

野生和养殖乌鳢肌肉的成分分析及营养评价

赵立¹, 陈军¹, 赵春刚², 白青云¹, 毕艳红¹, 王辉¹

(1. 淮阴工学院生命科学与化学工程学院, 江苏淮安 220223)

(2. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江哈尔滨 150070)

摘要: 本文对野生和养殖乌鳢肌肉中的营养成分进行了分析和营养评价。结果表明: 野生乌鳢肌肉中粗脂肪含量显著低于养殖乌鳢 ($P < 0.05$)。野生乌鳢 n-3 多不饱和脂肪酸含量和 c22:6 (DHA) 含量均高于养殖乌鳢, 野生和养殖乌鳢肌肉中 n-3/n-6 的比例分别为 1.21 和 0.65。两种乌鳢肌肉都检测到了 17 种氨基酸, 养殖乌鳢肌肉中氨基酸总量、鲜味氨基酸含量、必需氨基酸含量均高于野生乌鳢, 野生和养殖乌鳢肌肉中必需氨基酸/总氨基酸 (EAA/TAA) 的比值分别为 42.66% 和 42.28%, 必需氨基酸/非必需氨基酸 (EAA/NEAA) 的比值分别为 74.40% 和 73.26%, 均高于 FAO/WHO 推荐的理想蛋白质模式, 野生和养殖乌鳢肌肉的必需氨基酸评分 (EAAI) 分别为 63.48 和 70.82。两种乌鳢肌肉中矿物质元素均以钾最高, 养殖乌鳢微量元素含量显著高于野生乌鳢 ($P < 0.05$)。因此, 以低值野杂鱼饵料为食物来源的养殖乌鳢具有良好的开发前景。

关键词: 野生乌鳢; 养殖乌鳢; 成分; 分析; 营养评价

文章编号: 1673-9078(2015)9-244-249

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.040

Composition Analysis and Nutritional Evaluation of Wild and Farmed

Channa argus

ZHAO Li¹, CHEN Jun¹, ZHAO Chun-gang², BAI Qing-yun¹, BI Yan-hong¹, WANG Hui¹

(1. Department of Biology and Chemical Engineering, Huai Yin Institute of Technology, Huan'an 223003, China)

(2. Heilongjiang Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China)

Abstract: Analysis of the nutrient content of wild and farmed *Channa argus* muscle tissue showed that crude fat content in wild *Channa argus* was significantly lower than that in the farmed variety ($p < 0.05$). However, the content of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) and c22:6 (DHA) in the muscle of wild *Channa argus* was higher than that in the farmed *Channa argus*, where the ratio of n-3/n-6 of the two samples was 1.21 and 0.65, respectively. A total of 17 amino acids were detected in the muscles of wild and farmed *Channa argus*, where the content of total amino acids, delicious amino acids, and essential amino acids in the farmed *Channa argus* was higher than that in the wild variety. The ratio of essential to total amino acids (EAA/TAA) in the muscles of wild and farmed *Channa argus* was 42.66% and 42.28%, respectively. The ratios of essential to non-essential amino acids were 74.40% and 73.26%, respectively, which were higher than the ideal protein patterns recommended by Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the World Health Organization (WHO). The essential amino acid index of wild and farmed *Channa argus* muscles was 63.48 and 70.82, respectively. In both samples, potassium showed the highest mineral content, whereas trace elements were significantly higher in muscles of the farmed variety than wild *Channa argus* ($p < 0.05$). In conclusion, the farmed *Channa argus* fed with low-value, wild trash-fish shows good development prospects for.

