



池塘和稻田养殖模式对金边鲤和建鲤肌肉品质的影响

叶香尘¹, 邹辉¹, 刘康¹, 韦玲静¹, 黄杰²,
张桂姣³, 张盛¹, 莫飞龙¹, 吕业坚^{1*}

(1. 广西壮族自治区水产引育种中心, 广西南宁 530031;

2. 柳州市渔业技术推广站, 广西柳州 545066;

3. 融水苗族自治县水产技术推广站, 广西柳州 545300)

摘要: 分析了稻田和池塘养殖模式下金边鲤和建鲤肌肉营养成分、理化特性和质构特性, 并进行营养价值评价, 评估金边鲤的肌肉品质, 为开发和推广金边鲤稻田养殖提供数据依据。结果显示, 稻田金边鲤的粗脂肪、粗灰分和系水力均显著高于池塘金边鲤; 稻田建鲤和池塘建鲤的基本营养成分除水分外差异均不显著; 稻田金边鲤肌肉的硬度、弹性、咀嚼性显著高于池塘建鲤和稻田建鲤, 硬度和恢复性显著高于池塘金边鲤, 而内聚性显著低于池塘金边鲤、池塘建鲤和稻田建鲤; 测定的 17 种氨基酸中, 4 组鱼肉的 Lys 含量均高于 WHO/FAO 标准和鸡蛋蛋白标准, 稻田金边鲤的 Σ TAA、 Σ EAA、 Σ DAA 和 Σ NEAA 均高于池塘建鲤和稻田建鲤, 且 EAA/TAA 比值更接近 FAO/WHO 要求的 40% 的标准; 稻田和池塘金边鲤的 EAAI 均超过 100 分, 高于稻田和池塘建鲤 (82.31~83.36 分); 测定出的 24 种脂肪酸中, 稻田金边鲤的 Σ SFA、 Σ MUFA 和 DHA+LA+油酸总量均高于其他 3 组。研究表明, 金边鲤和建鲤鱼肉可作为人体优质的赖氨酸源, 稻田金边鲤肌肉比建鲤和池塘金边鲤肌肉更富有嚼劲, 其肌肉必需氨基酸、不饱和脂肪酸及高度不饱和脂肪酸含量更高, 且组成比例更符合人体需求。稻田养殖金边鲤的肌肉品质优势明显, 具有较高的产业开发潜力。

关键词: 金边鲤; 建鲤; 肌肉品质; 池塘养殖; 稻田养殖

中图分类号: S 963

文献标志码: A

我国水产养殖和稻田耕种的面积极大, 1000 多年来人们将水产养殖和水稻种植相互结合, 形成了稻田养鱼生产模式^[1-2]。稻田养鱼具有防治虫害、清除杂草、改善稻田水体群落结构、增加水稻根系的营养吸收以及丰富鱼类饵料等优点, 在保证水产产量不降低的前提下增加水产品收获, 为绿色养殖和农民增收创造了有利条件, 达到种养双丰的实效, 具有广阔的发展前景^[3-5]。但是目前稻田养殖缺乏有针对性的水产养殖品种、养殖技术规范以及养殖产品的品

质认证, 这些问题制约着稻田种养模式产业化和规模化发展, 已成为水产养殖研究的热点。

鲤 (*Cyprinus carpio*) 隶属鲤形目 (Cypriniformes) 鲤科 (Cyprinidae), 是我国淡水养殖的主要经济鱼类之一, 是稻田养殖的主要鱼类品种。鲤环境耐受力强、生长快、品种繁多、营养价值高, 且具有较高的药用价值和观赏价值, 其产量在水产养殖业中占有很大比重^[6]。金边鲤是广西壮族自治区水产引育种中心针对稻田养殖以融水田鲤为基础群体而选育的鲤新品系, 其头部顶

收稿日期: 2019-04-16 修回日期: 2019-07-06

资助项目: 国家大宗淡水鱼产业技术体系建设专项 (CARS-45)

通信作者: 吕业坚, E-mail: lvjsh161@126.com

端上缘一直到尾部上缘的皮肤为金色,似一条“金边”在鱼的背部而得名^[7]。金边鲤具有身型短小、肤黄腹圆、性情温顺、起捕率高、不易随洪水游走等优点,备受养殖户青睐,主要在湘、黔、桂等稻田种养地区推广养殖。

已有研究证明,鱼类品种、性别、养殖环境、饵料等均会影响鱼类的肌肉品质^[8-10]。彭英海等^[11]分析湖南3个不同地区的稻田和池塘养殖鲤发现,稻田养殖鲤肌肉具有蛋白含量和不饱和脂肪酸含量高、脂肪含量低的优点^[11]。马冬梅等^[12]研究发现稻田养殖华南鲤肌肉的必需氨基酸、不饱和脂肪酸及矿物质元素等成分均高于池塘养殖的华南鲤。其他稻田养殖地方品种如禾花鲤^[13]、瓯江彩鲤^[14]等的肌肉品质研究发现,稻田养殖品种的营养成分均优于池塘养殖。本实验拟测定稻田和池塘养殖模式下金边鲤和建鲤肌肉的基本营养成分、理化特性和质构特性,了解2种养殖模式下金边鲤和建鲤肌肉品质差异,为探讨和评估金边鲤的肌肉品质价值及其稻田养殖模式的开发和推广提供数据依据,为稻田养殖模式产业化和规模化发展奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

