

野生与养殖许氏平鲷 品质的比较

李智慧^{1,2}, 孙永², 史建如², 马玉洁², 宿志伟², 周德庆^{2,*}

(1. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266109;

2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071)

摘要: 为了解不同生长环境下鱼类的品质差异, 分别对野生和养殖许氏平鲷主要营养成分、质构及 FTIR 特性进行了比较分析。结果表明, 野生许氏平鲷的水分含量显著高于养殖许氏平鲷($p < 0.01$), 粗蛋白、粗脂肪含量显著低于养殖许氏平鲷($p < 0.05$); 野生许氏平鲷氨基酸总量、必需氨基酸总量和呈味氨基酸总量都显著高于养殖许氏平鲷($p < 0.05$), 必需氨基酸指数也高于养殖许氏平鲷; 野生许氏平鲷的单不饱和脂肪酸总量以及 ARA、EPA 都显著高于养殖许氏平鲷($p < 0.05$), 而 DHA 显著低于养殖许氏平鲷($p < 0.05$); 在质构特性上, 野生许氏平鲷的黏附性显著低于养殖许氏平鲷($p < 0.05$), 而弹性、咀嚼性显著高于养殖许氏平鲷($p < 0.05$)。FTIR 分析结果表明, 野生和养殖许氏平鲷脂肪酸特征峰形差异明显, 这是两者脂肪酸差异显著的一个验证。研究结果表明, 许氏平鲷在不同的生长环境下其基本营养成分、氨基酸、脂肪酸和质构等特性差异显著, 可以作为其品质评价与分级研究的基础资料和参考依据。

关键词: 许氏平鲷, 营养成分, 质构, 红外光谱

Comparative of quality of wild-captured and farmed *Sebastes schlegeli*

LI Zhi-hui^{1,2}, SUN Yong², SHI Jian-ru², MA Yu-jie², SU Zhi-wei², ZHOU De-qing^{2,*}

(1. College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China;

2. Yellow Sea Fishery Research Institute Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: In order to find out the quality differences of *Sebastes schlegeli* in different living conditions, the primary nutrients, textural and FTIR properties of wild-captured and farmed *Sebastes schlegeli* were compared and analyzed. The results showed that the moisture content of wild-captured *Sebastes schlegeli* was significantly higher than farmed ($p < 0.01$), while the contents of crude protein and crude fat of wild-captured *Sebastes schlegeli* were significantly lower than farmed ($p < 0.05$). The contents of total amino acids and essential amino acids and delicious amino acids of wild-captured *Sebastes schlegeli* were significantly higher than farmed ($p < 0.05$). The essential amino acids index (EAAI) of wild-captured *Sebastes schlegeli* was higher than farmed. The contents of MUFA, ARA and EPA of wild-captured *Sebastes schlegeli* were significantly higher than farmed ($p < 0.05$), while the contents of DHA were significantly lower than farmed ($p < 0.05$). The adhesiveness of wild-captured *Sebastes schlegeli* was significantly lower than farmed ($p < 0.05$), while the springiness and chewiness of wild-captured were significantly higher than farmed ($p < 0.05$). There were obvious differences in the characteristic peaks of fatty acids in the FTIR. It was a validation on significant differences of fatty acids composition between wild-captured and farmed *Sebastes schlegeli*. The results indicated that there were significant differences on the basic nutrients, amino acids, fatty acids and textural properties of *Sebastes schlegeli* in different living conditions. These could be used as basic information and reference in order to study on quality evaluation and grading.

Key words: *Sebastes schlegeli*; nutrient composition; textural properties; infrared spectra

中图分类号: TS254.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)08-0087-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.08.009

许氏平鲷 (*Sebastes schlegeli*) 俗称黑石鲈、黑裙、黑头鱼等^[1], 是卵胎生的岩礁性鱼类, 隶属于脊索动物门 (Chordata)、硬骨鱼纲 (Osteichthyes)、鲷形目

(*Scorpaeniformes*)、鲷科 (*Sebastidae*)、平鲷属 (*Sebastes*)^[2], 主要分布在我国黄海、渤海、东海以及朝鲜半岛、日本、鄂霍次克海等海域。其肉质细嫩,