Key words: wild *Channa argus*; farmed *Channa argus*; component; analysis; nutritional evaluation

乌鳢 (*Channa argus*) 俗称乌鱼、黑鱼、火头等, 属鲈形目 (*Perciformes*)、攀鲈亚目 (*Anabantoidei*)、鳢科 (*Channidae*)、鳢属 (*Channa*), 属肉食性鱼类, 原产于我国、俄罗斯和朝鲜, 是我国的特色名贵

收稿日期: 2014-11-26

基金项目: 黑龙江省科技成果转化项目 (TC10B0702); 淮安市科技支撑项目 (SN12038)

作者简介: 赵立 (1977-), 女, 副教授, 博士研究生, 研究方向: 水产品加工和利用

淡水鱼之一, 环境适应性强、生长速度快、易保活运输, 广泛分布于我国各地的江河、湖泊、沟塘、池沼中^[1]。乌鳢骨刺少, 肉味鲜美, 蛋白质含量高, 脂肪含量低, 具有去瘀生新、生肌补血以及促进伤口愈合等功效, 被视为病后康复和老幼体虚者的滋补珍品^[2], 因此, 市场需求量特别大。尽管乌鳢在中国有很长的养殖历史, 但由于人们的食品消费观念更偏爱野生乌鳢, 这使得野生乌鳢价格昂贵, 而且大量的从江河湖泊中捕获, 野生乌鳢的数量急剧下降, 极大的破坏了

生态平衡。因此,开展乌鳢的人工繁殖、养殖和增殖,是乌鳢养殖业的当务之急。

由于乌鳢野生和人工养殖所处的生长环境和饲料的不同,其肌肉品质和营养价值是否不同,以及这种差异是否可以通过改进饲料配方或环境条件得以改善等,都是动物营养学者以及食品营养学者和消费者关注的热点。水产品是人们日常饮食中占有重要地位的原因之一是其富含多不饱和脂肪酸,尤其是 c20:5 (EPA) 和 c22:6 (DHA),因此,近些年来,国内外对于野生和养殖的水产品营养成分的比较研究主要集中在脂肪酸组成方面,如野生黑鲈饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量高于养殖黑鲈^[3];野生琥珀鱼^[4]和欧鳓^[5]C20:5 (DHA) 含量低于养殖种类,而 C22:6 (EPA) 含量高于养殖种类;以活饵为食的养殖刀鲚营养价值与野生刀鲚相当^[6],等等。迄今为止,对于野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉的营养成分的比较分析尚未见报道。因此,本文对同一产地的野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉采用生化分析方法,对常规营养成分、脂肪酸、氨基酸、矿物质以及微量元素进行成分分析,并对两者的营养成分进行了比较和营养评价,为乌鳢的营养需要、人工养殖、饲料开发以及养殖乌鳢的消费提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料

野生和养殖乌鳢 (*Channa argus*) 均取自江苏省淮安市盱眙县淮河镇,养殖乌鳢以人工投喂洪泽湖捕获的野杂鱼和海洋野杂鱼为主。选取个体完整、规格一致的乌鳢各 6 尾,体长 34~36 cm,体重 0.8~0.9 kg。取乌鳢背部两侧肌肉,分两部分,一部分立即进行常规营养成分(水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分)测定,另一部分在冰浴条件下用组织捣碎机搅拌混合成鱼糜,经真空冷冻干燥后置于-20℃冰箱中保存用于脂肪酸、氨基酸以及矿物质和微量元素的测定。

1.2 主要仪器设备

GC-14B 气相色谱仪:配 FID 检测器,日本岛津公司;CP-SILL 88 色谱柱:0.2 μm × 0.32 mm × 50 m,美国瓦里安公司;A300 氨基酸分析仪,德国曼默博尔公司;BD/BC-146J 星星冷柜,浙江星星家电股份有限公司;QXR30 马福炉,上海黔通仪器科技有限公司;XMTD-8222 电热鼓风干燥箱,上海精宏实验设备有限公司;T25 型匀浆机,德国 IKA 集团;Agilent 7700 Series ICP-MS,安捷伦科技有限公司。

1.3 营养成分分析方法

水分的测定参照 GB 5009.53-2010 进行;蛋白质的测定参照 GB 5009.5-2010 进行;脂肪的测定参照 GB/T 5009.6-2003 进行;灰分的测定参照 GB 5009.4-2010 进行。氨基酸含量的测定参照 GB/T 5009.124-2003 进行。脂肪酸含量的测定参照 GB/T 9695.2-2008 进行。矿物质和微量元素(钙、钾、钠、镁、铁、铜、锌、锰)的测定参照 GB/T 5009-2003 进行。