实验场地和实验用鱼均由广西融水苗族自治县融荣水产苗种场提供。PIT标记规格基本一致、体质健康的金边鲤和建鲤各200尾,共分为4组,分别为:稻田金边鲤、池塘金边鲤、稻田建鲤和池塘建鲤,每组各100尾,金边鲤体初始体质量均为(15.7±2.0)g,初始体长均为(8.2±0.4)cm,建鲤初始体质量均为(13.2±2.3)g,初始体长均为(7.8±0.5)cm,分别投放到稻田和池塘养殖,同时放养同规格未标记的金边鲤和建鲤,使池塘养殖密度为1000尾/(667m²),稻田养殖密度为400尾/(667m²),稻田和池塘养殖均投喂相同品牌商品鱼料,稻田投喂量为池塘投喂量的30%。养殖周期为90d。实验结束后停喂24h,扫描PIT标记区分各组试验鱼,每组随机取15尾体质健康的鱼进行后续分析。

1.2 测定方法

将实验鱼剔除鳞片 and 皮肤,取背部两侧肌肉。每组取5尾鱼肌肉分别混合捣碎,用于营养成分测定,采用全自动定氮仪(上海纤检)依据GB

5009.5—2010测定粗蛋白含量,采用索氏抽提法(GB 5009.6—2003)测定粗脂肪含量,采用B180马弗炉(德国纳博热公司)高温灰化法(GB 5009.4—2010)测定粗灰分含量,用采用105℃常压烘干法(GB 5009.3—2003)测定水分含量,采用日立L-8800型全自动氨基酸分析仪(GB/T 5009.1242003)测定氨基酸含量,采用美国安捷伦7890A气相色谱仪(GB/T 22223—2008)测定脂肪酸。每组另取10尾鱼背部肌肉,切成2.0cm×2.0cm×1.0cm规格肉块和2.0g肉块,分别用于肌肉质构指标测定(美国Brookfield CT3质构仪)和系水力测定(water holding capacity, WHC)。质构指数测定条件:测试模式为TPA,探头是直径为6mm的圆柱形不锈钢探头(型号TA41);测试速率1mm/s;触发值为5g;循环2次,间隔为0s;压缩比为30%;触发类型为自动,每组样品平行测定9次以上。系水力测定:50mL离心管里放入双层滤纸包好的2.0g鱼块,4000r/min离心15min后,称取肉重,计算系水力公式为:

$$\text{WHC}(\%) = [m_0 - (m_1 - m_2)] / m_0 \times 100\%。$$

式中, m_0 为鱼肉中水分含量(g), m_1 为离心前鱼肉样品质量(g), m_2 为离心后鱼肉样品质量(g)。

1.3 营养价值及肌肉品质的评价方法

根据联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白的氨基酸模式进行比较。蛋白质的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)计算公式:

$\text{AAS} = \text{待评蛋白质氨基酸含量}(\text{mg/g Pro}) / \text{FAO评分模式氨基酸含量}(\text{mg/g Pro})$

$\text{CS} = \text{待评蛋白质氨基酸含量}(\text{mg/g Pro}) / \text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}(\text{mg/g Pro})$

$\text{EAAI} = [(100\text{A}/\text{AE}) \times (100\text{B}/\text{BE}) \times (100\text{C}/\text{CE}) \times \dots \times (100\text{H}/\text{HE})]^{1/n}$,

式中, n 为比较的必需氨基酸个数,A,B,C,...;H为样品中各必需氨基酸含量(mg/g Pro);AE, BE, CE, ..., HE为全鸡蛋蛋白质相对应的必需氨基酸含量(mg/g Pro)。

1.4 数据处理

采用SPSS 22.0和Excel 2010进行数据处理,结果采取均值±标准误形式。指标内部的均值比较采用最小显著差异法(least significant difference, LSD),取95%置信度($P < 0.05$)。

2 结果

2.1 基本营养成分和质构指标的比较

4组鲤肌肉基本营养成分及系水力测定结果显示(表1),池塘养殖鲤水分显著高于稻田养殖

鲤($P<0.05$),粗脂肪显著低于稻田养殖鲤($P<0.05$),4组鲤的粗蛋白含量的差异不显著($P>0.05$)。稻田金边鲤的粗脂肪、粗灰分和系水力均显著高于池塘金边鲤($P<0.05$)。除水分外,池塘建鲤和稻田建鲤的基本营养成分差异均不显著($P>0.05$)。

表1 两种养殖模式下金边鲤和建鲤肌肉的一般营养成分比较(鲜重%)

Tab. 1 Nutritional components in muscle of Jinbian carp and Jian carp in two culture modes (fresh weight%)

