



赵玲,王善宇,刘淇,等.野生与养殖许氏平鲈肌肉营养和风味对比分析[J].轻工学报,2022,37(5):32-40.
ZHAO L, WANG S Y, LIU Q, et al. Comparative analysis of nutrition and flavor of muscle between wild and cultured *Sebastes schlegeli*[J]. Journal of Light Industry, 2022, 37(5): 32-40. DOI: 10. 12187/2022. 05. 004

野生与养殖许氏平鲈肌肉营养和风味对比分析

赵玲¹, 王善宇¹, 刘淇¹, 高峰涛², 尉岩^{3,4}

1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071;
2. 潍坊学院 生物与海洋学院, 山东 潍坊 261061;
3. 哈尔滨工程大学 船舶工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;
4. 山东耕海海洋科技有限公司, 山东 烟台 264003

摘要:以野生与养殖许氏平鲈为研究对象,对比分析其肌肉基本营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成和挥发性风味物质的差异。结果表明:野生与养殖许氏平鲈肌肉的基本营养成分存在明显差异,相较于养殖许氏平鲈肌肉,野生许氏平鲈肌肉的水分和灰分含量均显著较高($P < 0.05$),粗蛋白含量略高,而粗脂肪含量显著较低($P < 0.05$);在野生与养殖许氏平鲈肌肉中均检测到17种氨基酸,其中谷氨酸的含量最高,其次是天冬氨酸,组氨酸的含量最低,且野生许氏平鲈肌肉氨基酸总量(83.20 g/100 g)显著高于养殖许氏平鲈肌肉(77.30 g/100 g);野生与养殖许氏平鲈肌肉的 $\Sigma EAA/\Sigma AA$ 和 $\Sigma EAA/\Sigma NEAA$ 均符合FAO/WHO的优质蛋白标准,二者必需氨基酸指数分别为93.87和91.30,即野生许氏平鲈肌肉的蛋白营养价值高于养殖许氏平鲈肌肉;野生与养殖许氏平鲈肌肉均检测到15种脂肪酸,野生许氏平鲈肌肉中的EPA和DHA总含量显著高于养殖许氏平鲈肌肉($P < 0.05$),二者不饱和脂肪酸分别占总脂肪酸含量的69.81%和71.98%;许氏平鲈肌肉中共定性出20种挥发性风味物质,主要包括酮类、醛类、酯类、醇类及杂环化合物,养殖许氏平鲈肌肉中丁醛、丙醛和2-丁酮的相对含量明显高于野生许氏平鲈肌肉,二者呈现出不同的风味特征。

关键词:野生许氏平鲈;养殖许氏平鲈;经济鱼类;营养成分;风味物质

中图分类号:TS254.2 文献标识码:A 文章编号:2096-1553(2022)05-0032-09

0 引言

许氏平鲈(*Sebastes schlegeli*),也被称为黑鲷,属于鲈形目(Scorpaeniformes)鲈科(Scorpaenidae)平鲈属(*Sebastes*),是一种分布在中国、日本、朝鲜和俄罗斯北部海岸的冷暖性近海底食肉鱼类^[1]。许氏平鲈肉质鲜美、营养丰富,深受消费者喜爱,是中国北方沿海地区重要的海水网箱养殖经济鱼类

之一^[2-3]。

水产品的营养和风味品质受养殖环境、投食饵料、贮存加工方式等多种因素影响。目前,国内外对许氏平鲈的研究主要集中在繁育养殖^[4]、生物学^[5]及营养需求方面^[6-7],而不同生长环境的许氏平鲈肌肉营养成分相关研究报道较少。李智慧等^[8]研究了不同生长环境下许氏平鲈肌肉的品质,王婧文等^[9]对比分析了烟台、青岛、威海、日照、丹东及大

收稿日期:2022-02-24

基金项目:山东省农业重大应用技术创新项目(SD2019YY003)

作者简介:赵玲(1985—),女,山东省乳山市人,中国水产科学研究院黄海水产研究所助理研究员,博士,主要研究方向为水产品加工与高值化利用。E-mail:zhaoling@ysfri.ac.cn

通信作者:尉岩(1980—),男,山东省德州市人,哈尔滨工程大学高级工程师,主要研究方向为现代海洋渔业信息化技术。E-mail:weiyang@sdmg.com

连6个地区不同群体许氏平鲈肌肉的营养成分。另外,随着人们对水产品感官品质的要求不断提高,水产品的风味引起众多专家学者的关注,同时风味也是直接影响消费者喜爱程度的关键因素之一。