1.4 营养价值的评价方法

根据 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸评分标准模式和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式,分别计算氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)以及必需氨基酸指数(EAAI)。

$$AAS = \frac{aa}{AA(FAO/WHO)}$$

$$CS = \frac{aa}{AA(egg)}$$

$$EAAI = \left(\frac{Lys^t}{Lys^s} \times 100 \times \frac{Leu^t}{Leu^s} \times 100 \dots \times \frac{Val^t}{Val^s} \times 100 \right)^{1/n}$$

式中,aa 为样品中氨基酸含量(mg/g N),AA(FAO/WHO)为 FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量(mg/g N),AA(egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g N),n 为比较的必需氨基酸个数,t 为样品蛋白质的氨基酸含量,s 为鸡蛋蛋白质的氨基酸含量。

1.5 数据处理和分析

每次测定重复 3 次,数据用平均数 ± 标准差(mean ± SD)表示,通过 spss13.5 软件进行数据处理,进行 t 检验(2 尾)分析确定组间差异的显著性。

2 结果与讨论

2.1 常规营养成分分析

从表 1 可见,对于常规营养成分,野生乌鳢肌肉中水分含量、粗蛋白含量和粗灰分含量与养殖乌鳢差异不显著(P>0.05)。而野生乌鳢粗脂肪含量显著低于养殖乌鳢(P<0.05),这是由于养殖乌鳢具有更好的饲料营养供给以及更少的活动量^[4],此结论与多个研究结果一致^[5-7]。

表1 野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉基本营养组成 (%)

Table 1 Nutritional composition of the muscles of wild and farmed <i>Channa argus</i>		
组成成分	野生乌鳢	养殖乌鳢
水分	76.55 ± 0.17	76.97 ± 0.44
粗蛋白	20.03 ± 0.48	19.65 ± 1.88
粗脂肪	0.77 ± 0.02 ^b	1.24 ± 0.07 ^a
灰分	1.20 ± 0.01	1.13 ± 0.07

注：同列中标有不同小写字母的数值具有显著性差异 (P<0.05)，以下同。

2.2 脂肪酸组成和分析

表2 野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉中脂肪酸组成和含量 (占脂肪酸总量, %)

Table 2 Fatty acid composition and content in the muscles of wild and farmed *Channa argus* (% of total fatty acids)

脂肪酸种类	野生乌鳢	养殖乌鳢
c6:0	1.22 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.00 ^b
c12:0	-	0.074 ± 0.00
c14:0	1.25 ± 0.01 ^b	2.37 ± 0.02 ^a
c15:0	1.24 ± 0.01 ^a	0.54 ± 0.00 ^b
c16:0	25.08 ± 0.08 ^a	20.85 ± 0.03 ^b
c17:0	1.13 ± 0.01 ^a	0.44 ± 0.01 ^b
c18:0	9.16 ± 0.03 ^a	4.20 ± 0.01 ^b
c20:0	-	0.16 ± 0.00
c22:0	-	0.22 ± 0.01
c14:1	-	0.25 ± 0.00
c15:1	-	0.15 ± 0.02
c16:1	3.52 ± 0.02 ^b	4.85 ± 0.03 ^a
c17:1	1.38 ± 0.01 ^a	0.63 ± 0.00 ^b
c18:1n9t	-	0.26 ± 0.01
c18:1n9c	14.78 ± 0.02 ^b	29.20 ± 0.06 ^a
c20:1	-	1.61 ± 0.02
c22:1n9	-	0.15 ± 0.00
c24:1	1.45 ± 0.01 ^a	0.41 ± 0.02 ^b
c18:2n6t★	-	0.12 ± 0.00
c18:2n6c★	4.94 ± 0.06 ^b	11.65 ± 0.01 ^a
c20:2	-	1.11 ± 0.01
c22:2	-	0.32 ± 0.00
c18:3n6★	-	0.29 ± 0.00
c18:3n3★	1.54 ± 0.01 ^b	1.75 ± 0.01 ^a
c20:3n6	-	0.42 ± 0.02
c20:3n3	-	0.21 ± 0.01
c20:4n6	8.40 ± 0.05 ^a	2.05 ± 0.04 ^b
c20:5n3 (EPA)	1.19 ± 0.00 ^b	1.67 ± 0.01 ^a