营养成分 nutrient component	金边鲤 Jinbian carp		建鲤 Jian carp	
	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy
水分 moisture	80.18±0.13 ^a	78.68±0.11 ^c	80.07±0.05 ^a	79.57±0.12 ^b
系水力 WHC	72.55±4.1 ^b	83.87±1.08 ^a	78.27±1.18 ^{ab}	74.16±1.3 ^b
粗灰分 crude ash	0.90±0.02 ^b	0.94±0.01 ^a	0.85±0.01 ^c	0.86±0.01 ^c
粗蛋白 crude protein	15.27±0.13	16.28±0.54	15.94±1.00	16.75±0.79
粗脂肪 crude fat	0.62±0.20 ^c	1.29±0.10 ^a	0.74±0.17 ^{ab}	1.15±0.19 ^{ab}

注:不同小写字母代表差异性显著($P<0.05$),下同

Notes: Different superscripts in the same row indicate significant difference, the same below

肌肉质构特性测定结果显示(表2),稻田金边鲤肌肉的硬度、弹性、咀嚼性显著高于池塘建鲤和稻田建鲤($P<0.05$),硬度和恢复性显著高于池塘金边鲤($P<0.05$),而内聚性显著低于池塘

金边鲤、池塘建鲤和稻田建鲤($P<0.05$)。池塘建鲤肌肉硬度和恢复性显著高于稻田建鲤($P<0.05$),黏性和弹性显著低于稻田建鲤($P<0.05$),表明稻田金边鲤肌肉比其他3组鱼肉更富有嚼劲。

表2 两种养殖模式下金边鲤和建鲤肌肉的质构特性比较

Tab. 2 Texture characters of muscle of Jinbian carp and Jian carp in two culture modes

质构参数 texture parameter	金边鲤 Jinbian carp		建鲤 Jian carp	
	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy
硬度/mJ hardness	601.50±20.57 ^b	890.20±24.80 ^a	551.30±48.48 ^b	358.50±20.04 ^c
黏性/g gumminess	0.09±0.03 ^{bc}	0.17±0.03 ^{ab}	0.02±0.01 ^c	0.21±0.03 ^a
弹性/mm springiness	2.69±0.04 ^{ab}	2.95±0.09 ^a	1.51±0.07 ^c	2.47±0.07 ^b
内聚性 cohesiveness	0.21±0.01 ^a	0.15±0.01 ^b	0.21±0.01 ^a	0.20±0.09 ^a
咀嚼性/mJ chewiness	3.82±0.26 ^a	4.21±0.35 ^a	1.85±0.06 ^b	1.59±0.18 ^b
恢复性 resilience	0.08±0.01 ^b	0.15±0.01 ^a	0.14±0.01 ^a	0.06±0.01 ^c

2.2 氨基酸组成比较

测定了4组鱼肉的17种常见氨基酸(色氨酸未检测),包括7种必需氨基酸(EAA)和4种鲜味氨基酸(DAA)以及其他6种非必需氨基酸(NEAA)。结果显示(表3),4组鱼肉中天冬氨酸 Asp(2.10~3.04 g)和谷氨酸 Glu(1.87~2.74 g)含量最高,其次为精氨酸 Arg(1.27~1.81 g)、赖氨酸 Lys(2.06~2.60 g)、亮氨酸 Leu(1.13~1.40 g),组氨酸 His(0.02~0.11 g)含量最低。池塘金边鲤和稻田金边鲤的 Σ TAA、 Σ EAA、 Σ DAA和 Σ NEAA均高

于池塘建鲤和稻田建鲤,且EAA/TAA比值更接近FAO/WHO要求的40%的标准,表明池塘和稻田养殖模式下金边鲤肌肉比建鲤味道更鲜明,氨基酸组成更符合人体需求。

2.3 肌肉的营养价值评估

4组鱼肉必需氨基酸营养价值评估结果显示(表4、表5),除建鲤Met+Cys和Val含量的Met+Cys含量低于WHO/FAO标准外,其他5种必需氨基酸含量均高于WHO/FAO标准。4组鱼肉的Lys含量均明显高于WHO/FAO标准和鸡蛋蛋白

表 3 肌肉氨基酸含量 (湿重 g/100 g)

Tab. 3 Amino acid composition and content in muscle (fresh weight, g/100 g)

氨基酸种类 kind of amino acid	金边鲤 Jinbian carp		建鲤 Jian carp	
	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy
天冬氨酸 Asp*	3.04	2.67	2.10	2.39
谷氨酸 Glu*	2.49	2.46	1.87	2.60
胱氨酸 Cys	0.16	0.07	0.09	0.06
丝氨酸 Ser	0.78	0.84	0.62	0.78
甘氨酸 Gly*	0.86	0.83	0.65	0.73
组氨酸 His	0.04	0.02	0.11	0.02
精氨酸 Arg	1.66	1.72	1.27	1.59
苏氨酸 Thr#	0.92	0.98	0.74	0.87
丙氨酸 Ala*	1.06	1.11	0.90	1.00
脯氨酸 Pro	0.53	0.53	0.31	0.47
酪氨酸 Tyr	0.59	0.62	0.48	0.56
缬氨酸 Val#	0.83	0.85	0.69	0.76
蛋氨酸 Met#	0.49	0.53	0.37	0.26
异亮氨酸 Ile#	0.78	0.79	0.65	0.70
亮氨酸 Leu#	1.35	1.40	1.13	1.26
苯丙氨酸 Phe#	0.74	0.76	0.62	0.69
赖氨酸 Lys#	2.49	2.54	2.06	2.17
氨基酸总量 Σ TAA	18.81	18.72	14.66	16.91
必需氨基酸总量 Σ EAA	7.60	7.85	6.26	6.71
鲜味氨基酸总量 Σ DAA	7.45	7.07	5.52	6.72
非必需氨基酸总量 Σ NEAA	3.76	3.80	2.88	3.48
必需氨基酸总量/氨基酸总量/% EAA/TAA	40.40	41.93	42.70	39.68
鲜味氨基酸总量/氨基酸总量/% DAA/TAA	39.61	37.77	37.65	39.74
必需氨基酸总量/非必需氨基酸总量/% EAA/NEAA	202.13	206.58	217.36	192.82

