

复方中草药添加剂对施氏鲟肌肉营养成分及品质的影响

马玲巧 彭晓珍 李大鹏

华中农业大学水产学院/淡水水产健康养殖湖北省协同创新中心/农业部淡水生物繁育重点实验室, 武汉 430070

摘要 为了解饲料中添加复方中草药对施氏鲟肌肉营养成分和品质特性的影响,按照7:5:4:4的质量比例将茯苓、白芍、鱼腥草及大黄进行复方制备,在饲料中添加3种不同含量比例(0.5%、1%和2%)的复方中草药,对体质量为(137.61±22.26)g的施氏鲟进行8周的养殖试验。试验设1个对照组(0%添加量)和3个添加组(0.5%组、1%组、2%组)。利用生化分析、物性分析方法对施氏鲟肌肉的常规营养成分、氨基酸、脂肪酸以及质构特性进行测定。结果显示,0.5%和1%组的肌肉粗灰分含量显著高于2%组和对照组,0.5%组的肌肉粗蛋白含量显著高于对照组和其他添加组。氨基酸总量和必需氨基酸总量在4组间没有显著性差异,但0.5%组的鲜味氨基酸总量显著高于对照组,其中天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸含量都显著高于对照组,0.5%组天冬氨酸含量还显著高于1%和2%组。除了十七碳一烯酸在添加组中的含量略有下降外,其他脂肪酸在中草药添加组中的含量都要高于对照组。0.5%和1%的添加组可显著增加施氏鲟肌肉中大部分脂肪酸的含量,但2%添加量对施氏鲟肌肉中各脂肪酸含量并无显著影响。添加组的肌肉粘聚性显著高于对照组,2%组的肌肉咀嚼性显著低于对照组;而添加组和对照组在肌肉硬度、黏着性、弹性和回复性上均没有显著性差异。研究表明,适量的复方中草药能增加肌肉粗蛋白的含量,提升部分鲜味氨基酸和脂肪酸的含量,起到增加肌肉风味、改善肌肉品质的作用。

关键词 施氏鲟; 中草药; 营养成分; 质构特性

中图分类号 S 963.16 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)03-0111-06

施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)隶属于鲟形目、鲟科、鲟属,是我国黑龙江流域的大型经济鱼类,其肉质白而嫩,味道鲜美,具有中等含量的脂肪,是一种高级食材,具有很高的食用价值和经济价值,已成为名特水产养殖的主要品种之一^[1-3]。但鲟养殖业的集约化和规模化发展,使得各种随之而来的病害给鲟养殖业带来了极大的损失和困扰,目前已成为制约鲟养殖业健康快速发展的重要因素之一^[4]。

随着健康养殖和绿色渔业的发展,天然药用植物在水产养殖中已广泛应用。药用植物兼具抗病与营养的双重作用,具有低毒、低残留、耐药性不显著等特点^[5],目前已成为鱼病防治以及饲料添加剂的理想选择。单一或者复方中草药对提高水产养殖动物的非特异性免疫力具有积极的作用,对牙鲈(*Paralichthys solivaceus*)、红鲮(*Pagrus major*)、罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)以及南美白对虾

(*Litopenaeus vannamei*)等经济水产养殖品种的生长及免疫功能都有着显著的促进和提高作用^[6-9]。除此之外,中草药添加剂还可改善养殖畜禽动物的肌肉口感,提高肌肉鲜味^[10-12]。中草药添加剂在提高养殖鱼类的生长性能和非特异性免疫力的同时,对养殖鱼类的肌肉品质是否会有影响,我们并不清楚。因此,本文选用茯苓(*Poria*)、白芍(*Radix Paeoniae Alba*)、鱼腥草(*Herba Houttuyniae*)及大黄(*Radix et Rhizoma Rhei*)制作成复方中草药添加剂,研究饲料中添加复方中草药对养殖施氏鲟的肌肉营养成分及肌肉物性特征的影响,旨在为中草药添加剂在水产饲料中的合理应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设施

施氏鲟体质量为(137.61±22.26)g,体质健

收稿日期: 2014-07-15

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题(2012BAD25B06); 中央高校基本科研业务费专项(2013PY024); 湖北省自然科学基金重点项目(2012FFA029)

