

文章编号: 1674-5566(2011)05-0748-06

普通草鱼与脆化草鱼的肌肉特性比较

关磊¹, 朱瑞俊², 李小勤¹, 冷向军¹

(1. 上海海洋大学 省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306; 2. 南京环境科学研究所, 江苏南京 210042)

摘要:以9尾体重为(1 295.7 ± 37.2)g的普通草鱼和9尾体重为(706.8 ± 6.5)g脆化草鱼(脆肉鲩)为实验对象,对其肌肉理化及质构特性进行比较研究。结果显示:脆化草鱼肌肉粗蛋白含量高于普通草鱼($P < 0.05$),粗脂肪和铁含量比普通草鱼低($P < 0.05$),二者肌肉水分、粗灰分及钙、铬含量无显著差异;脆化草鱼肌肉pH、肌纤维密度和胶原蛋白含量均大于普通草鱼($P < 0.05$);脆化草鱼在2 h和4 h的肌肉滴水损失低于普通草鱼($P < 0.05$),但8 h后差别不大;脆化草鱼肌肉硬度和咀嚼力均比普通草鱼高($P < 0.05$)。对肉质性状指标分析表明,在一定范围内,肌纤维密度、pH、胶原蛋白有提高肉质品质的作用趋势;肌肉脂肪含量与肌肉硬度,肌纤维密度与肌肉滴水损失之间均呈显著负相关($P < 0.05$)。

研究亮点:脆化草鱼是鱼类肉品研究热点之一;本研究较全面的分析普通草鱼和脆化草鱼的肌肉特点,其中无机元素、质构参数、pH和滴水损失对其肉质的影响,在鱼类肉品研究中较少;同时探求了多因子对肉品影响及其相互作用关系,为鱼类肌肉品质评价提供依据。

关键词:普通草鱼;脆化草鱼;肌肉品质;质构;相关性

中图分类号: S 965.112

文献标志码: A

草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)是我国主要养殖经济鱼类之一,随着集约化养殖规模的扩大,养殖产量的增加,其肉质品质普遍呈下降趋势,肉质疏松,口感较差,严重影响其经济价值。脆化草鱼(crisped grass carp)是通过投喂蚕豆使其肉质变脆的草鱼,亦称“脆肉鲩”,其肉质坚实,脆嫩爽口。这种用蚕豆投喂的养殖方式不仅可改善养殖草鱼的肉质品质,而且发现对罗非鱼(*Oreochromis aureus* × *O. niloticus*)^[1]和异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)^[2]肉质的改善也具有积极作用。至今脆化草鱼肉质脆化机理尚不清楚,但已有些关于比较脆化草鱼和普通草鱼肌肉基本营养成分^[3-4]、肌肉游离氨基酸含量^[5]和肌肉超微结构^[6]的报道。肉质是一个复杂的性状,是诸多因素共同作用的结果,而目前关于脆化草鱼的肉质分析鲜有报道,并多集中于单因子

独立性状的探讨。本研究以普通草鱼和脆化草鱼为实验材料,比较了二者肌肉成分、组织学特性、质构等相关理化指标的差异,并考察影响肉质品质的因素及其之间的相关性,为探讨草鱼脆化机理和草鱼肉质品质的改善及评价标准的建立提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用的普通草鱼体重(1 295.7 ± 37.2)g,体长(40.3 ± 1.2)cm,脆化草鱼体重(706.8 ± 6.5)g,体长(35.5 ± 1.2)cm,各9尾,于2009年10月中旬由上海海洋大学养殖基地提供,体质健康,规格整齐。其均来源于2009年7月同一批普通草鱼(平均体重501.5g),分别投饲自制配合饲料(粗蛋白含量28.0%)和蚕豆(浸泡处理),

收稿日期: 2011-04-22 修回日期: 2011-05-31

基金项目: 上海市重点学科建设项目(Y1101);教育部水产种质资源发掘与利用省部共建重点实验室及农业部水产种质资源与利用重点开放实验室开放课题基金(KFT2008-6);南海水产研究所种质资源开放课题(2008A003)