注: *为鲜味氨基酸, #为必需氨基酸

Notes: * means umami amino acid, # is an essential amino acid

标准, 表明鲤鱼肉可作为人体优质的赖氨酸源。对于 AAS 评分, 金边鲤的 7 种必需氨基酸评分均超过 1.0, 其第一限制性氨基酸为 Val, 建鲤的第一限制性氨基酸为 Met+Cys; 对于 CS 评分, 金边鲤和建鲤的第一限制性氨基酸均为 Met+Cys。金边鲤和建鲤的 EAAI 均在 80 分以上, 其中池塘和稻田养殖金边鲤的 EAAI 均超过 100 分, 表明金边鲤鱼肉氨基酸营养价值高于建鲤。

2.4 脂肪酸组成比较

4 组鱼肉均检测出 24 种脂肪酸, 由 C14-C24

脂肪酸组成, 以二十二碳六烯酸 (DHA)、亚油酸 (LA)、油酸、棕榈酸和花生四烯酸 (ARA) 为主 (表 6)。所鉴定出的 7 种饱和脂肪酸中, 以棕榈酸为主 (105.00~195.10 mg), 占总脂肪酸含量的 11.44%~13.37%。不饱和脂肪酸中, 以 DHA (163.20~254.70 mg)、LA (166.60~337.20 mg) 和油酸 (125.50~302.80 mg) 为主, 分别占总脂肪酸含量的 12.37%~26.95%、18.37%~23.10%、13.28%~20.74%。在 4 组鱼肉中, 稻田金边鲤的饱和脂肪酸总量、不饱和脂肪酸总量、高度不饱和脂肪酸总量和 DHA+

表 4 必需氨基酸含量与组成

Tab. 4 Essential amino acid content and composition

必需氨基酸 essential amino acids	FAO/WHO	鸡蛋蛋白 egg protein	氨基酸含量 amino acids content							
			金边鲤 Jinbian carp				建鲤 Jian carp			
			池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy
苏氨酸 Thr	40	47	60.25	60.20	46.42	51.94				
缬氨酸 Val	50	66	54.35	52.21	43.29	45.37				
异亮氨酸 Ile	40	54	51.08	48.53	40.78	41.79				
亮氨酸 Leu	70	86	88.41	86.00	70.89	75.22				
赖氨酸 Lys	55	70	163.06	156.02	129.23	129.55				
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	35	57	42.57	36.86	28.86	19.10				
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	60	93	87.11	84.77	69.01	74.63				
必需氨基酸总量 EAA	350	473	546.83	524.59	428.48	437.6				

表 5 不同组分氨基酸评分

Tab. 5 Amino acid scores of different components

必需氨基酸 EAA	氨基酸评分 AAS								化学评分 CS							
	金边鲤 Jinbian carp				建鲤 Jian carp				金边鲤 Jinbian carp				建鲤 Jian carp			
	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy		
苏氨酸 Thr	1.51	1.51	1.16	1.30	1.28	1.28	0.99	1.11								
缬氨酸 Val	1.09	1.04	0.87	0.91	0.82	0.79	0.66	0.69								
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	1.22	1.05	0.82	0.55	0.75	0.65	0.51	0.34								
异亮氨酸 Ile	1.28	1.21	1.02	1.04	0.95	0.90	0.76	0.77								
亮氨酸 Leu	1.26	1.23	1.01	1.07	1.03	1.00	0.82	0.87								
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	1.45	1.41	1.15	1.24	0.94	0.91	0.74	0.80								
赖氨酸 Lys	2.96	2.84	2.35	2.36	2.33	2.23	1.85	1.85								
氨基酸指数 EAAI					107.63	102.59	83.36	82.31								

LA+油酸总量均为最高，其次为稻田建鲤，池塘金边鲤最低。结果表明稻田金边鲤肌肉不饱和脂肪酸和高度不饱和脂肪酸含量高，食用稻田养殖的金边鲤更利于人体健康。

3 讨论

3.1 肌肉基本营养及质构特性

肌肉是鱼体主要的营养部位，其水分、粗蛋白、粗脂肪等营养成分在评价鱼肉品质中起着关键作用^[15]。蛋白质是生命的物质基础，其含量是衡量营养价值的重要参数之一^[16]。本实验 4 组鲤肌肉中，蛋白质含量依次为稻田建鲤 (16.75%)>稻田金边鲤 (16.28%)>池塘建鲤 (15.94%)>池塘金

