

兰州鲇肌肉生化成分分析及营养学评价

杨元昊^{1,2} 李维平¹ 龚月生² 管薇¹ 王绿洲¹ 杨娟宁¹

(1. 中国水产科学研究院黄河水产研究所, 农业部渔业环境及水产品质量中心, 西安 710086

2. 西北农林科技大学动物科技学院, 杨凌 712100)

摘要: 测定了黄河中上游特有鱼类兰州鲇的肌肉生化成分并对其进行了营养学评价。结果表明, 兰州鲇肌肉(鲜样)中粗蛋白质量分数($17.4 \pm 0.7\%$), 粗脂肪($2.22 \pm 1.09\%$), 粗灰分($1.12 \pm 0.09\%$), 水分($80.4 \pm 0.8\%$)。肌肉中含有 18 种氨基酸, 总量为($71.29 \pm 3.71\%$) (质量分数, 干样), 其中含量最高的为谷氨酸($10.43 \pm 0.47\%$), 含量最低的为胱氨酸($0.663 \pm 0.040\%$), 8 种人体必需氨基酸总量为($30.24 \pm 2.18\%$), 占氨基酸总量的 42.38%, 其构成比例符合 FAO/WHO 标准。兰州鲇肌肉中限制性氨基酸为缬氨酸、亮氨酸和异亮氨酸, 必需氨基酸指数(EAAI)为 69.3, 4 种鲜味氨基酸总质量分数为 24.62% (干样)。不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的 65.21%, 并以油酸(C18:1)和亚油酸(C18:2)为主。磷含量显著高于其余 12 种矿物元素($p < 0.05$), 锌在 8 种微量元素中含量(10.18 ng/kg 鲜样)最高, 铁(8.31 mg/kg 鲜样)次之, 硒含量(0.31 mg/kg 鲜样)丰富。从营养学角度, 兰州鲇是一种营养价值较高的优质鱼类。

关键词: 兰州鲇; 肌肉; 生化成分; 营养学评价

中图分类号: Q959.468 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2009)01-0054-07

兰州鲇 (*Silurus lanzhouensis*), 俗称棉鱼、黄河鲇, 隶属鲇形目, 鲇科, 鲇属, 是黄河中上游、渭河及陕北入黄河河流下游特有的一种经济鱼类, 具有较高的营养价值和经济价值^[1,2]。兰州鲇肉质细嫩、营养丰富, 俗有“黄河鲇鱼活人参”之美称。陈湘舜^[3] 1977 年首次定名了鲇属新种兰州鲇 (*S. lanzhouensis*), 吴旭东^[4] 报道了宁夏鲇属鱼类的一新纪录种——兰州鲇。除此而外, 几乎未见到有关兰州鲇的研究报道, 尤其是其营养价值评价及饲料营养等方面。目前兰州鲇野生种群数量日益减少, 已被《中国物种红色名录》列为濒危物种^[4]。笔者近年来开展了兰州鲇消化生理等方面的研究^[5,6], 本文则对其肌肉生化成分及营养价值作了报道, 旨在为兰州鲇人工养殖、配合饲料研制及资源保护提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料鱼

峡河段采集兰州鲇鲜活鱼样, 鉴定定种后共 42 尾, 体长(28.6 ± 4.5) cm, 体重(340.6 ± 126.1) g。

1.2 样品处理 吸干鱼体表水分, 测定体长、体重。随机取 3 尾鱼, 背部两侧头后至尾柄前去皮去骨肌肉混合后作为 1 个待测样品, -36°C 冰箱保存备用。

常规营养成分和矿物元素用鲜样测定。氨基酸测定样品在常压 105°C 恒温干燥。脂肪酸测定样品在 60°C 条件下真空干燥^[7]。常规营养成分、氨基酸、脂肪酸、常量元素测定均分别设 6 个重复, 微量矿物元素测定设 11 个重复。

1.3 鱼体生化成分分析 采用国标法^[8]测定常规营养成分和矿物元素。其中钾、钠、镁、铁、锌采用火焰原子吸收光谱法; 铜、铅、镉采用石墨炉原子吸收光谱法; 砷、汞和硒采用原子荧光法。本实验中汞、砷、铅、镉的检出限分别为 0.15、10.5 和 $0.1 \mu\text{g/kg}$ 。

氨基酸测定: 采用盐酸水解法, 取 105°C 恒温干燥样品 50mg 用 6mol/L 的盐酸于 110°C 下水解 22h。过滤、定容至 50mL, 取 0.5mL 真空干燥。用

收稿日期: 2007-03-27 修订日期: 2008-02-16

基金项目: 中国水产科学研究院科研基金项目 (Na 2003-01-05) 资助

作者简介: 杨元昊 (1975—), 男, 甘肃灵台人; 硕士, 副研究员; 主要从事水产动物营养与水产品质量安全研究。E-mail: yangyh_010@yahoo.com.cn

