

doi: 10.7541/2013.54

兰州鲇与鲇、黄河鲤肌肉品质比较研究

杨元昊¹ 贺玉良¹ 周继术² 李 蕾¹ 王绿洲¹
杨娟宁¹ 李海滨¹ 陈 冰¹ 王艳玲²

(1. 陕西省水产研究所, 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: 为深入探究兰州鲇(*Silurus lanzhouensis*)肌肉品质特性, 对黄河中兰州鲇、鲇(*Silurus asotus*)和黄河鲤(*Cyrinus carpio*)肌肉品质指标进行了测定。结果表明: 兰州鲇肌肉的 pH、滴水损失、熟肉率、胶原蛋白、肌原纤维耐折力、黏附性、内聚性、胶黏性、咀嚼性、弹性和回复性等指标与鲇差异不显著($P>0.05$), 失水率、肌纤维直径和硬度在二者间差异显著($P<0.05$); 兰州鲇肌肉的 pH、肌纤维直径、硬度、黏附性、回复性、胶黏性和咀嚼性与黄河鲤差异不显著($P>0.05$), 肌肉滴水损失、熟肉率、失水率、胶原蛋白、肌原纤维耐折力、内聚性和弹性在二者间差异显著($P<0.05$)。相关性分析表明, 兰州鲇肌肉咀嚼性与硬度呈极正相关, 其关系式为: $y=0.3651x+25.339(R=0.97)$; 回复性与内聚性呈极正相关, 其关系式为: $y=0.6279x-0.0929(R=0.91)$; 胶黏性与硬度呈极正相关, 其关系式为: $y=2.4104x-41.155(R=0.97)$ 。对兰州鲇 7 个质构指标进行了主成分分析, 提取出 3 个主成分, 累计方差贡献率为 96.08%, 其中硬度是影响兰州鲇质构特性的主要因素。黄河中兰州鲇和鲇作为鲇属鱼类中形态十分相似的两个物种, 在肌肉品质特性上既有很大的相似性, 又有一定的不同, 这可能与这两种鱼种质特性的异同有关。

关键词: 兰州鲇; 鲇; 黄河鲤; 肌肉品质; 主成分分析

中图分类号: Q174 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2013)01-0054-08

我国鲇形目, 鲇科, 鲇属鱼类共有 9 种记录^[1], 其中黄河中上游水域主要分布有两种, 分别为兰州鲇(*Silurus lanzhouensis*)和鲇(*Silurus asotus*)。二者中兰州鲇甚为珍稀, 是中国特有的世界濒危鱼类, 已被《中国物种红色名录》列为濒危物种^[2]。兰州鲇仅分布在我国黄河中上游、渭河及陕北入黄河河流下游^[1, 3], 与鲇外形十分相似, 许多渔民和研究者经常将其混为一谈, 二者在分类学的差异主要在于兰州鲇犁骨齿为“八”字形, 齿带不连续, 鲇犁骨齿为“一”字形, 齿带连为一团^[1, 3]。

陈湘焱^[4] 1977 年首次定名鲇属新种兰州鲇(*S. lanzhouensis*)后, 在相当长的一段时间内, 几乎未见到有关该物种的研究报道。目前兰州鲇野生种群数量日益减少, 保护形势十分迫切。笔者近年来开展

了兰州鲇消化生理、肌肉营养品质等方面的研究^[5, 6]。但有关兰州鲇肌肉质地品质研究尚未见报道, 因此笔者开展了该项研究, 并与相同生境中鲇、黄河鲤(*Cyrinus carpio*)的肌肉品质进行了比较, 旨在完善兰州鲇肌肉品质方面的基础数据, 为兰州鲇种质特性研究和资源保护奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

2011 年 8 月至 10 月, 先后两次在黄河陕西洽川段采捕鱼样, 鉴定定种后, 兰州鲇共 24 尾、鲇 17 尾、黄河鲤 18 尾, 充氧活体运回实验室, 暂养于室内试验鱼池 12h 后立即测定。试验用水为经暴气的自来水, 采用连续充氧, 水质良好。测定时选取规格

收稿日期: 2012-05-25; 修订日期: 2012-12-01

基金项目: 陕西省科学技术研究发展计划项目(2011K01-13); 陕西省水利科技项目(2011-12); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-46-52)资助

通信作者: 杨元昊(1975—), 男, 甘肃灵台人; 副研究员, 硕士; 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

基本一致的 2 龄鱼。其中从第一次采集样品中选取兰州鲇、鲢和黄河鲤各 7 尾, 分别测定 pH、失水率、熟肉率、滴水损失、胶原蛋白、肌纤维直径和肌原纤维耐折力, 3 种鱼体重分别为: (629±258)、(542±154)、(786±150) g; 从第二次采集样品中选取兰州鲇、鲢和黄河鲤各 7 尾, 用于质地(TPA)分析, 体重分别为: (696±258)、(520±187)和(750±151) g。