气相色谱-离子迁移谱(GC-IMS)是一种新兴的食品风味检测技术,兼具气相色谱(GC)分离特性好、离子迁移谱(IMS)灵敏度高的优点,已广泛应用于水产品的风味分析中。M. Y. Hu等^[10]利用GC-IMS有效区分了不同加工阶段虾干的风味变化;余远江等^[11]借助GC-IMS在禾花鱼、罗非鱼、金丝鱼等5种水产品中鉴定出主要挥发性风味成分为1-辛烯-3-醇和壬醛。基于此,本文以烟台海域野生与养殖许氏平鲈为研究对象,通过测定其肌肉基本营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成及挥发性风味物质,对比分析野生与养殖许氏平鲈肌肉在营养和风味方面的差异,以期许氏平鲈资源的进一步开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用许氏平鲈由山东海洋现代渔业有限公司提供,其中野生许氏平鲈捕自烟台近海海域,平均质量(580±30)g;养殖许氏平鲈捕自烟台四十里湾海域,平均质量(650±30)g。2020年10月采集样品后,迅速加冰袋置于保温箱中运回实验室,进行去头去内脏处理,取背部肌肉,用纯净水冲洗干净,分装于无菌样品袋中于-50℃保存备用,所有实验均于30d内完成。

1.2 主要仪器与设备

GFL-125型鼓风干燥箱、LX0711型箱式高温电阻炉,天津市莱玻特瑞仪器有限公司产;K9840型凯氏定氮仪,济南海能仪器股份有限公司产;ST310型索氏浸提系统,福斯赛诺分析仪器(苏州)有限公司产;Trace1310 ISQ型气相色谱-质谱联用仪(GC-MS),美国Thermo公司产;LA8080型氨基酸自动分析仪,日本日立公司产;BR4I型离心机,美国Thermo公司产;FlavourSpec[®]型气相色谱-离子迁移谱仪(GC-IMS),德国G. A. S公司产。

1.3 实验方法

1.3.1 基本营养成分测定 根据GB 5009.3—

2016^[12]测定水分含量;根据GB 5009.4—2016^[13]测定灰分含量;根据GB 5009.5—2016^[14]测定粗蛋白含量;根据GB 5009.6—2016^[15]测定粗脂肪含量。基本成分结果均表示为g/100g。

1.3.2 氨基酸组成测定 参考曹荣等^[16]的方法,样品用浓HCl法进行处理,氨基酸组成使用氨基酸自动分析仪进行测定。准确称取样品2.0g,用0.01mol/L的HCl溶液浸提30min,过滤,取2mL滤液,加入质量分数为8%的磺基水杨酸2mL,8000r/min离心10min,上清液过0.45μm滤膜后,上机检测。

1.3.3 肌肉蛋白营养价值评价方法 根据联合国粮食与农业组织/世界卫生组织(FAO/WHO)建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质模式评价肌肉蛋白营养价值。参考程小飞等^[17]的方法,标准模式氨基酸含量、氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)分别根据公式①—④计算。

标准模式氨基酸含量 =

$$\frac{\text{氨基酸含量}}{\text{粗蛋白含量}} \times 6.25 \times 1000 \quad (1)$$

$$\text{AAS} = \frac{aa}{AA(\text{FAO/WHO})} \quad (2)$$

$$\text{CS} = \frac{aa}{AA(\text{Egg})} \quad (3)$$

$$\text{EAAI} = \sqrt[n]{\frac{100A}{A_E} \times \dots \times \frac{100H}{H_E}} \quad (4)$$

式中,aa为待评样品中某种氨基酸的含量/(mg·g⁻¹N);AA(FAO/WHO)为FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸的含量/(mg·g⁻¹N);AA(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸的含量/(mg·g⁻¹N);n为比较的氨基酸数;A……H为待评样品中某种氨基酸的含量/(mg·g⁻¹N);A_E……H_E为全鸡蛋蛋白质中某种氨基酸的含量/(mg·g⁻¹N)。

1.3.4 脂肪酸组成测定 按照刘胜男等^[18]的方法,采用GC-MS测定脂肪酸组成。

GC条件:采用TG-5MS毛细管柱(30m×0.25mm×0.25μm);进样口温度为290℃;载气为He,载气流速为1.2mL/min;升温程序为80℃保持1min,以10℃/min的速率升温至200℃,以5℃/min升温至250℃,最后以2℃/min的速率上升至270℃,保持3min。

MS 条件:EI 离子源,电离能量为 70 eV,离子源温度为 280 °C,质荷比扫描范围(m/z)为 30~400。

1.3.5 挥发性风味物质测定 参照赵玲等^[19]的方法,精确称取 5.0 g 鱼肉,放入 20 mL 顶空进样瓶中,40 °C 平衡 20 min 后,采用 GC-IMS 进行检测。

GC 条件:气相色谱柱采用 FS-SE-54-CB 毛细管柱(15 m, ID 为 0.53 mm),柱温为 40 °C。运行 20 min,载气为 N_2 (纯度 $\geq 99.999\%$)。初始流速为 2 mL/min,增速至 5 mL/min 并保持 2 min,增速至 15 mL/min 并保持 8 min,增速至 50 mL/min 并保持 5 min,增速至 100 mL/min 并保持 5 min。

IMS 条件:温度为 45 °C,载气为 N_2 (纯度 $\geq 99.999\%$)。利用 NIST 气相保留指数与 IMS 迁移时间数据库对挥发性风味物质进行定性分析,利用仪器 LAV 程序中的 Gallery Plot 功能制作挥发性风味物质图谱。

