

养殖地域和商品规格划分对大菱鲆营养及风味品质的影响

Effect of farming region and commercial size on nutrition and flavor quality of turbot (*Scophthalmus maximus*)

庄小妹^{1,2} 郭全友² 郑尧² 魏帮鸿² 杨絮²

ZHUANG Xiaomei^{1,2} GUO Quanyou² ZHENG Yao² WEI Banghong² YANG Xu²

(1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

(1. College of Food Sciences and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

摘要:目的:以养殖大菱鲆为试验原料,研究养殖地域和商品规格划分对其营养及风味品质的影响。方法:以乳山(山东威海)、海阳(山东烟台)和绥中(辽宁葫芦岛)3个主产区及450~750,750~1250g两种典型市售规格的养殖大菱鲆营养成分和风味物质为主要指标,采用主成分分析、正交偏最小二乘判别分析等方法,找出不同组别差异及用于区分养殖地域和商品规格的营养指标。结果:乳山和海阳地区养殖大菱鲆蛋白质和胶原蛋白含量显著高于绥中地区,绥中大规格组DHA含量占总脂肪酸含量的20.97%,显著高于其他组别;绥中地区养殖大菱鲆的肌肉苦味、咸味和甜味显著高于乳山与海阳地区,海阳地区的挥发性化合物种类较多,乳山地区次之,绥中地区最少。而对商品规格而言,大规格组胶原蛋白含量均显著高于小规格组;小规格组含量较高的挥发性物质有异戊醛和异丙醇等,大规格组含量较高的挥发性物质有异丁醇、2-蒎烯和四氢呋喃等。结论:可用脂肪、胶原蛋白、水分含量、总不饱和脂肪酸和灰分5个指标来区分不同养殖地域的大菱鲆。

关键词:养殖地域;商品规格;养殖大菱鲆;营养;风味

Abstract: Objective: Investigating the effects of farming region and commercial size on the nutrition and flavor quality of *Scophthalmus maximus*. **Methods:** Farming turbot of three regions, namely, Rushan, Haiyang and Suizhong, and two

typical commercially available sizes, 450~750 and 750~1250 g, were selected for this study to compare their nutrient composition and flavor substances. Used principal component analysis and orthogonal partial least squares discriminant analysis to visualize the differences between different groups and to identify the nutritional indicators in differentiate farming region and commercial size. **Results:** The protein and collagen content of turbot in the Rushan and Haiyang regions were significantly higher than those in the Suizhong region, and the DHA content of the large-size group in Suizhong accounted for 20.97% of the total fatty acid content, which was significantly higher than that of other groups. The muscle bitterness, saltiness and sweetness of turbot in the Suizhong area were significantly higher than those in the Rushan and Haiyang regions, and there were more volatile compounds in the Haiyang region, followed by the Rushan region and the Suizhong region. As for the commercial sizes, the collagen content of the large-size group was significantly higher than that of the small-size group. The volatile substances with higher content in the small-size group included 3-methylbutanal and propan-2-ol, etc., while the volatile substances with higher content in the large-size group included 2-methyl-1-propanol, 2-pinene and tetrahydrofuran, etc. **Conclusion:** Five indicators of fat, collagen, moisture content, total unsaturated fatty acids and ash were obtained based on the orthogonal partial least squares discriminant analysis to differentiate turbot from different farming regions, and to provide basic data for the evaluation of nutrition and flavor quality of farmed turbot.

Keywords: farming region; commercial size; turbot; nutrition; flavor

基金项目:中国水产科学研究院基本科研业务费(编号:2020TD68);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(编号:2022ZD02)

作者简介:庄小妹,女,上海海洋大学在读硕士研究生。

通信作者:郭全友(1974—),男,中国水产科学研究院东海水产研究所研究员,博士。E-mail:dhsguoqy@163.com

收稿日期:2023-04-13 **改回日期:**2023-07-17

大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)俗称欧洲比目鱼,

在中国被称为“多宝鱼”，具有高蛋白低脂肪、味道鲜美和多肉少刺等特点^[1]。大菱鲆原产于欧洲大西洋北岸，现已成为中国北方沿海地区山东半岛、辽东半岛及渤海湾重要养殖经济鱼种之一^[2]。2019 年中国鲆鱼类养殖产量达 11.61 万 t^[3]，大菱鲆为鲆类的第一大养殖品种。目前中国市场大菱鲆主要以活品流通为主，冻品及其他流通方式相对较少。

在水产品的养殖环节中，影响其品质的因素主要有养殖模式、养殖地域、喂养饲料及规格等，针对大菱鲆而言，中国主要采用“温室大棚+深井海水”的工厂化养殖模式以及投喂半程配合饲料的喂养方法，而养殖地域与大菱鲆营养和风味品质密切相关，不同养殖地域海水的温度、pH 以及盐度等要素都存在一定差异，从而影响大菱鲆的品质。研究^[4]发现，不同产地三文鱼中挥发性风味物质种类和含量组成不同，智利三文鱼中含有醛类相对百分含量最高，特征挥发性化合物可对三文鱼产地溯源提供帮助。此外，商品规格同样会对养殖大菱鲆产生一定影响，生鲜超市等对养殖大菱鲆规格要求一般为每尾 450~750 g，而水产市场等对养殖大菱鲆规格可放宽至 1 250 g。类似规格对品质的影响在其他物种上也有研究，苏氏圆腹鱼芒 (*Pangasius sutchi*) 里中鱼和大鱼的粗蛋白和粗脂肪含量显著高于小鱼，中鱼的粗脂肪含量显著低于大鱼^[5]。然而，针对不同养殖地域和商品规格对大菱鲆营养及风味品质的影响尚未见报道。

