



引用格式:郭霄旭,姜启兴,陈晓东,等. 鳗鲡与泥鳅营养成分分析[J]. 轻工学报,2016,32(1): -.

中图分类号:TS254 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2017.1.003

文章编号:2096-1553(2017)01-0013-08

鳗鲡与泥鳅营养成分分析

Nutritional component analysis between

Paracobitis anguillioide and *Misgurnus anguillicaudatu*

郭霄旭¹,姜启兴¹,陈晓东²,许艳顺¹,于沛沛¹,夏文水¹

GUO Xiao-xu¹, JIANG Qi-xing¹, CHEN Xiao-dong², XU Yan-shun¹, YU Pei-pei¹,
XIA Wen-shui¹

1. 江南大学 食品学院,江苏 无锡 214122;

2. 嘉兴三洋现代农业科技有限公司,浙江 嘉兴 314300

1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Jiaxing Sanyang Modern Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Jiaxing 314300, China

摘要:对鳗鲡和泥鳅营养成分进行比较分析,结果表明:1)与肌肉相比,鳗鲡和泥鳅皮中水分含量显著降低(-13.03%, $P < 0.05$; -10.30%, $P < 0.05$),但蛋白含量明显增加(+54.22%, $P < 0.05$; +9.60%, $P < 0.05$),且两种鳅类之间差异显著($P < 0.05$).2)鳗鲡和泥鳅皮中胶原蛋白含量显著高于肌肉,其均值分别为61.76 mg/g和5.75 mg/g.3)两种鳅类氨基酸组成无明显差异.鳗鲡和泥鳅肌肉中第一限制性氨基酸均为缬氨酸,而皮中第一限制性氨基酸分别为苏氨酸和蛋氨酸+胱氨酸.4)鳗鲡和泥鳅肌肉中的脂肪含量显著高于皮中脂肪含量($P < 0.05$),且两种鳅类之间差异显著($P < 0.05$).5)鳗鲡和泥鳅肌肉中多不饱和脂肪酸,相对含量均显著高于皮中脂肪含量.6)鳗鲡和泥鳅肌肉中矿质含量最高的是K,分别达到2 687.36 mg/kg和1 750.49 mg/kg,而鳗鲡和泥鳅皮则富含Ca,分别高达4 091.83 mg/kg和5 948.43 mg/kg.

关键词:

鳗鲡;泥鳅;营养成分

Key words:

Paracobitis anguillioide; *Misgurnus anguillicaudatu*; nutritional component

收稿日期:2016-11-08

基金项目:江苏省食品安全与质量控制协同创新中心项目

作者简介:郭霄旭(1990—),女,河南省周口市人,江南大学硕士研究生,主要研究方向为泥鳅即食产品加工.

通信作者:姜启兴(1977—),男,山东省龙口市人,江南大学副教授,博士,主要研究方向为食品加工与保藏.

Abstract: The nutritional composition between *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus* was compared. The results showed that the skin of *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus* contained lower water contents (- 13.03% , $P < 0.05$; - 10.30% , $P < 0.05$) but higher protein contents (+ 54.22% , $P < 0.05$; + 9.60% , $P < 0.05$) when compared with those in muscle. Moreover, the skin of both *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus* possessed abundant levels of collagen when compared with those in muscle (61.76 mg/g vs. 5.75 mg/g). No evident differences in amino acid composition were obtained between *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus*. In addition, the first limiting amino acids in muscle of *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus* were valine, while the first limiting amino acids in skin were threonine and methionine + cystine, respectively. Higher contents of total fat and polyunsaturated fatty acids were found in muscle of *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus* than those in skin ($P < 0.05$), revealing significant differences between *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus* ($P < 0.05$). As for the minerals, the muscle of *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus* enriched in potassium, 2 687.36 mg/kg and 1 750.49 mg/kg, respectively. Nevertheless, the skins had abundant contents of calcium, up to 4 091.83 and 5 948.43 mg/kg, respectively.