c22:6n3 (DHA)	13.42 ± 0.05 ^a	5.86 ± 0.02 ^b
SFA	39.09	28.92
UFA	50.63	62.93
MUFA	21.14	37.50
PUFA	29.50	25.44
EFA	6.48	13.81
n-3PUFA	16.15	9.48
n-6PUFA	13.34	14.53
n-3/n-6	1.21	0.65
顺式脂肪酸 Cis (c)	50.63	62.55
反式脂肪酸 Trans (t)	0	0.38

注：“★”必需脂肪酸，“-”表明未检测到。

从表2可见，野生乌鳢肌肉中检测到15种脂肪酸，饱和脂肪酸6种，单不饱和脂肪酸4种，多不饱和脂肪酸5种。养殖乌鳢肌肉中检测到29种脂肪酸，饱和脂肪酸9种，单不饱和脂肪酸9种，多不饱和脂肪酸11种。两者脂肪酸组成和含量相差较大 (P<0.05)，野生乌鳢以c16:0含量最高，养殖乌鳢以顺式c18:1含量最高。野生乌鳢肌肉中的饱和脂肪酸含量(39.09%)高于养殖乌鳢(28.92%)，而养殖乌鳢中单不饱和脂肪酸含量高，这一结果与黑鲈一致^[3]。野生乌鳢肌肉中不饱和脂肪酸含量和必需脂肪酸含量分别为50.63%和42.73%，明显低于(P<0.05)养殖乌鳢，两者都以顺式c18:1含量为最高，其次为c22:6(DHA)。对于必需脂肪酸而言，养殖乌鳢相比野生乌鳢有较高的含量，为13.81%，而野生乌鳢仅为6.48%。

鱼和水产品是自然界中n-3多不饱和脂肪酸的最重要来源，食用富含长链n-3多不饱和脂肪酸可以大大改善人体的健康和营养状况^[8]。通常认为来自深海鱼油的n-3系列脂肪酸对健康有一定的积极作用，但是淡水水产品也是重要的n-3系列脂肪酸来源，因为它们含有大量的C20:5n-3(DHA)和C22:6n-3(EPA)脂肪酸^[9]。Tocher(2003)^[10]认为EPA和DHA是细胞膜中最重要的多不饱和脂肪酸，保证了细胞膜的结构和功能，对人类的健康有着重要的营养作用。从表2可见，野生乌鳢C20:5n-3(DHA)含量显著低于养殖乌鳢(P<0.05)，而C22:6n-3(EPA)含量显著高于养殖乌鳢(P<0.05)，这一结果与琥珀鱼^[4]和欧鳊^[5]相同。野生乌鳢肌肉中n-3多不饱和脂肪酸含量高于养殖乌鳢，分别为16.15%和9.48%。野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉中n-3/n-6的比例分别为1.21和0.65。同时，反式脂肪酸的营养问题早已引起人们关注，它可失去降低胆固醇的作用^[11]，野生乌鳢肌肉中未检测到反式脂肪酸，而养殖乌鳢中有少量反式脂肪酸(0.38%)。

2.3 氨基酸组成和分析

野生乌鳢和养殖乌鳢都检出 17 种氨基酸 (见表 3), 包括 8 种必需氨基酸、4 种呈味氨基酸。两种乌鳢氨基酸构成规律相同, 但养殖乌鳢肌肉中氨基酸含量显著高于野生乌鳢, 分别为 16.50 g/100 g 和 15.37 g/100 g ($P<0.05$), 此规律与淡水鱼刀鲚测定的结果相一致^[6], 与黑鲈^[3]相反, 这种区别取决于多个方面, 如饲料构成、生长温度以及贮藏时间等^[12]。在 17 种氨基酸中, 两者均以丙氨酸含量最高, 分别为 2.66 g/100 g 和 2.71 g/100 g。养殖乌鳢肌肉中天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和脯氨酸的含量显著高于野生乌鳢 ($P<0.05$)。