作者简介: 关磊(1984—),男,硕士研究生,研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail: guanleia@126.com

通讯作者: 冷向军, E-mail: xleng@shou.edu.cn

经 3 个月饲养而成。

1.2 测定指标与方法

1.2.1 肌肉一般指标测定

采集侧线以上的草鱼背部肌肉于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存以备测定其基本成分。粗蛋白采用凯氏定氮法(GB6432—86);粗脂肪采用 Folch 氯仿—甲醇提取法;灰分采用 $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 灼烧法(GB6438—86);水分采用 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干恒重法(GB6435—86);胶原蛋白测定采用组织中羟脯氨酸的测定方法(GB9695—19)^[7]。

肌肉中钙、铁、铬含量采用原子吸收法测定。取适量待测样品置于 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,称量 $1.8\text{ g}\sim 2.0\text{ g}$ (精确到 0.0001 g)于 50 mL 烧杯中,加入 4:1 的优级纯硝酸高氯酸混合消化液 15 mL ,浸泡过夜后在电热板上加热消化至样品全部溶解白烟散尽。在消化过程中加入适量去离子水赶酸,使溶液呈无色透明后定容成 100 mL ,采用石墨炉(普析通用石墨炉 TAS-990)原子吸收光谱法分别对钙、铁、铬含量进行测定。

1.2.2 肌肉物理和质构特性测定

pH 的测定:采用肌肉 pH 直测仪(精确至 0.01 ,德国麦特斯 pH-Star)。实验鱼活体抽血后,在侧线上方、背肌的侧面切口,将直测仪的玻璃探头完全插入肌肉中,记录 pH。

肌纤维密度的测定:采用常规石蜡切片, Van Gieson 胶原纤维染色法染色,中性树脂封片。在 10×10 倍的显微照相系统下,随机选定视野下一区域,测定每平方毫米(mm^2)内的肌纤维数量(根),每个样品选取 50 个视野进行数据统计。

保鲜肉滴水损失的测定:参照李文倩等^[8]的方法,并作修改。取 5 g 左右的新鲜背部肌肉 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 悬挂贮存 0、2、4、8、16 h 后(保鲜肉),称量肌肉重量,求出滴水损失。公式如下:

$$L = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100\% \quad (1)$$

式中: L 为保鲜肉滴水损失; W_1 为贮存前肉重(g); W_2 为贮存后肉重(g)。

肌肉质构特性(硬度、弹性、咀嚼力、回复力和凝聚性)采用 QTS-25 物性测试仪(CNS Farnell 公司,英国)进行测定。在 TPA(质构剖面分析)模式下,取 1 cm^3 背部肌肉,采用 SMS P/25 圆形探头,起点感应力 5.0 g ,测试速度 5.0 mm/s ,二次压缩间隔时间 1 s ,每尾鱼取 3 个样品,每个样品测 2 次,取平均值。并采用质构测定配套软件 Texture Pro v 2.0 进行分析。

1.2.3 数据统计

实验结果以平均值 \pm 标准差表示,采用 SPSS 16.0 软件进行独立样本 t 检验,并采用 Pearson 相关系数法和双侧(Two-Tailed)显著性检验进行相关性分析,同时采用 Curve Estimation 过程进行回归分析,建立回归方程。

2 结果与分析

2.1 肌肉一般营养成分

由表 1 可以看出,脆化草鱼肌肉粗蛋白显著高于普通草鱼($P < 0.05$),而粗脂肪、铁含量显著低于普通草鱼($P < 0.05$)。脆化草鱼肌肉水分和铬含量略高于普通草鱼,粗灰分和钙含量则稍低于普通草鱼,均无显著差异($P > 0.05$)。

表 1 普通草鱼、脆化草鱼肌肉一般营养成分含量

Tab.1 The contents of general nutrition components in muscle of grass carp and crisped grass carp

