

4种不同冻干鲟鱼龙筋的营养成分分析及评价

郭敏强^{1,2}, 姜鹏飞^{1,2,*}, 傅宝尚^{1,2}, 白帆³, 祁立波^{1,2}, 沈鹏博^{1,2}

(1. 大连工业大学 食品学院, 辽宁 大连 116034; 2. 大连工业大学 国家海洋食品工程技术研究中心, 辽宁 大连 116034; 3. 衢州鲟龙水产食品科技开发有限公司, 浙江 衢州 324000)

摘要:以4种不同冻干鲟鱼龙筋为原料,通过对鲟鱼龙筋营养成分的测定及分析,发现不同鲟鱼龙筋之间的营养成分存在显著性差异。分别研究了俄罗斯公鲟、俄罗斯母鲟、中华鲟和海博瑞鲟的基本营养成分、蛋白质的氨基酸组成、脂肪酸组成和无机元素组成。研究结果表明,俄罗斯母鲟粗蛋白含量达到76.12 g/100 g,含量最高,与另外3种鲟鱼龙筋存在显著性差异($P<0.05$);4种鲟鱼龙筋均氨基酸组分种类丰富,但根据氨基酸评价必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)值显示,俄罗斯公鲟、母鲟氨基酸组分更为均衡,营养价值更高;中华鲟和海博瑞鲟不饱和脂肪酸占总脂肪酸的质量分数为80%,主要为多不饱和脂肪酸,能保证细胞的正常生理功能,更有益于人体健康;4种鲟鱼龙筋矿物质元素含量丰富,其中常量元素K、Ca、P含量优势明显,且重金属元素Cu、Cd含量均明显低于限量标准,甲基汞、Pb未检出。

关键词:冷冻冻干;鲟鱼龙筋;营养成分;营养评价;氨基酸组成

Analysis and Evaluation of Nutritional Components of Different Kinds of

Freeze Drying Sturgeon's Bone Marrow

GUO Min-qiang^{1,2}, JIANG Peng-fei^{1,2,*}, FU Bao-shang^{1,2}, BAI Fan³, QI Li-bo^{1,2}, SHEN Peng-bo^{1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, Liaoning, China; 2. National Engineering Research Center of Seafood, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, Liaoning, China; 3. Quzhou Xunlong Aquatic Products Sci-tech Development Co., Ltd., Quzhou 324000, Zhejiang, China)

Abstract: The four different strains of freeze-dried squid sturgeon's bone marrow were used as raw materials. Through the determination and analysis of the nutrient composition of different strains of squid sturgeon's bone marrow, the nutritional differences of squid sturgeon's bone marrow between different strains were obtained. The basic nutrient composition, amino acid composition, fatty acid composition and inorganic element composition of Russian male, Russian female, Chinese sturgeon and Hybrid were studied. The results showed that the crude protein content of Russian female carp reached 76.12 g/100 g, and the content was the highest, which was significantly different from the other three sturgeon's bone marrow ($P<0.05$). According to the essential amino acid index (EAAI) value of essential amino acids, the amino acid composition of Russian male and female mites was more balanced and the nutritional value was higher. The unsaturated fatty acids of Chinese sturgeon and Hybrid account for about 80 % of total fatty acids, and mainly polyunsaturated fatty acids. It could ensure the normal physiological function of cells, and was more beneficial to human health; the mineral elements of four kinds of squid sturgeon's bone marrow were rich, and the contents of major elements such as K, Ca and P are obvious, and the contents of heavy metals such as Cu and Cd were significantly lower than the limit. Standard, methylmercury, Pb were not detected.

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0400603);新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2017B01004-4);浙江省重点研发计划项目(2017C02035)

作者简介:郭敏强(1993—),男(汉),硕士,研究方向:水产加工。

*通信作者:姜鹏飞(1986—),男(汉),高级工程师,硕士,研究方向:水产加工。

Key words: freeze drying; sturgeon's bone marrow; nutrient content; nutrient evaluate, amino acid composition

引文格式:

郭敏强,姜鹏飞,傅宝尚,等.4种不同冻干鲟鱼龙筋的营养成分分析及评价[J].食品研究与开发,2019,40(12):194-199
GUO Mingqiang, JIANG Pengfei, FU Baoshang, et al. Analysis and Evaluation of Nutritional Components of Different Kinds of Freeze Drying Sturgeon's Bone Marrow[J]. Food Research and Development, 2019, 40(12): 194-199