收稿日期: 2016-10-14

作者简介: 李智慧 (1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品质量与安全, E-mail: 18354286369@163.com。

* 通讯作者: 周德庆 (1962-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 水产品加工与质量安全, E-mail: zhoudq@ysfri.ac.cn。

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAD17B01)。

味道鲜美,深受广大消费者喜爱,是我国及韩国、日本的一种重要捕捞及养殖鱼类^[3]。

近年来,近海海洋渔业资源逐步匮乏,海捕野生许氏平鲈产量已无法满足消费需求。目前,市场上很大一部分许氏平鲈是网箱养殖的,由于养殖周期短及饵料配比等方面的因素,野生和养殖许氏平鲈感官上存在较大差异,价格上也相差悬殊。目前,已经有对野生与养殖牙鲆^[4]、长吻鮠^[5]、南亚野鲮^[6]、胭脂鱼^[7]、大黄鱼^[8]、草鱼^[9]等鱼类营养成分的比较分析,而对野生和养殖许氏平鲈品质的分析鲜有报道。本研究主要针对野生和养殖许氏平鲈的主要营养成分和质构特性进行比较分析,并通过其傅里叶变换红外光谱(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)进行比对,为许氏平鲈等水产品的品质评价与分级研究提供基础资料和参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

野生许氏平鲈 2016年4~6月份分别从青岛市崂山区沙子口码头和日照市岚山区潘家村码头采集,共10尾,体重范围为506.2~518.3 g,体长范围为29.9~31.6 cm; **养殖许氏平鲈** 从青岛市胶南灵山岛和大连市皮口镇个体养殖户采集,共10尾,体重范围为512.8~522.7 g,体长范围为31.8~33.1 cm; **氨基酸混合标准溶液** 上海谷研科技有限公司; **35种脂肪酸甲酯混合标准溶液、内标十九烷酸甲酯** sigma公司; **茚三酮、甲醇、正己烷、盐酸、氢氧化钠等试剂** 均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

日立L-8900氨基酸自动分析仪 株式会社日立制作所; **Trace1310 ISQ气相色谱质谱联用仪** 赛默飞世尔科技公司; **TA.XT.Plus型物性测试仪** 英国Stable Micro Systems公司; **Bruker Tensor27傅里叶变换红外光谱仪** 德国Bruker公司。

1.2 样品制备

分别将野生与养殖许氏平鲈沿背脊一分为二,取背部肌肉。一侧绞碎混匀,用于主要营养成分的测定及FTIR的扫描。另一侧切成2.0 cm × 2.0 cm × 1.0 cm的小块,用于质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)测试。

1.3 测定方法

1.3.1 基本营养成分的测定 水分参照GB 5009.3-2010测定;粗蛋白参照GB 5009.5-2010测定;粗脂肪参照GB/T 5009.6-2003测定;粗灰分参照GB 5009.4-2010测定。

1.3.2 氨基酸(除色氨酸外) 参照GB/T 5009.124-2003的方法进行样品预处理,使用氨基酸自动分析仪测定。

1.3.3 脂肪酸 参照GB/T 9695.2-2008的方法进行样品预处理,取5 g样品于50 mL烧瓶中,加入4 mL氢氧化钠甲醇溶液、100 μL十九烷酸甲酯内标,水浴回流至油滴消失。加入5 mL三氟化硼甲醇溶液,继续煮沸3 min,加入2 mL异辛烷,停止加热,移去冷凝管。立即加入20 mL饱和氯化钠溶液,振荡15 s,继续加入饱和氯化钠溶液至烧瓶颈部,吸取上层异

辛烷溶液1 mL于试管中,加适量无水硫酸钠脱水,过0.45 μm滤膜,使用气相色谱质谱联用仪检测,按峰面积归一化法计算脂肪酸的含量。

1.3.4 TPA模式测试 将样品置于物性测试仪上,探头型号P/0.5,测试前速率2.00 mm/s,测试中速率1.00 mm/s,测试后速率5.00 mm/s,压缩比50%,测试时间间隔5 s,样品压缩次数2次。测定的参数包括:硬度、黏附性、弹性、凝聚性、胶黏性、咀嚼性、恢复性。