样品	粗蛋白/%	粗灰分/%	水分/%	粗脂肪/%	钙/(mg/kg)	铁/(mg/kg)	铬/(mg/kg)
普通草鱼	87.67 ± 0.24^a	5.59 ± 0.02	77.97 ± 0.69	4.89 ± 0.03^a	460.1 ± 10.6	10.28 ± 0.52^a	0.022 ± 0.002
脆化草鱼	90.37 ± 0.33^b	5.71 ± 0.06	78.77 ± 0.67	4.56 ± 0.19^b	441.7 ± 24.1	9.65 ± 0.13^b	0.024 ± 0.002

注:同列上标小写字母不同表示二者之间有显著差异($P < 0.05$);除水分外其他成分均为干物质含量。

2.2 肉质主要指标

从主要肉质指标测定结果(表 2)来看,脆化草鱼肌肉胶原蛋白含量和 pH 均显著高于普通草鱼($P < 0.05$)。脆化草鱼肌纤维密度为每平方毫米 259.37 ± 5.92 根肌纤维,比普通草鱼高出

62% ($P < 0.05$)。在 2 h、4 h 内,脆化草鱼肌肉滴水损失较普通草鱼降低了 29.2% ($P < 0.05$)和 17.7% ($P < 0.05$),但延长至 8 h 后,两者滴水损失量无显著差异($P > 0.05$)。

表2 普通草鱼、脆化草鱼肉质主要指标

Tab.2 The chief indexes affecting flesh quality of grass carp and crisped grass carp

样品	肌纤维密度	胶原蛋白/%	pH	滴水损失/%			
				2 h	4 h	8 h	16 h
普通草鱼	155.82 ± 7.10 ^a	0.40 ± 0.01 ^a	5.79 ± 0.10 ^a	6.81 ± 0.69 ^a	10.23 ± 0.36 ^a	18.57 ± 0.17	21.49 ± 1.13
脆化草鱼	259.37 ± 5.92 ^b	0.45 ± 0.01 ^b	6.00 ± 0.08 ^b	4.82 ± 0.70 ^b	8.42 ± 0.96 ^b	19.74 ± 0.15	22.04 ± 1.17

注:同列上标小写字母不同表示二者之间有显著差异($P < 0.05$);胶原蛋白为湿重。

2.3 肌肉质构特性参数

肌肉质构特性参数测定结果表明(表3),脆化草鱼肌肉弹性、回复力和凝聚性与普通草鱼无

差异($P > 0.05$),而肌肉硬度和咀嚼力则分别较普通草鱼提高56.8%($P < 0.05$)和39.3%($P < 0.05$)。

表3 普通草鱼、脆化草鱼肌肉质构特性参数

Tab.3 Textural mechanical properties in muscle of grass carp and crisped grass carp

样品	硬度/g	弹性	咀嚼力/g	回复力	凝聚性
普通草鱼	5879.9 ± 682.1 ^a	0.89 ± 0.01	1350.3 ± 137.8 ^a	0.129 ± 0.016	0.216 ± 0.068
脆化草鱼	9217.5 ± 484.1 ^b	0.88 ± 0.01	1880.6 ± 106.6 ^b	0.128 ± 0.013	0.205 ± 0.026

注:同列上标小写字母不同表示二者之间有显著差异($P < 0.05$)。

2.4 肌肉品质指标相关性分析

在实验结果中,将肌肉各肉质指标进行相关性分析,由表4结果发现各肉质性状间存在一定的相关性。肌纤维密度与肌肉回复力($P < 0.01$)、硬度($P < 0.05$)呈显著正相关,与滴水损失呈显著负相关($P < 0.05$);肌肉脂肪含量与硬度呈显著负相关($P < 0.05$);质构参数中肌肉回复力($P < 0.05$)和硬度($P < 0.01$)与pH之间均呈正相关。对这些相关性显著的指标进行线性回归分析,得回归方程如下:

肌纤维密度(Y)与肌肉硬度(X): $Y =$

$$95.884 + 0.016X - 8.873 \times 10^{-7}X^2, R^2 = 0.971$$

$$\text{肌纤维密度}(Y) \text{与肌肉回复力}(X): Y = 69.69 + 699.06X - 581.712X^2, R^2 = 0.993$$

$$\text{肌肉滴水损失}(Y) \text{与肌纤维密度}(X): Y = 46.03 - 0.36X + 0.01X^2, R^2 = 0.941$$

$$\text{肌肉pH}(Y) \text{与肌肉硬度}(X): Y = 4.263 - 2.364 \times 10^{-13}X^2, R^2 = 0.796$$

$$\text{肌肉pH}(Y) \text{与肌肉回复力}(X): Y = 18.314 - 210.539X + 868.707X^2, R^2 = 0.932$$

$$\text{肌肉脂肪含量}(Y) \text{与肌肉硬度}(X): Y = 50.611 - 0.013X + 8.691 \times 10^{-7}X^2, R^2 = 0.971$$

表4 肌肉品质各指标间相关性

Tab.4 Correlation of flesh quality parameters

相关系数	胶原蛋白	肌纤维密度	pH	水分	滴水损失	脂肪	钙	铁	铬
肌纤维密度	0.354								
pH	0.465	0.118							
水分	-0.544	-0.061	-0.537						
滴水损失	0.061	-0.920*	0.118	-0.343					
脂肪	0.389	0.591	0.425	-0.734	-0.489				
钙	0.067	-0.069	-0.669	0.190	0.050	-0.263			
铁	0.808	-0.218	-0.025	-0.545	0.249	0.099	0.403		
铬	0.018	-0.100	-0.296	-0.284	0.007	0.477	-0.186	0.379	
弹性	0.249	0.183	0.755	-0.091	0.307	0.256	0.296	0.134	0.677
咀嚼力	0.186	0.284	0.601	0.371	-0.515	-0.661	-0.559	-0.392	-0.520
回复力	0.611	0.921**	0.944*	-0.922	-0.035	-0.680	-0.548	0.381	0.807
硬度	0.417	0.938*	0.937**	-0.559	-0.252	-0.913*	-0.825	0.031	0.308
凝聚性	0.019	-0.383	0.126	0.640	0.093	-0.004	-0.038	-0.280	-0.605

注: *表示相关性显著($P < 0.05$); **表示相关性极显著($P < 0.01$);滴水损失采用第4小时的数据。

3 讨论

3.1 肌肉一般营养成分对普通草鱼、脆化草鱼肌肉品质的影响

肌肉品质与肌肉一般营养成分的含量有关,尤其是粗蛋白、粗脂肪含量^[9]。据报道,高脂肪含量会使鱼肉机械强度降低^[10],造成肌肉硬度降低,肉质松软。本实验中,脆化草鱼肌肉中粗蛋白含量比普通草鱼高 3.1%,粗脂肪含量比普通草鱼低 6.7%,与李宝山等^[2]实验结果基本类似,而实验中脂肪含量结果却与肖调义等^[3]、林婉玲等^[11]在脆肉鲩及伦峰等在脆化罗非鱼^[1]的研究结果有差异,这可能因脆化养殖方式、养殖时间长短及鱼种类的不同而有所差异。从肌肉质构参数及各指标相关性分析来看,脆化草鱼肌肉比普通草鱼具有较高的硬度和咀嚼力,而肌肉脂肪含量与肌肉硬度呈显著负相关,说明肌肉脂肪含量的增加可降低肌肉硬度,造成肉质松软口感下降。有研究^[12-14]也证实脂肪含量过高的鱼体肌肉肉质较松软,肌肉品质相对较差。