鲟鱼是一种重要的冷水养殖鱼类,其不同部位各具风味,且营养丰富,加工潜力巨大,属于高蛋白、高脂肪的鱼类^[1-3]。其中鲟鱼鱼子酱被称为“黑色软黄金”,养殖鱼子酱产品逐渐被消费者所接受^[4];鲟鱼软骨组织中含有硫酸软骨素,具有免疫调节及抗炎抗过敏活性的功效^[5],同样也可通过碱解与酶解综合提取工艺提取出硫酸软骨素粉末^[6],便于工业化利用。养殖鲟鱼资源最为丰富的是鱼肉,可加工为各种即食产品,并且鲟鱼肉有软化血管、益智健脑的作用^[7]。鲟鱼全身都是宝,已成为营养食品和药品的重要资源。2017年,中国鲟鱼养殖产量达到83 058 t,比2016年增长5.45 %^[8],养殖品种主要为杂交中华鲟、俄罗斯鲟鱼、海博瑞鲟等。

鲟鱼龙筋作为一种高档食材,滋味鲜美,营养健康,深加工潜力巨大。鲟鱼龙筋取自养殖7年左右的成年鲟鱼脊骨,对此《本草纲目》有记载“鲟鱼筋”具有独特的药用价值,能提高大脑活力,促进人体健康,鲟鱼龙筋中含抗癌因子^[9],是高级营养保健佳品。近年来,市场对鲟鱼龙筋需求量也在不断提高,而对于鲟鱼龙筋的研究却鲜有报道。本研究对不同鲟鱼龙筋营养成分进行对比及评价,为鲟鱼龙筋产业提供基础理论支撑。

1 材料与方法

1.1 材料及预处理

4种鲟鱼龙筋(俄罗斯公鲟鱼龙筋、俄罗斯母鲟鱼龙筋、养殖中华鲟鱼龙筋、杂交海博瑞鲟鱼龙筋):衢州鲟龙水产食品科技开发有限公司提供,贮存于-20℃。4种鲟鱼龙筋分别随机选取,在4℃下缓化24 h^[10],截段;在真空度为20 Pa,冷阱温度为-40℃,板温20℃条件下冷冻干燥72 h,冷冻干燥后的样品放置于干燥器中备用。

1.2 仪器与设备

冷冻干燥机(LG15型):沈阳航天新阳速冻设备制造有限公司;高速冷冻离心机(CF16RXII型):HITACHI

公司;箱式电阻炉(SX2-4-10):山东省龙口市先科仪器有限公司;高效液相色谱仪(Agilent 1260)、电感耦合等离子体质谱仪(Agilent 7800)、气质联用仪(Agilent 6890 NGC-5973MSD):美国安捷伦公司。

1.3 方法

1.3.1 基本营养成分测定

水分含量采用GB5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[11]直接干燥法测定;灰分含量采用GB5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》^[12]测定;粗蛋白采用GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[13]凯氏定氮法测定,氮折算系数为6.25;粗脂肪采用GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[14]酸水解法测定;碳水化合物含量采用GB 28050-2011《预包装食品营养标签通则》^[15]减法计算,得到“可利用碳水化合物”,即碳水化合物含量。基本营养成分含量均以干基计。所有试验设5个重复。

1.3.2 氨基酸含量测定

参照张玉莹等^[16]的方法处理,取出冻干后的鲟鱼龙筋粉碎制备干粉,分别采用酸水解和碱水解,后通过高效液相色谱法测定水解液中的氨基酸组成。氨基酸含量均以干基计。

1.3.3 氨基酸评分

将鲟鱼龙筋氨基酸组成根据联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)/世界卫生组织(World Health Organization, WHO)1973年建议的氨基酸评分标准模式进行评价^[17]。分别参照计算公式为(1)~(3)^[18]计算氨基酸评分(amino acid score, AAS),与全鸡蛋蛋白质模式进行化学评分(chemical score, CS)及必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI):

$$AAS = w_i / w_0 \quad (1)$$

$$CS = w_i / w_e \quad (2)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100w_1 \times 100w_2 \times 100w_3 \times \cdots \times 100w_i}{w_{e1} \times w_{e2} \times w_{e3} \times \cdots \times w_{ei}}} \quad (3)$$

式中: w_s 为样品蛋白质中氨基酸质量分数, mg/g; w_0 为 FAO/WHO 评分标准模式中相应必需氨基酸质量分数, mg/g; w_e 为全鸡蛋蛋白质的氨基酸质量分数, mg/g; n 为比较的必需氨基酸个数; $w_1, w_2, w_3, \dots, w_i$ 为样品蛋白质中必需氨基酸质量分数, %; $w_{e1}, w_{e2}, w_{e3}, \dots, w_{ei}$ 为全鸡蛋蛋白质中必需氨基酸质量分数, %。

