肪酸的含量。此外，流速通过提高氨基酸代谢，降低脂肪酸代谢改变了翘嘴鲌肌肉的代谢通路。总的来说，流速诱导的代谢变化对提高翘嘴鲌肌肉品质起着重要作用。

## 致谢

本研究得到国家重点研发计划(2019YFD0900500)、国家自然科学基金(31902359)、舟山科技局(2022C01015)的支持。