边鲤 (15.27%)，说明鱼肌肉蛋白质含量可能与选取养殖的品种和养殖方式有关。就适口性而言，鱼肉中脂肪含量在 1.5% 左右为最佳^[17]，而本研究中，稻田金边鲤相比其他 3 组最为接近 1.5%，说明稻田金边鲤肌肉口感更好。鱼肉质构的特性与其肌肉中的水分的含量有关，高水分含量和高脂肪含量会使鱼肉的机械强度降低，蛋白质含量对质构的影响不大^[18]。在粗蛋白无显著差异的情况下，稻田金边鲤肌肉的水分含量最低且粗蛋白和粗脂肪含量相对于池塘养殖的金边鲤和建鲤较高，表明稻田鲤肌肉比池塘鲤肌肉营养价值高。质构仪是模拟口腔咀嚼情况来检测食品质构特性的仪器，其检测的指标有硬度、弹性、咀嚼性和恢复性等。在一定范围内，

表 6 脂肪酸的组成 (湿重 mg/100 g)

Tab. 6 Fatty acid composition in muscle of Jinbian carp and Jian carp (fresh weight basis, mg/100 g)

脂肪酸 fatty acids	金边鲤 Jinbian carp		建鲤 Jian carp	
	池塘 pond	稻田 paddy	池塘 pond	稻田 paddy
豆蔻酸(14:0)*	4.40	6.70	3.50	3.70
十五碳烷酸(C15:0)*	2.50	2.90	1.30	2.50
棕榈酸(C16:0)*	108.10	195.10	125.10	128.20
十七碳烷酸(C17:0)*	3.40	5.80	1.90	4.90
硬脂酸(C18:0)*	44.10	81.20	51.60	57.40
花生酸(C20:0)*	1.50	3.00	1.70	1.70
二十二碳烷酸(C22:0)*	0.70	1.70	0.50	1.10
十五碳烯酸(C15:1)^	1.40	1.40	ND	2.20
棕榈一烯酸(C16:1)^	13.30	31.00	14.20	14.00
十七碳一烯酸(C17:1)^	2.60	4.70	2.40	3.50
异油酸(C18:1n9t)^	1.00	3.10	1.60	1.70
油酸(C18:1n9c)^	125.50	302.80	182.90	167.40
花生一烯酸(C20:1)^	5.50	12.10	7.40	7.00
二十四碳烯酸(C24:1)^	1.80	1.50	ND	ND
亚油酸(LA)(C18:2n6c)^	173.60	337.20	214.90	244.20
花生二烯酸(C20:2)^	7.70	12.40	7.80	9.90
二十二碳二烯酸(C22:2)^	1.90	ND	ND	ND
α -亚麻酸(ALA)(α -C18:3n3)**	19.40	27.20	18.80	21.20
γ -亚麻酸(GLA)(γ -C18:3n6)**	3.40	7.70	5.70	5.50
花生三烯酸(C20:3n3)**	1.90	2.00	1.10	1.50
花生三烯酸(C20:3n6)**	23.50	ND	31.90	32.50
花生四烯酸(ARA)(C20:4)**	106.20	160.90	121.50	151.50
花生五烯酸(EPA)(C20:5)**	37.10	38.70	22.10	36.40
二十二碳六烯酸(DHA)(C22:6)**	254.70	180.60	163.20	197.60
饱和脂肪酸总量 Σ SFA	164.70	296.40	185.60	199.50
不饱和脂肪酸总量 Σ MUFA	780.50	1163.30	795.50	896.10
高度不饱和脂肪酸总量 Σ PUFA	446.20	457.10	364.30	446.20
DHA+LA+C18:1n9c	553.80	820.60	561.00	609.20

注: ND为微量, 即低于目前检测方法的检出限度或未检出; 样品测定2次取平均值, “&”为饱和脂肪酸(SFA), “^”为不饱和脂肪酸(MUFA), “*”为高度不饱和脂肪酸(PUFA)

Notes: ND is a small amount, which is lower than the detection limit of the current detection method or not detected; the sample was averaged twice, "&" was a saturated fatty acid (SFA), "^" was an unsaturated fatty acid (MUFA), and "*" was a highly unsaturated fatty acid (PUFA)

硬度和咀嚼性较大、弹性较强的肌肉口感会更好^[19]。本研究中稻田金边鲤的肉质硬度、黏性、弹性、咀嚼性和恢复性均明显高于其他3组, 表明稻田金边鲤肌肉更有嚼劲, 口感最佳。

3.2 氨基酸组成及其营养价值评估

实验所检测出的17种氨基酸中, 含量最高的是Asp, 其次为Glu、Lys、Arg和Leu, His的含量最低。各组鲤的 Σ EAA/ Σ TAA和 Σ DAA/ Σ TAA

