

大型鲟鱼不同部位肌肉的营养成分分析

黄攀¹, 王文秋¹, 宫臣¹, 王瑞红¹, 白帆^{2,*}, 赵元晖^{1,*}

(1. 中国海洋大学 食品科学与工程学院, 山东 青岛 266003; 2. 衢州鲟龙水产食品科技开发有限公司, 浙江 衢州 324000)

摘要: 为全面了解大型鲟鱼不同部位肌肉品质的差异, 以 5~7 龄史式鲟×达氏鳇杂交鲟为研究对象, 对其躯干部肌肉进行精细分割, 并对不同部位的水分、蛋白质、粗脂肪、灰分、氨基酸、脂肪酸组成和矿物质含量进行分析。研究结果表明, 从头部至尾部肌肉脂肪含量先增加后降低, 范围为 3.31%~6.70%, 背下部脂肪含量最高, 而水分和蛋白质含量与脂肪含量成反比。在杂交鲟中, 头部至尾部方向上也发现相似的氨基酸和脂肪酸分布趋势。其中鲜味氨基酸从头部至尾部先降低后增加, 前尾部含量最低。单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)是所有部位中含量最高的脂肪酸, 占 37.32%~39.80%, 其次是多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA), 占总脂肪酸的 30.97%~35.36%, 其中后尾部肌肉中具有最高的二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)含量。此外, 杂交鲟含有丰富的矿物元素, 在后尾部发现较高的铁和锌含量。该研究表明, 大型杂交鲟的化学成分在不同部位肌肉之间存在一定的趋势。

关键词: 鲟鱼; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸; 矿物质

Chemical Compositions of Different Muscle Zones in Giant Hybrid Sturgeon

HUANG Pan¹, WANG Wen-qiu¹, GONG Chen¹, WANG Rui-hong¹, BAI Fan^{2,*}, ZHAO Yuan-hui^{1,*}

(1. College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, Shandong, China;
2. Quzhou Xunlong Aquatic Products Sci-tech Development Co., Ltd., Quzhou 324000, Zhejiang, China)

Abstract: The nutrient profiles of different muscle zones were determined for sturgeon hybrids of *Huso dauricus* and *Acipenser schrenckii* and the muscles of the hybrid sturgeon were finely divided. The distribution pattern of their proximate compositions, amino acids, fatty acids and minerals in different zones of the hybrid sturgeon were analyzed. The fat content was found increased first and then decreased from head to tail direction, ranging from 3.31 % to 6.70 %, being highest in posterior dorsal. The contents of moisture and protein were inversely proportional to fat content. Similar tendencies in amino acid and fatty acid profiles were also found from head to tail. Umami amino acids were found gradually decreased first and then increased from head to tail. Monounsaturated fatty acid (MUFA) was the most abundant fatty acid found in all zones, ranging from 37.32 % to 39.80 %, followed by polyunsaturated fatty acids (PUFA) ranged from 30.97 % to 35.36 % of total fatty acid. Posterior tail showed the highest docosahexaenoic acid (DHA) proportion. In addition, the hybrid sturgeons are rich in mineral elements and the highest Fe and Zn content were found in the posterior tail. This study revealed that chemical compositions in giant hybrid sturgeon varied regularly amongst different zones.

Key words: sturgeon; chemical composition; amino acids; fatty acids

引文格式:

黄攀, 王文秋, 宫臣, 等. 大型鲟鱼不同部位肌肉的营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 162-168

HUANG Pan, WANG Wenqiu, GONG Chen, et al. Chemical Compositions of Different Muscle Zones in Giant Hybrid Sturgeon [J]. Food Research and Development, 2020, 41(18): 162-168

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0901003); 山东省重点研发项目(2017GHY15128); 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-46)

作者简介: 黄攀(1995—), 男(汉), 硕士研究生, 研究方向: 水产品高值化利用。

* 通信作者: 白帆(1984—), 男, 工程师, 硕士, 研究方向: 水产品加工与贮藏; 赵元晖(1979—), 男, 副教授, 博士, 研究方向: 水产品高值化利用。

鲟鱼(Sturgeon),又称“鲟龙”,是地球上最古老的、最原始的软骨鱼种之一。鲟鱼为冷水性鱼类,喜栖息于寒带和温带盐度较低的水体中,是淡水鱼种个体最大、寿命最长的鱼。鲟鱼鱼子酱具有高营养价值,是世界上最具有价值和最受欢迎的产品之一。在过去的30年里,鱼子酱的需求持续增长,这导致了鲟鱼的过度捕捞。由于对鱼子酱的高需求,养殖鲟鱼作为鱼子酱的替代来源迅速发展^[1-2]。在鲟鱼养殖业中,鲟鱼由于容易进行种间杂交并能获得良好的性能,因此杂交鲟被广泛养殖,而史式鲟×达氏鳇的杂交鲟便是中国水产养殖中最常见的物种^[3-5]。据《中国渔业统计年鉴》报道,2017年鲟鱼总产量为89 773 t,2018年总产量为96 914 t。鲟鱼养殖业持续发展,而鲟鱼肉的利用效率低下,这在很大程度上限制了鲟鱼产业的可持续发展。