马玲巧, 硕士研究生。研究方向: 水产品质量安全。E-mail: lqmhappy117@163.com

通信作者: 李大鹏, 博士, 教授。研究方向: 鱼类生态生理学。E-mail: ldp@mail.hzau.edu.cn

康。试验采用曝气脱氯的自来水,实验缸为室内圆形水族箱(半径 44 cm,水深 50 cm),采用流水养殖,溶氧为 (7.0 ± 0.5) mg/L,水温为 (22 ± 2) °C, pH 值为 (7.5 ± 0.2) 。

试验用中草药为茯苓、白芍、鱼腥草、大黄,均购自德仁堂武汉司门口分店,经研磨机制成粉末,过孔径 0.425 mm 筛网后充分混合,干燥并密封保存于 -20 °C 下备用。按照 7:5:4:4 的质量比例将茯苓、白芍、鱼腥草、大黄进行复方制备。

1.2 试验设计

以鱼粉、豆粕为蛋白源,以植物油为脂肪源,基础饲料配方^[13]见表 1。在基础饲料中添加 0.5%、1%、2% 的中草药粉末,制成粒径 3 mm 的硬颗粒饲料。试验设 1 个对照组和 3 个中草药添加组,分别投喂添加了 0% (对照组)、0.5% (0.5% 组)、1% (1% 组) 和 2% (2% 组) 复方中草药的试验饲料。每组设 3 个平行实验缸,每个实验缸内养殖 8 尾鱼。每天 07:30、13:00、18:00 定时饱食投喂,养殖时间为 8 周。

表 1 基础饲料配方及主要营养成分

Table 1 Ingredients and nutrition of foundation diets

原料 Ingredient	含量/% Content	营养成分 Nutrient component	含量/% Content
白鱼粉 White fishmeal	28.50	粗蛋白 Crude protein	40.78
红鱼粉 Red fishmeal	27.00	粗脂肪 Crude lipid	9.13
豆粕 Soybean meal	13.00	粗灰分 Ash	15.31
α -淀粉 α -Starch	20.00	水分 Moisture	12.18
酵母粉 Yeast meal	5.00		
植物油 Plant oil	4.00		
多维多矿预混料 Vitamin mineral premix	2.00		
氯化胆碱 Choline chloride	0.40		
Cr ₂ O ₃	0.10		
合计 Total	100.00		

1.3 样品处理

试验结束后,分别在各实验缸中随机取 3 尾鱼,测体长、体质量。解剖鱼体,去皮取背部肌肉样品,将其分为 3 部分:一部分鲜样切成 20 mm×15 mm×15 mm 的小块,用于质构特性的测定;另一部分剪碎,在 70 °C 烘干混合均匀后用于常规营养成分及氨基酸的测定;剩余部分冷冻干燥,用于脂肪酸的测定。

1.4 常规营养成分测定

水分采用 105 °C 干燥法测定(参考 GB5009.3—2010),粗蛋白采用凯氏定氮法测定(参考 GB5009.5—2010),粗脂肪采用索氏抽提法测定(参考 GB/T

5009.6—2003),粗灰分采用马弗炉 550 °C 灼烧法测定(参考 GB5009.4—2010);17 种氨基酸使用 Biochrom 20 型氨基酸自动分析仪测定(参考 GB/T14965—1994);脂肪酸使用 Agilent 6890 型气相色谱仪测定(参考 GB/T 5009.168—2003)。

1.5 肌肉物性分析

取已切好的小块肌肉样品(每尾鱼 6 个重复),利用 TA.XT.Plus 型物性测试仪(英国 Stable Micro Systems 公司),使用平底柱形探头 P/35,对试样进行 2 次压缩质构分析(TPA)测试,测试条件如下:测试前速率 3 mm/s,测试速率 2 mm/s,测试后速率 2 mm/s,压缩程度 60%,停留间隔时间 5 s,负重探头类型:Auto-5 g,数据收集率:200 pps。

1.6 数据分析

试验结果用平均数±标准差(Mean±SD)表示,采用 SPSS 18.0 软件进行方差分析(One-Way ANOVA),利用 Duncan's 多重比较进行组间显著差异分析,差异显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 生长性能

对照组(0%组)施氏鲟的终末体质量为 (439.41 ± 43.66) g,添加中草药的 3 组中,0.5% 和 1% 组施氏鲟的终末体质量分别为 (465.34 ± 48.54) g 和 (457.80 ± 50.42) g,显著高于对照组和 2% 组。2% 组施氏鲟的终末体质量分别为 (437.51 ± 52.03) g,与对照组没有显著性差异。