通讯作者: 龚月生, 男, 教授; 主要从事动物营养研究。E-mail: gongyusheng@sohu.com

美国 Beckman公司的 12MB 型氨基酸自动分析仪测定氨基酸组成及含量。测色氨酸的样品采用 5mol/L 的氢氧化钠于 110℃下水解 20h。

脂肪酸测定: 采用氯仿-甲醇提取法^[9]提取粗脂肪, 经 BF₃-CH₃OH 甲脂化后, 再用美国安捷伦 6890plus 型气相色谱仪测定, 按峰面积归一化法计算脂肪酸含量。

1.4 营养价值评价 根据 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸评分标准模式^[10] (mg/g pro dry) 和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式 (mg/g pro dry)^[11], 分别按以下公式计算氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI)^[12]:

$$AAS = \frac{\text{试验样品氨基酸含量 (mg/g pro)} \times 100}{\text{FAO/WHO 标准模式中同种氨基酸含量 (mg/g pro)}}$$
$$CS = \frac{\text{试验样品氨基酸含量 (mg/g pro)} \times 100}{\text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量 (mg/g pro)}}$$

表 1 兰州鲇肌肉常规营养成分 (n= 6)

Tab. 1 Main nutrient contents in muscle of <i>Silurus lanzhouensis</i> (n= 6) (% Wetweight)				
成分 Ingredient	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash
范围 Ex tent	79. 4— 81. 5	16. 7—18. 3	1. 01— 3. 43	0. 98— 1. 26
平均值 ±标准差 Means+ SD	80. 4±0. 8	17. 4±0. 7	2. 22±1. 09	1. 12±0. 09

2.2 氨基酸组成及含量

由表 2 可见, 兰州鲇肌肉蛋白质含有 18 种氨基酸, 其中包括 8 种人体必需氨基酸、2 种半必需氨基酸和 8 种非必需氨基酸。按含量高低顺序, 位于前三位的氨基酸为谷氨酸、赖氨酸和天冬氨酸, 其中谷氨酸含量 (10.43%) 最为丰富, 赖氨酸含量 (7.848%) 次之, 分别占氨基酸总量的 14.4% 和 10.9%; 位于后四位的氨基酸为胱氨酸、色氨酸、组氨酸和蛋氨酸, 其中含量最低的为胱氨酸 (0.663%), 其

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100a}{ae} \times \frac{100b}{be} \times \frac{100c}{ce} \times \dots \frac{100j}{je}}$$

式中: n 为比较的必需氨基酸个数, a、b、c、…j 为鱼肌肉蛋白质的必需氨基酸含量 (mg/g pro dry), ae、be、ce……je 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量 (mg/g pro dry)。

1.5 数据处理 用 SAS 统计软件, 进行 Duncan's 新复极差法多重比较。

2 结 果

2.1 常规营养成分

由表 1 可见, 兰州鲇肌肉 (鲜样) 中水分的质量分数 (80.4±0.8)% 最高, 粗蛋白 (17.4±0.7)% 次之, 粗脂肪 (2.22±1.09)% 和粗灰分 (1.12±0.09)% 较低。

次是色氨酸 (0.784%), 分别只占氨基酸总量的 0.92% 和 1.1%。兰州鲇肌肉氨基酸总量为 71.29%, 8 种人体必需氨基酸的总量为 30.24%, 必需氨基酸总量占氨基酸总量的 42.38%, 必需氨基酸与非必需氨基酸之比为 0.74。谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸 4 种鲜味氨基酸的总量为 24.62%, 其中谷氨酸被认为是鲜味最强的氨基酸, 在测定的 18 种氨基酸中含量达 10.426%。因此, 从理论上讲, 兰州鲇肌肉味道鲜美。

表 2 兰州鲇肌肉氨基酸组成及含量 (n= 6)

Tab. 2 Compositions of amino acids in muscle of <i>Silurus lanzhouensis</i> (n= 6) (% dry)							
样品编号 Sample No	No. 025	No. 026	No. 106	No. 107	No. 220	No. 221	平均值 means X±SD
天冬氨酸 Asp	6.486	6.636	6.782	6.959	6.926	6.986	6.796±0.201
* 苏氨酸 Thr	3.171	3.576	3.628	3.683	3.889	3.749	3.616±0.244
丝氨酸 Ser	2.938	3.069	3.113	3.214	3.096	3.235	3.111±0.108
谷氨酸 Glu	9.79	10.02	10.92	10.40	10.96	10.47	10.43±0.47
脯氨酸 Pro	2.913	2.594	2.605	2.899	2.835	2.688	2.756±0.145
甘氨酸 Gly	2.891	2.793	3.101	2.971	3.231	3.013	3.000±0.154
丙氨酸 Ala	4.033	4.238	4.458	4.430	4.758	4.501	4.403±0.246
胱氨酸 Cys	0.606	0.643	0.690	0.712	0.686	0.639	0.663±0.040
* 缬氨酸 Val	3.296	3.757	3.476	3.899	4.266	3.932	3.771±0.346
* 蛋氨酸 Met	2.231	2.014	2.410	2.063	2.778	2.627	2.354±0.308