鲟鱼肉作为生产鱼子酱后的主要副产品,是鲟鱼养殖的主要产品,具有重要的商业价值。虽然大型鲟鱼养殖业持续发展,但商业鲟鱼价格从2010年的45元/kg降至2018年的20元/kg^[6]。因此,通过提高鲟鱼肉的价值对于鲟鱼产业的发展至关重要。肌肉品质的差异是加工和利用中的关键因素,而鱼肌肉的品质主要取决于其营养价值。鱼的营养价值与物种^[7]、环境^[8-9]、饵料^[10-11]、季节^[12]、年龄^[13-14]以及不同部位的肌肉都密切相关。有研究表明,在大型鲟鱼和鳇鱼肌肉的不同部分之间发现了化学成分存在差异^[15-17]。但是,目前对大型鲟鱼不同部位肌肉中化学成分的了解非常有限。因此,本研究旨在研究杂交鲟中不同部位肌肉的化学成分,为大型鲟鱼肌肉分类销售及精准加工提供理论基础,提高鲟鱼肌肉的价值。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲟鱼:衢州鲟龙水产食品科技开发有限公司。浓硫酸、浓盐酸、硫酸铜、硫酸钾、硼酸、氢氧化钠、乙酸镁、氯化钠(均为分析纯);国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

DHG-9090A 电热恒温鼓风干燥箱:上海精宏实验设备有限公司;SX2-2.5-12n 马弗炉:上海宜亨技术有限公司;FOSS 8400 全自动凯氏定氮仪:福斯分析仪器有限公司;L-8900 全自动氨基酸分析仪:日立高新技术公司;1310/ISQ 气相色谱质谱联用仪:赛默飞世尔科技(中国)有限公司;Agilent 7500A 电感耦合等离子体质谱仪(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS):安捷伦科技(中国)有限公司。

1.3 试验方法

鲟鱼取鱼子后,去头、去内脏、去皮,肌肉共分为8个部分,分别为背上部(A)、背中部(B)、背下部(C)、腹上部(D)、腹中部(E)、腹下部(F)、前尾部(G)和后尾部(H)(见图1)。8个部位的肌肉均用绞肉机搅碎3次,放置于-20℃冷藏备用。

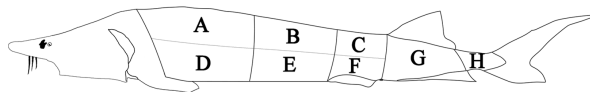


图1 杂交鲟肌肉分割示意图

Fig.1 Scheme of muscle sampling in hybrid sturgeon

氨基酸测定采用全自动氨基酸分析仪测定,脂肪酸采用气相色谱质谱联用仪测定,矿物质含量通过微波消解后采用ICP-MS测定。水分含量通过在105℃下烘箱干燥直至获得恒定重量测定(GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》),蛋白质含量采用凯氏定氮法测定(GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》),脂肪含量采用酸水解索氏提取法测定(GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》),灰分含量通过在马弗炉中于550℃灼烧4 h测定(GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》)。

1.4 营养价值评价

根据粮食与农业组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)1973年建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式,分别计算氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)。

$AAS = \text{样品氨基酸含量}(\text{g}/100 \text{ g 蛋白质}) / \text{FAO 建议的氨基酸含量}(\text{g}/100 \text{ g 蛋白质})$

$CS = \text{样品氨基酸含量}(\text{g}/100 \text{ g 蛋白质}) / \text{全鸡蛋蛋白氨基酸含量}(\text{g}/100 \text{ g 蛋白质})$

$$EAAI = \sqrt{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \cdots \times \frac{100H}{HE}}$$

式中: n 为必需氨基酸数目; $A \sim H$ 为样品中蛋白质必需氨基酸含量, $\text{g}/100 \text{ g 蛋白质}$; $AE \sim HE$ 为全鸡蛋蛋白氨基酸含量, $\text{g}/100 \text{ g 蛋白质}$ 。