2.2 肌肉常规生化成分分析

添加组和对照组间的肌肉水分和粗脂肪含量均没有显著性差异,0.5% 和 1% 组的粗灰分含量要显著高于 2% 组和对照组,0.5% 组的肌肉粗蛋白含量要显著高于对照组和其他添加组(表 2)。

2.3 肌肉氨基酸组成

共检测出 17 种常见氨基酸,其中包括 7 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(表 3)。氨基酸总量和必需氨基酸总量,在 4 组间没有显著性差异,但 0.5% 组的鲜味氨基酸总量要显著高于对照组。除了苏氨酸和赖氨酸在 4 组间有显著性差异外,其他必需氨基酸的含量在 4 组间均无显著性差异。在鲜味氨基酸中,0.5% 组的天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸含量分别显著高于对照组,其中天冬氨酸还显著高于 1% 和 2% 组。

表 2 复方中草药添加剂对施氏鲟肌肉基本生化成分的影响¹⁾

Table 2 Effect of Chinese medicinal herb compound additives on nutrient ingredients in the muscle of amur sturgeon (*Acipenser schrencki*) %

营养成分 Nutrient component	饲料中中草药添加剂水平 Level of Chinese medicinal herb in diet			
	0%	0.5%	1%	2%
水分 Moisture	74.27±2.28	73.09±3.06	73.30±2.81	72.99±2.99
脂肪 Crude fat	8.26±1.24	8.26±1.19	8.46±0.49	8.47±1.66
灰分 Crude ash	0.84±0.04 a	0.94±0.05 b	0.93±0.03 b	0.87±0.08 a
粗蛋白 Crude protein	16.77±0.76 a	18.34±0.82 b	16.75±0.27 a	16.94±1.57 a

1) 同一行中参数后标有不同字母表示有显著性差异 ($P < 0.05$), 相同则无显著性差异 ($P > 0.05$)。下表同。The means with different letters in the same row show significant differences ($P < 0.05$), the means with same ones denote no significant differences ($P > 0.05$). And it is the same in the following tables.

表 3 复方中草药添加剂对施氏鲟肌肉中氨基酸含量的影响¹⁾

Table 3 Effect of Chinese medicinal herb compound additives on amino acid composition of amur sturgeon fed with different experimental diets mg/100 mg

氨基酸 Amino acid	饲料中中草药添加剂水平 Level of Chinese medicinal herb in diet			
	0%	0.5%	1%	2%
天冬氨酸 Asp ⁻	5.05±0.41 a	7.61±0.47 c	6.37±0.40 b	6.15±0.70 b
苏氨酸 Thr [*]	2.64±0.18 a	3.52±0.21 b	2.87±0.18 a	2.82±0.24 a
丝氨酸 Ser	2.59±0.23 a	3.16±0.18 b	2.84±0.15 ab	2.77±0.24 ab
谷氨酸 Glu ⁻	9.60±0.67	10.63±0.64	9.97±0.57	9.68±0.86
甘氨酸 Gly ⁻	3.09±0.21 a	3.63±0.27 b	3.51±0.27 ab	3.58±0.21 ab
丙氨酸 Ala ⁻	3.62±0.30	4.28±0.25 b	3.88±0.24 ab	3.76±0.29 ab
胱氨酸 Cys	0.73±0.06 a	0.59±0.02 b	0.59±0.07 b	0.55±0.03 b
缬氨酸 Val [*]	2.65±0.19	2.84±0.06	2.92±0.23	2.79±0.28
蛋氨酸 Met [*]	1.91±0.13	2.13±0.13	1.91±0.15	1.85±0.17
异亮氨酸 Ile [*]	2.63±0.19	2.97±0.18	2.84±0.21	2.80±0.15
亮氨酸 Leu [*]	4.97±0.37	5.25±0.32	5.07±0.29	5.04±0.29
酪氨酸 Tyr	2.45±0.22 a	2.16±0.14 ab	2.10±0.14 b	2.07±0.12 b
苯丙氨酸 Phe [*]	2.51±0.15	4.02±1.72	3.13±0.22	2.93±0.39
赖氨酸 Lys [*]	4.87±0.43 a	5.80±0.47 b	5.77±0.36 b	5.77±0.46 b
组氨酸 His ^{**}	2.67±0.18 a	1.94±0.20 b	1.79±0.51 b	1.49±0.03 c
精氨酸 Arg ^{**}	3.51±0.28	4.03±0.41	3.86±0.26	3.58±0.20
脯氨酸 Pro	2.37±0.10	2.31±0.21	2.26±0.32	2.43±0.23
氨基酸总量 TAA	53.24±3.99	59.67±4.26	58.09±3.83	56.95±4.72
必需氨基酸 HEAA	22.18±1.66	24.34±2.25	24.51±1.66	23.99±1.98
鲜味氨基酸 FAA	24.88±1.88 a	29.66±1.78 b	27.57±1.75 ab	27.02±2.30 ab