均在40%左右,与WHO/FAO的要求接近,说明金边鲤和建鲤肌肉中蛋白质接近理想蛋白质要求。食品中所含的8种人体必需氨基酸最受人们关注,其对维持机体的正常生命活动有重要作用。赖氨酸有“生长性氨基酸”之称,具有促进胃液分泌、提高蛋白质的利用率、改善造血系统、提高免疫力等功能;苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸等支链氨基酸,对降低胆固醇、保护肝脏、控制癌细胞等方面有积极作用^[20-22]。本实验中,稻田金边鲤肌肉必需氨基酸中的苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、蛋氨酸和赖氨酸、苯丙氨酸含量均高于其他3组,说明稻田金边鲤必需氨基酸组成和含量更能满足人体需求。精氨酸和酪氨酸为人的半必需氨基酸和条件必需氨基酸,精氨酸在一定条件下可转变成必需氨基酸,它不仅有助于伤口愈合,还是人类幼年生长所必需的氨基酸^[23];人体内的酪氨酸可以转化为苯丙氨酸,若从外界食物中直接摄取,则可减少体内苯丙氨酸的消耗。本研究中,稻田金边鲤的必需氨基酸总量以及精氨酸和酪氨酸含量均高于其他3组,说明稻田金边鲤可作为优质的蛋白质来源。稻田金边鲤和池塘金边鲤鲜味氨基酸(DAA)总量比建鲤的高,说明金边鲤肉质比建鲤更鲜美。稻田金边鲤的EAA/NEAA和EAA/TAA均比池塘金边鲤高,说明稻田金边鲤能产生更多的营养,金边鲤更加适合稻田养殖。氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)是广泛被采用的蛋白质营养价值评价方法,而必需氨基酸指数(EAAI)可表示样品中必需氨基酸含量与标准蛋白质的相符程度,常用于评价食物营养价值高低。本实验中,各组鲤鱼EAAI值都在80分以上,说明金边鲤和建鲤肌肉均可作为人体优质蛋白质来源;从整体上看,金边鲤的AAS评分、CS评分以及EAAI都高于建鲤,表明金边鲤肌肉营养价值高于建鲤。

3.3 脂肪酸组成

机体里的脂肪酸包括饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸两种。通常人体大量摄入豆蔻酸(C14:0)会显著提高血清胆固醇含量,增加心血管疾病风险;棕榈酸可降低血清胆固醇浓度;而硬脂酸(C18:0)为中性脂肪酸,在 Δ^9 脱氢酶作用下生成C18:1n9,对血清胆固醇含量无明显影响。本研究中稻田金边鲤的饱和脂肪酸含量高于其他3组,其中棕榈酸(C16:0)的含量最高,表明食用稻田金边鲤更利于人体健康。从单不饱和

脂肪酸(MUFA)含量上看,稻田养殖比池塘养殖高,其中最具代表性的单不饱和脂肪酸C18:1n9(油酸),能有效降低血清总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇含量,且效果与亚油酸等多烯酸相当,同时C18:1n9亦能有效减少机体内的氧化应激产物,降低机体的过度性炎症反应,有助于机体康复^[24]。从多不饱和脂肪酸(PUFA)来看,金边鲤富含C18:2n6c、C22:6、C20:4n和C20:5n3等多不饱和脂肪酸,本研究中稻田养殖下各组鲤的不饱和脂肪酸总量和高度不饱和脂肪酸总量均高于池塘养殖模式,说明稻田养殖的鱼肉具有更加丰富的优质脂肪酸,更加适合满足现代人体需求。在各组鲤的饱和脂肪酸总量上,鲤肌肉在稻田养殖模式下比在池塘养殖模式下含有更多的饱和脂肪酸,说明稻田养殖能获得含量更加丰富的脂肪酸的鱼肉。从日常膳食比值上看,稻田金边鲤的 \sum PUFA n-3/ \sum PUFA n-6比值远高于国际粮农组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)推荐的0.1~0.2,较高的 \sum PUFA n-3/ \sum PUFA n-6能有效降低血脂,抑制血小板凝集,降低心血管疾病的发病率,说明稻田养殖的金边鲤对人体更加有益^[25]。整体上看,稻田金边鲤饱和脂肪酸含量、不饱和脂肪酸含量、高不饱和脂肪酸含量及DHA+LA+油酸均高于其他各组,且日常膳食比值较高,说明金边鲤的肉质比建鲤具备更好的营养价值,稻田养殖比池塘养殖能产出更好的鱼肉。

参考文献(References):