1.3.4 脂肪酸含量测定

参照邵淑双等^[19]的方法处理, 并采用气相色谱-质谱分析仪进行测定脂肪酸组成及含量。脂肪酸含量均以干基计。

1.3.5 矿物质元素含量测定

常量矿物元素采用原子吸收法进行测定^[20]; 微量矿物元素采用电感耦合等离子体质谱分析技术(ICP-MS)测定^[21]; 参照 GB5009.87-2016^[22]《食品安全国家标准 食品中磷的测定》分光光度计法测定磷元素。矿物元素含量均以干基计。

1.3.6 数据统计

采用 SPSS 19.0 对数据进行统计分析, 用单因素 ANOVA 对多组数据进行两两比较, $P < 0.05$ 表示具有显著性差异, 结果以平均值 $\pm$ 标准差 (Means $\pm$ SD) 表示。

2 结果与分析

2.1 鲟鱼龙筋中基本营养成分分析

4 种鲟鱼龙筋营养成分上存在明显差异结果如表 1 所示。

表 1 不同鲟鱼龙筋基本营养成分

基本成分	俄罗斯公鲟	俄罗斯母鲟	中华鲟	海博瑞鲟
粗蛋白	70.93 $\pm$ 0.47 ^a	76.13 $\pm$ 0.70 ^c	73.90 $\pm$ 1.14 ^b	73.03 $\pm$ 1.21 ^b
粗脂肪	5.4 $\pm$ 0.22 ^a	3.9 $\pm$ 0.5 ^a	4.5 $\pm$ 0.42 ^a	9.01 $\pm$ 0.21 ^b
灰分	9.43 $\pm$ 0.07 ^c	7.39 $\pm$ 0.09 ^b	6.36 $\pm$ 0.05 ^a	7.15 $\pm$ 0.30 ^b
碳水化合物	9.60 $\pm$ 0.46 ^c	6.70 $\pm$ 0.65 ^b	7.39 $\pm$ 1.01 ^b	4.62 $\pm$ 1.15 ^a

注: 表中数据表示为基本成分占干基的质量分数。同一行中数据标注不同小写字母 a~c 表示数据间存在统计学差异 ($P < 0.05$)。

俄罗斯公鲟的灰分与碳水化合物含量最高, 质量分数分别为 9.43 %、9.6 %, 与另外 3 种鲟鱼龙筋的粗蛋白和碳水化合物所占含量具有显著差异 ($P < 0.05$)。在 4 种鲟鱼龙筋干基中粗蛋白成分明显含量最大, 质量分数大小排序为俄罗斯母鲟 (76.13 %) > 中华鲟 (73.9 %) > 海博瑞鲟 (73.03 %) > 俄罗斯公鲟 (70.93 %)。而鲟鱼龙筋粗脂肪含量普遍偏低, 其中海博瑞鲟龙筋含量最高与青干金枪鱼肌肉粗脂肪相近^[23], 但明显低于鲟鱼鱼子酱粗脂肪含量^[24], 这可能是鲟鱼龙筋食用香脆嫩滑, 肥而不腻的主要原因。鲟鱼龙筋属于高蛋