0 引言

泥鳅属于鲤形目鳅科,在我国分布广泛,其肉质细嫩鲜美,营养丰富.传统中医学认为,泥鳅具有滋阴清热、补脾益气、去湿、兴阳等功效,常被誉为“水中人参”.目前,泥鳅的市场需求量逐年增加,但由于生态破坏和环境污染等原因,野生泥鳅的产量不断下降,而这一现状也驱动泥鳅养殖业不断扩大^[1].据《2013 中国渔业统计年鉴》数据显示,2012 年国内泥鳅养殖产量高达 29.39×10^4 t,主要集中在江西、江苏、湖北、安徽等地,并在此后 3 年分别以 9.39% , 6.73% 和 6.72% 的增长率逐年增长.

鳊鳅属鲤形目鳅科副泥鳅属,为大鳞副鳊的一种,是我国近年来引进的一个鳅科新品种.鳊鳅个体大,长势快,3 cm 左右稚鱼经过 3 个月人工养殖后,体重可达 50 g 以上,体长达 15 ~ 20 cm,是泥鳅的 3 ~ 4 倍,被誉为“鳅中之王”.由于鳊鳅具有出肉率高、口感好、营养价值高等特点,在东亚地区(如中、日、韩等国家)的认可度和需求量日益增加^[2].因此,我国在鳊鳅的养殖繁殖等方面进行了大量的研究^[3-4],而对鳊鳅营养特性的研究仍存在不足.目前,国

内外学者对于大鳞副鳊的营养成分已有一些研究报道,如赵振山等^[5]对泥鳅和大鳞副泥鳅营养成分进行了分析比较;朱红元等^[6]对泥鳅与大鳞副泥鳅区分方法及营养成分进行了比较分析;印杰等^[7]对四倍体、二倍体和大鳞副泥鳅的营养成分进行了分析比较;黄菊等^[8]对真泥鳅、本地大鳞副鳊和台湾大鳞副鳊的生长性能及营养成分进行了比较.然而,现有研究主要集中在对泥鳅和大鳞副鳊肌肉中营养成分的剖析,对于皮、骨等的分析相对较少,且针对鳊鳅的研究仍存在空白.

鉴于此,本研究拟从加工与综合利用的角度出发,对鳊鳅和泥鳅的型体指标,肌肉和皮的营养成分等进行多层次分析比较,以期对鳊鳅的营养构成进行较为全面的评价,为泥鳅产品的加工与综合利用提供基础数据和理论支持.

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鳊鳅,10 条,体重约为 46 g/条,体长 15 ~ 20 cm;泥鳅,15 条,体重约为 12 g/条,体长 7 ~ 12 cm,均购自无锡天鹏海鲜市场.宰杀、去头,去内脏,去皮后切碎备用.

浓硫酸、盐酸、硝酸、氢氧化钠等试剂均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司.

1.2 仪器与设备

EL3002 精密电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司产;101-3-BS 电热恒温鼓风干燥箱,上海跃进医疗器械厂产;Agilent1100 氨基酸自动分析仪,美国安捷伦科技有限公司产;Specter AA 220 石墨炉原子吸收仪、Varian-Cary 50 紫外分光光度计,美国瓦里安(中国)有限公司产;Finigan Trace 气质联用仪,美国 Finigan 公司产.

1.3 方法

1.3.1 形体指标的测定 对两种鳅类体长进行测量时,略去尾鳍.去头去内脏后,将骨、肌肉、皮分开,分别测定重量.

1.3.2 基本成分测定 水分含量测量参照 GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》,采用 105℃ 恒质量法;粗蛋白质含量测定参照 GB/T 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》,采用凯氏定氮法;粗脂肪含量测定参照 GB/T 5009.6—2008《食品中脂肪的测定》,采用索氏抽提法;总灰分含量测定参照 GB/T 5009.4—2010《食品中灰分的测定》,采用 550℃ 灼烧法.分别测定 3 次,取平均值.