1.3.5 FTIR分析 将样品冻干研碎,KBr压片,进行FTIR测定,扫描波数范围为4000~400 cm⁻¹,分辨率2 cm⁻¹,取其平均光谱进行分析。

1.4 氨基酸营养品质评价方法

根据1973年世界粮食与农业组织/世界卫生组织(FAO/WHO)建议的必需氨基酸评分标准模式(% ,dry)^[10]和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式(% ,dry)^[11],通过氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAl)^[12]评价野生和养殖许氏平鲈的营养价值。计算公式如下:

$$AAS = \text{待测样品氨基酸含量} \div (\text{FAO/WHO 标准模式中同种氨基酸含量})$$

$$CS = \text{待测样品氨基酸含量} \div \text{全鸡蛋蛋白质同种氨基酸含量}$$

$$EAAl = [(100A/AE) \times (100B/BE) \times (100C/CE) \times \dots \times (100G/GE)]^{1/n}$$

EAAl式中, n为比较的必需氨基酸的个数, A、B、C、……、G为待测样品中各必需氨基酸的含量(% ,dry), AE、BE、CE、……、GE代表全鸡蛋蛋白质中相对应的必需氨基酸的含量(% ,dry)。

1.5 数据处理与统计

用SPSS 17.0软件对数据进行显著性分析, p < 0.01为极显著性差异, p < 0.05为显著性差异;用OPUS 7.0软件进行光谱采集。

2 结果与讨论

2.1 主要营养成分

由表1可知,野生许氏平鲈的水分含量极显著高于养殖许氏平鲈(p < 0.01),粗蛋白、粗脂肪含量显著低于养殖许氏平鲈(p < 0.05),灰分含量无显著性差异(p > 0.05),这与Alasalvar C等^[13]人对野生和养殖欧洲鲈肌肉营养成分的研究结果类似,但也有一些研究结果与此不同,野生牙鲆^[4]、虹鳟鱼^[14]、三文

表1 野生和养殖许氏平鲈肌肉的主要营养成分比较

Table 1 Comparison of primary nutrients in wild-captured and farmed black rockfish muscles		
营养成分	野生	养殖
水分(%)	79.13 ± 0.89 ^A	75.74 ± 1.08 ^B
粗蛋白(%)	18.95 ± 0.68 ^B	22.15 ± 0.76 ^A
粗脂肪(%)	1.92 ± 0.36 ^b	2.32 ± 0.31 ^a
灰分(%)	1.80 ± 0.51	1.90 ± 0.52

注:同行中标注不同大写字母表示差异极显著(p < 0.01),标注不同小写字母表示差异显著(p < 0.05);表2、表4、表5同。

鱼^[15]的粗蛋白的含量高于养殖群体,粗脂肪含量低于养殖群体,造成这种差异的原因可能与其食物的营养成分、生活环境、生长期、性别、季节等多种因素相关^[5]。

2.2 氨基酸的组成及评价

许氏平鲈肌肉中共测出 17 种氨基酸(酸水解法处理样品,色氨酸被水解破坏未测)见表 2,包括 7 种必需氨基酸(essential amino acid, EAA)、2 种半必需氨基酸(semi-essential amino acid, SEAA)、8 种非必需氨基酸(nonessential amino acid, NEAA)。比较可知,野生许氏平鲈肌肉中亮氨酸、苏氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、丙氨酸、谷氨酸、丝氨酸含量显著高于养殖许氏平鲈($p < 0.05$);野生许氏平鲈的氨基酸总量(total amino acid, TAA)占干基重量的 76.41%,显著($p < 0.05$)高于养殖许氏平鲈(74.16%);根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质其组成氨基酸的 EAA/TAA 为 40% 左右, EAA/NEAA 在 60% 以上^[16],而野生和养殖许氏平鲈的 EAA/TAA 分别为 41.81% 和 41.67%, EAA/NEAA 分别为 85.38% 和 85.79%,由此可知,野生和养殖许氏平鲈肌肉的氨基酸组成均符合 FAO/WHO 标准,其所含蛋白质均属于优质蛋白;动物蛋白质的鲜美程度主要取决于天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸等呈味氨基酸(delicious amino acid, DAA)的组成与含量,其中谷氨酸和天冬氨酸为呈鲜味的氨基酸,谷氨酸鲜味最强,甘氨酸、丙氨酸为呈甘味的氨基酸^[17],野生许氏平鲈谷氨酸含量(12.27%)极显著($p < 0.01$)高于养殖许氏平鲈(11.61%)。野生许氏平鲈的 DAA/TAA(37.38%)也高于养殖许氏平鲈(36.96%),这一结果说明野生许氏平鲈滋味更丰富。

氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、氨基酸指数(EAAI)是分析鱼类肌肉必需氨基酸组成,评价蛋白质营养价值的常用指标^[4]。根据表 3 可知,野生和养殖许氏平鲈的 AAS 均接近 1, CS 均大于 0.5,组成相对均衡,接近人体需要的氨基酸模式,这样的蛋白质人体利用较完全,营养价值较高;其中赖氨酸的含量最为丰富,可以弥补以谷物为主的膳食者食物中赖氨酸的不足,从而提高人体对蛋白质的利用率^[18];根据 AAS 可知,野生和养殖许氏平鲈的第一限制性氨基酸均是缬氨酸,根据 CS 可知,野生许氏平鲈的第

表 2 野生和养殖许氏平鲈肌肉氨基酸组成与含量比较(% ,干基)

Table 2 Comparison of amino acid compositions and contents in wild-captured and farmed black rockfish muscles(% ,dry weight)

类别	种类	野生	养殖
EAA	异亮氨酸	3.62 ± 0.18	3.52 ± 0.16
	亮氨酸	6.60 ± 0.30 ^a	6.40 ± 0.39 ^b
	苏氨酸	4.15 ± 0.19 ^a	4.05 ± 0.22 ^b
	缬氨酸	3.80 ± 0.07	3.76 ± 0.15
	赖氨酸	7.79 ± 0.31 ^A	7.39 ± 0.47 ^B
	苯丙氨酸	3.46 ± 0.26	3.37 ± 0.20
	蛋氨酸	2.53 ± 0.16 ^a	2.41 ± 0.13 ^b
SEAA	组氨酸	1.83 ± 0.10	1.85 ± 0.04
	精氨酸	5.21 ± 0.31	5.39 ± 0.27
	甘氨酸	3.39 ± 0.21	3.29 ± 0.18
	丙氨酸	4.71 ± 0.19 ^a	4.58 ± 0.24 ^b
NEAA	谷氨酸	12.27 ± 0.32 ^A	11.61 ± 0.25 ^B
	脯氨酸	1.39 ± 0.09	1.42 ± 0.04
	丝氨酸	3.34 ± 0.15 ^A	3.21 ± 0.11 ^B
	胱氨酸	1.02 ± 0.08	0.94 ± 0.03
	天冬氨酸	8.19 ± 0.33	7.93 ± 0.27
	酪氨酸	3.11 ± 0.24	3.04 ± 0.15
	TAA	76.41 ± 1.96 ^a	74.16 ± 1.28 ^b
EAA	31.95 ± 1.85 ^a	30.90 ± 1.59 ^b	
NEAA	37.42 ± 1.10 ^a	36.02 ± 1.33 ^b	
SEAA	7.04 ± 0.21	7.24 ± 0.17	
DAA	28.56 ± 0.58 ^A	27.41 ± 0.81 ^B	
EAA/TAA	41.81	41.67	
EAA/NEAA	85.38	85.79	
DAA/TAA	37.38	36.96	

注:以干基计;呈味氨基酸为谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸。

一限制性氨基酸是缬氨酸、蛋氨酸和胱氨酸,而养殖许氏平鲈的第一限制性氨基酸是蛋氨酸和胱氨酸;必需氨基酸指数(EAAI)是评价食物蛋白质营养价值的常用指标之一,能反映必需氨基酸含量与标准蛋白质(鸡蛋蛋白)相比接近的程度^[19],野生许氏平鲈的 EAAI(74.35)大于养殖许氏平鲈(71.92),从

表 3 野生和养殖许氏平鲈肌肉的 AAS、CS 和 EAAI 的比较

Table 3 Comparative analysis of AAS, CS and EAAI in wild-captured and farmed black rockfish muscles