							续表
样品编号 Sample No	No. 025	No. 026	No. 106	No. 107	No. 220	No. 221	平均值 means X±SD
* 异亮氨酸 Ile	2.756	2.89	3.019	2.963	3.27	3.082	2.997±0.175
* 亮氨酸 Leu	4.840	5.065	5.395	5.225	6.086	5.507	5.353±0.430
酪氨酸 Tyr	2.605	2.778	2.915	2.804	3.462	2.993	2.926±0.294
* 苯丙氨酸 Phe	3.182	3.334	3.433	3.436	4.097	3.608	3.515±0.317
* 赖氨酸 Lys	6.902	7.641	8.026	8.050	8.558	7.914	7.848±0.551
** 组氨酸 His	1.658	1.914	2.224	1.930	1.980	1.957	1.944±0.180
** 精氨酸 Arg	4.912	5.464	3.491	5.558	5.310	5.423	5.026±0.785
* 色氨酸 Trp	0.891	0.730	0.690	0.841	0.824	0.730	0.784±0.078
氨基酸总量 ΣAA	66.10	69.16	70.38	72.04	77.01	73.05	71.29±3.71
必需氨基酸总量 (ΣEAA)	27.27	29.01	30.08	30.16	33.77	31.15	30.24±2.18
非必需氨基酸总量 (ΣNEAA)	38.83	40.15	40.30	41.88	43.24	41.91	41.05±1.58
ΣEAA/ΣAA	41.25	41.94	42.74	41.87	43.85	42.64	42.38±0.90
ΣEAA/ΣNEAA	70.23	72.25	74.64	72.02	78.09	74.33	73.59±2.74
* 人体所必需的 8 种氨基酸;* * 人体半必需氨基酸							
* Essential amino acids * * Semi-essential amino acids							

2.3 脂肪酸组成及含量

由表 3 知,本研究检测到兰州鲇肌肉中含有 13 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸(SFA)4种,占脂肪酸总量的 33.097%,不饱和脂肪酸(UFA)9种,占到脂肪酸总量的 65.210%。SFA 以 C16:0 为主,含量占脂

肪酸总量的 27.735%。UFA 中包括 4 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 5 种多不饱和脂肪酸(PUFA), PUFA 含量占脂肪酸总量 17.351%, MUFA 含量十分丰富,为 47.859%,而且以油酸(C18:1)和亚油酸(C18:2)为主,含量分别达 41.531%和 7.309%。

表 3 兰州鲇肌肉脂肪酸组成及含量 (n=6)
Tab. 3 Fatty acids contents in muscle of *Silurus lunzhouensis* (n=6) (% dry)

脂肪酸 Fatty acids	C12:0	C14:0	C16:0	C17:0	C16:1	C17:1	C18:1	C20:1	C18:2	C18:3	C20:2	C20:3	C20:4
含量 Contents	0.483	4.719	27.735	0.160	3.188	0.475	41.531	2.665	7.309	5.527	0.350	2.408	1.757
标准差 SD	0.297	1.259	5.915	0.062	1.090	0.158	7.253	0.527	1.214	1.364	0.256	1.386	0.895
	Σ SFA			Σ MUFA			Σ PUFA						
	33.097			47.859			17.351						

注: Σ SFA 为饱和脂肪酸和; Σ MUFA 为单不饱和脂肪酸和; Σ PUFA 为多不饱和脂肪酸
Note Σ SFA is saturated fatty acids; Σ MUFA is mono-unsaturated fatty acids; Σ PUFA is poly unsaturated fatty acids

2.4 矿物元素含量

由表 4 可知,兰州鲇肌肉中矿物元素的含量顺序为 P>Na>K>Ca>Mg>Zn>Fe>Se>Cu>Hg>As>Pb>Cd。5 种常量元素(P、Na、K、Ca、Mg)含量丰富,总量达 3576.2 mg/kg(鲜重)。方差分析结果显示,磷含量显著高于其余 12 种矿物元素 (p<0.05),钠显著高于钾、钙和镁 (p<0.05),但钾和钙间差异不显著 (p>0.05)。兰州鲇肌肉 8 种微量元素(Cu、Zn、Se、Fe、Pb、Cd、Hg、As)总量为 19.31 mg/kg(鲜重),其中锌的含量(10.18 mg/kg)最高,铁(8.31 mg/kg)次之,硒含量(0.31 mg/kg)丰富。但微量元素含量彼此间差异均不显著 (p>0.05)。肌肉中钙与磷比为 1:12.8。按照 Hill 和 Matron 提出的“理化性质相似的元素,其生物学功能是相互拮