1.5 数据处理

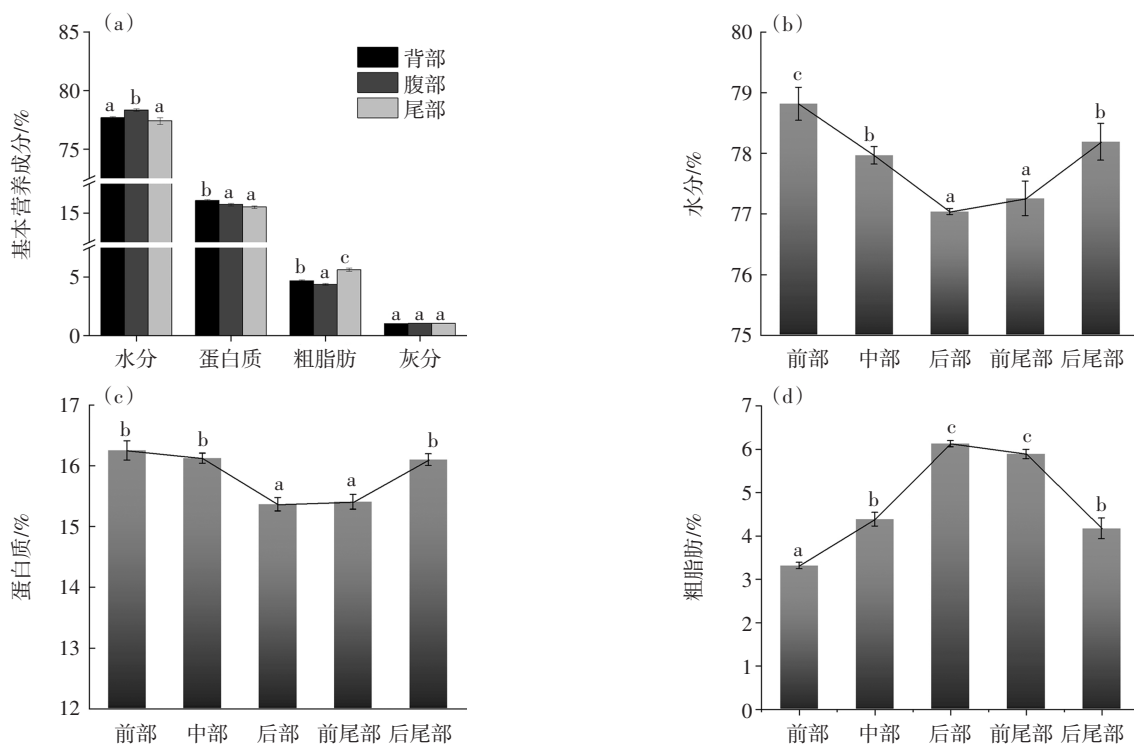
使用Excel和SPSS进行数据处理和分析,以 $P < 0.05$ 表示差异显著,结果以平均值±标准差,采用Origin进行作图。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分

杂交鲟不同部位的基本营养成分如图2所示。

在这项研究中,腹部的水分含量显著高于背部和尾部($P<0.05$),背部的蛋白质含量显著高于腹部和尾部($P<0.05$),而尾部的脂肪含量最高,其次是背部和腹



不同小写字母表示存在显著性差异($P<0.05$)。

(a)背部、腹部和尾部的基本营养成分组成;(b)头部至尾部的水分含量变化;(c)头部至尾部的蛋白质含量变化;(d)头部至尾部的粗脂肪含量变化。

图2 杂交鲟不同部位的基本营养成分

Fig.2 Chemical composition of different zones of hybrid sturgeon

部。各部位的灰分含量均无显著性差异。Chaijan 等^[15]研究发现在大型鲟鱼中,其背部(19.00%)的蛋白质含量显著高于尾部(17.27%)和腹部(14.36%),而尾部(8.60%)的脂肪含量最高,其次是腹部(4.21%)和背部(0.54%)。Thammapat 等^[16]发现在亚洲鲟鱼中,背部的蛋白质含量显著高于腹部,而腹部的脂肪含量显著高于背部。这些研究与本研究的结果略有不同,这可能有品种有很大关系。杜强等^[17]的研究表明,杂交鲟随着年龄的增长,蛋白质含量和脂肪含量都呈现增长趋势,这也证实了本研究的结果。随着年龄的增长,大型杂交鲟的脂肪含量显著增加,其脂肪含量主要聚集在皮下和脊椎周围,这可能是导致背部脂肪含量高于腹部的主要原因。

此外,将8个部位划分为前部(AD),中部(BE),后部(CF),前尾部(G)和后尾部(H)进行比较。结果表明,蛋白质、脂肪和水分含量均存在显著性差异($P<0.05$),并在头至尾的方向上存在一定的趋势,灰分含量均无显著性差异。从头部至尾部方向上,脂肪含量先增加

后降低,而蛋白质和水分含量却呈现相反的趋势,但后部和前尾部区域的基本营养成分均无显著性差异。在所有部位中,脂肪含量与蛋白质与水分含量均成反比关系,Thammapat^[16]和 Palmeri 等^[18]也在鲟鱼和鲟鱼中发现了相似的结果。鱼类的肌纤维平行排列,两端与结缔组织相连,结缔组织固定于骨骼和皮肤上。肌纤维的长度从头部到尾部变化,因此不同部位的肌纤维存在不同^[19],这可能是导致不同部位化学组成存在差异的原因。