研究拟选取 3 个养殖地域(山东威海乳山、山东烟台海阳、辽宁葫芦岛绥中)，两种商品规格(450~750, 750~1 250 g)的大菱鲆为研究对象，测定其基本营养成分、脂肪酸组成、胶原蛋白含量和风味物质差异，并借助多元统计分析找出可以区分养殖地域和商品规格的指标，以期全面评估养殖大菱鲆的品质提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选取山东威海乳山(RS)、山东烟台海阳(HY)和辽宁葫芦岛绥中(SZ)3 个主产区，以及 450~750 g(S)和 750~1 250 g(L)两种市场上常见商品规格的养殖大菱鲆，共计 6 组样品，分别为乳山小规格(RS-S)、乳山大规格(RS-L)、海阳小规格(HY-S)、海阳大规格(HY-L)、绥中小规格(SZ-S)和绥中大规格(SZ-L)。

乳山地区、海阳地区样品采集于 2022 年 11 月 21 日，绥中地区样品采集于 2022 年 12 月 9 日。活品养殖大菱鲆样品在产地分选后，通过活水运输车在 24 h 内运抵上海宝山区江杨水产品批发市场，充氧打包后于 2 h 内运抵实验室，抵达后立即对其进行规格分类，其中小规格组体长 29~36 cm，体质量 480~750 g；大规格组体长 35~42 cm，体质量 830~1 200 g。随后敲击头部致死，去鳃去

内脏后流水洗净，沥干水分后将鱼皮剥离，取下背肌。指标测定部位如图 1 所示，蓝色线框内为背肌，取下后混合绞碎，分装密封在聚乙烯保鲜袋中后使用干冰速冻，然后保存在 -80 °C 冰箱，用于后续指标分析。



图 1 指标测定部位示意图

Figure 1 Schematic diagram of indicator measure

1.2 试剂与仪器

异丙醇、正丙醇、浓硫酸、无水柠檬酸、氢氧化钠、无水乙酸钠、三氯甲烷、氯化钠：分析纯，国药集团化学试剂有限公司；

甲醇：色谱纯，国药集团化学试剂有限公司；

氯氮 T 溶液：分析纯，北京瑞达恒辉科技发展有限公司；

对二甲氨基苯甲醛：分析纯，阿拉丁试剂有限公司；

高氯酸：分析纯，上海金鹿化工有限公司；

正己烷：色谱纯，上海麦克林生化科技股份有限公司；

电热鼓风干燥箱：DHG-9240A 型，上海一恒科学仪器有限公司；

紫外可见分光光度计：UV-3300 型，北京莱伯泰科仪器有限公司；

水分含量测定仪：PMB35 型，英国艾德姆衡器公司；

气相色谱仪：安捷伦 7820 型，美国 Agilent 公司；

脂肪测定仪：SZC-D 型，上海纤检仪器有限公司；

凯氏定氮仪：KDN-103F 型，上海纤检仪器有限公司；

电子舌：SA-402B 型，日本 Insent 公司；

气相色谱—离子迁移谱联用仪：5H1-00319 型，德国 GAS 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 基本营养成分测定

(1) 水分含量：按 GB 5009.3—2016 执行。

(2) 脂肪含量：按 GB 5009.6—2016 的索氏提取法执行。

(3) 蛋白质含量：按 GB 5009.5—2016 的凯氏定氮法执行。

(4) 灰分含量：按 GB 5009.4—2016 执行。

1.3.2 脂肪酸测定 根据蔡丽君^[6]的方法，鱼肉经脂肪提取及甲酯化后，使用气相色谱仪进行色谱分析。

1.3.3 胶原蛋白测定 按 GB/T 9695.23—2008 执行，吸

光值采用紫外可见分光光度计测定。

1.3.4 滋味分析 使用电子舌对样品滋味进行测定。取样放入水浴锅中使其中心温度达到 40 ℃,准确称取试样 50 g,添加 250 g 70 ℃ 去离子水,均质 1 min,混合物于 3 000 r/min 离心 10 min,取上清液待测倒入电子舌专用容器中,测定根据马美湖等^[7]的方法,修改如下:五味循环测试 4 次,去掉第 1 次,甜味循环测试 5 次,去掉前 2 次,取后 3 次数据用于分析。

1.3.5 挥发性气味分析 使用气相色谱—离子迁移谱联用仪进行挥发性气味分析。根据陈东杰等^[8]的方法,修改如下:

(1) 自动进样条件:称取 3 g 大菱鲆背部肌肉置于 20 mL 顶空瓶中,孵育温度 45 ℃,孵育时间 15 min,采用顶空自动进样方式,进样量 500 μL,进样针温度 65 ℃,不分流模式进样。

(2) GC 条件:采用强极性色谱柱 MXT-WAX (30 m×0.53 mm,1 μm),柱温 60 ℃,载气流速程序:起始流速 2 mL/min,保持 2 min,8 min 内升至 10 mL/min,然后 10 min 内升至 100 mL/min 并保持 10 min,运行时间 30 min。

(3) IMS 条件:迁移管温度 45 ℃,分析时间 30 min。

1.4 数据统计及分析

3 次平行试验结果以平均值±标准差表示,由 SPSS 25.0 软件对数据进行统计分析,利用单因素方差分析(One-way ANOVA)和邓肯法(Duncan's)对不同组别相关指标进行显著性评价($P < 0.05$)。应用 Gallery Plot 等气相色谱—离子迁移谱仪配套的软件分析不同样品挥发性化合物的差异性,通过 NIST 数据库和 IMS 数据库进行定性分析。将样品所得营养指标数据利用 SIMCA 软件进行主成分(principal component analysis, PCA)和正交偏最小二乘法(orthogonal partial least squares-discriminant analysis, OPLS-DA)分析。全部图形均由 Origin 2021 软件绘制。

2 结果与讨论

2.1 对大菱鲆肌肉基本营养成分的影响

如表 1 所示,乳山地区养殖大菱鲆水分含量显著低于海阳和绥中地区($P < 0.05$),乳山、海阳地区养殖大菱鲆蛋白质含量显著高于绥中地区($P < 0.05$),其中 RS-L 组蛋白质含量为 20.08%,是 SZ-L 组蛋白质含量的 1.16 倍。绥中地区养殖大菱鲆灰分含量较低,其中 SZ-L 组显著低于乳山和海阳地区($P < 0.05$)。HY-L 组粗脂肪含量为 0.42%,显著高于其他组($P < 0.05$),而绥中地区养殖大菱鲆的脂肪含量较低,但与另外两个地区的差异不显著。类似的结果在稻虾(*Procambarus clarkii*)^[9]、刺参(*Apostichopus japonicus*)^[10]中也有报道。不同养殖地

表 1 不同养殖地域和商品规格的大菱鲆肌肉基本营养成分(湿基)[†]

Table 1 Proximate compositions of turbot in different farming regions and commercial sizes (wet mass) %

组别	水分含量	粗蛋白	灰分	粗脂肪
RS-S	75.80±0.37 ^b	19.31±1.11 ^{ab}	1.45±0.05 ^{bc}	0.28±0.01 ^b
RS-L	75.74±0.61 ^b	20.08±0.43 ^a	1.56±0.05 ^a	0.20±0.01 ^c
HY-S	78.06±0.91 ^a	19.15±0.34 ^{ab}	1.53±0.03 ^{ab}	0.14±0.03 ^c
HY-L	78.47±0.80 ^a	18.51±0.00 ^{ab}	1.42±0.05 ^c	0.42±0.09 ^a
SZ-S	79.00±0.25 ^a	17.42±0.53 ^c	1.34±0.08 ^{cd}	0.15±0.02 ^c
SZ-L	78.12±0.50 ^a	17.27±0.37 ^c	1.25±0.05 ^d	0.15±0.01 ^c

† 同列数据上标不同表示组间存在显著差异($P < 0.05$)。

域的水温、盐度及 pH 等参数都可能会影响大菱鲆的基本营养成分,具体参数与营养成分的关系有待进一步研究。不同商品规格大菱鲆水分含量和蛋白质含量无显著性差异($P > 0.05$),灰分和脂肪含量也无明显规律。综上,相较于商品规格,养殖地域对大菱鲆基本营养成分的影响更为明显,乳山和海阳地区的蛋白质和脂肪含量较高。

2.2 对大菱鲆肌肉脂肪酸的影响

脂肪酸是脂质的主要组成成分,其含量和组成是评价脂肪营养价值的重要因素,并且与鱼肉风味密切相关^[11]。3 个养殖地域的大菱鲆共检出 29 种脂肪酸,包括 10 种饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA),9 种单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)和 10 种多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA),每组总多不饱和脂肪酸含量(Σ PUFA)占总脂肪酸含量比例均较高,以花生四烯酸($C_{20,4n6}$)和 DHA($C_{22,6n3}$)为主。由图 2 可知,乳山和海阳地区的 Σ PUFA 显著高于绥中地区($P < 0.05$),海阳地区的 Σ UFA 显著低于乳山和绥中地区($P < 0.05$)。不同养殖地域的大菱鲆 $n-6$ Σ PUFA 含量为乳山组>海阳组>绥中组($P < 0.05$)。乳山和海阳地区 $n-3/n-6$ Σ PUFA 比例显著低于绥中地区($P < 0.05$)。鱼肉中富含的多不饱和脂肪酸,包括亚油酸、亚麻酸、DHA 和 EPA 等,能为人体提供所需的营养物质,对人体健康起着重要作用^[12]。SZ-L 组的 DHA 含量最高,占总脂肪酸含量的 20.97%,显著高于其他组($P < 0.05$),不同养殖地域的大菱鲆 DHA 含量为绥中组>海阳组>乳山组。其他学者^[13]也有类似研究,在比较 4 个主要罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)产区营养品质差异中得出,广东罗非鱼脂肪酸含量最高,其中油酸、亚油酸以及 DHA 含量均高于广西和福建地区($P < 0.05$),其不饱和脂肪酸含量也在 4 个地区中最高。另外,山东省日照市养殖三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)肌肉中 Σ SFA、 Σ MUFA 和 Σ PUFA 含量均显著高于浙江省台州