1) * 为必需氨基酸; ** 为半必需氨基酸; ⁻ 为鲜味氨基酸 * means essential amino acids (EAA); ** means half-essential amino; ⁻ means flavor amino acids (FAA).

表 4 复方中草药添加剂对施氏鲟肌肉脂肪酸含量的影响

Table 4 Effect of Chinese medicinal herb compound additives on fatty acid composition in the muscle of amur sturgeon mg/100 mg

脂肪酸 Fatty acid	饲料中中草药添加剂水平 Level of Chinese medicinal herb in diet			
	0%	0.5%	1%	2%
亚油酸(C18:2n-6)	23.91±4.23 a	57.32±1.49 b	50.12±14.70 b	33.84±7.62 a
亚麻酸(C18:3n-6)	1.12±0.51 a	2.19±0.40 ab	2.46±0.77 b	1.93±0.42 ab
AA(C20:4n-6)	5.14±1.08 a	8.90±2.18 b	9.57±3.64 b	5.18±1.54 a
EPA(C20:5n-3)	9.40±1.72 a	18.72±4.58 b	20.20±7.16 b	13.83±2.69 ab
DHA(C22:6n-3)	21.35±4.34 a	47.45±12.16 ab	51.00±25.36 b	30.38±7.85 a
豆蔻酸(C14:0)	1.69±0.49 a	3.33±1.28 b	3.65±0.36 b	2.67±0.26 ab
十五碳烷酸(C15:0)	0.98±0.21	1.09±0.35	1.17±0.05	0.98±0.24
棕榈酸(C16:0)	47.89±11.71 a	83.89±25.99 ab	94.88±26.84 b	65.62±12.70 ab
棕榈一烯酸(C16:1)	7.12±1.90	11.72±4.06	11.56±2.62	8.73±1.50
十七碳一烯酸(C17:1)	1.59±0.38 a	1.21±0.32 ab	1.03±0.04 b	0.97±0.26 b
硬脂酸(C18:0)	10.87±2.00 a	21.02±7.58 ab	23.89±8.22 b	15.50±2.62 ab
油酸(C18:1)	76.43±19.43 a	133.67±46.64 ab	153.57±39.07 b	108.8±22.18 ab
花生一烯酸(C20:1)	2.40±0.93 a	6.03±1.97 bc	7.94±1.20 c	4.83±1.79 ab
花生二烯酸(C20:2)	2.87±0.67 a	5.56±1.37 ab	5.99±2.4 b	3.41±1.00 ab
∑n-6PUFA	30.17±5.78 a	68.41±2.72 b	62.14±19.12 b	40.96±9.56 a
∑n-3PUFA	36.32±3.33 a	80.45±4.87 c	58.38±14.46 bc	47.73±10.45 ab
其他 Others	15.45±0.17	24.69±4.92	26.7±9.24	18.73±3.89

2.4 肌肉脂肪酸组成

除了十七碳一烯酸在添加组中的含量略有下降外,其他脂肪酸在中草药添加组中的含量都要高于对照组。0.5%和1%的添加组可显著增加施氏鲟肌肉中大部分脂肪酸的含量,但2%添加量对施氏鲟肌肉中各脂肪酸含量并无显著影响(表4)。

2.5 肌肉物性特征

添加组的肌肉粘聚性显著高于对照组,2%组的肌肉咀嚼性显著低于对照组。而添加组和对照组间,在肌肉硬度、黏着性、弹性和回复性上均没有显著性差异(表5)。

表 5 复方中草药添加剂对施氏鲟肌肉质构特性的影响

Table 5 Effect of Chinese medicinal herb compound additives on amur sturgeon muscle texture Means±SD