1.4 数据处理

利用 SPSS 22.0 软件进行数据分析,结果以(平均值 \pm 标准差)表示,采用 Duncan 比较法进行显著性分析, $P < 0.05$ 表示有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分分析

蛋白质和粗脂肪的含量是决定鱼类营养价值的主要因素^[20]。野生与养殖许氏平鲈肌肉基本营养成分见表 1。由表 1 可知,许氏平鲈肌肉符合水产品高蛋白、低脂肪的特点,且野生与养殖许氏平鲈肌肉的基本营养组成存在较明显差异。野生许氏平鲈肌肉的水分和灰分含量均显著高于养殖许氏平鲈肌肉($P < 0.05$),这与野生和养殖岩原鲤、长吻鮠、褐牙鲈等^[21-23]肌肉营养成分分析得到的结论一致。野生许氏平鲈肌肉的粗脂肪含量显著低于养殖许氏平鲈肌肉($P < 0.05$),粗蛋白含量略高于养殖许氏平鲈肌肉,这与李智慧等^[8]的结论基本一致。推测二者营养成分上的差异可能与养殖过程中投饵喂食、生活环境、捕获季节等诸多因素有关。

2.2 氨基酸组成分析及评价

蛋白质的营养价值往往受氨基酸种类和含量限制,而氨基酸是滋味成分和风味前体物质^[24]。野生

与养殖许氏平鲈肌肉氨基酸组成见表 2。由表 2 可知,野生与养殖许氏平鲈肌肉中均检测到 17 种氨基酸,色氨酸由于水解损失未检测到,二者的氨基酸总量分别为 83.20 g/100 g 和 77.30 g/100 g,差异显著($P < 0.05$)。在 17 种氨基酸中,谷氨酸的含量最高,其次是天冬氨酸,组氨酸的含量最低,这与王婧文

表 1 野生与养殖许氏平鲈肌肉基本营养成分

Table 1 Basic nutritional composition of wild and cultured *Sebastes schlegeli* g/100 g

组别	水分含量	灰分含量	粗蛋白含量	粗脂肪含量
野生	77.43 \pm 0.29 ^a	3.99 \pm 0.05 ^a	88.82 \pm 0.21 ^a	7.41 \pm 0.05 ^b
养殖	75.28 \pm 0.48 ^b	2.99 \pm 0.07 ^b	87.50 \pm 0.43 ^a	9.29 \pm 0.12 ^a

注:水分含量以湿基计,其他指标均以干基计;同列中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

表 2 野生与养殖许氏平鲈肌肉氨基酸组成(以干基计)

Table 2 Amino acid composition of wild and cultured *Sebastes schlegeli* (in dry basis) g/100 g

氨基酸	含量	
	野生	养殖
天冬氨酸(Asp)	9.00 \pm 0.12 ^a	8.60 \pm 0.13 ^b
苏氨酸(Thr*)	3.90 \pm 0.04 ^a	3.76 \pm 0.02 ^b
丝氨酸(Ser)	3.46 \pm 0.01 ^a	3.11 \pm 0.11 ^b
谷氨酸(Glu)	12.59 \pm 0.32 ^a	11.67 \pm 0.24 ^b
甘氨酸(Gly)	4.74 \pm 0.04 ^a	3.72 \pm 0.02 ^b
丙氨酸(Ala)	5.14 \pm 0.09 ^a	4.64 \pm 0.11 ^b
胱氨酸(Cys)	2.75 \pm 0.01 ^a	2.50 \pm 0.01 ^b
缬氨酸(Val*)	4.30 \pm 0.11 ^a	4.16 \pm 0.13 ^a
蛋氨酸(Met*)	2.17 \pm 0.18 ^b	2.34 \pm 0.03 ^a
异亮氨酸(Ile*)	3.81 \pm 0.02 ^a	3.59 \pm 0.01 ^b
亮氨酸(Leu*)	7.09 \pm 0.08 ^a	6.79 \pm 0.11 ^b
酪氨酸(Tyr)	2.17 \pm 0.01 ^b	2.63 \pm 0.02 ^a
苯丙氨酸(Phe*)	3.46 \pm 0.02 ^a	3.03 \pm 0.04 ^b
赖氨酸(Lys*)	8.16 \pm 0.14 ^a	7.71 \pm 0.12 ^b
组氨酸(His)	1.06 \pm 0.01 ^a	0.85 \pm 0.01 ^b
精氨酸(Arg)	5.23 \pm 0.04 ^a	4.52 \pm 0.01 ^b
脯氨酸(Pro)	4.17 \pm 0.12 ^a	3.68 \pm 0.16 ^b
ΣUAA	31.47 \pm 0.37 ^a	28.63 \pm 0.42 ^b
ΣEAA	32.89 \pm 0.41 ^a	31.38 \pm 0.33 ^b
$\Sigma NEAA$	50.31 \pm 1.23 ^a	45.92 \pm 1.04 ^b
ΣAA	83.20 \pm 2.56 ^a	77.30 \pm 2.11 ^b
($\Sigma EAA/\Sigma AA$)/%	39.53	40.60
($\Sigma EAA/\Sigma NEAA$)/%	65.37	68.34
($\Sigma UAA/\Sigma AA$)/%	37.82	37.04