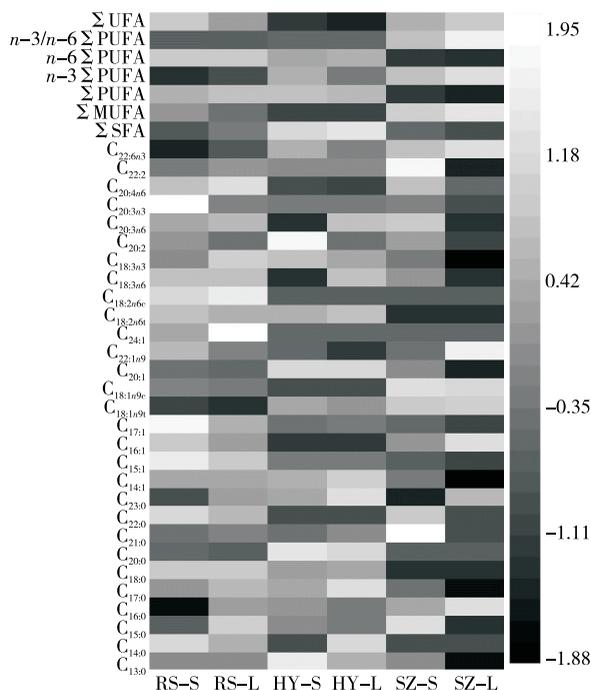


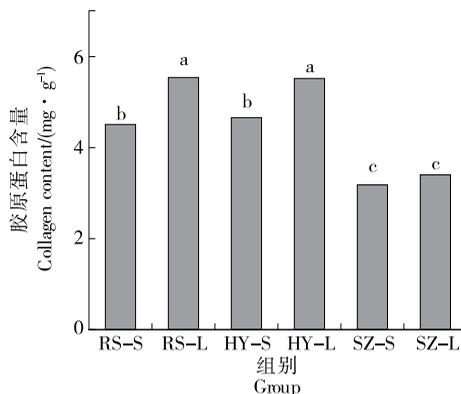
图 2 不同养殖地域和商品规格的大菱鲆肌肉脂肪酸热图

Figure 2 Fatty acid heatmap of turbot in different farming regions and commercial sizes

市养殖三疣梭子蟹 ($P < 0.05$), 可能是由于产地环境、水体温度以及蟹的生长阶段不同造成的^[14]。而商品规格对脂肪酸的影响较不明显, 乳山和绥中地区大规格组的 $n-3/n-6 \Sigma PUFA$ 高于小规格组, 其中绥中地区差异显著, 乳山和绥中地区大规格组的 DHA 和 $n-3 \Sigma PUFA$ 显著高于小规格组。综上, 不同组别之间脂肪酸组成及含量的差异主要体现在养殖地域上, 且绥中地区的脂肪酸总体上营养价值较好。

2.3 对大菱鲆肌肉胶原蛋白的影响

胶原蛋白是结缔组织的主要组成部分, 可维持肌肉结构的稳定性, 很大程度上影响鱼肉的食用口感, 且可作为食品添加剂对人体进行补钙及延缓衰老等^[15]。如图 3 所示, 乳山和海阳地区养殖大菱鲆的胶原蛋白含量显著高于绥中地区 ($P < 0.05$), RS-L 组胶原蛋白含量达 5.54 mg/g , 为 SZ-S 组的 1.74 倍。其他物种上也有类似研究, 有学者^[16]发现不同湖区中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 之间胶原蛋白含量存在显著差异, 且河蟹肌肉中胶原蛋白含量较少, 肉质嫩度较高。于双等^[17]在研究大连 13 个地区刺参营养成分时发现, 大连广鹿岛刺参胶原蛋白含量最高, 显著高于除西部外的其他 11 个产地刺参胶原蛋白含量。同一养殖地域下, 大规格组养殖大菱鲆的胶原蛋白含量均高于小规格组。其他类似的研究有, 中规格 [$(43.34 \pm 2.26) \text{ g}$] 的台湾鳗鲷 (*Paracoptis*



字母不同代表组间具有显著性差异 ($P < 0.05$)

图 3 不同养殖地域和商品规格的大菱鲆胶原蛋白含量
Figure 3 Collagen content of turbot in different farming regions and commercial sizes

anguillioides) 胶原蛋白含量显著高于另外两种规格^[18]。综上, 养殖地域和规格均会影响大菱鲆肌肉的胶原蛋白含量, 在养殖地域上, 乳山和海阳两个地区的较高, 而在规格上则是大规格组的较高。