抗的”,且这种拮抗作用通常发生在 Zn:Cu>10 及 Zn:Fe>1 时^[10],兰州鲇的 Zn:Cu=64、Zn:Fe=1.2,由此可见,兰州鲇肌肉中锌、铜比及锌、铁比均不合理。

3 讨论

3.1 兰州鲇是一种高蛋白低脂脂肪鱼类

蛋白质是生命活动的物质基础,在人体营养中尤为重要,兰州鲇肌肉中蛋白质平均含量为 17.4%,较同属的鲇(*Silurus asotus*)^[13](15.20%)、南方大口鲇(*Silurus meridionalis*)^[13](15.19%)均高出 14.5%,比黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)^[14](15.37%)高出 13.2%,但其蛋白质含量低于中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)^[15](19.22%)和翘嘴

鲇 (*Culter alburnus*)^[16] (18.03%), 与鳊鱼 (*Siniperca chuatsi*)^[17] (17.56%) 基本相同。兰州鲇的粗脂肪含量为 2.22%, 比鲢^[13] (1.63%) 和南方大口鲇^[13] (1.47%) 略高, 比养殖翘嘴鲇^[16] (4.06%)、青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*)^[18] (4.65%) 和鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)^[19] (5.56%)、鳙 (*Aristichthys nobilis*)^[19] (3.04%) 低, 也比相似生境中的黄河鲤

(*Cyprinus carpio*)^[20] (3.47%) 低。鱼类肌肉脂肪含量与种质、生活环境、摄食方式和生长季节等因素有关, 黄河水体中兰州鲇生存环境空间很大, 运动量相对较大, 加之兰州鲇是凶猛鱼类^[6], 摄食耗能大, 脂肪代谢可能处在较高水平, 造成兰州鲇肌肉脂肪含量不是很高, 样品采集季节的差异可能与脂肪含量变幅 (1.01%—3.43%) 较大有关。

表 4 兰州鲇肌肉中矿物元素含量
Tab. 4 Mineral element contents in muscle of *Silurus lanzhouensis* (mg/kg wet weight)

元素 Element	K n= 6	Na n= 6	Mg n= 6	Ca n= 6	P n= 6	Cu [*] n= 11	Zn [*] n= 11	Se [*] n= 11	Fe [*] n= 11	Pb [*] n= 11	Cd [*] n= 11	Hg [*] n= 11	As [*] n= 11
平均含量 means	188.3 ^c	1303.3 ^b	36.0 ^d	148.9 ^c	1899.7 ^a	0.16 ^d	10.18 ^d	0.31 ^d	8.31 ^d	0.10 ^d	0.02 ^d	0.12 ^d	0.11 ^d
标准差 SD	119.5	281.8	10.8	73.0	52.5	0.11	4.73	0.14	5.89	0.12	0.01	0.13	0.17

* 表示微量元素; 标记有不同小写字母上标的数据差异显著 ($p < 0.05$)
* trace element means followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$)

3.2 兰州鲇肌肉中氨基酸含量丰富、必需氨基酸比例平衡

兰州鲇与鲢^[13]、南方大口鲇^[13]、鳊鱼^[17]、鳗鲡 (*Anguilla japonica*)^[21]、黄颡鱼^[14]、青鱼^[18]、草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)^[18]、团头鲂 (*Megalobrama amblycephala*)^[18] 和翘嘴鲇^[16] 等鱼类的肌肉氨基酸组成种类相同, 均含有 18 种水解氨基酸, 并且与这些鱼类肌肉中含量位于前三位或后四位的氨基酸种类相同, 含量最高的均为谷氨酸, 含量最低的均为胱氨酸, 表明兰州鲇与其他硬骨鱼类一样, 在进化过程中肌肉水解氨基酸的种类和含量高低顺序具有较大的保守性。其中含量最高的谷氨酸不仅是鲜味氨基酸, 而且是脑组织生化代谢中的重要氨基酸, 参与多种生理活性物质的合成^[22]。兰州鲇肌肉氨基酸总量、必需氨基酸总量较高, 种类齐全。氨基酸总量 (71.29%)、必需氨基酸总量 (30.24%) 均比南方大口鲇^[13] (54.37%、21.40%) 和鲢^[13] (58.31%、24.30%) 等鱼类高, 与中华倒刺鲃^[15] (73.61%、32.30%) 基本相同。根据 FAO/WHO 提出的理想模式, 质量较佳的蛋白质其氨基酸组成中 $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{AA}$ 在 40% 左右, $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{NEAA}$ 在 60% 以上, 兰州鲇肌肉蛋白质中 $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{AA}$ 、 $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{NEAA}$ 分别为 42.38% 和 73.59%, 符合上述指标。因此, 兰州鲇肌肉必需氨基酸组成比例平衡, 符合 FAO/WHO 模式。