注:* 指必需氨基酸, ΣUAA 表示鲜味氨基酸总量, ΣEAA 表示必需氨基酸总量, $\Sigma NEAA$ 表示非必需氨基酸总量, ΣAA 表示氨基酸总量。同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

等^[9]的研究结果一致。野生与养殖许氏平鲈肌肉的 $\Sigma EAA/\Sigma AA$ 分别为 39.53% 和 40.60%, $\Sigma EAA/\Sigma NEAA$ 均大于 60%, 符合 FAO/WHO 的优质蛋白标准。呈味氨基酸决定着食物的美味程度, 由 4 种氨基酸(呈鲜味的天冬氨酸、谷氨酸和呈甘味的甘氨酸、丙氨酸)组成^[25], 其中天冬氨酸不但是重要的鲜味氨基酸, 且在氨基酸代谢、预防心血管疾病、降血压方面起到很好的作用^[26]。二者的鲜味氨基酸总量分别为 31.47 g/100 g 和 28.63 g/100 g, 差异显著 ($P < 0.05$), 因此, 可以推断, 野生许氏平鲈比养殖许氏平鲈的鲜味更丰富。

2.3 肌肉蛋白营养价值评价

野生与养殖许氏平鲈肌肉必需氨基酸营养评价结果见表 3。由表 3 可知, AAS 中, 野生与养殖许氏平鲈肌肉第一限制氨基酸均为缬氨酸, 野生许氏平鲈肌肉第二限制氨基酸为芳香族氨基酸(苯丙氨酸和酪氨酸), 养殖许氏平鲈肌肉第二限制氨基酸是异亮氨酸; CS 中, 野生与养殖许氏平鲈肌肉第一限制氨基酸均为苯丙氨酸和酪氨酸, 第二限制氨基酸均为缬氨酸。由此可知, 苯丙氨酸、酪氨酸、异亮氨酸和缬氨酸是影响许氏平鲈肌肉蛋白营养价值的主要氨基酸。野生与养殖许氏平鲈肌肉的 EAAI 分别是 93.87 和 91.30。野生许氏平鲈肌肉中氨基酸的 AAS、CS 和 EAAI 均高于养殖许氏平鲈肌肉, 说明野生许氏平鲈肌肉的蛋白质营养价值较高。

2.4 脂肪酸组成分析

野生与养殖许氏平鲈肌肉脂肪酸组成见表 4。由表 4 可知, 野生与养殖许氏平鲈肌肉均检测到 15 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸(SFA)有 4 种, $C_{16:0}$ 含量最多; 单不饱和脂肪酸(MUFA)有 4 种, $C_{18:1n9c}$ 含量最多; 多不饱和脂肪酸(SUFA)有 7 种, 主要是 EPA 和 DHA。EPA 和 DHA 具有降血脂、抗氧化、降血压等功效, 是保健食品的重要组成部分, 对人类智力和视力发育有重要作用^[16]。野生与养殖许氏平鲈肌肉中, DHA 和 EPA 含量分别占总脂肪酸含量的 22.67% 和 18.98%, 即两种许氏平鲈肌肉均具有良好的保健作用, 且野生许氏平鲈肌肉更为突出。野生与养殖许氏平鲈肌肉均含有丰富的不饱和脂肪酸, 分别占总脂肪酸含量的 69.81% 和 71.98%, 略

低于李智慧等^[8]的研究结果, 这可能与捕获海域、捕获季节、投喂饵料等因素差异有关。

2.5 挥发性风味物质分析

野生与养殖许氏平鲈肌肉挥发性风味物质指纹图谱如图 1 所示, 其中每列代表从 1 个样品中选择

表 3 野生与养殖许氏平鲈肌肉必需氨基酸营养评价结果

Table 3 Nutritional value evaluation results of essential amino acids in the muscle of wild and cultured *Sebastes schlegeli*

必需氨基酸	FAO/WHO	全鸡蛋	野生		养殖	
	模式	模式	AAS	CS	AAS	CS
Ile	2.5	3.31	1.14	0.86	1.08 ²	0.81
Leu	4.4	5.34	1.20	0.99	1.16	0.95
Lys	3.4	4.41	1.79	1.38	1.70	1.31
Met+Cys	2.2	3.86	1.67	0.95	1.65	0.94
Phe+Tyr	3.8	5.65	1.10 ²	0.74 ¹	1.12	0.75 ¹
Thr	2.5	2.92	1.16	1.00	1.13	0.96
Val	3.1	4.10	1.03 ¹	0.78 ²	1.01 ¹	0.76 ²
EAAI			93.87		91.30	

注: ¹ 表示第一限制性氨基酸; ² 表示第二限制性氨基酸。

表 4 野生与养殖许氏平鲈肌肉脂肪酸组成(以湿基计)

Table 4 Fatty acid composition in the muscle of wild and cultured *Sebastes schlegeli* (in wet basis) %