氨基酸模式	FAO/WHO 模式	全鸡蛋模式	野生		养殖	
			AAS	CS	AAS	CS
异亮氨酸	2.50	3.31	0.90	0.68	0.88	0.66
亮氨酸	4.40	5.34	0.94	0.77	0.91	0.75
苏氨酸	2.50	2.92	1.04	0.89	1.01	0.87
缬氨酸	3.10	4.10	0.77	0.58	0.76	0.57
赖氨酸	3.40	4.41	1.43	1.10	1.36	1.05
苯丙氨酸 + 酪氨酸	3.80	5.65	1.08	0.73	1.06	0.71
蛋氨酸 + 胱氨酸	2.20	3.86	1.01	0.58	0.95	0.54
EAAI			74.35		71.92	

表4 野生和养殖许氏平鲷肌肉中脂肪酸的含量比较(%)

Table 4 Comparative analysis of fatty acid contents in wild-captured and farmed black rockfish muscles(%)

种类	野生	养殖	
饱和脂肪酸(SFA)	C12:0	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.00
	C14:0	1.72 ± 0.35	1.94 ± 0.13
	C15:0	0.24 ± 0.05	0.30 ± 0.02
	C16:0	20.38 ± 2.21	20.68 ± 1.27
	C17:0	0.33 ± 0.04	0.35 ± 0.04
	C18:0	10.95 ± 1.43	11.20 ± 1.63
	C20:0	0.17 ± 0.02	0.17 ± 0.02
单不饱和脂肪酸(MUFA)	C16:1	7.19 ± 0.14 ^a	6.61 ± 0.13 ^b
	C17:1	0.34 ± 0.04	0.27 ± 0.03
	C18:1	9.22 ± 0.24 ^a	8.37 ± 0.29 ^b
	C18:1t	2.38 ± 0.19 ^A	1.60 ± 0.07 ^B
	C20:1	0.84 ± 0.23	1.01 ± 0.06
	C21:1	0.60 ± 0.09 ^B	1.69 ± 0.40 ^A
	C18:2	0.86 ± 0.12	0.82 ± 0.04
多不饱和脂肪酸(PUFA)	C20:4(ARA)	1.68 ± 0.12 ^a	1.34 ± 0.16 ^b
	C20:5(EPA)	10.05 ± 0.78 ^A	8.06 ± 0.34 ^B
	C22:2	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.02
C22:6(DHA)	32.97 ± 1.04 ^b	35.48 ± 0.77 ^a	
EPA + DHA	43.02 ± 1.25	43.54 ± 1.41	
ΣSFA	33.83 ± 0.53	34.69 ± 0.82	
ΣMUFA	20.56 ± 0.39 ^a	19.55 ± 0.21 ^b	
ΣPUFA	45.60 ± 1.20	45.75 ± 1.15	
ΣMUFA + ΣPUFA	66.17 ± 1.25	65.31 ± 1.02	

EAAI 角度而言,野生许氏平鲷肌肉中必需氨基酸更趋于鸡蛋蛋白质,更适合人类对氨基酸的营养需求。

2.3 脂肪酸的组成及含量

由表4可知,野生和养殖许氏平鲷均检出18种脂肪酸,其中饱和脂肪酸7种,单不饱和脂肪酸6种,多不饱和脂肪酸5种。野生和养殖许氏平鲷肌肉中均含有丰富的不饱和脂肪酸,分别占66.17%和65.31%。野生许氏平鲷的单不饱和脂肪酸含量显著高于养殖许氏平鲷($p < 0.05$)。在多不饱和脂肪酸中,野生许氏平鲷的ARA和EPA显著高于养殖许氏平鲷($p < 0.05$),而DHA显著低于养殖许氏平鲷($p < 0.05$)。两者多不饱和脂肪酸中DHA + EPA分别占脂肪酸总量的43.02%和43.54%,高于野生和养殖的虹鳟鱼(29.99%和17.94%)^[15]、野生和养殖海鲈鱼(28.79%和16.38%)^[20]、野生和养殖黄鲈鱼(35.47%和40.81%)^[21]。