无机元素对机体正常生长发育有重要影响。钙是肌肉收缩和肌原纤维降解酶系的激活剂,对肉质嫩度有很大影响。铁不仅是血红蛋白和肌红蛋白的重要组成,而且对防止机体脂类氧化保持肉味有重要作用,从而影响肌肉品质。铁过量可直接或间接促进脂肪氧化^[15],加快肉品酸败。铬作为抗应激物质之一,通过抵抗应激提高肉品质量,同时可促进肌肉蛋白合成,减少脂肪沉积^[16]。本实验发现脆化草鱼肌肉钙($441.7 \pm 24.1 \text{ mg/kg}$) ($P > 0.05$)、铁($9.65 \pm 0.13 \text{ mg/kg}$) ($P < 0.05$) 含量均低于普通草鱼。这与肖调义等^[3]研究的结果有所差异,可能是两者饲料不同导致的,本实验普通草鱼使用自制配合饲料,其中添加多种矿物质和磷酸二氢钙 $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$ 以补充饲料中钙、铁含量;后者实验普通草鱼饲养则是以青草为主。脆化草鱼肌肉中中铁含量利于防止脂类氧化,延长贮存时间。脆化草鱼肌肉铬含量($0.024 \pm 0.002 \text{ mg/kg}$) ($P > 0.05$) 略高于普通草鱼,说明二者肌肉铬含量对肉品影响不大。

3.2 肌肉主要指标对普通草鱼、脆化草鱼肌肉品质的影响

鱼类肌肉品质评价相对于畜禽而言还很不

完善,畜禽肉质评价方法对于研究鱼类肌肉品质有重要的参考作用。肌纤维是肌肉组织的基本单位,其密度与直径是影响肌肉嫩度的重要因素。胶原蛋白是构成肌肉结缔组织的重要蛋白,是影响肉质的重要因素^[17],鱼类肉质中含有丰富的胶原蛋白,对保持鱼类肌肉韧性和完整性及鱼肉品质具有重要作用^[18]。肌纤维变细,单位面积内数量多,其密度增大,肌肉硬度就越大^[9,19];鱼类肌肉胶原蛋白含量的增加使肌肉具有较高的机械强度^[20-21],保证较优质的肌肉品质^[22]。本实验中,脆化草鱼肌肉胶原蛋白含量、肌纤维密度显著高于普通草鱼,通过机械模拟人口咀嚼过程,表现为肌肉硬度增大、咀嚼性能增强,肉质坚实,而且胶原蛋白含量、肌纤维密度与肌肉质构特性均存在不同程度的正相关,尤其是与肌肉硬度和回复力,均表现为二次曲线关系。这表明随着肌肉胶原蛋白含量的增加,肌纤维密度增大,肌肉硬度增加,肌肉质构性状得到改善,这与其他相关研究结果基本一致^[9,19-21]。经感官品尝验证发现脆化草鱼肉质较普通草鱼更脆更有韧性。对畜禽肉质研究^[23-24]发现,随着肌肉胶原蛋白含量的增加,其质地变老变粗,肉质品质下降。因此可推断草鱼肉质对于胶原蛋白的需要与畜禽类有所不同,较高的胶原蛋白含量,有助于改善鱼肉品质。

肌肉滴水损失和 pH 是反映肉质的重要指标。滴水损失用来表示肌肉系水力,反映肌肉中水分的保持程度,高系水力可保持肌肉中水分含量,减少肉品水分过多散失,防止肉品失去鲜度和固有风味^[25];pH 能直接影响肉的适口性、嫩度和烹煮损失,二者有着密切关系,即低 pH 是造成高滴水损失的一个相关因素^[26]。本实验发现,脆化草鱼肌肉具有较高 pH,而在 2 h 和 4 h 的肌肉滴水损失显著低于普通草鱼,与 OLSSON 等人^[27]在大西洋鲑上的研究结果基本一致。对草鱼肉质指标综合分析,肌肉 pH 与肌肉硬度和回复力均呈高度正相关,这在鳊鱼^[8]、舌齿鲈^[17]、龙头鱼^[28]的研究中也得到验证;而滴水损失与肌纤维密度呈显著负相关。由此说明较高的 pH 值可能在一定程度上导致较高的肌肉系水力,而肌纤维密度的增大,肌纤维排列更为紧密,也可增强肌肉的持水性能,利于鱼肉品质及其后期加工、贮藏性能的改善。但 8 h 后两者滴水损失趋于—