表 3 野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉中氨基酸组成及含量 (g/100g)

氨基酸种类	游离氨基酸含量	
	野生乌鳢	养殖乌鳢
★天冬氨酸 Asp	1.66±0.15 ^b	1.80±0.31 ^a
★谷氨酸 Glu	0.96±0.10 ^b	1.09±0.24 ^a
★甘氨酸 Gly	0.68±0.22 ^b	0.88±0.22 ^a
★丙氨酸 Ala	2.66±1.02	2.71±1.04
☆精氨酸 Arg	0.60±0.11	0.63±0.09
☆组氨酸 His	0.39±0.08	0.41±0.10
丝氨酸 Ser	0.65±0.11	0.70±0.21
酪氨酸 Tyr	1.08±0.45	1.13±0.95
脯氨酸 Pro	0.42±0.02 ^b	0.51±0.00 ^a
胱氨酸 Cys	0.11±0.01	0.08±0.06
※苏氨酸 Thr	0.74±0.28	0.80±0.33
※缬氨酸 Val	0.79±0.14	0.86±0.28
※蛋氨酸 Met	0.46±0.01	0.48±0.02
※异亮氨酸 Ile	0.75±0.01	0.80±0.12
※亮氨酸 Leu	1.24±0.41	1.31±0.62
※苯丙氨酸 Phe	0.62±0.04	0.68±0.07
※赖氨酸 Lys	1.56±0.32	1.64±0.45
总氨基酸含量 TAA (%)	15.37±1.05	16.50±1.12
必需氨基酸含量 EAA (%)	6.17	6.57
鲜味氨基酸含量 DAA (%)	5.96	6.48
EAA/NEAA (%)	74.40	73.26
EAA/TAA (%)	42.66	42.28

注: “★”鲜味氨基酸; “※”必需氨基酸。

动物性食品风味主要依赖于鲜味氨基酸的含量, 在这 17 种氨基酸中, 谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸为鲜味氨基酸, 谷氨酸、天冬氨酸为呈鲜味的特征性氨基酸; 甘氨酸、丙氨酸是呈甘味的特征性氨基

酸。这些鲜味氨基酸的存在赋予乌鳢良好的风味。两种乌鳢均以丙氨酸含量最高, 说明乌鳢肉质鲜美。养殖乌鳢肌肉中鲜味氨基酸含量 (6.48 g/100 g) 显著高于野生乌鳢 (5.96 g/100 g) ($P<0.05$), 结果与淡水鱼刀鲚^[6]和黑鲈^[3]完全一致, 这是由于养殖乌鳢以野杂鱼和海洋野杂鱼为主的饵料特点, 使养殖乌鳢更具鲜味。

两种乌鳢都检测到了 7 种必需氨基酸 (色氨酸未测出), 养殖乌鳢肌肉中必需氨基酸总量为 6.57 g/100 g, 显著高于野生乌鳢 (6.17 g/100g) ($P<0.05$), 此规律与野生和养殖的淡水鱼刀鲚^[6]一致。此外, 两种乌鳢还包含儿童生长所必需的组氨酸。必需氨基酸中以均以赖氨酸含量最高, 分别为 1.56 g/100 g 和 1.64 g/100 g。我国居民饮食是以植物性谷类食物为主, 而赖氨酸是谷类蛋白质的第一限制氨基酸, 乌鳢肌肉中的高赖氨酸含量恰好弥补了植物蛋白质的不足, 提高了蛋白质的营养价值。除此之外, 赖氨酸还是控制人体生长的重要物质抑长素中必需的成分, 对人的中枢神经和周围神经系统都起着重要作用。必需氨基酸的价值体现在含量和合适的比例, 野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉中 EAA/TAA 比值分别为 42.66% 和 42.28%, EAA/NEAA 的比值分别为 74.40% 和 73.26%, 这两个比值均高于 FAO/WHO 推荐的理想蛋白质模式 (EAA/TAA~40%, EAA/NEAA≥60%)^[13], 说明野生和养殖乌鳢氨基酸含量丰富、种类齐全, 比例均衡, 都属于优质的人体所需的蛋白质。