1.3.3 氨基酸分析及营养评价 样品准备:分别取 10 条鳗鲡和泥鳅,将肌肉和皮切碎混匀,准确称取 120 mg 样品于 20 mL 水解瓶中,加入 8 mL 6 mol/L 盐酸溶液,封口,置于 120℃ 恒温箱中水解 22 h.在水解瓶中加入 4.8 mL 10 mol/L 氢氧化钠溶液,定容至 25 mL,过滤取 1 mL 上清,置于离心机 10 000 r/min 离心 10 min,取 200 μL 上清液用于色谱分析.

色谱条件:采用 Agilent 1100 氨基酸自动分析仪,C18 柱(4.0 mm × 125 mm),柱温 40℃,缓冲液流速 1.0 mL/min.流动相:A 为 20 mmol/L 醋酸钠;B 为 V(20 mmol/L 醋酸钠)

:V(甲醇):V(乙腈)=1:2:2.紫外检测波长 338 nm.

氨基酸评分 AAS(amino acid score)、化学评分 CS(chemical score)和必需氨基酸指数 EAAI(essential amino acid index)按照以下公式计算^[9-10].

$$AAS =$$

$$\frac{\text{样品中某种氨基酸含量}}{\text{WHO/FAO 模式谱中对应氨基酸含量}}$$

$$CS = \frac{\text{样品中某种氨基酸含量}}{\text{鸡蛋蛋白质中某种氨基酸含量}}$$

$$EAAI =$$

$$\left(\frac{\text{赖氨酸}^t}{\text{赖氨酸}^s} \times \frac{\text{亮氨酸}^t}{\text{亮氨酸}^s} \times \cdots \times \frac{\text{缬氨酸}^t}{\text{缬氨酸}^s} \right)^{\frac{1}{n}} \times 100$$

式中, t 为试验样品的必需氨基酸含量(干基)/%; s 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(干基)/%; n 为比较样的必需氨基酸个数.

1.3.4 胶原蛋白含量测定 参照 GB/T 9695.23—2008《肉与肉制品羟脯氨酸含量测定》,用羟脯氨酸做标准曲线,计算出水解的样品中羟脯氨酸浓度,乘以羟脯氨酸与胶质量白的转换系数 9.75 即为鱼肉胶原蛋白的含量^[11].分别测定 3 次,取平均值.

1.3.5 脂肪酸组成的测定 分别从 10 条鳗鲡和泥鳅的混合样品中取出部分,用 30~60℃ 混石油醚常温提取 2 h,旋蒸去除石油醚,然后参照 GB/T 17376—2008《动植物油脂脂肪酸甲酯制备》,将所得脂肪酸进行甲酯化.采用岛津 GC-2010 气相色谱仪测定.柱温 220.0℃,FID 温度 250℃,进样量 0.5 μL,空气流速 360 mL/min,氢气流速 30 mL/min^[12].

1.3.6 矿质元素的测定 样品的制备同 1.3.3. As 和 Pb,采用石墨炉原子吸收仪测定;Ca, Mg, K, Na, Fe, Zn, Mn, Cu 等,采用火焰原子吸收法测定.

1.4 数据分析

采用 SPSS 软件进行方差和显著性分析,检

验方法采用 Duncan 分析,显著性水平 $P < 0.05$,数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示.

2 结果与分析

2.1 鳗 与泥鳅形体指标特性

鳗 与泥鳅形体特征见表 1. 从表 1 可知,鳗 体型较大,长达 19.27 cm,体重高达 46.92 g,其身体呈扁圆柱形,相对较粗,出肉率高达 53.7%. 而泥鳅体型较小,长度为 10.93 cm,体重为 12.42 g,其身体呈圆柱形,比表面积小,出肉率较低,约为 38.39%.

表 1 鳗 与泥鳅形体特征

Table 1 The body characteristics of <i>Paracoptis anguillioides</i> and <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>				
	<i>anguillicaudatus</i> ($\bar{x} \pm s, n = 10$)			
品种	长度/cm	质量/g	肌肉占体重 比例/%	皮占体重 比例/%
鳗	19.27 $\pm$ 2.90 ^a	46.92 $\pm$ 2.90 ^a	53.70 $\pm$ 2.01 ^a	10.22 $\pm$ 2.01 ^b
泥鳅	10.93 $\pm$ 2.01 ^b	12.42 $\pm$ 2.01 ^b	38.39 $\pm$ 2.09 ^b	16.34 $\pm$ 2.09 ^a

注:表中同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$).