2.4 质构特性分析

质构是食品组织特性的一项重要指标,肌肉的质地结构直接影响其口感,TPA测试模型是通过模拟口腔咀嚼来测定样品的感官性能,通过量化的指标客观全面的评价食品的品质,避免了人为因素对食品品质评价结果的主观影响^[22]。由表5可知,野生和养殖许氏平鲷肌肉的硬度、凝聚性、胶黏性、恢复性并无显著性差异($p > 0.05$);而野生许氏平鲷肌肉的黏附性显著低于养殖许氏平鲷($p < 0.05$),黏附性参数能够反映鱼肉细胞间结合力大小,细胞间结

合力越小,则黏附性值越大^[23],说明野生许氏平鲷肌肉的细胞间结合力显著大于养殖许氏平鲷;野生许氏平鲷肌肉的弹性、咀嚼性则显著高于养殖许氏平鲷($p < 0.05$),这可能与野生许氏平鲷ATP酶活性相对较高,肌肉间的结合力相对较大有关^[24],弹性越强,咀嚼性越好,说明野生许氏平鲷在食用时口感的惬意程度更佳。

表5 野生和养殖许氏平鲷肌肉质构测定结果的比较

Table 5 Comparative analysis of TPA properties in wild-captured and farmed black rockfish muscles

种类	野生	养殖
硬度(g)	1698 ± 197.78	1372 ± 208.45
黏附性(g*s)	-37.65 ± 3.35 ^b	-22.93 ± 2.94 ^a
弹性	0.70 ± 0.06 ^a	0.58 ± 0.02 ^b
凝聚性	0.39 ± 0.05	0.42 ± 0.03
胶黏性(g)	656.3 ± 100.90	576.7 ± 71.20
咀嚼性(g)	455.5 ± 39.35 ^a	338.3 ± 20.79 ^b
恢复性	0.18 ± 0.02	0.20 ± 0.02

2.5 FTIR 分析

脂肪、蛋白质等主要营养成分在中红外光区有典型的特征吸收峰,其中脂肪的特征峰为 ν_{CH_2} (2925 ± 1) cm^{-1} 、 ν_{CH_2} (2854 ± 1) cm^{-1} 和 $\nu_{\text{C}=\text{O}}$ (1746 ± 1) cm^{-1} ;蛋白质的特征峰为 $\nu_{\text{C}=\text{O}}$ 1680~1630 cm^{-1} 和 $\nu_{\text{N-H, C-N}}$ 1570~1510 cm^{-1} ^[25];由图1可得出,野生和养殖许氏平鲷红外光谱在 ν_{CH_2} 2926 cm^{-1} 、 ν_{CH_2} 2855 cm^{-1}

处的峰形差异明显,养殖许氏平鲈在 $\nu_{C=O}$ 1746 cm^{-1} 处有明显的特征峰,而野生许氏平鲈在此处并没有出现特征峰,这一结果进一步验证了两者脂肪酸的差异。

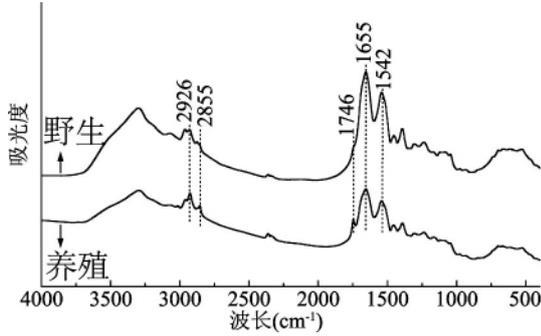


图1 野生和养殖许氏平鲈肌肉的 FTIR 图
Fig.1 The FTIR spectra of wild-captured and farmed black rockfish muscles