2.4 对大菱鲆肌肉滋味特性的影响

如图 4 所示, 绥中地区养殖大菱鲆的肌肉苦味、咸味和甜味显著高于乳山与海阳地区 ($P < 0.05$)。3 个养殖地域大菱鲆肌肉的鲜味强弱为乳山组 $>$ 绥中组 $>$ 海阳组, 滋味最为丰富的是乳山地区。研究^[19]发现, 崇明产地中华绒螯蟹的滋味品质要优于松江产地, 其中可能因崇明产地养殖池塘中存在苦草, 它作为河蟹天然饵料, 导致崇明产地河蟹可食部位苦味强度更高。同一养殖地域下, 小商品规格养殖大菱鲆肌肉咸味均显著高于大商品规格组 ($P < 0.05$)。有研究^[20]得出, 与刚移至围网养殖时相比, 大黄鱼 (*Larimichthys crocea*) 养殖到第 6 个月时, 其整体滋味轮廓上丰富性增加。除此之外, 阳澄湖雌蟹各

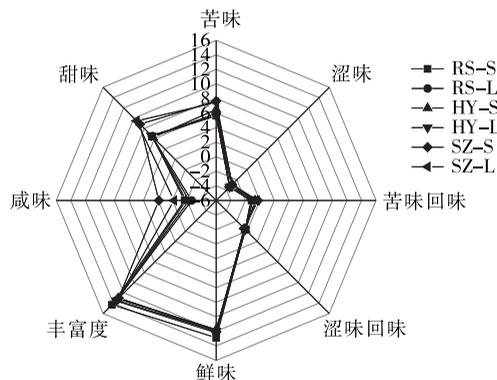


图 4 不同养殖地域和商品规格的大菱鲆肌肉滋味轮廓雷达图

Figure 4 Flavor radar map of turbot in different farming regions and commercial sizes

可食部位中的滋味物质均随等级的升高而增加^[21]。综上,养殖地域和规格对大菱鲆肌肉滋味均产生影响,但不同养殖地域的大菱鲆肌肉滋味特性差异较大,其中产地对咸味、甜味和苦味的影响较为显著,而规格对咸味的影响较为显著。

2.5 对大菱鲆肌肉挥发性气味的影响

大菱鲆样品中共检测到 45 种物质(包括单体和二聚体),通过软件内置的 NIST 和 IMS 数据库共鉴定出 33 种化合物,包括 8 种醇类,7 种醛类,6 种酮类,7 种酯类和 5 种其他化合物,其中醛类物质挥发性较强,主要来自于脂质氧化,一定程度上决定了水产品的风味。6 个组别共有挥发性化合物 22 种,分别为乙醇、丙醛、2-戊酮、乙酸乙酯、丁酸乙酯、丙酮、反式-2-戊烯醛、正丁醇、2-甲基四氢呋喃-3-酮、乙酸甲酯、1-戊烯-3-醇、正丙醇、正己醛、2-丁酮、乙酸、戊醛、丁醛、2-庚酮、甲酸乙酯、醋酸异丙酯、异丁醇、异戊醇。

如图 5 所示,海阳地区养殖大菱鲆挥发性化合物种类较多,乳山地区次之,绥中地区最少。乳山和海阳地区共有特征化合物 6 种,分别为 2, 5-二甲基吡嗪、2-蒎烯、四氢呋喃、乙酸丁酯、丁酸异丁酯和二烯丙基硫醚,异戊醛为海阳和绥中地区的特征化合物,绥中地区的特征化合物有异丙醇、(Z)-4-庚烯醛和 1-戊烯-3-酮。信号峰颜色的深浅表示含量的高低。由此可知,乳山与海阳地区的乙醇和丙醛含量高于绥中地区,绥中地区的异丁醇、乙酸、正丁醇和乙酸甲酯含量高于乳山和海阳地区,海阳地

区的 2-庚酮、戊醛、丁醛、正己醛、2-丁酮、正丙醇、1-戊烯-3-醇和 2-甲基四氢呋喃-3-酮含量高于乳山和绥中地区。已有利用 GC-IMS 对水产品挥发性物质进行快速定性鉴别的,其在分析不同产地秀丽白虾干(*Exopalaemon modestus*)挥发性化合物差异时发现,呼伦湖白虾干样品中的挥发性有机物最多,其中醛类挥发性物质含量远高于太湖白虾干和巢湖白虾干,而巢湖白虾干中 3-戊酮和 3-辛酮等物质含量高于呼伦湖白虾干和太湖白虾干,主要原因可能是白虾干产自不同地理区域,其中内蒙古呼伦湖地理位置更偏北,气候条件以及加工方式的差异更大^[22]。同一养殖地域下,小规格组含量较高的挥发性化合物有异戊醛、异丙醇、醋酸异丙酯和甲酸乙酯,大规格组含量较高的挥发性化合物有异丁醇、2-蒎烯、四氢呋喃、乙酸丁酯、丁酸异丁酯、二烯丙基硫醚、2-丁酮、丙酮、2-戊酮和丙醛。在畜禽类动物中也有类似研究,Wang 等^[23]利用 GC-IMS 对挥发性气味进行检测分析,可以区分不同年龄的靖远羔羊。这可能是由于动物在生长过程中物质积累等原因导致不同规格动物的挥发性气味产生差异。