2.4 蛋白质营养评价

食物蛋白质营养价值的高低, 主要取决于所含必需氨基酸的种类、数量及组成比例。在氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质氨基酸模式中, 氨基酸评分 (AAS) 和化学评分 (CS) 从不同的角度反映了蛋白质构成与利用率的关系, 而必需氨基酸指数 (EAAI) 是评价食物营养价值的常用指标之一, 它以鸡蛋蛋白必需氨基酸为参考标准。通过与鸡蛋氨基酸模式和 FAO/WHO 所规定的人体必需氨基酸均衡模式进行比较, 计算出氨基酸评分 (AAS) 和化学评分 (CS) 以及必需氨基酸指数 (EAAI), 结果见表 4。从野生与养殖乌鳢肌肉 AAS 评价看, 第一限制性氨基酸是缬氨酸, 第二限制性氨基酸是蛋氨酸+胱氨酸; 从 CS 评价看, 蛋氨酸+胱氨酸是第一限制性氨基酸, 缬氨酸是第二限制性氨基酸。野生乌鳢和养殖乌鳢的 EAAI 分别为 63.48 和 70.82。养殖乌鳢的 AAS、CS 和 EAAI 均高于野生乌鳢, 说明养殖乌鳢肌肉氨基酸营养价值高于野生乌鳢。

表 4 野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉必需氨基酸含量和氨基酸评分 (mg/g N)

Table 4 Essential amino acid contents and amino acid scores in the muscles of wild and farmed *Channa argus* (mg/g N)

必需氨基酸	FAO/WHO	Egg	必需氨基酸含量		AAS		CS	
			野生乌鳢	养殖乌鳢	野生乌鳢	养殖乌鳢	野生乌鳢	养殖乌鳢
异亮氨酸 Ile	250	331	201.50	226.84	0.81	0.91	0.61	0.69
亮氨酸 Leu	440	534	331.78	371.50	0.75	0.84	0.62	0.70
赖氨酸 Lys	340	441	418.28	465.12	1.23	1.37	0.95	1.05
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	220	386	153.42	160.01	0.70 [▲]	0.73 [▲]	0.40 [▲]	0.41 [▲]
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	380	565	455.01	514.00	1.20	1.35	0.81	0.91
苏氨酸 Thr	250	292	199.03	227.86	0.80	0.91	0.68	0.78
缬氨酸 Val	310	411	212.11	245.25	0.68 ^{▲▲}	0.79 ^{▲▲}	0.52 ^{▲▲}	0.60 ^{▲▲}
总量	2190	2960	1971.13	2210.58	6.17	6.90	4.58	5.14
EAAI							63.48	70.82

注: ▲为第一限制性氨基酸, ▲▲为第二限制性氨基酸。

2.5 矿物质元素和微量元素分析

表 5 野生乌鳢和养殖乌鳢肌肉中矿物质和微量元素含量(μg/g)

Table 5 Mineral and trace element content in the muscles of wild and farmed *Channa argus* (μg/g)

元素名称	野生乌鳢	养殖乌鳢
Ca	267.54±7.19	274.09±1.55
K	64270.06±750.01	59970.20±913.38
Na	6226.51±80.20	6623.56±12.30
Mg	12354.67±91.96	8319.60±15.36
Fe	280.81±1.01 ^b	897.69±1.05 ^a
Cu	11.02±1.36 ^b	27.28±0.46 ^a
Zn	66.34±1.57 ^b	192.90±0.46 ^a
Mn	4.15±0.42 ^b	171.66±1.11 ^a