2.2 氨基酸含量

杂交鲟鱼不同部位的氨基酸组成如表1所示。

不同部位的氨基酸总量为13.59 g/100 g~15.19 g/100 g,必需氨基酸含量为6.13 g/100 g~6.86 g/100 g,各部位的必需氨基酸的比例基本一致(45%~46%)。在杂交鲟鱼中,主要的氨基酸是谷氨酸、赖氨酸、天冬氨酸和亮氨酸,这与其它文献的结果类似^[20]。背上部的总氨基酸(total amino acid, TAA)含量显著高于前尾部($P<0.05$),其余6个部位均无显著性差异。根据FAO/WHO

表 1 杂交鲟不同部位肌肉的氨基酸组成

Table 1 Amino acid composition in different muscle zones of hybrid sturgeon

g/100 g 湿重

项目	氨基酸	背上部	背中部	背下部	腹上部	腹中部	腹下部	前尾部	后尾部
必需氨基酸 (essential amino acid, EAA)	组氨酸	0.64 ^a	0.62 ^a	0.65 ^a	0.64 ^a	0.61 ^a	0.61 ^a	0.59 ^a	0.60 ^a
	异亮氨酸	0.64 ^a	0.65 ^a	0.62 ^a	0.65 ^a	0.63 ^a	0.62 ^a	0.58 ^a	0.63 ^a
	亮氨酸	1.10 ^a	1.13 ^a	1.07 ^a	1.12 ^a	1.07 ^a	1.06 ^a	0.99 ^a	1.10 ^a
	赖氨酸	2.03 ^b	1.90 ^{ab}	1.88 ^{ab}	1.95 ^{ab}	1.87 ^{ab}	1.78 ^a	1.72 ^a	1.80 ^{ab}
	蛋氨酸	0.37 ^a	0.38 ^a	0.35 ^a	0.38 ^a	0.39 ^a	0.38 ^a	0.35 ^a	0.39 ^a
	苯丙氨酸	0.79 ^b	0.77 ^{ab}	0.75 ^{ab}	0.77 ^{ab}	0.73 ^{ab}	0.70 ^a	0.68 ^a	0.72 ^{ab}
	苏氨酸	0.67 ^a	0.68 ^a	0.64 ^a	0.66 ^a	0.64 ^a	0.64 ^a	0.60 ^a	0.66 ^a
	缬氨酸	0.61 ^{ab}	0.68 ^{ab}	0.55 ^a	0.68 ^{ab}	0.79 ^b	0.64 ^{ab}	0.61 ^{ab}	0.77 ^b
非必需氨基酸 (nonessential amino acid, NEAA)	天冬氨酸	1.46 ^b	1.44 ^{ab}	1.34 ^{ab}	1.46 ^b	1.36 ^{ab}	1.35 ^{ab}	1.26 ^a	1.35 ^{ab}
	精氨酸	0.89 ^a	0.93 ^a	0.80 ^a	0.88 ^a	0.84 ^a	0.82 ^a	0.82 ^a	0.86 ^a
	谷氨酸	2.28 ^b	2.27 ^b	2.10 ^{ab}	2.23 ^{ab}	2.13 ^{ab}	2.09 ^{ab}	1.97 ^a	2.17 ^{ab}
	丝氨酸	0.69 ^a	0.71 ^a	0.66 ^a	0.67 ^a	0.64 ^a	0.66 ^a	0.66 ^a	0.73 ^a
	甘氨酸	0.74 ^{bc}	0.71 ^{bc}	0.63 ^a	0.79 ^d	0.76 ^{cd}	0.72 ^{bc}	0.70 ^b	0.74 ^{bc}
	丙氨酸	0.91 ^a	0.90 ^a	0.76 ^a	0.86 ^a	0.81 ^a	0.78 ^a	0.79 ^a	0.81 ^a
	脯氨酸	0.71 ^{ab}	0.76 ^{ab}	0.70 ^{ab}	0.72 ^{ab}	0.68 ^a	0.68 ^a	0.68 ^a	0.78 ^b
	酪氨酸	0.50 ^a	0.51 ^a	0.53 ^b	0.51 ^a	0.50 ^a	0.49 ^a	0.48 ^b	0.49 ^b
	半胱氨酸	0.13 ^d	0.12 ^{bc}	0.11 ^{bc}	0.14 ^d	0.11 ^{bc}	0.09 ^a	0.10 ^{ab}	0.12 ^{cd}
	总氨基酸	15.19 ^b	15.15 ^{ab}	14.14 ^{ab}	15.11 ^{ab}	14.58 ^{ab}	14.13 ^{ab}	13.59 ^a	14.76 ^{ab}
	ΣEAA	6.86	6.81	6.51	6.86	6.72	6.43	6.13	6.70
	ΣNEAA	8.33	8.36	7.63	8.27	7.84	7.70	7.46	8.06
	ΣEAA/TAA	0.45	0.45	0.46	0.45	0.46	0.46	0.45	0.45