2.2 鳗 与泥鳅基本成分分析

鳗 与泥鳅基本成分和胶原蛋白含量见表 2. 由表 2 可知,两种鳅类肌肉和皮中均含有较高的水分,整体而言,鳗 中水分含量低于泥鳅,且两种鳅类肌肉中水分含量均高于皮中水分含量,肌肉中水分含量分别为 75.45% 和 80.41%,皮中水分含量分别为 65.62% 和 72.13%. 两种鳅类粗蛋白含量均较高,皮中蛋白质含量均高于肌肉中蛋白质含量,鳗 和泥

鳅皮中粗蛋白含量分别为 21.93% 和 20.10%,肌肉中粗蛋白含量分别为 14.22% 和 18.34%. 鳗 中粗脂肪含量显著高于泥鳅,分别为 8.43% 和 2.48%,其中肌肉中粗脂肪含量则高于相应皮中脂肪含量. 此外,鳗 与泥鳅皮中的胶原蛋白含量显著高于肌肉中胶原蛋白含量,其均值分别为 61.76 mg/g 和 5.75 mg/g. 两种鳅类之间胶原蛋白含量无显著差异. 但由于泥鳅体型小,比表面积大,皮占体重的比例较大,因此胶原蛋白在泥鳅中的相对含量高于鳗 ,可以作为工业上提取胶原蛋白的原料.

2.3 鳗 与泥鳅中氨基酸组成及营养分析

鳗 和泥鳅中蛋白质含量均较高,蛋白质中氨基酸的组成是否均衡是衡量蛋白质营养价值的重要依据. 鳗 和泥鳅的氨基酸组成见表 3. 由表 3 可知,两种鳅类氨基酸总量无明显差异,肌肉中谷氨酸相对含量最高,而皮中甘氨酸含量相对丰富. 两种鳅类皮中必需氨基酸含量都低于相应肌肉中必需氨基酸含量,且鳗 肌肉和皮中必须氨基酸相对含量均高于泥鳅.

根据 FAO/WHO 公布的氨基酸理想模式,高质量的蛋白质 EAA/TAA 在 0.4 左右,EAA/NEAA 在 0.6 以上^[13]. 由表 3 可知,鳗 和泥鳅肌肉中氨基酸模式均达到这一标准. 其中,EAA/TAA 分别为 0.42 和 0.39,EAA/NEAA 分别为 0.72 和 0.63. 值得注意的是,尽管两种鳅类皮中氨基酸总量高于肌肉,但 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 均未达到 FAO/WHO 的理想模式.

表 2 鳗 与泥鳅基本成分和胶原蛋白含量

Table 2 The basic component and collagen contents of <i>Paracoptis anguillioides</i> and <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>					
	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> ($\bar{x} \pm s, n = 3$)				
部位	水分/%	灰分/%	粗蛋白/%	粗脂肪/%	胶原蛋白含量/(mg · g ⁻¹)
鳗 肌肉	75.45 $\pm$ 0.10 ^b	1.04 $\pm$ 0.09 ^c	14.22 $\pm$ 0.02 ^c	8.43 $\pm$ 0.08 ^a	5.86 $\pm$ 0.01 ^b
泥鳅肌肉	80.41 $\pm$ 0.26 ^a	1.30 $\pm$ 0.08 ^b	18.34 $\pm$ 0.06 ^b	2.38 $\pm$ 0.10 ^c	5.64 $\pm$ 0.08 ^b
鳗 皮	65.62 $\pm$ 0.03 ^d	1.80 $\pm$ 0.10 ^a	21.93 $\pm$ 0.04 ^a	7.68 $\pm$ 0.06 ^b	62.01 $\pm$ 0.04 ^a
泥鳅皮	72.13 $\pm$ 0.05 ^c	1.49 $\pm$ 0.11 ^b	20.10 $\pm$ 0.08 ^a	0.98 $\pm$ 0.02 ^d	61.51 $\pm$ 0.75 ^a

注:表中同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$).