综上,不同养殖地域大菱鲆的肌肉挥发性物质种类和含量均有差异,而不同商品规格养殖大菱鲆肌肉挥发性物质的差异主要体现在含量上。张乐等^[24]在利用 GC-IMS 分析 8 个产区香椿挥发性成分差异时,发现不同产区香椿挥发性物质存在较大差异,且筛选出差异物质主要有(E)-2-己烯醛-D、乙酸乙酯-D、苯酚、糠醛和苯乙醇

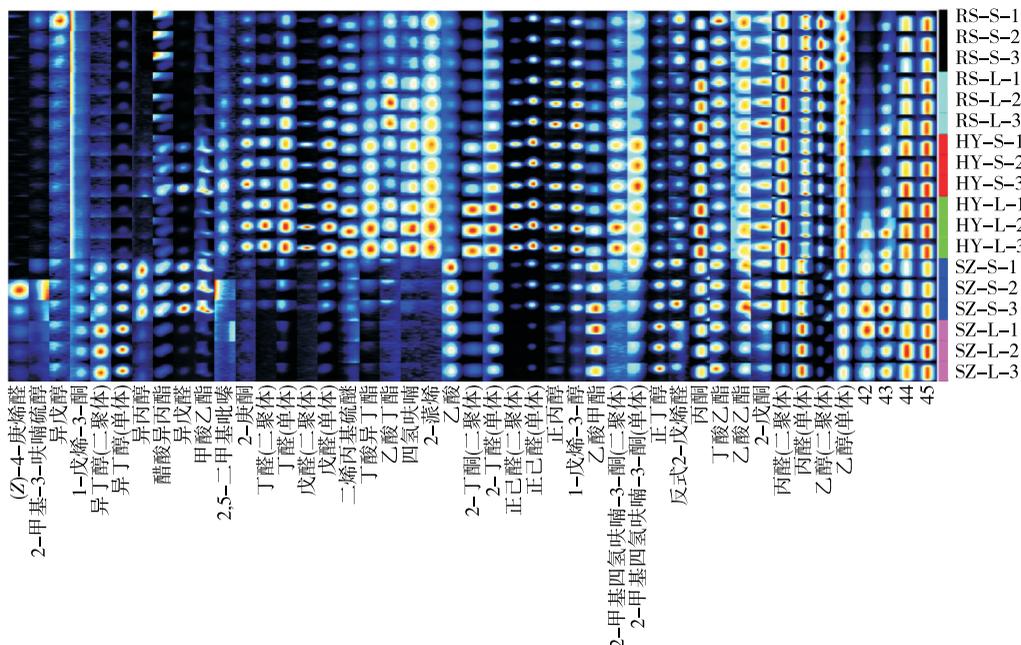


图 5 不同养殖地域和商品规格的大菱鲆肌肉挥发性化合物指纹图谱

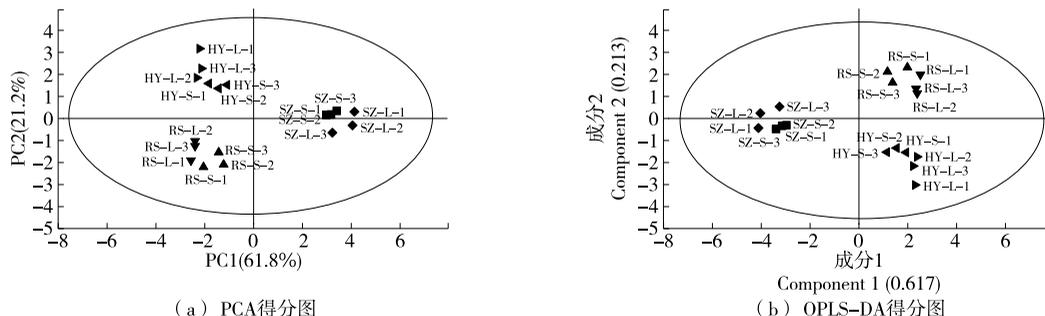
Figure 5 Fingerprints of volatile components in GC-IMS spectrum of turbot in different farming regions and commercial sizes

5 种。不同地域可能由于气候条件、生长环境和贮存运输等方面的不同,导致其挥发性成分产生差异^[4],说明利用 GC-IMS 分析挥发性气味对养殖大菱鲆进行产地溯源时有一定帮助。

2.6 养殖大菱鲆肌肉营养指标的 PCA 和 OPLS-DA 分析

对养殖大菱鲆肌肉的营养指标,包括基本营养成分、

胶原蛋白、 Σ SFA、 Σ MUFA、 Σ PUFA、 $n-3$ Σ PUFA、 $n-6$ Σ PUFA、 $n-3/n-6$ Σ PUFA、 Σ UFA 进行 PCA 分析,由图 6(a)可以看出,不同养殖地域大菱鲆肌肉营养指标差异较大,各自聚为一类,而且绥中地区和乳山、海阳两地的差异更大,可能是由于绥中地区的地理位置更偏北,生活环境与另外两个地区相差较大,导致营养成分差异也较大。