致,这可能是随着肌肉在 4 ℃ 悬挂时间的延长,糖原酵解,乳酸累积,两者 pH 继续降低直至接近肌肉蛋白质等电点^[29],造成肌肉滴水损失达到最高并趋于相近。

4 结论

脆化草鱼肌肉粗蛋白、胶原蛋白含量、pH、肌纤维密度均高于普通草鱼,肌肉粗脂肪、滴水损失和铁含量低于普通草鱼;在肌肉质构参数中,脆化草鱼肌肉硬度和咀嚼力分别比普通草鱼高出 56.8% 和 39.3%。肌肉脂肪含量、胶原蛋白含量、肌纤维密度和 pH 与肌肉质构特性有密切关系,可为综合评价鱼类肌肉品质提供参考依据。

参考文献:

- [1] 伦峰,冷向军,孟晓林,等. 蚕豆对罗非鱼肉质影响的初步研究[J]. 上海水产大学学报,2007,16(1):83-86.
- [2] 李宝山,冷向军,李小勤,等. 投饲蚕豆对异育银鲫生长、肉质及肠道蛋白酶活力的影响[J]. 动物营养学报,2007,19(5):631-635.
- [3] 肖调义,刘建波,陈清华,等. 脆肉鲩鱼肌肉营养特性分析[J]. 淡水渔业,2004,34(3):28-30.
- [4] 李宝山,冷向军,李小勤,等. 投饲蚕豆对草鱼生长和肌肉品质的影响[J]. 中国水产科学,2008,15(6):1042-1049.
- [5] 陈清华,肖调义,吴松山,等. 脆肉鲩肌肉游离氨基酸初步分析[J]. 水利渔业,2004,24(6):8-10.
- [6] 刘建波,陈开健,余曙明,等. 脆肉鲩肌肉超微结构分析[J]. 水利渔业,2005,25(3):65-67.
- [7] ISO3496:1994(E). Meat and meat products-Determination of hydroxylproline content[S]. Arusha, Tanzania: East African Community, 2010:1-4.
- [8] 李文倩,李小勤,冷向军,等. 鳊鱼肌肉品质评价的初步研究[J]. 食品工业科技,2010,31(9):114-117.
- [9] HATAE K, YOSHIMATSU F, MATSUMOTO J J. Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish[J]. Journal of Food Science,1990,55(3):693-696.
- [10] DUNAJSKI E. Texture of fish muscle[J]. Journal of Texture Studies,1980,10(4):301-318.
- [11] 林婉玲,关榕,曾庆孝,等. 影响脆肉鲩鱼背肌质构特性的因素[J]. 华南理工大学学报,2009,37(4):134-136.
- [12] NIELSEN D, HYLDIG G, NIELSEN J, et al. Liquid holding capacity and instrumental and sensory texture properties of herring (*Clupea harengus* L.) related to biological and chemical parameters[J]. Journal of Texture Studies,2005,36(2):119-138.
- [13] GRIGORAKIS K, ALEXIS M N. Effects of fasting on the meat quality and fat deposition of commercial-size farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed different dietary regimes[J]. Aquaculture Nutrition,2005,11(5):341-344.
- [14] LIE O. Flesh quality-the role of nutrition[J]. Aquaculture Research,2001,32(s1):341-348.
- [15] HAMILTON R J, KALU C, PROSK E, et al. Chemistry of free radicals in lipids[J]. Food Chemistry,1997,60(2):193-199.
- [16] 余东游,许梓荣. 吡啶羧酸铬对猪胴体品质的影响及其作用机理[J]. 中国兽医学报,2001,21(5):522-525.
- [17] PERIAGO M J, AYALA M D, LÓPEZ-ALBORS O, et al. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* [J]. Aquaculture,2005,249(1/4):175-188.
- [18] BREMNER H A, HALLETT I C. Degradation of muscle fiber connective tissue junction in the spotted trevalla (*Seriola punctata*) examined by electron microscopy[J]. Journal Science Food Agriculture,1986,37(10):1011-1018.
- [19] HURLING R, RODELL J B, HUNT H D. Fiber diameter and fish texture[J]. Journal of Texture Studies,1996,27(6):679-685.
- [20] JOHNSTON L A, ALDERSON R, SANDHAM C, et al. Patterns of muscle growth in early and late maturing populations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Aquaculture,2000,189(3/4):307-327.
- [21] FAUCONNEAU B, ALAMILDURANREB H, LAROCHEC M, et al. Growth and meat quality relations in carp [J]. Aquaculture,1995,129(2):265-297.
- [22] HATAE K, TOBIMATSU A, TAKEYAMA M, et al. Contribution of the connective tissues on the texture difference of various fish species[J]. Nippon Suisan Gakkaishi,1986,52(11):2001-2007.
- [23] 蔡原,赵有璋,连总强,等. 合作猪肌肉胶原蛋白发育性变化及其与肉质关系的研究[J]. 甘肃农业大学学报,2006,41(4):12-15.
- [24] NISHIMURA T, LIU A, HATTORI A, et al. Changes in mechanical strength of intramuscular connective tissue during post-mortem ageing of beef[J]. Journal of Animal Science,1998,76(2):528-532.
- [25] 李玉娥. 影响肉品含水量的因素[J]. 肉类工业,2004,279(7):6-8.
- [26] STANLEY D W. Relation of structure to physical properties of animal material[M]//Physical properties of foods, Westport, CT, USA: AVI Publishing Company Inc,1983:157-206.
- [27] OLSSON G B, OLSEN L, CARLEHO G. Seasonal variation in chemical and sensory characteristics of farmed and wild Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) [J]. Aquaculture,2003,217(1/4):191-205.
- [28] 娄永江. 龙头鱼肌肉持水性的研究及应用[J]. 中国水产,2000(1):48-49.
- [29] 郭建凤,武英,呼红梅,等. 不同储存温度、时间对长白猪肌肉 pH 及失水率的影响[J]. 西北农业学报,2009,18(1):33-36.