1.2 样品处理

重物击鱼致晕, 取背部两侧头后至尾柄前去皮去骨肌肉进行各指标测定, 其中 TPA 测定样品切成 2.0 cm×2.0 cm×2.0 cm 方块。每种鱼各设 7 个重复, 每个重复 1 尾鱼。肌纤维直径、肌原纤维耐折力测定时, 每个重复均分别制作 2 个平行待测载玻片, 数字显微镜下每个载玻片测量 50 条肌纤维。其余指标每个重复平行测定 3 次, 结果取其平均值。

1.3 测定方法

参照文献方法分别测定肌肉 pH^[7]、失水率^[8]、熟肉率^[9]和滴水损失^[10]。用岛津 UV2501 紫外可见分光光度计在 558 nm 波长下测定羟脯氨酸含量^[11], 换算出胶原蛋白含量; 参照文献方法^[12,13]制备试样, 用日本 OLYMPUS BX51 型带照相系统的显微镜在 10×40 放大倍数下观察并测定肌纤维直径和肌原纤维耐折力。

采用英国 TA-XT-PLUS 型质构仪在取样后即刻测定质地(TPA)。探头为 P6 圆柱型探头, 测试前速度(Pre-test speed)为 1 mm/s; 测试后速度(Post-test speed)为 1 mm/s; 测试速度(Test speed)为 1 mm/s; 测定间隔时间为 5s; 触发应力(Trigger force)为 5 g; 下压距离(distance): 5 mm; 数据获得速率(Data acquisition rate)为 200.00 pps。

1.4 数据处理

用软件 DPS7.05 进行 Duncan's 新复极差法多重比较和主成分分析。

2 结果

2.1 兰州鲇、鲢、黄河鲤鱼肌肉 pH 测定结果

3 种鱼肌肉 pH 测定结果(表 1), 顺序为兰州鲇>鲢>黄河鲤。3 种鱼肌肉 pH 差异均不显著($P>0.05$)。

2.2 兰州鲇、鲢、黄河鲤鱼肌肉滴水损失测定结果

3 种鱼肌肉滴水损失结果(表 2), 顺序为兰州鲇>鲢>黄河鲤。其中兰州鲇的肌肉滴水损失显著高于黄河鲤($P<0.05$), 其余之间差异均不显著($P>0.05$)。

2.3 兰州鲇、鲢、黄河鲤鱼肌肉熟肉率测定结果

3 种鱼肌肉熟肉率测定结果(表 3), 顺序为黄河鲤>鲢>兰州鲇。兰州鲇与鲢的肌肉熟肉率差异不显著($P>0.05$), 但 2 者的肌肉熟肉率均显著低于黄河鲤

表 1 兰州鲇、鲢、黄河鲤鱼肌肉 pH

Tab. 1 The pH values in the meat of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* ($n = 7$)

样品编号 Sample No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均值±标准差 Mean±SD
兰州鲇 <i>S. lanzhouensis</i>	6.8	6.7	6.7	6.8	6.7	6.7	6.7	6.73±0.05 ^a
鲢 <i>S. asotus</i>	6.8	6.4	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.67±0.12 ^a
黄河鲤 <i>C. carpio</i>	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.63±0.05 ^a

表 2 兰州鲇、鲢、黄河鲤鱼肌肉滴水损失

Tab. 2 The drip losses of the meat in *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* ($n=7$, %)

样品编号 Sample No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均值±标准差 Mean±SD
兰州鲇 <i>S. lanzhouensis</i>	2.60	5.85	4.34	3.25	4.34	2.47	3.41	3.75±1.18 ^a
鲢 <i>S. asotus</i>	2.01	3.75	2.92	3.52	2.34	4.16	3.69	3.20±0.80 ^{ab}
黄河鲤 <i>C. carpio</i>	3.14	2.72	2.78	2.46	2.69	2.72	2.85	2.75±0.20 ^b

表 3 兰州鲇、鲢、黄河鲤鱼肌肉熟肉率

Tab. 3 The cooked meat percentages of meat in *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* ($n=7$, %)

样品编号 Sample No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均值±标准差 Mean±SD
兰州鲇 <i>S. lanzhouensis</i>	72.80	69.69	70.89	72.03	72.66	75.17	72.13	72.20±1.70 ^a
鲢 <i>S. asotus</i>	69.59	74.38	77.99	77.50	76.44	72.11	73.65	74.52±3.04 ^a
黄河鲤 <i>C. carpio</i>	79.07	74.82	79.34	77.02	78.88	80.55	75.66	77.90±2.11 ^b