3.3 兰州鲇等鱼类肌肉氨基酸营养品质评价

将兰州鲇、鲢^[13]、南方大口鲇^[13]、黄颡鱼^[14]、大鳍鲩 (*Mystus macropterus*)^[23] 等 5 种鲇形目 (*Siluriformes*) 鱼类肌肉氨基酸含量 (占样品干重或鲜重

的百分数) 换算成每克蛋白中氨基酸的毫克数后, 分别计算出氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI) (表 5)。从表 5 可知, 兰州鲇肌肉 8 种氨基酸的 AAS 和 CS 较高, 分别均在 80 分和 50 分以上。CS 结果表明, 兰州鲇的第一限制性氨基酸为异亮氨酸, 而根据 AAS, 兰州鲇、南方大口鲇^[13] 和鲢^[13] 的第一、二限制性氨基酸均为缬氨酸和亮氨酸, 而黄颡鱼^[14] 的第一、二限制性氨基酸分别为蛋+胱氨酸和缬氨酸, CS 结果表明大鳍鲩^[23] 的第一、二限制性氨基酸分别为缬氨酸和异亮氨酸。兰州鲇和其他参与比较的 4 种鲇形目鱼类, 肌肉限制性氨基酸多集中在缬氨酸上, 因此, 对于人类膳食而言, 这些鱼类食品加工中可通过添加缬氨酸来改善必需氨基酸的平衡效果, 提高蛋白质的利用率。

在 8 种人体必需氨基酸中, 兰州鲇肌肉赖氨酸的含量 (7.848%) 最高, 分别是 FAO/WHO 和鸡蛋蛋白质模式中赖氨酸含量的 1.60 和 1.38 倍, 赖氨酸的 AAS 和 CS 也最高, 仅次于大鳍鲩^[23], 远高于南方大口鲇^[13]、鲢^[13] 和黄颡鱼^[14]。因此, 对于以谷物食品为主的膳食者来说, 兰州鲇可弥补谷物食品中赖氨酸的不足, 从而提高人体对蛋白质的利用率^[17]。兰州鲇的 EAAI 为 69.3 与其他鱼类比较结果为: 大鳍鲩 > 兰州鲇 > 鲢 > 黄颡鱼 > 南方大口鲇, 表明兰州鲇肌肉中必需氨基酸平衡效果较好, 蛋白质营养价值较高。兰州鲇、鲢^[13] 和南方大口鲇^[13] 肌肉必需氨基酸模式中限制性氨基酸相同, 而且赖氨酸含量均较高, 尤其是兰州鲇与鲢^[13] 的 $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{AA}$ (42.38%、41.7%)、 $\Sigma \text{EAA} / \Sigma \text{NEAA}$ (73.59%、71.4%)、EAAI (69.3、68.7) 相近, 说明这 3 种鲇

表 5 兰州鲌和几种鲌形目鱼类肌肉必需氨基酸模式、AAS、CS 和 EAAI
Tab. 5 Comparative list to pattern of essential amino acids AAS, CS and EAAI among several Siluriformes fishes

必需氨基酸 Essential amino acids		苏 Thr	缬 Val	蛋+胱 Cys+Met	异亮 Ile	亮 Leu	苯丙+酪 Phe+Tyr	赖 Lys	色 Tyr	EAAI
肌肉氨基酸模式 EAAP (mg/g)	兰州鲌 <i>S. lanzhouensis</i>	41	42	34	34	60	73	88	9	69.3
	鲌 <i>S. asotus</i> ^[13]	35	39	70	37	57	50	55	—	68.7
	南方大口鲌 <i>S. meridionalis</i> ^[13]	32	36	44	32	52	43	51	—	58.8
	黄颡鱼 <i>P. fulvidraconis</i> ^[14]	38	42	21	41	69	53	75	—	65.1
	大鳍鲷 <i>M. macropterus</i> ^[23]	45	52	61	48	110	80	96	—	96.1
FAO/WHO 模式 ^[10] FAO/WHO pattern mg/g protein		40	50	35	40	70	60	55	10	
氨基酸 分 AAS	兰州鲌 <i>S. lanzhouensis</i>	102	84 [*]	97	85 ^{**}	85 ^{**}	121	160	90	
	鲌 <i>S. asotus</i> ^[13]	88	78 [*]	200	93	81 ^{**}	83	100	—	
	南方大口鲌 <i>S. meridionalis</i> ^[13]	80	72 [*]	126	80	74 ^{**}	72 [*]	93	—	
	黄颡鱼 <i>P. fulvidraconis</i> ^[14]	95	84 [*]	60 [*]	103	99	88	136	—	
	大鳍鲷 <i>M. macropterus</i> ^[23]	113	104	174	120	157	133	175	—	
全鸡蛋蛋白质模式 ^[11] Egg protein pattern mg/g PYO		50	74	55	66	88	101	64	17	
化学评分 CS	兰州鲌 <i>S. lanzhouensis</i>	82	57	62	52 [*]	68	72	138	53 [*]	
	鲌 <i>S. asotus</i> ^[13]	70	53 [*]	127	56	65	50	86	70	
	南方大口鲌 <i>S. meridionalis</i> ^[13]	64	49	80	48 ^{**}	59	43	80	—	
	黄颡鱼 <i>P. fulvidraconis</i> ^[14]	76	57	38 [*]	62	78	52 ^{**}	117	—	
	大鳍鲷 <i>M. macropterus</i> ^[23]	90	70 [*]	111	73 ^{**}	125	79	150	—	