白低脂肪类食品, 符合人们对于天然健康保健食品的要求。因此, 鲟鱼龙筋是鲟鱼海珍品深加工系列产品研发的优势资源。

2.2 鲟鱼龙筋中氨基酸组成及评价

2.2.1 氨基酸组成分析

4 种鲟鱼龙筋的氨基酸成分分析如表 2 所示。

表 2 鲟鱼龙筋的氨基酸成分分析

Table 2 Compositions of amino acids in Sturgeon's bone marrow

氨基酸	俄罗斯公鲟	俄罗斯母鲟	中华鲟	海博瑞鲟
亮氨酸 γ /(g/100 g)	1.73 $\pm$ 0.05 ^a	2.05 $\pm$ 0.04 ^b	2.03 $\pm$ 0.05 ^b	1.85 $\pm$ 0.19 ^{ab}
异亮氨酸 γ /(g/100 g)	0.87 $\pm$ 0.09 ^a	1.07 $\pm$ 0.03 ^b	1.00 $\pm$ 0.03 ^{ab}	0.91 $\pm$ 0.09 ^a
缬氨酸 γ /(g/100 g)	1.04 $\pm$ 0.04 ^a	1.15 $\pm$ 0.04 ^a	1.14 $\pm$ 0.04 ^a	1.05 $\pm$ 0.06 ^a
苏氨酸 γ /(g/100 g)	1.10 $\pm$ 0.10 ^a	1.20 $\pm$ 0.06 ^a	1.18 $\pm$ 0.07 ^a	1.09 $\pm$ 0.07 ^a
苯丙氨酸 γ /(g/100 g)	0.76 $\pm$ 0.03 ^a	0.82 $\pm$ 0.07 ^a	0.85 $\pm$ 0.11 ^a	0.77 $\pm$ 0.06 ^a
蛋氨酸 γ /(g/100 g)	1.57 $\pm$ 0.08 ^b	0.67 $\pm$ 0.14 ^a	0.66 $\pm$ 0.13 ^a	0.62 $\pm$ 0.14 ^a
赖氨酸 γ /(g/100 g)	1.01 $\pm$ 0.10 ^a	1.44 $\pm$ 0.09 ^b	1.31 $\pm$ 0.06 ^b	1.15 $\pm$ 0.35 ^a
色氨酸 γ /(g/100 g)	0.17 $\pm$ 0.02 ^a	0.21 $\pm$ 0.05 ^a	0.17 $\pm$ 0.03 ^a	0.21 $\pm$ 0.04 ^a
丙氨酸 γ /(g/100 g)	2.22 $\pm$ 0.11 ^a	2.18 $\pm$ 0.05 ^a	2.35 $\pm$ 0.05 ^a	2.20 $\pm$ 0.11 ^a
天冬氨酸 γ /(g/100 g)	2.33 $\pm$ 0.06 ^a	2.46 $\pm$ 0.14 ^a	2.50 $\pm$ 0.09 ^a	2.30 $\pm$ 0.14 ^a
甘氨酸 γ /(g/100 g)	5.78 $\pm$ 0.16 ^a	4.94 $\pm$ 0.24 ^a	5.68 $\pm$ 0.19 ^a	5.47 $\pm$ 0.15 ^a
谷氨酸 γ /(g/100 g)	4.65 $\pm$ 0.06 ^a	5.22 $\pm$ 0.09 ^b	5.21 $\pm$ 0.10 ^b	4.81 $\pm$ 0.08 ^a
精氨酸/(g/100 g)	2.48 $\pm$ 0.12 ^a	2.66 $\pm$ 0.14 ^a	2.73 $\pm$ 0.07 ^a	2.52 $\pm$ 0.13 ^a
组氨酸/(g/100 g)	0.47 $\pm$ 0.05 ^a	0.56 $\pm$ 0.08 ^a	0.55 $\pm$ 0.12 ^a	0.51 $\pm$ 0.03 ^a
丝氨酸/(g/100 g)	1.24 $\pm$ 0.15 ^a	1.37 $\pm$ 0.09 ^a	1.39 $\pm$ 0.10 ^a	1.28 $\pm$ 0.08 ^a
脯氨酸/(g/100 g)	3.38 $\pm$ 0.15 ^b	2.86 $\pm$ 0.15 ^a	3.45 $\pm$ 0.19 ^b	3.19 $\pm$ 0.14 ^b
酪氨酸/(g/100 g)	0.58 $\pm$ 0.06 ^a	0.70 $\pm$ 0.10 ^a	0.67 $\pm$ 0.09 ^a	0.65 $\pm$ 0.14 ^a
胱氨酸/(g/100 g)	0.02 $\pm$ 0.01 ^a	0.02 $\pm$ 0.01 ^a	0.03 $\pm$ 0.01 ^a	0.03 $\pm$ 0.00 ^a
Σ EAA/(g/100 g)	8.25	8.61	8.34	7.65
Σ FAA/(g/100 g)	14.98	14.8	15.74	14.78
Σ NEAA/(g/100 g)	20.2	19.75	21.28	19.93
Σ AA/(g/100 g)	31.4	31.65	32.9	30.61
Σ EAA/ Σ AA/%	26.27	27.2	25.35	24.99
Σ FAA/ Σ AA/%	47.71	46.76	47.84	48.28
Σ EAA/ Σ NEAA/%	40.84	43.59	39.19	38.38

注: * 表示必需氨基酸 (essential amino acid, EAA); ☆ 表示呈鲜氨基酸 (fresh amino acids, FAA); % 表示质量分数。表中同一行中数据标注不同小写字母 a~c 表示数据间存在统计学差异 ($P < 0.05$)。