- [1] 沈雪达, 苟伟明. 我国稻田养殖发展与前景探讨[J]. *中国渔业经济*, 2013, 31(2): 151-156.
Shen D X, Gou W M. Research on rice paddy development and prospects in China[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2013, 31(2): 151-156(in Chinese).
- [2] 赵翔刚, 罗衡, 刘其根, 等. 稻田养殖沙塘鳢对稻田水体及底泥微生物群落结构及多样性的影响[J]. *淡水渔业*, 2017, 47(4): 8-14.
Zhao X G, Luo H, Liu Q G, et al. Influence of the cultured *Odontobutis obscurus* to the microbial community structure and diversity in rice-fish system[J]. *Freshwater Fisheries*, 2017, 47(4): 8-14(in Chinese).
- [3] 李嘉尧, 常东, 李柏年, 等. 不同稻田综合种养模式的成本效益分析[J]. *水产学报*, 2014, 38(9): 1431-1438.
Li J R, Chang D, Li B N, et al. Benefit-cost analysis of
中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- different rice-based production systems[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, 38(9): 1431-1438(in Chinese).
- [4] 王强盛. 稻田种养结合循环农业温室气体排放的调控与机制[J]. *中国生态农业学报*, 2018, 26(5): 633-642.
- Wang Q S. Regulation and mechanism of greenhouse gas emissions of circular agricultureecosystem of planting and breeding in paddy[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2018, 26(5): 633-642(in Chinese).
- [5] Rahman S, Barmon B K. Energy productivity and efficiency of the "gher"(prawn-fish-rice) farming system in bangladesh[J]. *Energy*, 2012, 43(1): 293-300.
- [6] 赵志刚, 罗亮, 王常安, 等. 不同鲤养殖模式生物絮团系统中鱼体的生长及水质 [J]. *水产学报*, 2017, 41(1): 99-108.
- Zhao Z G, L L, Wang C A, *et al.* Fish growth performance and water quality in different carp stocking modes biofloc systems[J]. 2017, 41(1): 99-108(in Chinese).
- [7] 文衍红, 滕忠作, 王建波, 等. 金边鲤养殖资源、现状、前景展望和发展措施[J]. *养殖与饲料*, 2019(4): 1-5.
- Wen Y H, Teng Z Z, Wang J B, *et al.* Breeding resources, current situation, prospects and development measures of Jinbian Carp (*Cyprinus carpio*)[J]. *Breeding and feed*, 2019(4): 1-5(in Chinese).
- [8] 甄润英, 陶秉春, 郭永军, 等. 鲤鱼父母本及F₁代肌肉中主要营养成分的比较分析[J]. *天津农学院学报*, 2007(4): 5-8.
- Zhen R Y, Tao B C, Guo Y J, *et al.* Comparative analysis on main nutrient compositions in muscles of carp's parents and Hybrid F₁ generation[J]. *Journal of Tianjin Agricultural University*, 2007(4): 5-8(in Chinese).
- [9] 过正乾, 蒋飞, 许祥, 等. 野生和养殖鲤鱼肌肉营养成分的比较研究[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(31): 15292-15294.
- Guo Z Q, Jiang F, Xu X, *et al.* Comparison and analysis of nutrient component in muscles between wild and farmed *Cyprinus carpio*[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(31): 15292-15294(in Chinese).
- [10] 钟小群, 李向飞, 蔡万存, 等. 发酵饲料对鲤鱼幼鱼生长性能、消化酶活性、肌肉品质和免疫机能的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2018, 41(1): 154-162.
- Zhong X Q, Li X F, Cai W C, *et al.* Effects of fermented feed on growth performance, digestive enzyme activity, fillet quality and immunity of juvenile carp (*Cyprinus carpio*)[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2018, 41(1): 154-162(in Chinese).
- [11] 彭英海, 王晓清, 周先文, 等. 稻田和池塘养殖鲤鱼的肌肉营养成分分析[J]. *水产养殖*, 2019, 40(1): 1-4.
- Peng Y H, Wang X Q, Zhou X W, *et al.* Comparative analysis on nutrient composition in the muscle of common carp in rice field and farm pond[J]. *Aquaculture*, 2019, 40(1): 1-4(in Chinese).
- [12] 马冬梅, 朱华平, 黄樟翰, 等. 稻田和池塘养殖华南鲤肌肉营养成分比较分析[J]. *南方农业学报*, 2018, 49(12): 2518-2524.
- Ma D M, Zhu H P, Huang Z H, *et al.* Comparison of nutrient components in muscle of *Cyprinus carpio rubrofuscus* cultured in paddy field and pool[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2018, 49(12): 2518-2524(in Chinese).
- [13] 杨四秀, 蒋艾青. 禾花鲤含肉率与肌肉营养成分分析[J]. *水生态学杂志*, 2009, 30(2): 154-157.
- Yang S X, Jiang A Q. Analysis on the flesh rate and the muscle nutrition component in procypris merus[J]. *Journal of Hydro Ecology*, 2009, 30(2): 154-157(in Chinese).
- [14] 李川, 姚俊杰, 安苗, 等. 贵州稻田养殖甌江彩鲤肌肉生化成分分析[J]. *动物营养学报*, 2010, 22(2): 505-510.
- Li C, Yao J J, An M, *et al.* Analysis of biochemical composition in muscle of *Cyprinus carpio* var. *color* cultured in paddy field of Guizhou[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2010, 22(2): 505-510(in Chinese).
- [15] Tang X, Xu G, Dai H, *et al.* Differences in muscle cellularity and flesh quality between wild and farmed *Coilias nasus* (Engraulidae)[J]. *Journal of Science Food Agriculture*, 2012, 92(7): 1504-1510.
- [16] 苟妮娜, 王开锋, 杨新成. 盐度和饲料蛋白对凡纳滨对虾营养及消化作用研究进展[J]. *西北农业学报*, 2018, 27(3): 306-315.
- Gou N M, Wang K F, Yang X C. Review of salinity levels and dietary protein on nutrition and digestion of *Litopenaeus vannamei*[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2018, 27(3): 306-315(in Chinese).
- [17] Fortin A, Robertson W M, Tong A K. The eating quality of and its relationship with intramuscular fat[J]. *Meat Science*, 2005, 69(2): 297-305.
- [18] 胡芬, 李小定, 熊善柏, 等. 5种淡水鱼肉的质构特性及与营养成分的相关性分析[J]. *食品科学*, 2011, 32(11): 69-73.