3 结论

许氏平鲈是一种营养价值较高的鱼类,能为人们提供优质的动物食用蛋白,随着我国经济的发展,人们生活水平的不断提高,对水产品品质的要求也越来越高,通过对比野生和养殖许氏平鲈的主要营养指标可知,野生许氏平鲈水分含量高于养殖许氏平鲈,而粗蛋白、粗脂肪含量低于养殖许氏平鲈。野生和养殖许氏平鲈的 EAA/TAA、EAA/NEAA、AAS、CS 均符合人体所需要的氨基酸模式,从 EAAI 角度而言,野生许氏平鲈肌肉中必需氨基酸更趋于鸡蛋蛋白质,更适合人类对氨基酸的营养需求;从 DAA/TAA 来看,野生许氏平鲈较养殖许氏平鲈更加鲜美;野生和养殖许氏平鲈均含有丰富的不饱和脂肪酸,但野生许氏平鲈的单不饱和脂肪酸总量以及 ARA、EPA 显著高于养殖许氏平鲈 ($p < 0.05$),而 DHA 显著低于养殖许氏平鲈 ($p < 0.05$);野生许氏平鲈较养殖许氏平鲈肌肉细胞结合力更大,更有弹性和咀嚼性,口感较好;野生和养殖许氏平鲈 FTIR 差异明显,进一步验证了两者差异的存在。由此可见,通过比较分析其基本营养成分、氨基酸、脂肪酸和质构等特性的差异,可以为许氏平鲈等水产品的品质评价与分级研究提供基础资料和参考依据。

参考文献

[1] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 35-40.
[2] 成庆泰, 郝葆珊. 中国鱼类系统检索[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 1-539.
[3] 刘丽娟, 任利华, 姜向阳, 等. 黑鲷 (*Sebastes schlegelii*) 遗传多样性的等位酶研究[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(4): 479-483.
[4] 韩现芹, 贾磊, 王群山, 等. 野生与养殖牙鲆肌肉营养成分的比较[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(6): 94-99.
[5] 曹静, 张凤枰, 宋军, 等. 养殖和野生长吻鮠肌肉营养成分比较分析[J]. 食品科学, 2015(2): 126-131.

[6] Sharma P, Kumar V, Sinha A K, et al. Comparative fatty acid profiles of wild and farmed tropical freshwater fish rohu (*Labeo rohita*) [J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2010, 36(3): 411-417.
[7] 林郁葱, 龚媛, 龚世园, 等. 野生和人工养殖胭脂鱼肌肉营养成分的比较[J]. 淡水渔业, 2011, 41(6): 70-75.
[8] 段青源, 麦康森. 网箱养殖大黄鱼与天然大黄鱼营养成分的比较分析[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2000, 19(2): 125-128.
[9] 程汉良, 蒋飞, 彭永兴, 等. 野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较分析[J]. 食品科学, 2013, 34(13): 266-270.
[10] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements [M]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973: 52.
[11] 蔡完其(译). 养鱼饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1980: 114-115.
[12] 谭德清, 王剑伟, 但胜国, 等. 厚颌鲂含肉率及生化成分的分析[J]. 水生生物学报, 2004, 28(1): 17-22.
[13] Alasalvar C, Taylor K D A, Öksüz A, et al. Comparison of freshness quality of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(9): 3220-3226.
[14] Fallah A A, Siavash Saei - Dehkordi S, Nematollahi A. Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(4): 767-773.
[15] 刘延岭, 邓林. 养殖三文鱼与挪威三文鱼营养成分的比较分析[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(6): 84-86.
[16] 孙雷, 周德庆, 盛晓风. 南极磷虾营养评价与安全性研究[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(2): 94-99.
[17] 孙中武, 尹洪滨. 六种冷水鱼肌肉营养组成分析与评价[J]. 营养学报, 2004, 26(5): 386-388.
[18] 严安生, 熊传喜. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(1): 80-84.
[19] 王金娜, 唐黎, 刘科强, 等. 人工养殖与野生鳙鱼肌肉营养成分的比较分析[J]. 河北渔业, 2013(2): 8-14.
[20] 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.
[21] González S, Flick G J, O'keefe S F, et al. Composition of farmed and wild yellow perch (*Perca flavescens*) [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19(6): 720-726.
[22] 楚炎沛. 物性测试仪在食品品质评价中的应用研究[J]. 粮食与饲料工业, 2003, 7(4): 40-42.
[23] 潘秀娟. 苹果采后质地变化的破坏与非破坏检测研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2004: 24-29.
[24] 邱泽锋, 张良, 曾伟才, 等. 冷冻贮藏对凡纳滨对虾肌肉质构特性的影响[J]. 南方水产科学, 2011, 7(5): 63-67.
[25] 谢晶曦, 常俊标, 王绪明. 红外光谱在有机化学和药物化学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 189-302.