4 种鲟鱼龙筋均检测出 18 种氨基酸, 包括 8 种必需氨基酸 (EAA)、4 种呈鲜氨基酸 (FAA)、2 种半必需氨基酸 (half essential amino acids, HEAA)。结果表明, 4 种鲟鱼龙筋氨基酸总量中必需氨基酸质量分数在 24.99 %~27.2 %、呈鲜氨基酸质量分数在 46.76 %~48.28 %。呈鲜氨基酸含量较高, 其中包括丙氨酸、谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸都是呈味氨基酸, 4 种鲟鱼龙筋中丙氨酸、天冬氨酸、甘氨酸成分含量差异不显著 ($P > 0.05$), 而谷氨酸成分含量具有显著性差异 ($P < 0.05$),

俄罗斯母鲟含量最高,且谷氨酸还是脑组织生化代谢中的重要氨基酸^[25]。丙氨酸有预防肾结石、协助葡萄糖的代谢,有助缓和低血糖,改善身体能量;天冬氨酸可作为 K⁺、Mg²⁺离子的载体向心肌输送电解质,从而改善心肌收缩功能,同时降低氧消耗,在冠状动脉循环障碍缺氧时,对心肌有保护作用。

4 种鲟鱼龙筋的 8 种必需氨基酸中缬氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸、色氨酸的成分含量不存在显著性差异 ($P>0.05$),而其他 4 种存在显著性差异 ($P<0.05$)。8 种

人体必需氨基酸中,俄罗斯母鲟赖氨酸含量最高,且赖氨酸是人乳中第一限制性氨基酸,赖氨酸含量高的食品具有催乳效果^[26],因此食用鲟鱼龙筋是补充赖氨酸的良好来源。在 4 种鲟鱼龙筋中,中华鲟龙筋氨基酸总含量高于其他 3 种鲟鱼龙筋的氨基酸总含量,但总含量差异较低。4 种鲟鱼龙筋氨基酸组成种类丰富,可以作为稳定蛋白质的来源。

2.2.2 氨基酸营养价值评价

不同鲟鱼龙筋必需氨基酸评分结果见表 3。

表 3 鲟鱼龙筋中必需氨基酸总含量与 FAO/WHO 标准模式及鸡蛋蛋白比较

Table 3 Total nitrogen contents of essential amino acids in Sturgeon's bone marrow, egg protein and FAO/WHO amino acids standard pattern						
	mg/g N					
必需氨基酸	俄罗斯公鲟	俄罗斯母鲟	中华鲟	海博瑞鲟	FAO/WHO 模式	鸡蛋蛋白模式
亮氨酸	313	406	386	378	440	540
异亮氨酸	173	212	190	186	250	340
缬氨酸	207	228	217	215	310	410
苏氨酸	220	237	224	223	260	295
苯丙氨酸+酪氨酸	267	140	289	290	410	580
蛋氨酸+胱氨酸	317	137	131	133	220	355
赖氨酸	201	285	249	235	340	440
总计	1 698	1 645	1 686	1 660	2 230	2 960

注:mg/g N 表示氨基酸总含量。

4 种鲟鱼龙筋必需氨基酸含量均明显低于 FAO/WHO 标准模式与鸡蛋蛋白模式^[27],但 4 种鲟鱼龙筋氨基酸组分一致,含量差异不大,说明不同鲟鱼龙筋均可作为稳定蛋白源。

根据 FAO/WHO 建议的氨基酸评分标准模式与鸡蛋蛋白模式,进行计算不同鲟鱼龙筋必需氨基酸的氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS)、必需氨基酸指数 (EAAI)结果见表 4。

表 4 鲟鱼龙筋中必需氨基酸组成评价

Table 4 Evaluation of essential amino acids composition in Sturgeon's bone marrow

必需氨基酸	俄罗斯公鲟		俄罗斯母鲟		中华鲟		海博瑞鲟	
	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
亮氨酸	1.28	1.05	1.27	1.04	0.86	0.76	0.86	0.76
异亮氨酸	1.26	0.93	1.19	0.88	0.70**	0.53	0.70	0.53
缬氨酸	1.04**	0.78**	0.71*	0.53*	0.88	0.72	0.86	0.70
苏氨酸	1.30	1.15	1.25	1.10	0.76	0.56	0.75	0.55
苯丙氨酸+酪氨酸	1.19	0.85	1.24	0.88	0.71	0.50**	0.71	0.50**
蛋氨酸+胱氨酸	0.93*	0.58*	0.94**	0.58**	0.60*	0.37*	0.61*	0.37*
赖氨酸	1.90	1.47	1.83	1.42	0.73	0.57	0.69**	0.53
总计	8.90	6.81	8.53	6.43	5.24	4.01	5.17	3.94
EAAI	93.71		87.3		55.93		54.99	