注:表中横排不同字母表示存在显著性差异($P<0.05$)。

建议的理想蛋白模式,必需氨基酸的比值高于 40 % 的蛋白质质量较高。杂交鲟所有部位肌肉中氨基酸种类和含量丰富,必需氨基酸均占氨基酸总量的 40 % 以上,说明杂交鲟肌肉均为优质的蛋白质来源。

在不同部位中发现部分氨基酸在头部至尾部肌肉的方向上呈现明显的趋势。赖氨酸、苯丙氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和半胱氨酸含量均在头部至尾部

方向上均呈现先降低后增加的趋势,其中后部和前尾部具有较低的氨基酸含量。鱼肉的鲜美程度很大程度上取决于鲜味氨基酸的组成和含量,其中谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸和天冬氨酸均为鲜味氨基酸。因此,鱼的鲜美可能从头部至尾部方向也呈现先减少后增加的趋势。

杂交鲟鱼不同部位肌肉的必需氨基酸评价结果见表 2。

表 2 杂交鲟不同部位肌肉的氨基酸评价

Table 2 AAS, CS and EAAI in different muscle zones of hybrid sturgeon

g/100 g 湿重

项目	氨基酸	FAO 建议值/(mg/g)	鸡蛋/(mg/g)	背上部	背中部	背下部	腹上部	腹中部	腹下部	前尾部	后尾部
AAS	异亮氨酸	3		1.31	1.33	1.34	1.35	1.33	1.35	1.25	1.31
	亮氨酸	5.9		1.15	1.17	1.18	1.17	1.15 ^a	1.17	1.09	1.16 ^a
	赖氨酸	4.5		2.78	2.58	2.71	2.68	2.64	2.59	2.48	2.49
	蛋氨酸+半胱氨酸	2.2		1.40	1.37	1.36	1.39	1.51	1.39	1.33	1.44
	苯丙氨酸+酪氨酸	3.8		2.10	2.05	2.19	2.08	2.05	2.06	1.98	1.98
	苏氨酸	2.3		1.80	1.81	1.80	1.78	1.76	1.80	1.70	1.80
	缬氨酸	3.9		0.96 ^a	1.07 ^a	0.92 ^a	1.08 ^a	1.29	1.08 ^a	1.02 ^a	1.23
	异亮氨酸		5.9	0.67	0.68	0.68	0.68	0.67	0.68	0.64	0.67
CS	亮氨酸		8.85	0.77	0.78	0.78	0.78	0.77	0.78	0.73	0.78
	赖氨酸		6.89	1.81	1.68	1.77	1.75	1.72	1.69	1.62	1.63
	蛋氨酸+半胱氨酸		4.02	0.76	0.75	0.74	0.76	0.83	0.76	0.73	0.79
	苯丙氨酸+酪氨酸		9.75	0.82	0.80	0.85	0.81	0.80	0.80	0.77	0.77
	苏氨酸		4.92	0.84	0.85	0.84	0.83	0.82	0.84	0.80	0.84
	缬氨酸		5.74	0.65	0.73	0.62	0.74	0.87	0.73	0.69	0.84
EAAI				84.87	85.17	84.84	86.22	88.40	85.69	81.20	86.42

注:*为第一限制氨基酸。

由氨基酸评分标准来看,除背上部和背下部外,其它部位的必需氨基酸均高于 FAO/WHO 标准,腹中部和后尾部第一限制氨基酸为亮氨酸,其余部位第一限制氨基酸均为缬氨酸,这与已报道的一些鲟鱼的营养研究结果类似^[20];从化学评分标准来看,所有部位肌肉的赖氨酸含量均明显高于全鸡蛋蛋白标准。各部位

肌肉的必需氨基酸指数为 81.20~88.40,其中腹中部最高,前尾部最低,均较接近全鸡蛋蛋白。总的来说,杂交鲟鱼肉具有丰富的蛋白质含量和良好的氨基酸组成,是高价值蛋白质的良好来源。

2.3 脂肪酸含量

杂交鲟鱼不同部位的脂肪酸组成如表 3 所示。

表 3 杂交鲟不同部位的脂肪酸组成
Table 3 Fatty acid composition of different muscle zones of hybrid sturgeons