(a) PCA得分图
(b) OPLS-DA得分图
图 6 养殖大菱鲆肌肉营养指标的 PCA 和 OPLS-DA 得分图

Figure 6 Scores plots of PCA and OPLS-DA for the analysis of nutrition indicators measured by turbot

以大菱鲆肌肉营养指标作为因变量,不同组别作为自变量,进行 OPLS-DA 分析,结果见图 6(b)。自变量拟合指数(R_x^2)为 0.953,因变量拟合指数(R_y^2)为 0.742,模型预测指数(Q^2)为 0.576, R^2 和 Q^2 超过 0.5 表示模型拟合结果可接受。为了进一步分析不同营养指标对区分不同组别养殖大菱鲆的贡献率,根据变量权重值(variable important in projection, VIP) >1 的标准,筛选出脂肪、胶原蛋白、水分含量、 Σ UFA 和灰分 5 个指标,认为这些指标对判别不同养殖地域大菱鲆具有重要作用。

3 结论

研究了不同养殖地域和商品规格划分的大菱鲆的营养及风味品质的差异。乳山和海阳地区养殖大菱鲆蛋白质和胶原蛋白含量显著高于绥中地区,其中乳山大规格组蛋白质含量为 20.08%。绥中地区的总不饱和脂肪酸和二十二碳六烯酸含量均较高。通过气相色谱-离子迁移谱仪共鉴定出养殖大菱鲆肌肉挥发性化合物 33 种,其中挥发性化合物种类数为海阳地区 $>$ 乳山地区 $>$ 绥中地区。而在同一养殖地域下,规格为 750~1 250 g 的养殖大菱鲆胶原蛋白含量均显著高于规格为 450~750 g 的养殖大菱鲆。在气味分析上,小商品规格组肌肉含量较高的挥发性化合物有异戊醛、异丙醇、醋酸异丙酯和甲酸乙酯,而大商品规格组含量较高的有异丁醇、2-蒎烯、四氢呋喃和乙酸丁酯等。此次试验中大菱鲆的基本营养成分、脂肪酸组成的差异主要体现在养殖地域上,而养殖地域及规格均影响胶原蛋白含量及风味物质的组成。最后根据正交偏最小二乘判别分析及变量权重值 >1 的标准,筛选出脂肪、胶原蛋白、水分含量、总不饱和脂肪酸和灰分

5 个指标,认为这些指标对判别不同养殖地域大菱鲆具有重要作用。

参考文献

[1] ZHU F L, ZHANG H L, SHAO Y N, et al. Visualization of the chilling storage time for turbot flesh based on hyperspectral imaging technique[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2014, 34 (7): 1 938-1 942.

[2] 关长涛, 杨正勇, 王启要, 等. 大菱鲆产业发展报告[J]. 中国水产, 2021(1): 22-35.

GUAN C T, YANG Z Y, WANG Q Y, et al. Development report of turbot industry[J]. China Fisheries, 2021(1): 22-35.

[3] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2021 年中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021: 22.

Fishery Administration Bureau of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2021 China fisheries statistics yearbook [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2021: 22.

[4] 赵勇, 蒋东丰, 朱克卫, 等. 不同产地进口三文鱼挥发风味物质组成特征研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(3): 734-744.

ZHAO Y, JIANG D F, ZHU K W, et al. Study on the characteristics of volatile flavor components of imported salmon from different habitats[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(3): 734-744.

[5] 韦静玲, 叶香尘, 莫飞龙, 等. 不同规格苏氏圆腹(鱼芒)肌肉营养成分分析[J]. 养殖与饲料, 2020, 19(7): 15-20.

WEI L J, YE X C, MO F L, et al. Analysis of nutritional components in muscle of different specifications of Pangasius