Muscle characteristics comparison between grass carp and crisped grass carp

GUAN Lei¹, ZHU Rui-jun², LI Xiao-qin¹, LENG Xiang-jun¹

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Nanjing 210042, Jiangsu, China)

Abstract: The differences in physical and chemical characteristics and textural mechanical properties in muscles between 9 grass carps (body weight of 1295.7 ± 37.2 g) and 9 crisped grass carps (body weight of 706.8 ± 6.5 g) were investigated in the present study. The results indicated that the content of protein in crisped grass carp muscle was higher, while the contents of crude lipid and ferrum were lower than those in grass carp ($P < 0.05$), and there were no significant differences in muscle moisture, crude ash, calcium and chromium contents in both groups. Crisped grass carp had higher pH value, muscle fiber density and collagen content in muscle than those of grass carp ($P < 0.05$). Compared with grass carp, muscle drip loss of crisped grass carp at 2 h, 4 h, was significantly lower ($P < 0.05$), but not at 8 h. The hardness and chewiness of crisped grass carp muscle were higher than those of grass carp in textural mechanical properties ($P < 0.05$). Among meat quality indexes analyzed above, muscle fiber density, pH value and collagen contents played an important role to improve the meat quality within a certain range; the contents of lipid showed a negative correlation with muscle hardness ($P < 0.05$), and muscle fiber density showed a negative correlation with muscle drip loss ($P < 0.05$).

Key words: grass carp; crisped grass carp; flesh quality; textural mechanical properties; correlation