表3 鳎鰽和泥鳎的氨基酸组成

Table 3 The amino acid composition of *Paracoptis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus*

氨基酸	鳎鰽肌肉	泥鳎肌肉	鳎鰽皮	泥鳎皮
天冬氨酸(Asp)	8.91	9.25	7.16	7.73
谷氨酸(Glu)	15.98	17.88	10.85	12.92
丝氨酸(Ser)	3.75	3.76	3.10	3.19
组氨酸(His)	2.26	1.74	1.55	1.11
甘氨酸(Gly)	4.08	3.54	17.54	15.86
精氨酸(Arg)	4.46	4.80	7.58	7.82
丙氨酸(Ala)	5.70	5.95	7.81	7.56
酪氨酸(Tyr)	2.26	3.27	1.04	1.39
半胱氨酸(Cys-s)	0.49	0.08	0.92	0.06
脯氨酸(Pro)	2.39	2.90	0.06	8.34
* 缬氨酸(Val)	4.63	4.34	4.65	3.75
* 蛋氨酸(Met)	3.09	3.44	3.65	1.74
* 苯丙氨酸(Phe)	3.48	3.18	4.95	3.20
* 异亮氨酸(Ile)	4.75	3.79	3.68	2.88
* 亮氨酸(Leu)	7.73	7.20	5.45	4.71
* 赖氨酸(Lys)	8.69	7.56	5.75	4.78
* 苏氨酸(Thr)	3.83	4.11	2.43	2.93
必需氨基酸(EAA)	36.21	33.60	30.56	23.99
氨基酸总量(TAA)	86.48	86.79	88.16	89.96
EAA/TAA	0.42	0.39	0.35	0.27
EAA/NEAA	0.72	0.63	0.53	0.36

注: * 为人体必需氨基酸,NEAA 为非必需氨基酸总量.

鳎鰽和泥鳎的必需氨基酸含量见表 4. 由表 4 可知,两种鳎类肌肉中必需氨基酸总量均高于 FAO/WHO 标准,但低于鸡蛋蛋白标准,而皮中必需氨基酸含量均低于 FAO/WHO 标准和鸡蛋蛋白标准. 这是因为皮中含有大量的胶原蛋白,羟脯氨酸含量相对较高,因此,必须氨基酸含量则相对较低. 此外,鳎鰽肌肉和皮中必需氨基酸相对含量均高于泥鳎.

鳎鰽与泥鳎 AAS 和 CS 评分见表 5. 由表 5 可知,两种鳎类肌肉中第一限制性氨基酸均为缬氨酸,其 AAS 评分均在 0.87 以上,CS 评分在 0.66 以上. 此外,鳎鰽肌肉中第二限制性氨基酸是苯丙氨酸 + 酪氨酸,而泥鳎肌肉中第二限制性氨基酸为异亮氨酸. 鳎鰽皮中第一限制性氨基酸是苏氨酸,其 AAS 评分为 0.61,CS 评分为 0.52;泥鳎皮中第一限制性氨基酸是蛋氨

酸 + 胱氨酸,其 AAS 评分为 0.51,CS 评分为 0.29. 两种鳎类皮中第二限制性氨基酸均为亮氨酸. 总的来看,两种鳎类中,肌肉和皮中 EAAI 按照 WHO/FAO 和 CS 模式计算均大于 97,说明这两种鳎类的肌肉和皮中氨基酸均衡性较好,有较高的营养价值.

表4 鳎鰽和泥鳎的必需氨基酸含量

Table 4 The essential amino acid contents of *Paracoptis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus*

	mg/g			
必需氨基酸	鳎鰽肌肉	泥鳎肌肉	鳎鰽皮	泥鳎皮
Ile	296.84	236.99	229.94	179.74
Leu	483.43	449.84	340.56	294.63
Thr	239.10	256.78	151.83	183.37
Val	289.64	271.03	290.91	234.51
Met + Cys	223.82	219.95	285.49	112.40
Phe + Tyr	358.74	402.94	374.24	286.88
Lys	543.16	472.19	267.04	298.45
总计	2 434.73	2 309.72	1 940.01	1 589.98