* 表示第一限制性氨基酸; ** 表示第二限制性氨基酸; — 表示未测定
* indicate first limited amino acid ** indicate second limited amino acid — undetected

属 (*Silurus*) 鱼类在氨基酸组成模式上有着较大的相似性。

3.4 兰州鲌肌肉脂肪酸组成特点

研究认为,多不饱和脂肪酸具有明显地降血脂、抑制血小板凝集、降血压、提高生物膜液态性、抗肿瘤和免疫调节作用,能显著降低心血管疾病的发病率^[24],单不饱和脂肪酸同样具有降血脂作用^[25]。兰州鲌的 UFA 含量 (65.210%) 尤其是 MUFA 含量 (47.859%) 十分丰富,其中 C18:1、C18:2 的含量分别达到 41.531% 和 7.309%。兰州鲌 UFA 高于翘嘴鲌^[16] (63.80%) 和山女鲢 (*Oncorhynchus masou*)^[26] (57.38%), PUFA 含量 (17.351%) 高于中华倒刺鲃^[15] (11.23%)。这说明兰州鲌有较高的食用价值和保健作用。本实验中未能检出 EPA 和 DHA 两种脂肪酸,可能是由于在本实验条件下,方法的检出限过高造成的,这有待进一步证实。

3.5 兰州鲌肌肉矿物元素组成特点

兰州鲌肌肉中富含磷、钠、钾、钙、镁、锌、铁和硒,这对维持人体正常生理功能有重要作用。其中锌是一种促进智力发育的元素,铁可以预防缺铁性贫血,而硒可增强人体免疫能力,是人体含硒酶的活性因子,也是人体不可缺少的一种微量元素^[27]。兰州鲌肌肉微量元素中锌含量最高、铁次之、硒含量也较高。综上所述,兰州鲌是一种营养价值较高的优质鱼类,具有较高的开发利用和资源保护价值。

致谢:

本文承蒙西北农林科技大学动物科技学院吉红博士、副教授的审阅,谨致谢忱!

参考文献:

[1] Chu X L, Zheng B S, Dai D Y, et al. Fauna Sinica Osteichthyes Siluriformes [M]. Beijing: Science Press, 1999: 77—93 [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远, 等. 中国动物志. 硬骨鱼纲. 鲌形目. 北京: 科学出版社, 1999: 77—93]

[2] Shaanxi Province Fisheries Research Institute, Shaanxi Normal University. The fishes of Shaanxi [M]. Shaanxi Scientific and Technical Press, 1992: 101—122 [陕西省水产研究所, 陕西师范大学 (编著). 陕西鱼类志. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992: 101—122]

[3] Chen X L. A review of the Chinese Siluridae [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1977, 6(2): 197—216 [陈湘舜. 我国鲌科鱼类的总述. 水生生物学报, 1977, 6(2): 197—216]

[4] Wu X D, Zhang Q, Zhao H X, et al. A new species of catfish in Ningxia—*Silurus lanzhouensis* and its intensive morphological description [J]. Freshwater Fisheries, 2006, 36(3): 26—29 [吴旭东, 张奇, 赵红雪, 等. 宁夏鲌属鱼类一新纪录种—兰州鲌形态学特征描述. 淡水渔业, 2006, 36(3): 26—29]

[5] Yang Y H, Zhou J S, Ji H, et al. Effect of temperature on activity of digestive enzymes in *Silurus lanzhouensis* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2006, 41(6): 104—108 [杨元昊, 周继术, 吉红, 等. 温度对兰州鲌消化酶活性的影响. 动物学杂志, 2006, 41(6): 104—108]

[6] Yang Y H, Wang L Z, Zhou J S, et al. Characteristics of physics and chemistry of digestive organs and effect of pH values on activ-