($P < 0.05$)。

2.4 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌肉失水率测定结果

3种鱼肌肉失水率测定结果(表4), 顺序为兰州鲇>鲇>黄河鲤。兰州鲇的肌肉失水率显著高于鲇和黄河鲤($P < 0.05$), 鲇与黄河鲤之间的差异不显著($P > 0.05$)。

2.5 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌肉胶原蛋白含量测定结果

3种鱼肌肉胶原蛋白含量测定结果(表5), 顺序为黄河鲤>兰州鲇>鲇。兰州鲇与鲇肌肉胶原蛋白含量差异不显著($P > 0.05$), 但黄河鲤肌肉胶原蛋白显著高于兰州鲇和鲇($P < 0.01$)。

2.6 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌纤维直径统计结果

3种鱼肌肉肌纤维直径统计结果(表6), 顺序为鲇>黄河鲤>兰州鲇。其中兰州鲇和黄河鲤的肌肉肌纤维直径均显著低于鲇($P < 0.01$), 兰州鲇与黄河鲤的肌肉肌纤维直径差异不显著($P > 0.05$)。

2.7 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌原纤维耐折力统计结果

3种鱼肌肉肌原纤维耐折力统计结果(表7), 顺序为鲇>兰州鲇>黄河鲤。其中兰州鲇与鲇的肌肉肌原纤维耐折力差异不显著($P > 0.05$), 但兰州鲇和鲇的肌肉肌原纤维耐折力均显著高于黄河鲤($P < 0.05$)。

2.8 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌肉质构比较

3种鱼肌肉质构品质测定结果(表8)。由表8可知, 3种鱼肌肉硬度的顺序为鲇>黄河鲤>兰州鲇。其中鲇、黄河鲤肌肉硬度分别比兰州鲇高出60.1%、32.8%, 兰州鲇与鲇肌肉硬度差异显著($P < 0.05$), 而与黄河鲤差异不显著($P > 0.05$); 兰州鲇的肌肉黏附性、内聚性、回复性比鲇和黄河鲤都要高, 分别高出21.6%、13.2%、5.8%和43.4%、32.8%、25.0%。但方差分析表明, 在这3个指标中, 兰州鲇的内聚性与黄河鲤差异显著($P < 0.05$), 黏附性、回复性与黄河鲤差异不显著($P > 0.05$); 兰州鲇的内聚性、黏附性和

表4 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌肉失水率
Tab. 4 Water losses in the meat of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* ($n=7$, %)

样品编号 Sample No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均值±标准差 Mean±SD
兰州鲇 <i>S. lanzhouensis</i>	24.08	26.89	24.79	24.00	23.47	21.76	22.89	23.98±1.61 ^a
鲇 <i>S. asotus</i>	29.81	21.30	14.13	14.17	17.04	16.66	17.72	18.26±5.73 ^b
黄河鲤 <i>C. carpio</i>	15.12	16.67	13.24	14.03	18.92	10.51	14.52	14.72±2.65 ^b

表5 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌肉胶原蛋白含量
Tab. 5 Collagen content in the meat of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* ($n=7$, mg/g)

样品编号 Sample No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均值±标准差 Mean±SD
兰州鲇 <i>S. lanzhouensis</i>	0.027	0.041	0.026	0.016	0.071	0.029	0.050	0.037±0.018 ^a
鲇 <i>S. asotus</i>	0.004	0.040	0.005	0.003	0.003	0.008	0.012	0.011±0.013 ^a
黄河鲤 <i>C. carpio</i>	0.930	1.172	0.976	1.078	1.084	0.819	0.815	0.982±0.137 ^b

表6 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌纤维直径统计结果
Tab. 6 The diameters of the muscle fiber of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* ($n=7$, μm)

样品编号 Sample No.	No.1 $n=100$	No.2 $n=100$	No.3 $n=100$	No.4 $n=100$	No.5 $n=100$	No.6 $n=100$	No.7 $n=100$	平均值±标准差 Means±SD
兰州鲇 <i>S. lanzhouensis</i>	67.75	58.22	54.64	49.41	51.04	46.78	54.37	54.60±6.91 ^a
鲇 <i>S. asotus</i>	67.28	65.75	66.12	66.71	64.57	63.14	66.50	65.72±1.42 ^b
黄河鲤 <i>C. carpio</i>	58.08	59.63	52.89	60.04	61.14	64.56	60.54	59.55±3.54 ^a

表7 兰州鲇、鲇、黄河鲤肌原纤维耐折力统计结果
Tab. 7 The folding strengths of muscle fibers in the meat of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* ($n=7$, μm)