注:※表示第一限制氨基酸;※※表示第二限制氨基酸。

根据 AAS 和 CS 评分显示,俄罗斯公鲟、俄罗斯母鲟、中华鲟、海博瑞鲟第一限制氨基酸分别是赖氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、蛋氨酸+胱氨酸、蛋氨酸+胱氨酸。鲟鱼肌肉中第一限制氨基酸是蛋氨酸+胱氨酸^[28],与中

华鲟龙筋、海博瑞鲟龙筋第一限制氨基酸一致。查阅 WHO 推荐的成人氨基酸需要量模式^[7],4 种鲟鱼龙筋氨基酸含量均高于 WHO 推荐标准。4 种鲟鱼龙筋必需氨基酸 EAAI 值范围在 54.99~93.71,其中俄罗斯公

鲟龙筋、母鲟龙筋更高并与中华鲟龙筋、海博瑞鲟龙筋差异显著,说明俄罗斯公鲟、母鲟氨基酸组分更为均衡,营养价值更高。

2.3 鲟鱼龙筋中脂肪酸组成分析

对4种鲟鱼龙筋脂肪酸组分进行测定,其含量如表5所示。

表5 鲟鱼龙筋脂肪酸组成分析

Table 5 Compositions of fatty acids in Sturgeon's bone marrow				
mg/g				
脂肪酸	俄罗斯公鲟	俄罗斯母鲟	中华鲟	海博瑞鲟
C16:0	1.65±0.14 ^d	1.03±0.04 ^c	0.46±0.05 ^b	0.34±0.04 ^a
C18:0	—	0.52±0.13 ^b	—	—
C18:1n-9	2.34±0.17 ^d	1.08±0.05 ^c	0.91±0.02 ^b	0.44±0.02 ^a
C18:2n-6	0.56±0.02	—	—	—
C22:6n-3	0.54±0.02 ^a	—	2.65±0.08 ^b	0.67±0.06 ^a
EPA+DHA	0.54±0.02 ^a	—	2.65±0.08 ^b	0.67±0.06 ^a
ΣSFA	1.65	1.55	0.46	0.34
ΣMUFA	2.34	1.08	0.91	0.44
ΣPUFA	1.1	—	2.65	0.67

注:表中同一行中数据标注不同小写字母 a~c 表示数据间存在统计学差异($P<0.05$)。—代表未检出。

俄罗斯母鲟、中华鲟和海博瑞鲟龙筋检测出3种脂肪酸,俄罗斯公鲟龙筋检测出4种,检出脂肪酸含量较低,包括2种饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA),1种单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)和2种多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)。其中棕榈酸(C16)与油酸(C18:1n-9)在4种鲟鱼龙筋中均检测出,且其含量存在显著性差异($P<0.05$)。中华鲟和海博瑞鲟龙筋中不饱和脂肪酸分别占总脂肪酸的88.66%和76.54%,且不饱和脂肪酸组成主要为多不饱和脂肪酸;俄罗斯公鲟龙筋中的不饱和脂肪酸占总脂肪酸的65.26%,但主要为单不饱和脂肪酸;而俄罗斯母鲟龙筋中的不饱和脂肪酸占总脂肪酸的41.04%。

总体来看,4种鲟鱼龙筋都含有单不饱和脂肪酸,且俄罗斯公鲟龙筋中含量最多,有研究称单不饱和脂肪酸有降血脂功效^[29]并在生物能源及化妆品等领域应用较多,长期食用鲟鱼龙筋,将有助于降低血脂;同时油酸是某些性激素的前体物质,有着重要的生理作用^[30]。4种鲟鱼龙筋中只有俄罗斯母鲟龙筋中不含多不饱和脂肪酸,中华鲟龙筋中多不饱和脂肪酸含量最高,俄罗斯公鲟龙筋中多不饱和脂肪酸种类最多。有研究表明,二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)、二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)等不饱和脂肪酸能降低人体血液胆固醇的水平,具有降血