脂肪酸	含量	
	野生	养殖
$C_{14:0}$	3.08±0.11 ^a	2.99±0.08 ^a
$C_{15:0}$	0.53±0.01 ^a	0.37±0.01 ^b
$C_{16:0}$	21.57±1.05 ^a	19.88±0.95 ^a
$C_{16:1}$	3.55±0.23 ^b	6.27±0.41 ^a
$C_{18:0}$	5.02±0.12 ^a	4.79±0.11 ^b
$C_{18:1n9c}$	23.24±1.54 ^a	24.40±1.26 ^a
$C_{18:2n6c}$	10.89±0.02 ^b	14.84±0.76 ^a
$C_{18:3n3}$	0.36±0.01 ^b	1.68±0.10 ^a
$C_{20:1}$	2.39±0.02 ^a	1.74±0.13 ^b
$C_{20:2}$	0.32±0.01 ^a	0.30±0.01 ^b
$C_{20:3n3}$	0.86±0.03 ^a	0.66±0.03 ^b
$C_{20:4n6}$	4.61±0.04 ^a	2.45±0.01 ^b
$C_{20:5n3}$ (EPA)	7.41±0.08 ^a	6.06±0.12 ^b
$C_{24:1}$	0.92±0.02 ^a	0.66±0.01 ^b
$C_{22:6n3}$ (DHA)	15.26±0.23 ^a	12.92±0.18 ^b
EPA+DHA	22.67±0.31 ^a	18.98±0.30 ^b
SFA	30.20±0.87 ^a	28.03±0.51 ^a
MUFA	30.10±0.63 ^a	33.07±1.01 ^a
PUFA	39.71±0.56 ^b	38.91±1.03 ^a
PUFA+MUFA	69.81±1.42 ^b	71.98±2.03 ^a

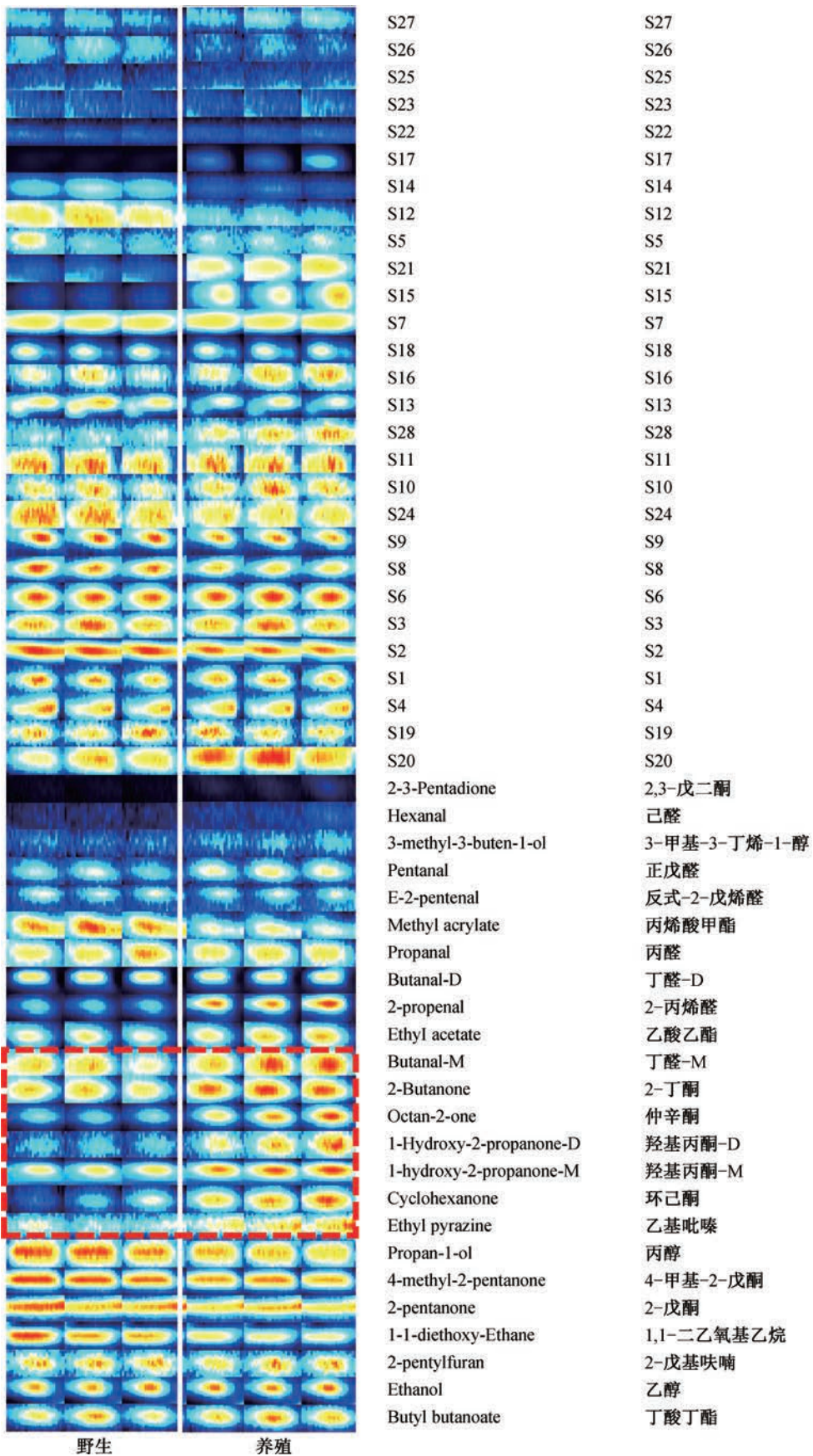


图1 野生与养殖许氏平鲈肌肉挥发性风味物质指纹图谱

Fig. 1 The fingerprinting of volatile substances in muscle of wild and cultured *Sebastes Schlegeli*