样品编号 Sample No.	No.1 $n=100$	No.2 $n=100$	No.3 $n=100$	No.4 $n=100$	No.5 $n=100$	No.6 $n=100$	No.7 $n=100$	平均值±标准差 Means±SD
兰州鲇 <i>S. lanzhouensis</i>	44.48	45.15	42.15	43.82	41.04	42.88	41.45	43.00±1.55 ^a
鲇 <i>S. asotus</i>	43.40	44.25	44.63	47.79	43.85	46.38	41.41	44.53±2.07 ^a
黄河鲤 <i>C. carpio</i>	40.54	40.16	40.66	40.28	41.44	39.18	43.36	40.80±1.31 ^b

回复性与鲇差异均不显著($P>0.05$); 对于胶黏性和咀嚼性, 鲇>兰州鲇>黄河鲤, 这两个指标在 3 种鱼间差异均不显著($P>0.05$)。对于弹性, 兰州鲇>鲇>黄河鲤, 其中兰州鲇的弹性与鲇差异不显著($P>0.05$), 但与黄河鲤差异极显著($P<0.01$)。

2.9 兰州鲇质构品质的相关性分析

兰州鲇质构品质之间的相关性分析结果(表 9)。由表 9 可知, 兰州鲇的硬度分别与胶黏性和咀嚼性呈正相关(R 分别为 0.97 和 0.97), 而与黏附性、内聚性和回复性呈负相关(R 分别为-0.57, -0.78 和-0.59); 黏附性分别与内聚性、回复性呈正相关(R 分别为 0.70 和 0.80); 内聚性分别与胶黏性和咀嚼性呈负相关(R 分别为-0.63 和-0.65), 而与回复性呈极正相关($R=0.91$); 胶黏性与咀嚼性呈极正相关($R=0.99$)。经相关性分析, 咀嚼性与硬度的关系式为: $y=0.3651x + 25.339(R=0.97)$; 胶黏性与硬度的关系式为: $y=$

$2.4104x - 41.155(R=0.97)$; 回复性与内聚性的关系式为: $y=0.6279x - 0.0929(R=0.91)$; 胶黏性与咀嚼性的关系式为 $y=0.9288x + 3.1313(R=0.99)$ 。

2.10 兰州鲇质构指标的主成分分析

本研究对兰州鲇肌肉质构指标进行了主成分分析, 确定了影响兰州鲇肌肉质构的主要因素, 为进一步评价兰州鲇物理品质提供理论参考。用所测得的 7 个样本的 7 项质构指标构成 7×7 矩阵, 并用 DPS 软件对矩阵进行主成分分析(表 10、表 11)。

由表 10 可知, 根据特征值大于 1 的原则, 主成分分析提取了 3 个主成分, 特征值分别为 4.43、1.22 和 1.07, 方差累计贡献率达到 96.08%。这说明提取出来的 3 个主成分反映了原来 7 个变量的基本信息, 因此可以用提取出来的 3 个主成分变量代替原来的 7 个质构品质指标进行评价。

由表 11 可知, 主成分 1(PC₁)单独说明了原始数

表 8 兰州鲇、鲇、黄河鲤鱼肌肉品质测定结果

Tab. 8 Texture properties in the meat of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* ($n=7$)

项目 Item	硬度 Hardness (g)	黏附性 Adhesiveness (g.sec)	内聚性 Cohesiveness	弹性 Springiness	胶黏性 Gumminess (g)	咀嚼性 Chewiness (g)	回复性 Resilience
兰州鲇 <i>S. lanzhouensis</i>	313.3±126.2 ^a	-9.75±8.55 ^a	0.498±0.072 ^a	0.951±0.023 ^a	147.1±43.0 ^a	139.7±39.2 ^a	0.220±0.049 ^a
鲇 <i>S. asotus</i>	501.7±183.1 ^b	-12.44±7.03 ^a	0.440±0.061 ^{ab}	0.913±0.056 ^{ab}	205.1±71.6 ^a	188.2±73.8 ^a	0.208±0.043 ^a
黄河鲤 <i>C. carpio</i>	416.0±85.6 ^{ab}	-17.24±15.38 ^a	0.375±0.104 ^b	0.863±0.050 ^b	146.6±8.5 ^a	126.7±11.9 ^a	0.176±0.062 ^a

表 9 兰州鲇质构指标之间的相关性分析

Tab. 9 The correlation analysis of texture properties in the meat of *Silurus lanzhouensis*