- ities of digestive enzymes in *Silurus Lanzhouensis* [J]. *Journal of Shaanxi Normal University*, 2006 **34**(S6): 71—75[杨元昊, 王绿洲, 周继术, 等. 兰州鲌消化器官理化特征及 pH 值对其消化酶活力的影响. 陕西师范大学学报, 2006 **34**(S6): 71—75]
- [7] Zhang K, Guo W C, Li X D, *et al*. Analysis of fatty acids composition in *Lampetra japonica* muscle [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2000 **7**(1): 116—117[张凯, 郭文场, 李训德, 等. 日本七鳃鳗肌肉脂肪酸的组成分析. 中国水产科学, 2000 **7**(1): 116—117]
- [8] Methods of food hygienic analysis—physical and chemical section [S]. Beijing: Standard Press of China, 2004[食品卫生检验方法理化部分. 北京: 中国标准出版社. 2004]
- [9] Dalian Institute of Light Industry, Zhengzhou Institute of Light Industry Food analysis [M]. Beijing: Chinese Light Industry Press, 1994: 137—243[大连轻工业学院, 郑州轻工业学院. 食品分析. 北京: 中国轻工业出版社. 1994: 137—243]
- [10] Pellet P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods [M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980: 26—29
- [11] Qiaoben F L (Translated by Cai W Q). Fisheries feed [M]. Beijing: Agriculture Publishing Company, 1980: 113—115[桥本芳郎(蔡完其译). 养鱼饲料学. 北京: 中国农业出版社. 1980: 113—115]
- [12] Tan D Q, Wang J W, Dan S G, *et al*. The ratio of muscle to body and analysis of the biochemical composition of muscle in *Megalobrama pellegrini* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, **28**(1): 17—22[谭德清, 王剑伟, 但胜国, 等. 厚颌鲂含肉率及生化成分的分析. 水生生物学报, 2004, **28**(1): 17—22]
- [13] Chen D F, He X F, Zhou Q G. A study on the rate of flesh content of *Silurus soldatovi* chen and *Silurus asotus* L and the nutritional composition of their flesh [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1990, **25**(1): 7—9[陈定福, 何学福, 周启贵. 南方大口鲶和鲢鱼含肉率及鱼肉的营养成分. 动物学杂志, 1990 **25**(1): 7—9]
- [14] Huang F, Yan A S, Xiong C X, *et al*. Evaluation of the nutrition and the rate of flesh in the whole body of pelteobagrus fulvidraco [J]. *Freshwater Fisheries*, 1999, **29**(10): 3—6[黄峰, 严安生, 熊传喜, 等. 黄颡鱼的含肉率及鱼肉营养价值. 淡水渔业, 1999 **29**(10): 3—6]
- [15] Bing X W, Cai B Y, Wang L P. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* muscle [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2005, **12**(2): 211—215[郝旭文, 蔡宝玉, 王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价. 中国水产科学, 2005, **12**(2): 211—215]
- [16] Yin H B, Yin J S, Xu W, *et al*. Nutritive composition in muscles of wild and cultured *Ergthrocyclus ilishaefom* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003 **10**(1): 82—84[尹洪滨, 尹家胜, 徐伟, 等. 兴凯湖翘嘴红鲌肌肉营养成分分析. 中国水产科学, 2003 **10**(1): 82—84]
- [17] Yan A S, Xiong C X, Qian J W, *et al*. A study on the rate of flesh content of mandarin fish and nutritional quality of the flesh [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1995 **14**(1): 80—84[严安生, 熊传喜, 钱健旺, 等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究. 华中农业大学学报, 1995 **14**(1): 80—84]
- [18] Wang D Z, Liu Y F. The biochemical analysis of *Mylopharyngodon piceus*, *Ctenopharyngodon idellus*, *Megalobrama amblycephala*'s muscle and its natural feeding [J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 1987, (4): 11—16[王道尊, 刘玉芳. 青鱼、草鱼和团头鲂及其天然饵料生化组成分析. 水产科技情报, 1987, (4): 11—16]
- [19] Liu J K. Study on Bionomics of East Lake (1) [M]. Beijing: Science Press, 1990: 307—311[刘建康. 东湖生态学研究(一). 北京: 科学出版社. 1990: 307—311]
- [20] Zhu J W, Wang J X, Gong Y S, *et al*. A comparison among the muscle of common carp species in the nutritive composition, protein and amino acid content [J]. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 2000 **20**(4): 9—12[朱健, 王建新, 龚永生, 等. 几种鲤鱼肌肉一般营养成分及蛋白质氨基酸组成的比较. 湛江海洋大学学报, 2000, **20**(4): 9—12]
- [21] Xie G, Yang H B, Xing H L, *et al*. Analysis of muscle nutritious composition for *Anguilla japonica tamnikschlegel* [J]. *Freshwater Fisheries*, 1989 **19**(4): 6—9[谢刚, 杨红波, 邢惠铃, 等. 鳗鲡肌肉生化成分的分析. 淡水渔业, 1989 **19**(4): 6—9]
- [22] Zhang C Y, Li L, Li C P, *et al*. Biochemistry (second edition) [M]. Beijing: People Sanitation Press, 1988: 305—561[张昌颖, 李亮, 李昌甫, 等. 生物化学(第2版). 北京: 人民卫生出版社, 1988: 305—561]
- [23] Xiang X, Ye Y T, Zhou X H, *et al*. Digestive ability and nutritive value of *Myxus macropetrus* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27**(4): 65—69[向泉, 叶元士, 周兴华, 等. 大鳍鲮的消化能力与营养价值. 水产学报, 2003 **27**(4): 65—69]
- [24] Hang X M, Tang Y L, Liu X L. Progress in the research on polyunsaturated fatty acids [J]. *Progress in Biotechnology*, 2001, **21**(4): 18—21[杭晓敏, 唐涌谦, 柳向龙. 多不饱和脂肪酸的研究进展. 生物工程进展, 2001, **21**(4): 18—21]
- [25] Mattson F H. Function of mono-unsaturated fatty acids [J]. *Fastiacle of Overseas Medicine and Sanitation*, 1990 (3): 160—162
- [26] Yin H B, Sun Z W, Shen X S, *et al*. Analysis of muscle nutritious composition for *Oncorhynchus masou* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, **28**(5): 577—580[尹洪滨, 孙中武, 沈希顺, 等. 山女鲢肌肉营养组成分析. 水生生物学报, 2004, **28**(5): 577—580]
- [27] Xie E Y, Ma J H, Chen Y J. Analysis and evaluation of nutrient components of *Monostom latissimus* [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2002, **11**(2): 129—133[谢恩义, 马家海, 陈扬建. 宽礁膜营养成分分析及营养学评价. 上海水产大学学报, 2002, **11**(2): 129—133]