脂肪酸	背上部	背中部	背下部	腹上部	腹中部	腹下部	前尾部	后尾部
C14:0	2.51	2.64	2.59	2.39	2.48	2.72	2.55	2.39
C15:0	0.32	0.32	0.33	0.34	0.33	0.32	0.32	0.35
C16:0	19.89	19.53	19.38	20.34	19.47	18.89	19.55	21.02
C17:0	0.39	0.37	0.37	0.39	0.41	0.34	0.36	0.37
C18:0	2.90	2.72	2.66	3.26	3.12	2.56	2.70	2.76
C20:0	0.16	0.14	0.15	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13
C22:0	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.07
C24:0	1.10	1.12	1.16	1.19	1.26	1.29	1.16	1.20
ΣSFA	27.37	26.93	26.73	28.13	27.29	26.35	26.88	28.28
C16:1	3.62	3.70	3.66	3.50	3.69	3.88	3.74	3.80
C18:1	33.51	32.79	32.30	34.08	33.12	31.81	32.20	33.97
C20:1	1.59	1.55	1.55	1.58	1.57	1.50	1.55	1.85
C22:1 n-9	0.13	0.12	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.18
ΣMUFA	38.85	38.17	37.64	39.31	38.52	37.32	37.62	39.80
C18:2 n-6	21.06	22.01	22.34	19.71	20.61	22.01	21.95	17.72
C18:3 n-3	2.27	2.36	2.40	1.96	2.13	2.45	2.39	1.86
C18:3 n-6	0.69	0.74	0.78	0.66	0.72	0.79	0.79	0.66
C20:2	1.02	1.03	1.02	1.06	1.05	0.97	1.05	0.95
C20:3 n-3	0.22	0.25	0.25	0.23	0.22	0.24	0.23	0.21
C20:4 n-6	0.82	0.74	0.74	0.97	0.95	0.78	0.83	0.91
C20:5 n-3(EPA)	3.13	3.15	3.21	3.19	3.41	3.57	3.26	3.46
C22:6 n-3(DHA)	4.56	4.66	4.90	4.78	5.09	5.51	5.00	6.14
ΣPUFA	32.75	33.88	34.61	31.50	33.13	35.36	34.45	30.97
Σn-6 PUFA	22.57	23.47	23.85	21.34	22.28	23.58	23.57	19.30
Σn-3 PUFA	10.18	10.41	10.76	10.16	10.86	11.78	10.88	11.67
n-6/n-3 PUFA	2.22	2.26	2.22	2.10	2.05	2.00	2.17	1.65
PUFA/SFA	1.20	1.26	1.29	1.12	1.21	1.34	1.28	1.10

杂交鲟鱼的所有部位肌肉均显示出高含量的单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA, 37.32%~39.80%)和多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA, 30.97%~35.36%)以及低含量的饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA, 26.35%~28.28%)。在杂交鲟鱼肌肉中,棕榈酸(C16:0, 18.89%~21.02%)是所有部位的主要 SFA;油酸(C18:1, 31.81%~34.08%)是主要的 MUFA;在 PUFA 中,亚油酸(C18:2, 17.72%~22.34%)含量最高,其次是 DHA(C22:6, 4.56%~6.14%)

和 EPA(C20:5, 3.13%~3.57%)。后尾部具有最高含量的 SFA 和 MUFA 以及最低的 PUFA 含量。Nieminin^[22]和 Pyz-Łukasik^[23]报道的西伯利亚鲟中的棕榈酸、油酸、亚油酸、DHA 和 EPA 含量与本研究的结果相似。

本研究的试验结果表明,杂交鲟不同部位的脂肪酸组成存在显著差异,在头部至尾部方向上发现了脂肪酸含量的规律性变化。SFA 和 MUFA 含量均呈现先降低后增加的趋势,而 PUFA 呈现出相反的趋势。其中,棕榈酸和油酸含量先降低后增加,亚油酸含量呈

现相反的趋势。杂交鲟后尾部具有较低的 PUFA 水平,但其具有最高的 DHA 含量和较高的 EPA 含量,且腹部的 DHA 和 EPA 含量高于背部。DHA 又称脑黄金,是一种对人体非常重要的不饱和脂肪酸,属于 ω -3 不饱和脂肪酸家族中的重要成员,高含量的 DHA 已被证明可以促进大脑发育,改善记忆力,特别是对胎婴儿智力和视力发育至关重要^[24]。

PUFA/SFA 和 n-3/n-6 PUFA 的比例对于人体的健康是非常重要的。高含量的 n-6 PUFA 会引发许多疾病,包括癌症和炎症和自身免疫疾病,而高含量的 n-3 PUFA 对这些疾病的发病发挥抑制作用。因此,高含量的 n-3 PUFA 和较低的 n-6/n-3 PUFA 比值对于人体健康是有益的。英国卫生部建议最高的 n-6/n-3

PUFA 比例为 4.0。在杂交鲟鱼中,所有部位的 n-6/n-3 PUFA 比例均小于 4.0,且在后尾部发现最低的 n-6/n-3 PUFA 比例(1.65)。此外,杂交鲟所有部位的 PUFA / SFA 比例均高于人类饮食的最低推荐值 0.45。总之,所有部位肌肉的脂肪酸均对人体有益,且腹部的脂肪酸价值略高于背部;后尾部具有高含量的 DHA 和 EPA 水平以及最低的 n-6 / n-3 PUFA 比例,后尾部被认为具有最高的脂肪酸价值。