项目 Item	硬度 Hardness	黏附性 Adhesiveness	弹性 Springiness	内聚性 Cohesiveness	胶黏性 Gumminess	咀嚼性 Chewiness	回复性 Resilience
硬度 Hardness	1						
黏附性 Adhesiveness	-0.57	1					
弹性 Springiness	-0.02	0.15	1				
内聚性 Cohesiveness	-0.78	0.70	-0.11	1			
胶黏性 Gumminess	0.97	-0.44	-0.04	-0.63	1		
咀嚼性 Chewiness	0.97	-0.40	0.08	-0.65	0.99	1	
回复性 Resilience	-0.59	0.80	-0.16	0.91	-0.40	-0.41	1

表 10 相关矩阵的特征值

Tab. 10 The eigenvalues of the correlated matrix

项目 Item	特征值 Characteristic value	百分率 Percentage (%)	累计百分率 Accumulative percentage (%)
1	4.43	63.31	63.31
2	1.22	17.43	80.74
3	1.07	15.34	96.08
4	0.24	3.42	99.50
5	0.03	0.41	99.91
6	0.004	0.07	99.98

表 11 规格化特征向量
Tab. 11 Normalization of eigenvectors

项目 Item	PC ₁	PC ₂	PC ₃
硬度 Hardness	0.45	0.26	0
黏附性 Adhesiveness	-0.35	0.42	0.32
弹性 Springiness	0.02	-0.18	0.94
内聚性 Cohesiveness	-0.43	0.28	-0.05
胶黏性 Gumminess	0.42	0.43	0.02
咀嚼性 Chewiness	0.42	0.42	0.13
回复性 Resilience	-0.37	0.54	-0.03

据标准变异的 63.31%，代表变量为硬度和咀嚼度；因为咀嚼度是和硬度有关的特性，所以第一主分量主要反映的是肌肉硬度的品质；主成分 2(PC₂)单独说明了原始数据标准变异的 17.43%，代表变量为黏附性、内聚性、胶黏性和回复性；主成分 3(PC₃)单独说明了原始数据标准变异的 15.34%，代表变量为弹性。3 个主分量基本涵盖了原来 7 个变量的主要特征，其中硬度是反映兰州鲇肌肉品质的主要特质。

3 讨论

3.1 兰州鲇、鲇和黄河鲤鱼肌肉品质比较

黄河中上游水域中鲇和兰州鲇，外形虽然十分相似，但其肌肉营养品质有一定差异。已有研究表明^[6]，兰州鲇肌肉蛋白质含量高，氨基酸丰富、必需氨基酸比例平衡，其中肌肉粗蛋白质量分数 17.4%，较鲇^[14](15.20%)高出 14.5%，粗脂肪 2.22%，比鲇^[14](1.63%)略高，但比相似生境中的黄河鲤(*C. carpio*)^[15](3.47%)低；兰州鲇粗灰分和水分含量分别为 1.129%和 80.4%，肌肉中 18 种氨基酸总量为 71.29% (干样)，比鲇^[14](58.31%)高；兰州鲇肌肉中 8 种人体必需氨基酸总量为 30.24%，其构成比例符合 FAO/WHO 标准，4 种呈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%，磷含量较高，锌、铁、硒含量丰富。

pH 是反映肉质优劣的一项灵敏指标，在一定范围内，pH 的增加可改善肉质品质；pH 较低能使肌肉持水能力降低，从而影响肌肉组织的状态和口感。兰州鲇的肌肉 pH 高于鲇和黄河鲤，理论上讲，兰州鲇的口感稍好于鲇和黄河鲤。滴水损失反映的是肌肉蛋白质的持水能力，滴水损失越大意味着失水率越大，滴水损失越低肉质越好，鲇和黄河鲤的肌肉

滴水损失比兰州鲇低，说明兰州鲇肌肉蛋白质的持水能力较低，具体原因有待于进一步的研究。熟肉率是衡量烹调损失的指标，3 种鱼肌肉熟肉率顺序为黄河鲤>鲇>兰州鲇，说明烹调时兰州鲇的肌肉损失高于鲇和黄河鲤。

胶原蛋白是肌肉组织中一种重要的蛋白质成分，在肌肉结构和品质、肌原纤维耐折力及鱼类运动等方面有重要作用。肌原纤维在外力作用下被折断，通常其耐折断力越强，则在一定条件的外力作用后，肌原纤维的长度也越长，故根据肌原纤维的长度来判定其耐折力的强弱。研究表明，兰州鲇的肌肉胶原蛋白含量与肌原纤维耐折力呈正相关性，因为胶原蛋白分布于肌原纤维被膜的结缔组织中，胶原蛋白含量越高，肌原纤维被膜韧性越强，从而肌原纤维耐折断力越强，这与任泽林等^[10]的结论一致。