的所有信号峰,每行代表不同样品中相同挥发性风味物质的信号峰值强度;信号峰颜色代表各挥发性风味物质的相对含量高低,颜色越红,相对含量越高;M表示单体物质,D表示相应的二聚体。本研究在野生与养殖许氏平鲈肌肉中共检测到50种挥发性风味物质,但由于GC-IMS Library数据库尚不完善,部分挥发性风味物质未能定性。由图1可知,共定性出22种挥发性风味物质,包括酮类、醛类、酯类、醇类及杂环化合物。其中,2-丁酮、丁醛-D、戊醛、丙醛、乙酸乙酯、丁酸丁酯等的相对含量在野生与养殖许氏平鲈肌肉中无明显差异;野生许氏平鲈肌肉中,丙烯酸甲酯、丙醛、4-甲基-2-戊酮、2-戊酮和1,1-二乙氧基乙烷的相对含量较高;养殖许氏平鲈肌肉中,2-丙烯醛、乙酸乙酯、丁醛-M、2-丁酮、仲辛酮、羟基丙酮-D、羟基丙酮-M、环己酮和乙基吡嗪的相对含量较高。因此,挥发性风味物质含量的差异是造成野生与养殖许氏平鲈风味不同的主要原因。

醛类和酮类化合物是羰基化合物的重要组成部分。在新鲜鱼肉中,脂肪在内源性脂肪酶作用下可产生羰基化合物。由图1可知,羰基化合物是许氏平鲈肌肉中种类和含量最高的挥发性风味物质,对风味具有重要作用,且羰基化合物在养殖许氏平鲈肌肉中的相对含量显著高于野生许氏平鲈肌肉,这可能与脂肪含量有关,鱼肉中脂肪含量越高,风味物质中醛类和酮类化合物的含量也越高^[27]。通常醛类化合物的阈值较低,对鱼肉风味有显著影响。正戊醛在野生与养殖许氏平鲈肌肉中的相对含量差异较小,是风味物质的基本组成成分。研究^[28-29]表明,正戊醛是13-亚油酸氢过氧化物经热降解生成。除正戊醛外,在野生与养殖许氏平鲈鱼肌肉中也检测到丙醛、丁醛和2-丙烯醛这3种低级醛,且其在养殖许氏平鲈鱼肌肉中的相对含量更高。研究^[30]表明,低级醛具有刺激气味,会对养殖鱼肉风味产生负面影响。

虽然酮类化合物的阈值较高,但其在许氏平鲈肌肉中的相对含量也较高,是形成鱼肉风味的重要物质。由图1可知,不同来源许氏平鲈肌肉中酮类化合物的相对含量不同,野生许氏平鲈肌肉中4-甲

基-2-戊酮和2-戊酮的相对含量较高,而养殖许氏平鲈肌肉中2-丁酮、仲辛酮、羟基丙酮和环己酮对风味的贡献更大。其中,2-戊酮具有明显的清香和水果香气^[31],可使野生鱼肉具有怡人的清香。在新鲜白姑鱼中也检测到2-丁酮,该物质呈现出奶油味和蘑菇味,可能与鱼肉的脂肪味和肉味有关^[32]。然而,J. Bai等^[33]研究表明,2-丁酮含量与鱼肉腐败程度呈正相关。因此,2-丁酮是影响不同来源许氏平鲈肌肉风味的重要化合物,高相对含量2-丁酮可能对养殖许氏平鲈肌肉的风味形成造成不利的影

响。醇类化合物作为脂质氧化的重要产物,一般赋予新鲜鱼肉温和的清香。由图1可知,在许氏平鲈肌肉中仅检测到1种醇类,且相对含量较低,对鱼肉风味影响较小。在许氏平鲈肌肉中还检测到乙酸乙酯、丁酸丁酯等酯类化合物,这些酯类化合物一般是由醇类和酸类化合物经酯化反应形成。研究^[34]表明,酯类化合物是形成发酵产品特有香气的重要物质,不仅可以掩盖异味,还可为产品提供花香和果香。因此,酯类化合物可赋予鱼肉愉悦的风味。2-戊基呋喃具有青草香味^[35],其阈值相对较低,对鱼肉的愉悦风味有较大贡献,其在野生与养殖许氏平鲈肌肉中的相对含量无明显差异,是许氏平鲈风味组成的基本物质。