2.4 鳎鰽与泥鳎的脂肪酸组成分析

鳎鰽和泥鳎的脂肪酸组成见表 6. 由表 6 可以看出,两种鳎类脂肪中共检测出 21 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸 6 种,单不饱和脂肪酸 4 种,多不饱和脂肪酸 11 种. 不同鳎类脂肪酸组成无明显差异,这与文献[14]的研究结果一致. 与皮中脂肪酸组成相比,肌肉中饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量相对较少,而多不饱和脂肪酸含量较高. 不饱和脂肪酸中,油酸和亚油酸相对含量最多. 鳎鰽肌肉和皮中亚油酸相对含量无明显差异,而泥鳎肌肉中亚油酸含量则显著高于皮中含量. 亚油酸作为人和动物必需的氨基酸,对机体健康具有非常重要的作用,在体内可以使胆固醇酯化,降低胆固醇水平,对糖尿病也有预防作用^[15-16]. 有脑部保健作用和降低血糖、保护脑血管、提高记忆力和视力等作用的多不饱和脂肪酸^[17](如 EPA 和 DHA)在泥鳎脂肪中相对含量稍高,但泥鳎中脂肪含量极低,

表 5 鳗 鳅与泥鳅 AAS 和 CS 评分

Table 5 The AAS and CS of *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus*

必需氨基酸	鳗鳅肌肉		泥鳅肌肉		鳗鳅皮		泥鳅皮	
	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
Ile	1.19	0.90	0.95 *	0.76 *	0.92	0.69	0.72	0.54
Leu	1.10	0.91	1.02	0.82	0.77 *	0.64 *	0.67 *	0.55 *
Thr	0.96	0.82	1.03	0.86	0.61 **	0.52 **	0.73	0.63
Val	0.93 **	0.66 **	0.87 **	0.70 **	0.94	0.66	0.76	0.53
Met + Cys	1.02	0.58	1.00	0.57	1.30	0.74	0.51 **	0.29 **
Phe + Tyr	0.94 *	0.63 *	1.06	0.67	0.98	0.66	0.75	0.51
Lys	1.60	1.23	1.39	0.77	0.79	0.61	0.88	0.68
总计	1.11	0.81	1.05	0.77	0.89	0.65	0.73	0.53
EAAI	97.74	97.44	98.23	97.94	99.29	98.99	97.72	97.42

注：* * 为第一限制性氨基酸，* 为第二限制性氨基酸。

表 6 鳗 鳅和泥鳅的脂肪酸组成

Table 6 The fatty acid composition of *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus* %

脂肪酸	鳗鳅肌肉	泥鳅肌肉	鳗鳅皮	泥鳅皮
C14 : 0	1.02	1.33	1.74	1.87
C15 : 0	0.55	0.30	0.40	1.29
C16 : 0	17.15	19.07	22.98	17.42
C17 : 0	1.20	0.25	0.42	1.59
C18 : 0	5.84	3.65	4.35	5.03
C20 : 0	0.17	0.13	0.24	0.48
饱和脂肪酸	24.73	25.93	30.14	27.68
C16 : 1	6.75	5.61	9.43	16.71
C18 : 1	19.98	24.00	27.52	22.54
C20 : 1	2.89	0.88	1.56	2.66
C22 : 1	0.73	0.38	1.50	—
单不饱和脂肪酸	30.87	30.35	40.01	41.90
C18 : 2	20.05	33.27	21.24	8.60
C18 : 3 _{n-6}	0.62	0.43	0.38	—
C18 : 3 _{n-3}	1.91	3.01	1.75	4.78
C20 : 2	0.90	0.68	0.59	0.77
C20 : 3	1.13	0.68	0.48	0.43
C20 : 4	7.66	0.35	0.52	5.96
C20 : 5 _{n-3}	1.54	0.88	0.93	3.38
C22 : 3	2.03	0.08	0.12	0.94
C22 : 4	0.67	0.09	0.10	0.66
C22 : 5 _{n-3}	2.45	0.86	0.57	2.03
C22 : 6 _{n-3}	4.77	4.09	2.36	2.65
多不饱和脂肪酸	44.41	43.73	29.04	30.19

注：—表示未检出。

鳗鳅中脂肪相对含量丰富,所以总体来看,鳗鳅

中含有较为丰富的不饱和脂肪酸.