	饲料中中草药添加剂水平 Level of Chinese medicinal herb in diet			
	0%	0.5%	1%	2%
硬度/g Hardness	9 301±1 863	9 104±1 871	8 637±2 098	8 552±2 195
黏着性 Gumminess	4 842±964	5 056±1 016	4 880±876	4 655±1 090
咀嚼性/g Chewiness	1 366±296 a	1 249±253 ab	1 254±261 ab	1 171±328 b
弹性 Springiness	0.28±0.03	0.27±0.03	0.26±0.03	0.25±0.03
回复性 Resilience	0.45±0.11	0.49±0.10	0.48±0.07	0.49±0.10
粘聚性/g Cohesiveness	0.53±0.09 a	0.59±0.08 b	0.57±0.08 b	0.59±0.09 b

3 讨论

本研究中,饲料中添加黄芪、白芍、鱼腥草和大黄后,施氏鲟的增重率显著高于对照组,表明饲料中添加适宜的该复方中草药可显著促进施氏鲟的生长。其他报道也发现添加适宜的中草药能促进牙鲆^[14]、石斑鱼(*Epinephelus tauvina*)^[15]的生长。水产动物对中草药未产生驱避效应^[16],并可能由于摄食中草药饲料而活力较强,摄食量增多^[17];同时中草药能提高蛋白酶活力,促进蛋白质的消化吸收,是促进生长的重要因素^[18]。

肌肉的理化特性、营养价值、风味等是决定肌肉品质的因素。影响肌肉品质的因子主要包括品种、性别、年龄、营养、环境、饲养方式和屠宰方式,其中营养因素起着重要的调控作用^[19-22]。粗蛋白和粗脂肪的含量是肌肉营养成分的重要体现,也影响着肌肉的品质好坏^[21]。一般来说,鱼肉水分含量低,则蛋白质和脂肪含量就高,鱼体肥嫩可口,鱼肉品质就好;反之则鱼肉品质就差^[23]。有报道称,在南美白对虾^[9]饲料中分别添加0.2%的中草药,鱼体粗脂肪含量显著高于对照组;在梭鲈(*Sander lucioperca*)^[24]饲料中添加黄芪和金银花后,全鱼的粗蛋白含量也有所增加。本研究发现,各添加组的水分较对照组均有不显著地降低,各组之间脂肪含量差异并不明显,而0.5%组可显著提高粗蛋白和粗灰分的含量。由此可知,添加适量的中草药可增加养殖鱼类肌肉粗蛋白的含量。

动物肌肉的鲜美可口在一定程度上取决于4种鲜味氨基酸的含量。天冬氨酸和谷氨酸呈鲜味特

性,甘氨酸和丙氨酸呈甘味特性^[25]。高含量的鲜味氨基酸和必需氨基酸可提高鱼体肌肉的风味和肉质^[26]。本研究中0.5%组的肌肉中天冬氨酸、谷氨酸和甘氨酸含量均显著高于对照组。由此推断,添加适量的中草药可增加肌肉鲜味氨基酸的含量,改善肌肉的风味。另外,赖氨酸是人乳中的第一限制性氨基酸,所以赖氨酸含量较高的鱼肉是优质的催乳食品^[27]。不仅如此,赖氨酸还可弥补以谷物为主的膳食者所食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^[28]。苏氨酸和苯丙氨酸可直接参与蛋白质的合成,苯丙氨酸也可转化为酪氨酸从而间接参与蛋白质合成。本研究结果表明,饲料中适量的添加中草药后,可提高鱼肉苏氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸3种必需氨基酸含量,改善养殖鱼类的肌肉品质。

鱼体中含有丰富的脂肪酸,高含量不饱和脂肪酸尤其是高度不饱和脂肪酸能显著增加香味,且在一定程度上反映肌肉的多汁性^[29]。Ji等^[14]研究表明,在基础饲料添加0.3%~1%的中草药均可显著提高牙鲆肌肉n-3系类多不饱和脂肪酸。本研究表明,添加0.5%和1%的中草药能显著提高施氏鲟肌肉中多不饱和脂肪酸的含量,增强鱼肉可口性及营养。

肌肉物性分析是以力学测试方法对肌肉质地的感官评价信息予以量化,减少了个体间主观判断差异造成的误差^[30]。肌肉的质地特性主要由弹性、硬度、咀嚼性、粘聚性、回复性和黏着性6个指标来表示。TPA指标在一定程度上反映了肌肉的品质状况,Hatae等^[31]研究表明,肌肉营养成分对鱼体物