2.4 矿物质含量

矿物质对机体的各种功能至关重要,例如生长和新陈代谢,机体需要大量的宏量元素和少量的微量元素。杂交鲟鱼不同部位肌肉的矿物质含量如表 4 所示。

在鲟鱼中,各部位肌肉中均含有丰富的 K、Na、Ca

表 4 杂交鲟不同部位的矿物质含量
Table 4 Mineral contents in different muscle zones of hybrid sturgeon

部位	宏量元素/(mg/100 g)				微量元素/(mg/kg)					
	钠	钾	钙	镁	铜	铁	锌	锰	铬	硒
背上部	48.2	335.7	12.3	18.4	1.98	15.32	7.98	0.46	0.20	0.23
背中部	57.8	364.2	7.9	19.0	0.43	11.57	8.87	0.38	0.19	0.26
背下部	63.4	354.6	8.4	18.6	1.18	15.62	9.07	0.34	0.18	0.27
腹上部	54.8	329.2	9.0	17.9	0.92	8.85	6.84	0.38	0.12	0.23
腹中部	59.6	350.9	8.2	18.4	1.51	16.27	7.17	0.39	0.19	0.27
腹下部	61.1	358.4	7.6	18.0	1.27	15.23	8.88	0.41	0.11	0.26
前尾部	57.4	325.7	8.1	16.9	1.12	17.70	8.65	0.24	0.16	0.24
后尾部	65.2	333.3	7.2	17.7	1.39	20.73	11.02	0.28	0.16	0.25

和 Mg 等宏量元素,还含有 Cu、Fe、Zn、Mn、Cr 和 Se 等微量元素。其中,K(325.7 mg/100 g~364.2 mg/100 g)是所有部位中含量最丰富的矿物质,其次是 Na(48.2 mg/100 g~65.2 mg/100 g)和 Mg(16.9 mg/100 g~19.0 mg/100 g)。王煜坤^[25]和 A. Badiaani 等^[26]研究的鲟鱼的 Na 和 K 含量处于 39.9 mg/100 g~70.0 mg/100 g 和 298 mg/100 g ~408 mg/100 g 之间,与本研究的结果一致。鱼肉中的 Ca 含量通常较低,杂交鲟鱼的 Ca 含量为 7.2 mg/100 g~12.3 mg/100 g,其中背上部的 Ca 含量明显高于其它部位,可能是由于背上部中含有少量软骨。通常,鱼骨含有较高 Ca 的含量,而鲟鱼骨是软骨,从营养学的角度来看,鲟鱼提供的钙含量远高于其他鱼类。

在微量元素中,Mn、Cr、Se 含量在不同部位中差异不明显,说明这 3 种元素在不同部位肌肉的富集能力基本相同。Cu 元素背中部含量较低(0.43 mg/kg),Zn 元素在后尾部中含量较高。Fe(8.85 mg/kg~20.73 mg/kg)是最丰富的微量元素,尤其是后尾部和前尾部 Fe 含量更高,其原因可能是尾部的肌红蛋白含量较高,这与其它文献报道的结果一致^[25]。

3 结论

本次试验的研究结果表明,杂交鲟不同部位肌肉具有不同的营养品质。在头部至尾部方向上,基本营养成分、氨基酸含量和脂肪酸含量均存在一定的趋势;脂肪含量从头部至尾部肌肉先增加后降低,后部和前尾部脂肪含量显著高于其它部位,而水分和蛋白质的含量与脂肪含量成反比;鲜味氨基酸含量从头部至尾部肌肉先降低后增加,后部与前尾部鲜味氨基酸含量较低,因此前部、中部和后尾部的鲜味较好;在头部至尾部方向上,PUFA 含量呈现先增加后降低的趋势,而 SFA 和 MUFA 含量均呈现出相反的趋势,但后尾部具有最高的 DHA 和 EPA 含量,腹部的 DHA 和 EPA 含量高于背部;杂交鲟含有丰富的矿物元素,后尾部具有较高的 Fe 和 Zn 含量。综上所述,后尾部具有最高的营养价值,腹部价值略高于背部,后部与前尾部价值相当。

参考文献:

[1] BRONZI P, ROSENTHAL H. Present and future sturgeon and caviar

- production and marketing: A global market overview[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2014, 30(6): 1536–1546
- [2] FAIN S R, STRAUGHAN D J, HAMLIN B C, et al. Forensic genetic identification of sturgeon caviars traveling in world trade[J]. Conservation Genetics, 2013, 14(4): 855–874
- [3] BOSCARI E, BARMINTSEVA A, ZHANG S, et al. Genetic identification of the caviar-producing Amur and Kaluga sturgeons revealed a high level of concealed hybridization[J]. Food Control, 2017, 82: 243–250
- [4] SHEDKO S V, SHEDKO M B. Unidirectional hybridization of kaluga *Acipenser dauricus* Georgi, 1775 and Amur sturgeon *Acipenser schrenckii* Brandt, 1869, inferred from the mitochondrial DNA genotyping of their natural hybrids[J]. Russian Journal of Genetics, 2016, 52(3): 292–297
- [5] ZHANG X, WU W, LI L, et al. Genetic variation and relationships of seven sturgeon species and ten interspecific hybrids[J]. Genetics Selection Evolution, 2013, 45(1): 21
- [6] SHEN L, SHI Y, ZOU Y C, et al. Sturgeon Aquaculture in China: status, challenge and proposals based on nation-wide surveys of 2010–2012[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2014, 30(6): 1547–1551
- [7] XU J, YAN B, TENG Y, et al. Analysis of nutrient composition and fatty acid profiles of Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* (Cuvier) reared in seawater and freshwater[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23(5): 401–405
- [8] FUENTES A, FERNÁNDEZ-SEGOVIA I, SERRA J A, et al. Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality [J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1514–1518
- [9] ÇELİK M, DILER A, KÜÇÜKGÜLMEZ A. A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions[J]. Food Chemistry, 2005, 92(4): 637–641
- [10] TURCHINI G M, HERMON K M, FRANCIS D S. Fatty acids and beyond: Fillet nutritional characterisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed different dietary oil sources[J]. Aquaculture, 2018, 491: 391–397
- [11] YILDIRIZ M, EROLDUĞAN T O, OFORI-MENSAH S, et al. The effects of fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition[J]. Aquaculture, 2018, 488: 123–133
- [12] RASOARAHONA J R E, BARNATHAN G, BIANCHINI J-P, et al. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar[J]. Food Chemistry, 2005, 91(4): 683–694
- [13] KIESSLING A, PICKOVA J, EALES J G, et al. Age, ration level, and exercise affect the fatty acid profile of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) muscle differently[J]. Aquaculture, 2005, 243(1): 345–356
- [14] NAKAMURA Y-N, ANDO M, SEOKA M, et al. Changes of proximate and fatty acid compositions of the dorsal and ventral ordinary muscles of the full-cycle cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* with the growth[J]. Food Chemistry, 2007, 103(1): 234–241
- [15] CHAIJAN M, JONGJAREONRAK A, PHATCHARAT S, et al. Chemical compositions and characteristics of farm raised giant catfish (*Pangasianodon gigas*) muscle[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(3): 452–457
- [16] THAMMAPAT P, RAVIYAN P, SIRIAMORN PUN S. Proximate and fatty acids composition of the muscles and viscera of Asian catfish (*Pangasius bocourti*) [J]. Food Chemistry, 2010, 122(1): 223–227
- [17] 杜强, 王艳艳, 曾圣, 等. 三种不同规格杂交鲟含肉率及肌肉营养成分比较[J]. 中国饲料, 2017(24): 15–19
- [18] PALMERI G, TURCHINI G M, DE SILVA S S. Lipid characterisation and distribution in the fillet of the farmed Australian native fish, Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*) [J]. Food Chemistry, 2007, 102(3): 796–807
- [19] CLERJON S, DAMEZ J-L. Microwave sensing for meat and fish structure evaluation[J]. Measurement science and technology, 2007, 18: 1038
- [20] KAYA Y, TURAN H, EMIN ERDEM M. Fatty acid and amino acid composition of raw and hot smoked sturgeon (*Huso huso*, L. 1758) [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2008, 59(7/8): 635–642
- [21] 董颖, 胡红霞, 马国庆, 等. 大小两种规格鲟鱼肉质营养成分的比较分析[J]. 营养学报, 2018, 40(2): 200–202
- [22] NIEMINEN P, WESTENIUS E, HALONEN T, et al. Fatty acid composition in tissues of the farmed Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) [J]. Food Chemistry, 2014, 159: 80–84
- [23] PYZ-ŁUKASIK R, KOWALCZYK-PECKA D. Fatty Acid Profile of Fat of Grass Carp, Bighead Carp, Siberian Sturgeon, and Wels Catfish[J]. Journal of Food Quality, 2017, 2017: 1–6
- [24] KURATKO C N, BARRETT E C, NELSON E B, et al. The relationship of docosahexaenoic acid (DHA) with learning and behavior in healthy children: a review[J]. Nutrients, 2013, 5(7): 2777–2810
- [25] 王煜坤, 李来好, 郝淑贤, 等. 不同部位西伯利亚鲟鱼肉的营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2018, 39(21): 207–211, 217
- [26] BADIAANI A, ANFOSSI P, FIORENTINI L, et al. Nutritional Composition of Cultured Sturgeon (*Acipenser spp.*) [J]. Journal of food composition and analysis, 1996, 9(2): 171–190