由表 6 可见, 四种矿物质元素 (Ca、K、Na、Mg) 在野生和养殖乌鳢肌肉中的含量差异不显著 (P > 0.05), 以钾离子 (K) 含量最高, 其次为镁离子 (Mg)。但是四种微量元素 (Fe、Cu、Zn、Mn) 含量差异显著 (P < 0.05), 养殖乌鳢高于野生乌鳢, 但野生和养殖的黑鲈和金头鲷的 K、Ca、Fe、Cu、Zn 的含量却没有显著差异, 这是由于不同的生长和养殖环境所致^[14]。

3 结论

乌鳢是一种高蛋白低脂肪、营养价值极高的水产品。野生乌鳢肌肉具有较低的粗脂肪含量; 野生乌鳢多不饱和脂肪酸含量以及 n-3/n-6 的比例都高于养殖乌鳢, 同时, 野生乌鳢肌肉中未检测到反式脂肪酸; 两者氨基酸种类和组成相似, 但养殖乌鳢肌肉中氨基酸总量、鲜味氨基酸含量、必需氨基酸含量以及 EAAI

值均高于野生乌鳢, 因此养殖乌鳢肌肉氨基酸营养价值高于野生乌鳢; 养殖乌鳢的微量元素含量显著高于野生乌鳢。通过对野生和养殖乌鳢肌肉营养成分的比较分析, 表明以低值野生杂鱼为食物来源的养殖乌鳢, 其营养价值不会下降, 风味更优, 此结果为养殖乌鳢的饲料配方的研发以及养殖乌鳢的消费提供了基础理论依据。

参考文献

- [1] Lam T J. Fish culture in southeast Asia[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1982, 39(1): 138-142
- [2] Liu J, Cui Y, Liu J. Resting metabolism and heat increment of feeding in mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) and Chinese snakehead (*Channa argus*)[J]. Comparative Biochemistry Physiology, 2000, 127: 131-138
- [3] Fuentes A, Fernández-Segovia J A, Serra I, et al. Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality [J]. Food Chemistry, 2010, 119: 1514-1518
- [4] Rodríguez-Barreto D, Jerez S, Cejas J R, et al. Comparative study of lipid and fatty acid composition in different tissues of wild and cultured female broodstock of greater amberjack (*Seriola dumerili*) [J]. Aquaculture, 2012, 360-361: 1-9
- [5] Norambuena F, Estevez A, Bell G, et al. Proximate and fatty acid compositions in muscle, liver and gonads of wild versus cultured broodstock of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) [J]. Aquaculture, 2012, 356-357: 176-185
- [6] 唐雪, 徐钢春, 徐跑, 等. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析[J]. 动物营养学报, 2011, 23(3): 514-520

TANG Xue, XU Gang-chun, XU Pao, et al. A Comparison

- of Muscle Nutrient Composition between Wild and Cultured *Coilia nasus* [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(3): 514-520
- [7] Saito H, Okabe M. Characteristics of lipid composition differences between cultured and wild ayu (*Plecoglossus altivelis*) [J]. Food Chemistry, 2012, 131: 1104-1115
- [8] Ruxton C H S, Reed S C, Simpson J A, et al. The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence [J]. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 2007, 20(3): 275-285
- [9] Haouas W G, Zayene N, Guerbej H, et al. Fatty acids distribution in different tissues of wild and reared *Seriola dumerili* [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45: 1478-1485
- [10] Tocher D R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish [J]. Reviews in Fisheries Science, 2003, 11: 107-184
- [11] 李里特. 食品原料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012
Li Li-te. Food Material [M]. BeiJing: China Agriculture Press, 2012
- [12] Hwang D F, Chen T Y, Shiau C Y, et al. Seasonal variations of free amino-acids and nucleotide-related compounds in the muscle of cultured Taiwanese puffer *Takifugu rubripes* [J]. Fisheries Science, 2000, 66: 1123-1129
- [13] FAO/WHO. Joint FAO/WHO food standards programme codex committee additives and contaminants [R]. Geneva: FAO/WHO, 1997
- [14] Custódio P J, Pessanha S, Pereira C, et al. Comparative study of elemental content in farmed and wild life Sea Bass and Gilthead Bream from four different sites by FAAS and EDXRF [J]. Food Chemistry, 2011, 124: 367-372