性特性影响比较大,物性特性与其本身的水分、脂肪含量以及肌纤维直径的大小有关。从肌肉质构参数来看,各组之间并无显著差异,说明中草药添加剂对施氏鲟肌肉物性特征并无影响。

综上所述,适量的中草药添加剂能增加肌肉粗蛋白的含量,提升部分鲜味氨基酸和脂肪酸的含量,起到增加肌肉风味和改善肌肉品质的作用。

参 考 文 献

- [1] 孙大江,曲秋芝,张颖,等. 中国的鲟鱼养殖[J]. 水产学杂志, 2012,24(4):67-70.
- [2] ZHUANG P, KYNARD B, ZHANG L, et al. Overview of biology and aquaculture of amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) in China[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2002, 18(4/5/6): 659-664.
- [3] POURSHAMSIAN K, GHOMI M R, NIKOO M. Fatty acid and proximate composition of farmed great sturgeon (*Huso huso*) affected by thawing methods, frying oils and chill storage [J]. Adv Stud Biol, 2012, 4: 67-76.
- [4] 石振广,董双林,王云山,等. 我国鲟鱼养殖业现状及问题分析[J]. 中国渔业经济, 2008, 26(2): 58-62.
- [5] JIAN J C, WU Z H. Effects of Chinese medicine on nonspecific immunity and disease resistance of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* (Richardson) [J]. Aquaculture, 2003, 218: 1-9.
- [6] 王吉桥,孙永新,张剑诚,等. 金银花等复方草药对牙鲆生长、消化和免疫能力的影响[J]. 水产学报, 2006, 30(1): 90-96.
- [7] JI S C, TAKAOKA O, JEONG G S, et al. Dietary medicinal herbs improve growth and non-specific immunity of red sea bream *Pagrus major*[J]. Fisheries Science, 2007, 73: 63-69.
- [8] YIN G J, GALINA J, TIMEA R, et al. Effect of two Chinese herbs (*Astragalus radix* and *Scutellaria radix*) on non-specific immune response of tilapia, *Oreochromis niloticus*[J]. Aquaculture, 2006, 253(1): 39-47.
- [9] YU M C, LI Z J, LIN H Z, et al. Effects of dietary medicinal herbs and *Bacillus* on survival, growth, body composition, and digestive enzyme activity of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*[J]. Aquaculture International, 2009, 17(4): 377-384.
- [10] 胡广英,曹日亮,任杰,等. 不同剂型中草药对猪肉品质的改善效果[J]. 山西农业科学, 2012, 40(8): 886-887.
- [11] CHO J H, KWON O S, MIN B J, et al. Effect of herb and bio-ceramic complex supplementation on growth performance and meat quality characteristics in finishing pigs[J]. Korean Journal for Food Science and Animal Resources, 2004, 24: 329-334.
- [12] KANG S N, CHU G M, SONG Y M, et al. Effect of herb and bio-ceramic complex supplementation on growth performance and meat quality characteristics in finishing pigs[J]. Animal Science Journal, 2012, 83: 245-251.
- [13] 庄平,李大鹏,王立金. 史氏鲟人工养殖技术[M]. 武汉:湖北科学技术出版社, 2001: 65-67.
- [14] JI S C, JEONG G S, IM G S, et al. Dietary medicinal herbs improve growth performance, fatty acid utilization, and stress recovery of Japanese flounder[J]. Fisheries Science, 2007, 73: 70-76.
- [15] SIVARAM V, BABU M M, IMMANUEL G, et al. Growth and immune response of juvenile greasy groupers (*Epinephelus tauvina*) fed with herbal antibacterial active principle supplemented diets against *Vibrio harveyi* infections [J]. Aquaculture, 2004, 237: 9-20.
- [16] 童圣英,赵艳,李宏,等. 几种常用中草药对皱纹盘鲍摄食行为的影响[J]. 大连水产学院学报, 1998, 13(4): 71-74.
- [17] JIAN J C, WU Z H. Influences of traditional Chinese medicine on nonspecific immunity of Jian carp (*Cyprinus carpi* var. *Jian*) [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2004, 16(2): 185-191.
- [18] 邱小琮,周洪琪,刘小刚,等. 中草药对异育银鲫生长和蛋白质消化吸收的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(2): 551-555.
- [19] 马玲巧,亓成龙,曹静静,等. 水库网箱和池塘养殖斑点叉尾鲟肌肉营养成分和品质的比较分析[J]. 水产学报, 2014, 38(4): 532-537.
- [20] VALENTE L M P, MOUTOU K A, CONCEICAO L E C, et al. What determines growth potential and juvenile quality of farmed fish species? [J]. Reviews in Aquaculture, 2013, 5(s1): S168-S193.
- [21] KEIKO H, FUJIKO Y, JUICHIRO J M. Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish [J]. Journal of Food Science, 1990, 55: 693-696.
- [22] VIDELER J J. An opinion paper: emphasis on white muscle development and growth to improve farmed fish flesh quality [J]. Fish Physiology Biochemistry, 2011, 37: 337-343.
- [23] 刘丽,余红心,肖维,等. 鱼肉品质的研究进展[J]. 内陆水产, 2008, 33(8): 9-12.
- [24] ZAKES Z, KOWALSKA A, DEMSKA-ZAKES K, et al. Effect of two medicinal herbs (*Astragalus radix* and *Lonicera japonica*) on the growth performance and body composition of juvenile pikeperch [*Sander lucioperca* (L.)] [J]. Aquaculture Research, 2008, 39: 1149-1160.
- [25] 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: 514-520.
- [26] BUCHTOV A H, SVOBODOV A Z, KOCOUR M, et al. Amino acid composition in fillets of mirror crossbreds common carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758)[J]. Acta Veterinaria Brno, 2009, 78: 337-344.
- [27] 马爱军,陈四清,雷霖霖,等. 大菱鲆鱼体生化组织及营养价值的初步探讨[J]. 海洋水产研究, 2003(2): 11-14.
- [28] 缪凌鸿,刘波,何杰,等. 吉富罗非鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 635-641.
- [29] 邴旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评