- sutchi[J]. *Animals Breeding and Feed*, 2020, 19(7): 15-20.
- [6] 蔡丽君. 即食泥鳅油炸工艺优化及挥发性气味物质变化规律[D]. 上海: 上海海洋大学, 2022: 44.
CAI L J. Optimization of fry technology of ready-to-eat loach and changes of volatile odor substances[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2022: 44.
- [7] 马美湖, 毕玉芳, 张茂杰, 等. 鸡蛋贮藏期间风味特征的电感官分析[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(8): 293-300, 355.
MA M H, BI Y F, ZHANG M J, et al. Analysis of egg flavor change during storage period by electronic sensory methods[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2015, 31(8): 293-300, 355.
- [8] 陈东杰, 张明岗, 聂小宝, 等. 基于气相离子迁移谱检测静电场处理的大菱鲆品质[J]. *食品科学*, 2019, 40(24): 313-319.
CHEN D J, ZHANG M G, NIE X B, et al. Quality detection of turbot (*Scophthalmus maximus*) treated with electrostatic field using gas chromatography-ion mobility spectrometry [J]. *Food Science*, 2019, 40(24): 313-319.
- [9] 贾丽娟. 不同地区稻虾综合种养系统环境因子、肌肉品质的比较分析及产地溯源体系的建立[D]. 上海: 上海海洋大学, 2022: 41-42, 47.
JIA L J. Comparison of environmental factors and muscle quality in rice-shrimp integrated culture system in different areas and establishment of geographical origin traceability system [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2022: 41-42, 47.
- [10] 高岳, 林研彤, 侯淑敏, 等. 不同产地和养殖方式的刺参微量元素含量的比较[J]. *大连海洋大学学报*, 2014, 29(5): 498-501.
GAO Y, LIN Y T, HOU S M, et al. Comparative analysis of trace element contents in sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) from different regions and farming methods[J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2014, 29(5): 498-501.
- [11] CHENG J H, SUN D W, HAN Z, et al. Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: A review[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014, 13(1): 52-61.
- [12] TORRIS C, SMASTUEN M C, MOLIN M. Nutrients in fish and possible associations with cardiovascular disease risk factors in metabolic syndrome[J]. *Nutrients*, 2018, 10(7): 952.
- [13] 王煜坤, 郝淑贤, 李来好, 等. 不同地区、品种及养殖模式罗非鱼营养差异分析[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(12): 231-237.
WANG Y K, HAO S X, LI L H, et al. Analysis on nutrition difference of tilapia in different regions, species and breeding pattern[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(12): 231-237.
- [14] 郭亚男, 胡园, 韩刚, 等. 两种不同产地养殖三疣梭子蟹肌肉中营养成分比较[J]. *中国食物与营养*, 2020, 26(12): 45-50.
GUO Y N, HU Y, HAN G, et al. Comparative analysis on nutritional components in muscle of cultured *Portunus trituberculatus* from different areas [J]. *Food and Nutrition in China*, 2020, 26(12): 45-50.
- [15] BROOKS J C, SAVELL J W. Perimysium thickness as an indicator of beef tenderness[J]. *Meat Science*, 2004, 67(2): 329-334.
- [16] 郑海波. 中华绒螯蟹的品质分析与比较[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 24-27.
ZHENG H B. Analysis and comparison of the quality of Chinese mitten crab[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008: 24-27.
- [17] 于双, 姜森, 桑雪, 等. 大连不同产地刺参营养成分分析与评价[J]. *中国食品添加剂*, 2022, 33(4): 188-195.
YU S, JIANG M, SANG X, et al. Analysis and evaluation of nutrient components of sea cucumber from different places in Dalian[J]. *China Food Additives*, 2022, 33(4): 188-195.
- [18] 谢全森, 蔡灵, 孙彩娟, 等. 不同生长阶段的生态养殖台湾鳗的营养特性研究[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(15): 36-42.
XIE Q S, CAI L, SUN C J, et al. Nutritional quality of ecological breeding Taiwan *Paracribitis anguillioideus* with different growth phase[J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(15): 36-42.
- [19] 谢辉, 尹明雨, 张玉非, 等. 不同产地雌性中华绒螯蟹感官品质与滋味品质的差异性[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(6): 114-120, 126.
XIE H, YIN M Y, ZHANG Y F, et al. The effect of different culturing region on the sensory and taste quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(6): 114-120, 126.
- [20] 张秀洁, 郭全友, 王鲁民, 等. 养殖大黄鱼滋味和气味物质组成及评价[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(20): 242-249.
ZHANG X J, GUO Q Y, WANG L M, et al. Composition and evaluation of flavor substances in the cultured large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(20): 242-249.
- [21] GUO Y R, GU S Q, WANG X C, et al. Comparison of fatty acid and amino acid profiles of steamed Chinese mitten crab [J]. *Fisheries Science*, 2014, 80(3): 621-633.
- [22] 崔保威, 欧阳远鑫, 马杨柳, 等. 不同产地秀丽白虾干风味物质 GC-IMS 指纹图谱分析[J]. *食品工业*, 2022, 43(7): 311-315.
CUI B W, OUYANG Y X, MA Y L, et al. Fingerprint analysis of volatile flavor compounds of dried *Exopalaemon modestus* from different habitats based on gas chromatography-ion mobility spectroscopy[J]. *The Food Industry*, 2022, 43(7): 311-315.
- [23] WANG F, GAO Y Q, WANG H B, et al. Analysis of volatile compounds and flavor fingerprint in Jingyuan lamb of different ages using gas chromatography-ion mobility spectrometry (GC-IMS)[J]. *Meat Science*, 2021, 175: 108449.
- [24] 张乐, 张雅, 史冠莹, 等. GC-IMS 结合化学计量学分析 8 个产区香椿挥发性成分差异[J]. *食品科学*, 2022, 43(22): 301-308.
ZHANG L, ZHANG Y, SHI G Y, et al. Differences in volatile organic compounds of *Toona sinensis* from eight production regions analyzed by gas chromatography-ion mobility spectrometry combined with chemometrics[J]. *Food Science*, 2022, 43(22): 301-308.