3 结论

本文对比分析了烟台海域野生与养殖许氏平鲈肌肉的基本营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成及挥发性风味物质,结果表明,野生与养殖许氏平鲈肌肉的基本营养组成存在明显差异,但两者均符合FAO/WHO对优质蛋白的判定标准;野生与养殖许氏平鲈肌肉的AAS、CS也符合人体所需的氨基酸模式,且野生许氏平鲈肌肉的EAAI高于养殖许氏平鲈肌肉,即野生许氏平鲈肌肉的蛋白质营养价值更高;野生与养殖许氏平鲈肌肉中均含有丰富的不饱和脂肪酸,EPA和DHA在野生许氏平鲈肌肉中的含量显著高于养殖许氏平鲈肌肉。野生与养殖许氏平鲈肌肉的挥发性风味物质组成基本相同,主体风味物质为醛类、酮类、酯类及杂环类化合物,其中羰基化合物对肌肉风味的贡献最大。2-戊酮赋予野生许

氏平鲉令人愉快的清香,而相对含量较高的2-丁酮及丙醛、丁醛等低级醛会对养殖许氏平鲉肌肉的风味产生负面影响。因此,野生与养殖许氏平鲉肌肉呈现出不同的风味特征,且野生许氏平鲉肌肉的风味略优于养殖许氏平鲉肌肉。总体而言,野生许氏平鲉肌肉的营养价值和风味均优于养殖许氏平鲉肌肉。本研究可为许氏平鲉的精深加工和综合利用提供一定参考。

参考文献:

- [1] 张莹,齐鑫,王孝杰,等. 许氏平鲉精子超微结构及超低温冷冻对其形态的影响[J]. 大连海洋大学学报,2020,35(3):355-359.
- [2] 成智丽,孙鹏飞,罗璐,等. 盐度驯化下许氏平鲉血清生化指标及渗透压的变化[J]. 水产科学,2021,40(3):310-317.
- [3] 沈钰博,王际英,李宝山,等. 许氏平鲉幼鱼对饲料中精氨酸需求量的研究[J]. 渔业科学进展,2022(3):33-44.
- [4] 罗芷晴,董建宇,张宗航,等. 基于微卫星标记的许氏平鲉卵巢不同分区子代多重父权分析[J]. 中国水产科学,2021,28(4):391-402.
- [5] 韩慧宗,王腾腾,张明亮,等. 许氏平鲉发育早期的氨基酸与脂肪酸组成及变化[J]. 水生生物学报,2019,43(3):526-536.
- [6] KATYA K, LEE S, BHARADWAJ A S, et al. Effects of inorganic and chelated trace mineral (Cu,Zn,Mn and Fe) premixes in marine rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf), fed diets containing phytic acid[J]. Aquaculture Research,2017,48(8):4165-4173.
- [7] 周莹,王际英,李宝山,等. 许氏平鲉幼鱼对饲料中维生素 B6 需求量的研究[J]. 渔业科学进展,2020,41(6):37-48.
- [8] 李智慧,孙永,史建如,等. 野生与养殖许氏平鲉品质的比较[J]. 食品工业科技,2017,38(8):87-91.
- [9] 王婧文,王英俊,刘天红,等. 6个不同群体许氏平鲉肌肉氨基酸分析及评价[J]. 中国渔业质量与标准,2020,10(2):65-72.
- [10] HU M Y, WANG S, LIU Q, et al. Flavor profile of dried shrimp at different processing stages [J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 146:111403.
- [11] 余远江,庞一扬,袁桃静,等. 基于电子鼻、HS-GC-IMS 和 HS-SPME-GC-MS 分析五种水产原料的风味特征[J]. 食品工业科技,2021,42(19):106-117.
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3—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. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定 GB 5009.4—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. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—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. 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.
- [16] 曹荣,王善宇,赵玲,等. 仿刺参雄、雌性腺营养组成分析与评价[J]. 中国渔业质量与标准,2020,10(2):23-30.
- [17] 程小飞,宋锐,向劲,等. 不同养殖模式和野生克氏原螯虾肌肉营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技,2021,37(4):87-95.
- [18] 刘胜男,王善宇,曹荣,等. 不同规格玉筋鱼的营养分析与评价[J]. 渔业科学进展,2022,43(1):188-194.
- [19] 赵玲,曹荣,刘淇,等. 银鲑不同部位肌肉的营养评价与特征风味分析[J]. 核农学报,2022,36(2):384-391.
- [20] 孙志鹏,曹顶臣,裴玥,等. 野生和养殖梭鲈肌