鱼类肌肉中的胶原蛋白具有保持鱼类肌肉完整性和韧性的作用，本实验测定的兰州鲇胶原蛋白含量为(0.037±0.018)%，比鲇(0.011±0.013)%略高，但差异不显著($P>0.05$)，这与兰州鲇、鲇的肌肉肌原纤维耐折力差异不显著($P>0.05$)的结果有很大的一致性，表明兰州鲇和鲇的胶原蛋白含量可能影响着肌肉纤维耐折力的强弱。

肌纤维直径是评价鱼类肌肉品质、衡量肌肉嫩度的重要指标，在一定程度上，反映了肌肉的组织特性，通常纤维直径越细，肌肉硬度越小。兰州鲇肌纤维直径为(54.60±6.91) μm，比鲇(65.72±1.42) μm、黄河鲤(59.55±3.54) μm 和鲢鱼^[13](133.84 μm)等鱼类要细，尤其是兰州鲇肌肉肌纤维直径均显著低于鲇($P<0.01$)，而且相对于黄河鲤(0.982±0.137)%、草鱼^[16](0.93%)、狼鲈^[17](1.39%)和大西洋鲑^[18](1.78%)等鱼类，兰州鲇的胶原蛋白含量也略低，这说明兰州鲇是一种肉质细嫩，口感较好的优质鱼类。

3.2 兰州鲇肌肉质构特征

质构能反映肉质的软硬程度和弹性，是肉品食用的主要指标。兰州鲇与鲇和黄河鲤相比，肌肉具有较低硬度，较高的黏附性、内聚性和回复性，较好的弹性、胶黏性和咀嚼性，说明兰州鲇的肌肉嫩度和弹性较好。从兰州鲇质构分析的结果可知，胶黏性和咀嚼性主要反映的是兰州鲇肌肉的硬度品质，因此可以将兰州鲇的 7 个质构指标概括为 4 个指标(硬度、黏附性、弹性和内聚性；或硬度、黏附性、

弹性和回复性)来反映其肌肉质构品质。

肌纤维是肌肉组织的基本单位,其直径是影响肌肉嫩度的重要因素。研究表明:肌纤维的大小与鱼肉硬度相关,基本上呈现肌纤维直径越小,其硬度越高的规律^[12, 13, 19],本研究表明,兰州鲇的硬度与纤维直径的关系式为 $y = -68.194x^2 + 5906.4x - 127497$ ($R^2 = 0.8918$),即一定范围内,纤维直径越粗,其肌肉硬度越低,与上述的结论一致。

TPA 是模拟人口腔的咀嚼运动,该测定对综合评价食品的质地特性非常有价值,在一定程度上可减少感官评价中主观因素带来的误差;研究发现,咀嚼力下降是肌肉硬度降低,肌肉细胞间凝聚力减弱,弹性减小等综合作用的结果^[20]。本研究表明,兰州鲇咀嚼性与硬度的关系式为: $y = 0.3651x + 25.339$ ($R = 0.97$),呈极正相关,与上述的结论一致。对兰州鲇的质构进行主成分分析,提取了 3 个主成分,基本涵盖了原来 7 个变量的主要特征,其中硬度是反映兰州鲇肌肉品质的主要特质,这与徐慧萍^[21]、董庆利^[22]等研究不一致,原因是物质质构特性受其微观结构和组成成分的影响,不同物质因其结构特性和组成成分的不同而不同。

3.3 兰州鲇、鲈和黄河鲤鱼肌肉品质差异性特点

鱼的肌肉品质受其种质、营养、组成、生长时间、生长季节等因素影响。黄河相同生境中的兰州鲇和鲈,虽然肌肉 pH、滴水损失、熟肉率、胶原蛋白、肌原纤维耐折力、黏附性、内聚性、胶黏性、咀嚼性、弹性和回复性等肌肉品质指标在二者间无显著差异,但其失水率、肌纤维直径、硬度在二者间差异显著,表现出鲈属鱼类中形态十分相似的两个不同种在肌肉品质特性上既有很大的相似性,又有一定的不同,这可能与这两种鱼种质特性的异同有关。

兰州鲇与黄河鲤鱼相比,pH、肌纤维直径、硬度、黏附性、回复性、胶黏性和咀嚼性 7 项肌肉品质指标差异不显著,肌肉滴水损失、熟肉率、失水率、胶原蛋白、肌原纤维耐折力、内聚性和弹性 7 项指标差异显著,而兰州鲇与鲈相比,有 11 项肌肉品质指标差异不显著,仅 3 项指标差异显著,表明相同生境中的兰州鲇与鲈、兰州鲇与黄河鲤鱼分别在肌肉品质特性中的差异程度不同。也有研究表明,兰州鲇与鲈在氨基酸组成模式上十分相似^[6]。这些结果