2.5 鳗 鳅与泥鳅的矿质元素含量分析

鳗鳅与泥鳅的必需矿质元素组成(湿基)和鳗鳅和泥鳅中重金属元素组成(湿基)分别见表 7 和表 8. 由表 7 和表 8 可知,两种鳅类肌肉中 K 含量最高,而皮中 Ca 含量最高,其次是 Na,Mg,Zn,Fe 和 Cu. 这些矿质元素对人体的营养与健康有非常重要的生理和病理意义. 由于两种鳅类的皮中水分含量均低于肌肉,所以以湿基计,皮中的矿质元素含量普遍高于相对应的肌肉中含量. 其中,K⁺参与细胞内的渗透压和体液的酸碱平衡,以及细胞内糖和蛋白质的代谢,而肌肉中糖和蛋白代谢活跃,因此肌肉中 K⁺浓度高于相应的皮中. 此外,泥鳅中的 Cr 和鳗鳅中的 Cd 元素肌肉含量高于对应皮中含量.

泥鳅肌肉与皮中各种矿质元素的含量普遍略高于对应鳗鳅中的含量. 由元素生物选择规律可知^[18],由于生存环境和品种差异等原因,泥鳅中矿质元素含量更加丰富,但是由于生长较慢,对环境中重金属的富集也比鳗鳅多,所以重金属含量也比较高. Cr,Pb 和 Cd 的国家限量标准分别为 2000 μg/kg,500 μg/kg 和 100 μg/kg^[19],两种鳅类的重金属含量都在限量标准以

表 7 鳎鳎与泥鳎的必需矿质元素组成(湿基)

Table 7 The essential mineral contents of <i>Paracobitis anguillioides</i> and <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>								mg/kg
部位	Cu	Fe	Zn	Mn	Na	K	Mg	Ca
鳎鳎肌肉	2.06	10.20	15.61	0.14	436.83	2687.36	191.24	1460.83
鳎鳎皮	1.77	16.27	27.00	0.86	763.35	1416.07	253.02	4091.26
泥鳎肌肉	1.30	14.65	19.01	0.57	597.17	1750.49	513.67	1689.28
泥鳎皮	2.55	20.74	50.34	2.72	575.71	1031.46	763.02	5948.43

表 8 鳎鳎和泥鳎中重金属元素组成(湿基)
Table 7 The heavy metal contents of *Paracobitis anguillioides* and *Misgurnus anguillicaudatus*

<i>anguillicaudatus</i>			μg/kg
部位	Cr	Pb	Cd
鳎鳎肌肉	49.82	59.25	11.92
鳎鳎皮	168.52	103.35	4.52
泥鳎肌肉	1 040.80	138.25	13.06
泥鳎皮	893.90	374.07	24.88

内.而鳎鳎中含有丰富的矿质元素的同时,重金属含量较泥鳎也更低.

3 结论

通过对鳎鳎和泥鳎的营养成分进行分析及比较研究,结果发现:

1)鳎鳎和泥鳎肉蛋白质含量都比较高,分别为 14.22% 和 18.34%;鳎鳎肉中脂肪含量高于泥鳎,分别为 8.43% 和 2.38%. 这导致鳎鳎肉质更加细嫩.

2)与肌肉相比,皮中水分含量较少,鳎鳎的肉和皮中水分含量分别为 75.45% 和 65.62%,泥鳎对应的含量分别为 80.41% 和 72.13%.

3)两种鳎类中,皮的胶原蛋白含量丰富,含量在 60 mg/g 以上,肉中胶原蛋白含量在 5.7 mg/g 左右,这导致皮中必需氨基酸相对含量稍低于肌肉中必需氨基酸含量.