价[J]. 中国水产科学, 2005, 12: 211-215.

[31] HATAE K, YOSHIMATSU F, MATSUMOTO J J. Role of muscle fibres in contributing firmness of cooked fish[J]. Journal of Food Science, 1990, 55: 693-696.

[30] MALCOLM C B. Texture profile analysis[J]. Food Technology, 1978, 32: 6.

Effect of dietary medicinal herb compound additives on nutrition composition and texture profile of amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*)

MA Ling-qiao PENG Xiao-zhen LI Da-peng

College of Fisheries, Huazhong Agricultural University/Freshwater Aquaculture Collaborative Innovation Center of Hubei Province/Key Laboratory of Freshwater Animal Breeding, Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China

Abstract The aim of this study was to determine the impact of Chinese medicinal herb compound additives on the growth performance, proximate body composition, fatty acids profile, amino acid composition and texture profile of amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*). The fish (mean body weight of 137.61 ± 22.26 g) were fed diets with 0.5%, 1%, 2% supplement of Chinese medicinal herb compound additives (consist of *Poria cocos*, *Radix Paeoniae Alba*, *Houttuynia cordata* Thunb., *Rheum palmatum* Linn at a certain rate) for 8 weeks. The control group was fed diets without Chinese medicinal herb compound additives. The crude protein, crude fat, crude ash, moisture, amino acid composition and fatty acid composition of muscle in amur sturgeon were assayed by biochemical analysis methods. The parameters of muscular texture profile, including hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness, and resilience, were analyzed using a texture analyzer. Double compression was applied to construct the texture profile analyses (TPA) on raw fillets. The results showed that the 0.5% and 1% group had higher ash content than the control and 2% group. The 0.5% group showed a higher crude protein content than other groups ($P < 0.05$). No significant differences were found in TAA and HEAA among the four groups. However, the 0.5% group showed higher Asp, Glu, Gly and FAA than the control group ($P < 0.05$). The 0.5% and 1% group had higher $n-3$ and $n-6$ than the control group. The control group had the lowest C18:2 $n-6$, C18:3 $n-6$, EPA, DHA, which showed significant differences with the 0.5% and 1% group. No significant differences were found in TAA and HEAA between the 2% group and the control group. The treated group showed a higher cohesiveness than the control group, and the 2% group showed lower chewiness than control group ($P < 0.05$). No significant differences were found in hardness, gumminess, springiness, and resilience among the four groups. The results suggested that the 0.5% supplementation of herbs additives could increase the crude protein content, FAA and fatty acid composition in muscle of *Acipenser schrenckii*. Furthermore, medicinal plants used in this study could improve flesh quality and taste of amur sturgeon.

Key words amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*); Chinese medicinal herb; nutrition composition; texture profile

(责任编辑:边书京)