脂、抗氧化、消炎等作用^[31]。

2.4 鲟鱼龙筋中矿物质元素组成分析

4种鲟鱼龙筋中共检测出11种矿物元素结果见表6。

表6 鲟鱼龙筋中矿物质组成分析

Table 6 Compositions of mineral elements in Sturgeon's bone marrow				
mg/kg				
矿物质元素	俄罗斯公鲟	俄罗斯母鲟	中华鲟	海博瑞鲟
K	4 970±66 ^c	4 750±75 ^b	4 170±92 ^a	5 400±92 ^d
Na	266±10 ^c	224±3 ^a	245±6 ^b	287±11 ^d
Ca	1 800±173 ^a	1 800±265 ^a	1 500±173 ^a	1 400±173 ^a
Mg	573±13 ^b	540±9 ^a	622±6 ^c	757±17 ^d
P	1 620±72 ^c	1 240±80 ^a	1 530±50 ^b	1 410±96 ^b
Zn	22.5±2.1 ^c	13.7±0.6 ^b	10.4±1.1 ^a	9.90±0.6 ^a
Se	1.11±0.02 ^a	1.33±0.04 ^c	1.35±0.04 ^c	1.26±0.03 ^b
Cr	0.13±0.02 ^b	—	—	—
Cu	1.67±0.10 ^c	1.34±0.08 ^b	0.92±0.07 ^a	0.97±0.13 ^a
Cd	—	0.01 ^a	—	0.01 ^a
As	0.52±0.12 ^a	0.68±0.04 ^a	3.57±0.11 ^b	3.87±0.08 ^c

注:表中同一行中数据标注不同小写字母 a~c 表示数据间存在统计学差异($P<0.05$)。—代表未检出。

常量元素中K、Ca、P含量较高,Mg、Na次之,4种鲟鱼龙筋常量元素含量均存在显著性差异($P<0.05$)。4种鲟鱼龙筋常量元素分别与张凡伟^[32]研究的刺参、赵玲^[33]研究的10种海参常量元素比较,两项比较结果一致,鲟鱼龙筋K、P含量明显高于刺参K、P含量,而鲟鱼龙筋Ca、Mg、Na含量接近于刺参含量,说明在矿物质元素方面鲟鱼龙筋优于海参,矿物元素营养更加丰富。微量元素中Zn含量最高,尤其是俄罗斯公鲟龙筋显著高于其他3种鲟鱼龙筋($P<0.05$),Zn具有调节免疫功效,缺乏Zn会导致多种疾病的产生,并且Zn能促进儿童体智的正常发育^[34],Se和Cu含量次之,仅俄罗斯公鲟含有少量Cr。依据NY 5073-2006《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》规定,镉和铜在水产中限量分别为 ≤ 0.1 mg/kg、 ≤ 50 mg/kg,鲟鱼龙筋检测量均低于限量,甲基汞、铅未检出。因此从矿物元素分析,鲟鱼龙筋属于矿物质含量丰富,且重金属含量偏低的一类安全健康、营养食材。

3 结论

所得结果,俄罗斯母鲟龙筋粗蛋白含高于另外3种鲟鱼龙筋,而其它基本营养成分含量差异不明显。4种鲟鱼龙筋氨基酸组成成分一致,均含有18种氨基酸,其中呈鲜氨基酸占总氨基酸的质量分数范围在46.72%~

48.28%,说明鲟鱼龙筋味道鲜美,食用更佳。氨基酸评价中,俄罗斯公/母鲟龙筋 EAAI 值分别达到 93.71、87.3,氨基酸组分更为平衡、营养丰富,可以作为优质蛋白的来源。4 种鲟鱼龙筋的总脂肪酸含量普遍较低,且多为不饱和脂肪酸。4 种鲟鱼龙筋常量元素组成成分丰富,其中 K、P 等在人体机能中起到重要作用的矿物质元素含量范围分别达到 4 170 mg/kg~5 400 mg/kg、1 240 mg/kg~1 620 mg/kg,而重金属元素 Hg、Pb 未检出,Cd、Cu 含量均在安全限以下。鲟鱼龙筋是一种新兴的高档食材,基于其前处理简易、呈鲜味,高蛋白低脂肪,食用安全等优势特点,在海珍品深加工领域具有广泛前景。

参考文献:

- [1] GUI M, ZHAO B, SONG J Y, et al. Biogenic amines formation, nucleotide degradation and TVB-N accumulation of vacuum-packed minced sturgeon (*Acipenser schrenckii*) stored at 4°C and their relation to microbiological attributes[J]. Journal of The Science of Food And Agriculture, 2014, 94(10): 2057-2063
- [2] HAO S X, WEI Y, LI L H, et al. The effects of different extraction methods on composition and storage stability of sturgeon oil[J]. Food Chemistry, 2015, 173: 274-282
- [3] 董佳, 胡嘉杰, 王庆, 等. 液体浸渍冷冻对鲟鱼贮藏过程中品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(5): 281-287
- [4] 黄艳青, 龚洋洋, 陆建学, 等. 养殖鲟鱼鱼子酱营养品质分析及比较[J]. 食品工业科技, 2014, 35(10): 346-350, 371
- [5] 黄世玉, 李江森, 关瑞章, 等. 鲟鱼硫酸软骨素的免疫调节及抗炎抗过敏活性[J]. 中国生化药物杂志, 2012, 33(5): 540-543
- [6] 郝淑贤, 魏涯, 李来好, 等. 鲟鱼软骨素提取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 253-255, 261
- [7] 郝淑贤, 石红, 李来好, 等. 鲟鱼肉营养成分分析及其应用技术[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 318-320
- [8] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业年鉴 2018[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018
- [9] 武瑞赞, 刘蕾, 张金兰, 等. 鲟鱼硫酸软骨素对结直肠癌细胞抑制作用[J]. 食品科学, 2017, 38(21): 223-229
- [10] SOLEIMAN H, SHAHIN R, MORTAZA A, et al. Computer vision system (CVS) for in-line Monitoring of visual texture kinetics during shrimp (*Penaeus spp.*) drying[J]. Drying Technology, 2015, 33: 238-254
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定: GB5009.4-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB5009.5-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则: GB 28050-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011
- [16] 张玉莹, 柴彦萍, 秦磊, 等. 海蜇不同组织营养成分分析及评价[J]. 食品科学, 2017, 38(2): 133-138
- [17] 陈师师, 薛静, 何中央, 等. 2 种不同品系中华鳖的营养成分分析与比较[J]. 食品科学, 2015, 36(18): 114-120
- [18] 姜鹏飞, 郭敏强, 祁立波, 等. 巴沙鱼与龙利鱼肌肉中营养成分分析及安全性评价[J]. 大连工业大学学报, 2018, 37(5): 340-344
- [19] 邵淑双, 范馨茹, 姜鹏飞, 等. 俄罗斯鲟鱼生殖腺营养成分分析及评价[J]. 食品工业科技, 2016, 37(13): 351-354
- [20] SINGH M, YADAV P, GARG V K. Quantification of minerals and trace elements in raw caprine milk using flame atomic absorption spectrophotometry and flame photometry[J]. Journal of Food Science Technology, 2015, 52(8): 5299-5304
- [21] 侯建荣, 彭荣飞, 黄聪, 等. 电感耦合等离子体质谱法测定虾粉中铜、砷和镉[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(2): 321-322
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中磷的测定: GB5009.87-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [23] 郑振霄, 童玲, 徐坤华, 等. 2 种低值金枪鱼赤身肉的营养成分分析与评价[J]. 食品科学, 2015, 36(10): 114-119
- [24] 黄艳青, 龚洋洋, 陆建学, 等. 养殖鲟鱼鱼子酱营养品质分析及比较[J]. 食品工业科技, 2014, 35(10): 346-351
- [25] CROCI L, SUFFREDINI E, COZZI L, et al. Evaluation of different polymerase chain reaction methods for the identification of vibrio parahaemolyticus strains isolated by cultural methods[J]. Journal of Aoac International, 2007, 90(6): 1588
- [26] 马爱军, 陈四清, 雷霖霖, 等. 大菱鲆鱼体生化组成及营养价值的初步探讨[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(1): 11-14
- [27] 颜孙安, 林香信, 钱爱萍, 等. 化学分析法的理想参考蛋白模式及其化学生物价研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(23): 101-107
- [28] 庄平, 宋超, 章龙珍, 等. 野生中华鲟成鱼与幼鱼肌肉成分比较[J]. 营养学报, 2010, 32(4): 385-390
- [29] OZOGUL Y, OZOGUL F, ALAGOZ S. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: a comparative study[J]. Food Chemistry, 2007, 103(1): 217-223
- [30] 韦娜, 糜漫天. n-6/n-3 多不饱和脂肪酸不同比例对乳腺癌细胞缝隙连接细胞通讯的影响 [J]. 第三军医大学学报, 2006, 28(4): 338-341
- [31] BRAHMBHATT V, OLIVEIRA M, BRIAND M, et al. Protective effects of dietary EPA and DHA on ischemia-reperfusion-induced intestinal stress[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2013 24(1): 104-111
- [32] 张凡伟, 张小燕, 李少萍, 等. 冻干刺参矿物质元素及氨基酸营养评价[J]. 食品科技, 2018, 43(1): 72-77
- [33] 赵玲, 马红伟, 曹荣, 等. 10 种海参营养成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(7): 2867-2872
- [34] 杨贤庆, 杨丽芝, 黄卉, 等. 南海鳾乌贼墨汁营养成分分析与评价[J]. 南方水产科学, 2015, 11(5): 138-141