- 肉营养成分分析与评价[J]. 水产学杂志, 2020, 33(4):15-22.
- [21] 朱成科, 朱龙, 黄辉, 等. 野生与养殖岩原鲤肌肉营养成分的比较分析[J]. 营养学报, 2017, 39(2):203-205.
- [22] 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.
- [23] 高露姣, 楼宝, 毛国民, 等. 不同饵料饲养的褐牙鲈肌肉营养成分的比较[J]. 海洋渔业, 2009, 31(3):293-299.
- [24] 许丹, 朱剑, 严忠雍, 等. 加工方式对金枪鱼鱼糜制品氨基酸组成和营养价值影响研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(11):74-80.
- [25] 刘芳芳, 杨少玲, 林婉玲, 等. 七种海水鱼背部肌肉营养成分及矿物元素分布与健康评价[J]. 水产学报, 2019, 43(11):2413-2423.
- [26] MOHANTY B, MAHANTY A, GANGULY S, et al. Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition[J]. Journal of Amino Acids, 2014, 2014:1-7.
- [27] 雷乙, 陈竟豪, 涂金金, 等. 鱼肉加工过程特征气味物质变化研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(15):201-210.
- [28] ZANG M W, WANG L, ZHANG Z Q, et al. Changes in flavour compound profiles of pre-cooked pork after reheating (warmed-over flavour) using gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry with chromatographic feature extraction[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2020, 55(3):978-987.
- [29] MA N, CHYAU C, PAN B S. Fatty acid profile and aroma compounds of lipoxygenase-modified chicken oil[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 2004, 81(10):921-926.
- [30] 张慧芳, 李婷婷, 晋高伟, 等. HS-SPME-GC-MS 技术对冷藏鲢鱼片挥发性成分变化的分析[J]. 食品科学, 2014, 35(24):130-135.
- [31] 刘晓丽, 解万翠, 杨锡洪, 等. SPME-GC-MS 分析近江牡蛎酶解液挥发性风味成分[J]. 食品科学, 2010, 31(24):410-414.
- [32] 张晶晶, 王锡昌, 施文正. 白姑鱼和小黄鱼肉中挥发性风味物质的鉴定[J]. 食品科学, 2019, 40(14):206-213.
- [33] BAI J, BAKER S M, GOODRICH-SCHNEIDER R M, et al. Aroma profile characterization of mahi-mahi and tuna for determining spoilage using purge and trap gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Food Science, 2019, 84(3):481-489.
- [34] De LIMA ALVES L, DONADEL J Z, ATHAYDE D R, et al. Effect of ultrasound on proteolysis and the formation of volatile compounds in dry fermented sausages[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2020, 67:105161.
- [35] 李金林, 万亮, 陈春艳, 等. ω -3 LCPUFAs 模拟热加工鱼肉脂肪氧化形成风味物质的研究[J]. 中国食品学报, 2020, 20(6):95-105.

Comparative analysis of nutrition and flavor of muscle between wild and cultured *Sebastes schlegeli*

ZHAO Ling¹, WANG Shanyu¹, LIU Qi¹, GAO Fengtao², WEI Yan^{3,4}

1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. College of Biology and Oceanography, Weifang University, Weifang 261061, China;

3. College of Shipbuilding Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;

4. Shandong Ocean Harvest Co., Ltd., Yantai 264003, China

Abstract: Wild and cultured *Sebastes schlegeli* were analyzed for differences in basic nutrient composition, amino acid composition, fatty acid composition, and volatile flavor substances. The results showed that there were signifi-

cant differences in the basic nutritional composition between wild and cultured *Sebastes schlegeli*, with wild *Sebastes schlegeli* having significantly higher moisture and ash content ($P < 0.05$), slightly higher crude protein content, and lower crude fat content ($P < 0.05$) than cultured *Sebastes schlegeli*. There were 17 amino acids detected in both wild and cultured *Sebastes schlegeli*, of which glutamic acid, followed by aspartic acid, was in the highest content, and histidine was the lowest. The total amino acid content of wild *Sebastes schlegeli* (83.20 g/100 g) was significantly higher than that of cultured *Sebastes schlegeli* (77.30 g/100 g). The $\sum EAA/\sum AA$ and $\sum EAA/\sum NEAA$ of wild and cultured *Sebastes schlegeli* met the FAO/WHO quality protein standards, and the essential amino acid indices of both were 93.87 and 91.30 respectively, which means that the protein nutritional value of wild *Sebastes schlegeli* was higher than that of cultured *Sebastes schlegeli*. Among the 15 fatty acids detected in *Sebastes schlegeli*, the total content of EPA and DHA in wild *Sebastes schlegeli* was significantly higher than that in cultured *Sebastes schlegeli* ($P < 0.05$), with unsaturated fatty acids in wild and cultured *Sebastes schlegeli* accounting for 69.81% and 71.98% of the total fatty acid content, respectively. A total of 20 volatile flavor substances were characterized in *Sebastes schlegeli*, mainly including ketones, aldehydes, esters, alcohols, and heterocyclic compounds, and the relative contents of butyraldehyde, propionaldehyde, and 2-butanone were significantly higher in cultured *Sebastes schlegeli* than in wild *Sebastes schlegeli*, and they showed different flavor characteristics.

Key words: wild *Sebastes schlegeli*; cultured *Sebastes schlegeli*; commercial fishes; nutrition; flavor substance

(责任编辑:杨晓娟)

本刊数字网络传播声明

本刊已许可中国知网,万方数据资源系统,维普网,国家科技学术期刊开放平台,博视网,超星,中国科技论文在线,中教数据库,EBSCOhost,Ulrichs,FSTA等在其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。其相关著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我刊上述声明。