可能与兰州鲇、鲈的分类地位较近,而兰州鲇、黄河鲤的分类地位较远有很大关系。

参考文献:

- [1] Chu X L, Zheng B S, Dai D Y, *et al.* Fauna Sinica in China, 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, 鲇形目. 北京: 科学出版社. 1999, 77—93]
- [2] Wang S, Xie Y. China Species Red List (1) [M]. Beijing: Higher Education Press. 2004 [汪松, 解焱. 中国物种红色名录(第 1 卷). 北京: 高等教育出版社. 2004]
- [3] Fisheries Research Institute of Shaanxi Province, Shaanxi Normal University (edited). The fishes of Shaanxi [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology 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]
- [4] Chen X L. A review of the Chinese siluridae [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1977, 6(2): 197—216 [陈湘彝. 我国鲇科鱼类的总述. 水生生物学集刊, 1977, 6(2): 197—216]
- [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. 温度对兰州鲇消化酶活性的影响. 动物学杂志, 2006, 41(6): 104—108]
- [6] Yang Y H, Li W P, Gong Y S, *et al.* Analysis of biochemical composition and evaluation of nutritive quality in muscles of *Silurus lanzhouensis* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, 33(1): 54—60 [杨元昊, 李维平, 龚月生, 等. 兰州鲇肌肉生化成分分析及营养学评价. 水生生物学报, 2009, 33(1): 54—60]
- [7] Tang X J, Gao Y S, Tang Q P, *et al.* Histology traits and correlation analysis with meat quality of Taihu Goose [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 38(34): 19528—19529, 19532 [唐修君, 高玉时, 汤青萍, 等. 太湖鹅组织学特性研究及其与肌肉品质相关分析. 安徽农业科学, 2010, 38(34): 19528—19529, 19532]
- [8] Zhang W, Su Y Q, Lin Y, *et al.* Preliminary Study on the fish physical and chemical characteristics and quality [J]. *The Third Marine Life High-tech Forum*, 2005, (8): 19—23 [张纹, 苏永全, 林燕, 等. 鱼肉理化特性与品质研究的初探. 第三届海洋生物高技术论坛, 2005, (8): 19—23]
- [9] Chen D W, Li Y Y, Zhang K Y, *et al.* Growth performance and meat quality of pigs fed diets supplemented with or without 250 mg/kg copper and 200 mg/kg Vitamin E [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2002, 20(1): 23—28 [陈代文, 李永义, 张克英, 等. 饲料添加高铜和 VE 对猪生长性能和猪肉品质的影响. 四川农业大学学报, 2002, 20(1): 23—28]