4)两种鳎类中 EAAI 值均高于 97 分,说明这两种鳎类的肌肉和皮中氨基酸均衡性较好.此外,鳎鳎和泥鳎肌肉中第一限制性氨基酸均

为缬氨酸,而皮中第一限制性氨基酸分别是苏氨酸和蛋氨酸 + 胱氨酸.

5)两种鳎类皮中脂肪含量和多不饱和脂肪酸相对含量均显著低于相应肌肉中含量.考虑到泥鳎中脂肪含量较低,因此基于绝对含量计鳎鳎中含有较为丰富的不饱和脂肪酸.

6)两种鳎类皮中矿质元素和重金属含量相对较高.其中,鳎鳎和泥鳎皮 Ca 含量最高,分别达到 4 091.83 和 5 948.43 mg/kg. 鳎鳎和泥鳎肌肉矿质元素中含量最高的是 K 元素,分别均 2 687.36 mg/kg 和 1 750.49 mg/kg. 此外,由于鳎鳎生长快,对环境中的重金属的富集较少.

由研究可得,两种鳎类营养成分有所差异,各有特点.应当根据其不同的营养特点对其加以开发利用.在同种鳎类中肌肉和皮差异较大,从不同方面满足了人体对营养的需求.

参考文献:

[1] 张锐昌,蒋秋燕,张应龙. 泥鳎的综合开发利用[J]. 食品与药品,2010,12(5):197.

[2] KIROS S,AOKI J Y,PARK C B. Annual changes in testicular development and plasma sex steroids in the captive male dojo loach *Misgurnus anguillicaudatus* [J]. Ichthyological Research, 2011,58(58):217.

[3] 张立坤,李中科,闫保国. 鳎鳎胚胎发育观察[J]. 河北渔业,2015(11):46.

[4] 康辰香. 2016 年河北省台湾鳎鳎人工繁育如火如荼展开[J]. 河北渔业,2016 (5):86.

[5] 赵振山,印杰. 泥鳎和大鳞副泥鳎营养成分分

- 析[J]. 水生生态学杂志, 1999(2):16.
- [6] 朱红元, 满远星. 泥鳅与大鳞副泥鳅区分方法及营养差异[J]. 水产养殖, 2013(3):1.
- [7] 印杰, 熊传喜, 李圣华, 等. 四倍体和二倍体泥鳅及大鳞副泥鳅营养成分分析[J]. 水生生态学杂志, 2008, 1(6):67.
- [8] 黄菊, 储张杰, 邓尚贵, 等. 三种泥鳅生长性能及营养成分的比较[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2015(1):32.
- [9] World Health Organization. Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation[M]. WHO, 1991.
- [10] 姜启兴, 吴佳芮, 许艳顺. 鳙鱼不同部位的成分分析及营养评价[J]. 食品科学, 2014, 35(5):183.
- [11] 曾名勇, 黄海. 几种鱼类胶原蛋白含量在冻藏过程中的变化[J]. 食品科学, 2004, 25(2):51.
- [12] JIANG Q, LI S, XU Y. Nutrient compositions and properties of antarctic Krill (*Euphausia superba*) muscle and processing by-products[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2015(3):1.
- [13] 陈炳卿. 营养与食品卫生学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1993.
- [14] GAO J, KOSHIO S, NGUYEN B T. Comparative studies on lipid profiles and amino acid composition of wild and cultured Dojo loach *Misgurnus anguillicaudatus* obtained from southern Japan[J]. Fisheries Science, 2012, 78(6):1331.
- [15] 张春娥, 张惠, 刘楚怡. 亚油酸的研究进展[J]. 粮油加工, 2010(5):18.
- [16] 张越华, 曾和平. 脂肪酸在生命过程中的作用研究进展[J]. 中国油脂, 2006, 31(12):11.
- [17] 郑秋甫. Omega-3 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中华保健医学杂志, 2011, 13(5):357.
- [18] 王则民. 元素的生物选择规律[J]. 自然杂志, 1997, 19(1):47.
- [19] 朱文慧, 步营, 于玲. 国内外水产品中重金属限量标准研究[J]. 齐鲁渔业, 2010, 27(3):49.