- Hu F, Li X D, Xiong X B, *et al.* Texture properties of freshwater fish and their correlation with nutritional components[J]. *Food Science*, 2011, 32(11): 69-73(in Chinese).
- [19] 李贝贝, 龚恒, 艾有伟, 等. 市售条件下冷鲜鲟鱼肉货架期及品质变化规律研究[J]. *食品科技*, 2018, 43(4): 122-127.
- Li B B, Gong H, Ai Y W, *et al.* Study on shelf-life and quality of fresh sturgeon meat under commercial conditions[J]. *Food Science and Technology*, 2018, 43(4): 122-127(in Chinese).
- [20] Mozanzadeh M T, Yaghoubi M, Maramazi J G, *et al.* Effects of dietary protein and essential amino acid deficiencies on growth, body composition, and digestive enzyme activities of silvery-black porgy (*Sparidentex hasta*)[J]. *International Aquatic Research*, 2018, 10(1): 45-55.
- [21] Okekunle A P, Zhang M, Wang Z, *et al.* Dietary branched-chain amino acids intake exhibited a different relationship with type 2 diabetes and obesity risk: a meta-analysis[J]. *Acta Diabetologica*, 2019, 56(2): 187-195.
- [22] Asha K K, Anandan R, Mathew S, *et al.* Biochemical profile of oyster *Crassostrea madrasensis* and its nutritional attributes[J]. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 2014, 40(1): 35-41.
- [23] 王洪荣, 季昀. 氨基酸的生物活性及其营养调控功能的研究进展[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(03): 447-457.
- Wang H R, Ji J. Advanced research in biological activities and functions of nutritional regulation of amino acids[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(03): 447-457(in Chinese).
- [24] Kalscheur K F, Teter B B, Piperova L S, *et al.* Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18: 1 fatty acids and milk fat production in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80(9): 2104-2114.
- [25] Jessica M, Michael L, Moghadasian M H, *et al.* The role of n - 6 and n - 3 polyunsaturated fatty acids in the manifestation of the metabolic syndrome in cardiovascular disease and non-alcoholic fatty liver disease[J]. *Food & Function*, 2014, 5(3): 426.

Effects of pond and paddy field culture models on muscle quality of Jinbian carp and Jian carp (*Cyprinus carpio*)

YE Xiangchen¹, ZOU Hui¹, LIU Kang¹, WEI Lingjing¹, HUANG Jie²,
ZHANG Guijiao³, ZHANG Sheng¹, MO Feilong¹, LÜ Yejian^{1*}

(1. Aquatic Species Introduction and Breeding Center of Guangxi, Nanning 530031, China;

2. Extension Station of Fisheries Technology of Liuzhou, Liuzhou 545066, China;

3. Extension Station of Fisheries Technology of Rongshui Miao Autonomous County, Liuzhou 545300, China)

Abstract: Differences in fish species and breeding environment can impact fish muscle quality. In this study, both Jinbian carp and Jian carp were farmed in paddy field and pond, and nutritional composition, physical and chemical characteristics and texture characteristics of the muscle of the Jinbian carp and Jian carp were determined and analyzed. Evaluation of the muscle quality of Jinbian carp would provide data basis for the development and promotion of the cultivation of Jinbian carp in paddy field. The results showed that the crude fat, ash content and water holding capacity of Jinbian carp in paddy field were significantly higher than those of Jinbian carp in pond ($P<0.05$). Except for water content, other basic nutrient composition of Jian carp in pond and rice field had no significant difference ($P>0.5$). The muscle hardness, springiness and chewiness property of Jinbian carp in paddy field were significantly higher than those of Jinbian carp in pond and paddy field ($P<0.05$), hardness and Resilience were significantly higher than those of Jinbian carp in pond ($P<0.05$), and cohesion was significantly lower than that of Jinbian carp and Jian carp in pond ($P<0.05$). Among the 17 kinds of amino acids in 4 groups of fish, Lys content was higher than WHO/FAO standard and egg protein standard. The contents of total amino acids, total essential amino acids, total fiber amino acids and non-essential amino acids of Jinbian carp in paddy field were higher than those of Jian carp, and the EAA/TAA ratio was closer to the 40% standard required by FAO/WHO. The EAAI of Jinbian carp in pond and paddy field exceeded 100 points, higher than Jinbian carp in pond and paddy (82.31–83.36 points). Among the 24 fatty acids measured, the total amount of saturated fatty acid, unsaturated fatty acid and DHA+LA+ oleic acid of Jinbian carp in paddy field was higher than other 3 groups. The results demonstrated that both of Jinbian carp and Jian carp could be used as a prominent lysine source for human body. Jinbian carp in rice field were chewier, and its essential amino acids, unsaturated fatty acids and highly unsaturated fatty acids were higher than those of Jian carp and Jinbian carp in pond, and the proportion of the muscles could better meet the needs of human body. In summary, the muscle quality advantage of Jinbian carp cultured paddy field is obvious, which has higher industrial development potential.

Key words: Jinbian carp; Jian carp; muscle quality; culture in pond; culture in paddy field

Corresponding author: LÜ Yejian. E-mail: lvjsh161@126.com

Funding projects: Supported by the Earmarked Fund for China Agriculture Research System (CARS-45)