- [10] Ren Z L, Li A J. Influence of dietary composition on the collagen content, the myofibrillae and the water loss in muscle tissue of prawn [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1998, **5**(2): 40—44 [任泽林, 李爱杰. 饲料组成对中国对虾肌肉组织中胶原蛋白、肌原纤维和失水率的影响. 中国水产科学, 1998, **5**(2): 40—44]
- [11] Li X X. A study of feeding tilapia, grass carp in brackish water to improve meat quality [D]. Shanghai Fisheries University, Shanghai. 2006 [李星星. 半咸水暂养罗非鱼、草鱼改善其品质的研究. 上海水产大学, 上海. 2006]
- [12] Hurling R, Rodell J B, Hunt H D. Fibre diameter and fish texture [J]. *Journal of Texture Studies*, 1996, **27**(6): 679—685
- [13] Lin W L, Guan R, Zeng Q X, et al. Factors affecting textural characteristics of dorsal muscle of crisp grass carp [J]. *Journal of South University of Technology* (Natural Science Edition), 2009, **37**(4): 134—136 [林婉玲, 关榕, 曾庆孝, 等. 影响脆肉鲩鱼背肌质构特性的因素. 华南理工大学学报(自然科学版), 2009, **37**(4): 134—136]
- [14] Chen D F, He X F, Zhou Q G. Ratio of flesh and fish nutrients of *Silurus meridionalis* and *Silurus asotus* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1990, **25**(1): 7—9 [陈定福, 何学福, 周启贵. 南方大口鲶和鲮鱼含肉率及鱼肉的营养成分. 动物学杂志, 1990, **25**(1): 7—9]
- [15] Zhu J, Wang J X, Gong Y S, et al. A Comparison among the muscle of common carp species in the nutritive compositions, 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]
- [16] Hu B, Li X Q, Leng X J, et al. Effects of dietary vitamin C on growth, meat quality and non-specific immunity indices of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, **15**(5): 794—796 [胡斌, 李小勤, 冷向军, 等. 饲料 VC 对草鱼生长、肌肉品质及非特异性免疫的影响. 中国水产科学, 2008, **15**(5): 794—796]
- [17] Periago M J, Ayala M D, Lo'pez-Albors O. Muscle cellularity and flesh quality of and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. [J]. *Aquaculture*, 2005, **249**(1-4): 175—188
- [18] Johnston L A, Alderson R, Sandham C, et al. Pattern of muscle growth in early and late maturing populations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. *Aquaculture*, 2000, **189**(3-4): 307—327
- [19] Li W Q, Li X Q, Leng X J, et al. Preliminary study on flesh quality evaluation of *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2010, **31**(9): 113—117 [李文倩, 李小勤, 冷向军, 等. 鳊鱼肌肉品质评价的初步研究. 食品工业科技, 2010, **31**(9): 113—117]
- [20] Dai Z Y, Cui Y N, Wang H H, et al. Changes of textural properties of cultured *Pseudosciaena crocea* muscle under different frozen storage conditions [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2008, **34**(8): 188—191 [戴志远, 崔雁娜, 王宏海, 等. 不同冻藏条件下养殖大黄鱼肉质构变化的研究. 食品发酵与工业, 2008, **34**(8): 188—191]
- [21] Xu H P, Gu Z Y, Han J Z, et al. Research on texture characteristic changes of zongzi during the shelf-life [J]. *Food Industry*, 2009, (6): 26—28 [徐惠萍, 顾振宇, 韩剑宗, 等. 粽子货架期质构特性变化的研究. 食品工业, 2009, (6): 26—28]
- [22] Dong Q L, Guo L Y, Tu K, et al. Effect of nitrite on the texture of cooked sausage during cold storage [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2007, **30**(3): 129—134 [董庆利, 郭黎洋, 屠康, 等. 亚硝酸盐对冷藏过程中低温蒸煮香肠质构的影响. 南京农业大学学报, 2007, **30**(3): 129—134]

QUALITY EVALUATION OF THE MEAT OF *SILURUS LANZHOUENSIS*, *SILURUS ASOTUS* AND *CYRINUS CARPIO*

YANG Yuan-Hao¹, HE Yu-Liang¹, ZHOU Ji-Shu², LI Lei¹, WANG Lü-Zhou¹,
YANG Juan-Ning¹, LI Hai-Bin¹, CHEN Bing¹ and WANG Yan-Ling²

(1. Fisheries Research Institute of Shaanxi Province, Chinese Academy of Fishery Science, Supervision & Test Center for Fisheries Environment and Quality of Fishery Products of Ministry of Agriculture, Xi'an 710086, China; 2. College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling 712100)

Abstract: The meat quality of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio*, including pH value, drip loss, percentage of water loss, the rate of meat cooking, collagen content, muscle fiber diameter, folding strength of muscle fiber and texture properties of the meat, were compared in this research. The meat drip loss, muscle fiber diameter and hardness of *Silurus lanzhouensis* were significantly different from those of *Silurus asotus* and drip loss, the rate of cooked meat, percentage of water loss, collagen content, folding strength of muscle fiber, cohesiveness and springiness of *Silurus lanzhouensis* were significantly different from those of *Cyrinus carpio* ($P < 0.05$). Furthermore, pH value, drip loss, the rate of cooked meat, collagen content, folding strength of muscle fiber, adhesiveness, cohesiveness, gumminess, chewiness, springiness and resilience showed no significant difference between the meat of *Silurus lanzhouensis* and *Silurus asotus*, and pH value, muscle fiber diameter, hardness, adhesiveness, resilience, gumminess, chewiness showed no significant difference between the meat of *Silurus lanzhouensis* and *Cyrinus carpio* ($P > 0.05$). The meat chewiness and gumminess were significantly correlated with meat hardness, the correlation functions being $y = 0.3651x + 25.339$ ($R = 0.97$) and $y = 2.4104x - 41.155$ ($R = 0.97$) respectively. The meat resilience was significant correlated with the meat cohesiveness, the correlation functions being $y = 0.6279x - 0.0929$ ($R = 0.91$). At the same time, the principal component analysis was performed based on 7 parameters of textural profile analysis (TPA), and 3 factors were extracted with their accumulative contribution to variance being about 96.08%, of which the muscle hardness was the dominant factor. The appearances of *Silurus lanzhouensis* and *Silurus asotus* were distinctly very similar in forms, both in fresh quality characteristics, but there were also some differences, probably being related to special germplasm characteristics of these two fishes.

Key words: *Silurus lanzhouensis*; *Silurus asotus*; *Cyrinus carpio*; Meat quality; Principal component analysis