ANALYSIS OF BIOCHEMICAL COMPOSITION AND EVALUATION OF NUTRITIVE QUALITY IN MUSCLES OF *SILURUS LANZHOUENSIS*

YANG YuanHao^{1,2}, LI WeiPing¹, GONG YueSheng², GUAN Wei¹, WANG LiZhou¹ and YANG JuanNing¹

(1. Yellow River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Supervision & Test Center for Fisheries Environment and

Quality of Fishery Products of Ministry of Agriculture Xi'an 710086 2 College of Animal Science and Technology,

Northwest A&F University, Yangling 712100)

Abstract Measurements were made on biochemical components in muscles of *Silurus lanzhouensis* which is an endemic fish living in the middle-up reach of the Yellow River. Samples were collected from Hukou to Samerxia section of the Yellow River in China during 2004—2005. Main nutrient contents, amino acids, fatty acids and main mineral element were analyzed by using 6 groups and trace element by 11 groups which from 42 individuals. Each group was composed of 3 individuals. The results showed that contents of crude protein, crude fat, ash and moisture of fresh muscle were $(17.4 \pm 0.7)\%$, $(2.22 \pm 1.09)\%$, $(1.12 \pm 0.09)\%$ and $(80.4 \pm 0.8)\%$ respectively. The composition of amino acids of muscle was 18, among which there were 8 essential amino acids for human needs. In dry sample, the total content of amino acids was $(71.29 \pm 3.71)\%$; the content of essential amino acids was $(30.24 \pm 2.18)\%$; 4 kinds of delicious amino acids accounted for 24.62%. Glu was the most abundant and Cys was the shortest in all amino acids of the muscle. The percentage of essential amino acids in total was 42.38%. The essential amino acids index (EAAI) was 69.30 and the constitutional rate of essential amino acids accorded with FAO/WHO standard. According to nutrition evaluation, in the amino acids score (AAS) and chemical score (CS), the limited amino acids of *Silurus lanzhouensis* were Val, Leu and Ile. 4 saturated fatty acids and 9 unsaturated fatty acids were found in muscle and the amount of unsaturated fatty acids was 65.210%. C18:1 and C18:2 were the main unsaturated fatty acids which was 41.531% and 7.309% respectively. Minerals such as P, Na, K, Ca, Mg, Zn, Fe and Se were rich in these samples. The content of P was significantly higher than other mineral elements ($p < 0.05$). In all elements, Zn was the richest mineral element which was 10.18 mg/kg (fresh), Fe and Se were secondary and tertiary microelement respectively which was 8.31 mg/kg and 0.31 mg/kg. Furthermore, the ratio of Zn and Cu was not rational so were Zn and Fe. Our study indicated that *Silurus lanzhouensis* was one of the freshwater fishes with better nutritive value and raising value.

Key words *Silurus lanzhouensis* Muscle; Biochemical composition; Evaluation in nutriology