

岱瞿族大黄鱼质构特性与感官评价的相关性分析

范正利¹, 黄艳青², 陈坚^{1*}

(1. 温州市渔业技术推广站, 温州 325000; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: **目的** 分析养殖大黄鱼质构特性与感官评价的相关性。**方法** 选择温州不同海域的养殖大黄鱼样品进行肥满度、蛋白质、脂肪、水分、胶原蛋白测定, 并进行感官评定和质构剖面分析(texture profile analysis, TPA); 对结果进行因子和主成分分析, 以及相关性分析; 再以 TPA 指标为自变量、感官评价指标为因变量进行逐步回归分析, 建立感官预测模型。**结果** 温州不同海域养殖大黄鱼, 在肥满度、脂肪含量、蛋白质含量、质构测定中弹性与咀嚼性指标均存在显著性差异, 感官评价指标也存在显著性差异。通过主成分分析得到 TPA 指标和感官评价指标各 1 个主成分, 累计方差贡献率分别为 72.86%和 89.97%。相关性结果表明, 感官评价结果与 TPA 测定结果之间存在显著的相关性($r=-0.933\sim-0.808$, $P<0.05$), 并建立了色泽、滋味、肉纤维和质地与咀嚼性的预测模型和气味与弹性的预测模型。**结论** 本研究确定了温州地区养殖大黄鱼品质评价定量指标; 大黄鱼感官评价指标受 TPA 指标中的弹性、咀嚼性影响; 本研究的温州大黄鱼感官评价预测模型为大黄鱼品质评价标准体系的科学建立提供了依据。

关键词: 大黄鱼; 品质; 质构; 感官评价; 质构分析

Correlation analysis between texture and sensory evaluation of Daiqu group *Pseudosciaena crocea*

FAN Zheng-Li¹, HUANG Yan-Qing², CHEN Jian^{1*}

(1. Wenzhou Fisheries Technology Extension Service, Wenzhou 325000, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the correlation between texture and sensory evaluation of cultured *Pseudosciaena crocea*. **Methods** The research determined the fatness, protein, fat, water, and collagen of cultured *Pseudosciaena crocea* from different sea areas in Wenzhou, and analyzed for sensory evaluation and texture profile analysis (TPA). Principal component analysis and correlation analysis were conducted based on results of sensory evaluation and TPA. Then taking TPA indicators as independent variables, sensory evaluation indicators as dependent variables, stepwise regression analysis was conducted and sensory evaluation model was established. **Results** Fatness, protein, fat, texture characteristics including elasticity, chewiness of *Pseudosciaena crocea* from different sea areas in Wenzhou were significantly different, sensory evaluation indicators were also significantly different. One principal component of TPA and sensory evaluation was extracted by principal component analysis, variance contribution ratios were 72.86%, 89.97%. The correlation was significant between sensory evaluation measure and TPA analysis ($r=-0.933\sim-0.808$, $P<0.05$). Forecasting model of color, taste, tissue form and chewiness was presented. Forecasting

基金项目: 温州市农业丰收计划项目(FSJH2021013)、温州市基础性公益科研项目(N20220020)

Fund: Supported by the Wenzhou Agricultural Harvest Plan Project (FSJH2021013), and Wenzhou Basis Commonweal Scientific Research Project (N20220020)

*通信作者: 陈坚, 研究员, 主要研究方向为水产养殖及营养加工。E-mail: 103602542@qq.com

*Corresponding author: CHEN Jian, Professor, Wenzhou Fisheries Technology Extension Service, Wenzhou 325000, China. E-mail: 103602542@qq.com

model of smell and elasticity was presented. **Conclusion** The indicators for quality evaluation of *Pseudosciaena crocea* cultured are obtained. Sensory evaluation are affected by chewiness, elasticity in TPA. The forecasting model of sensory evaluation in this study is generated to provide references for scientifically building quality evaluation criteria system in *Pseudosciaena crocea*.

KEY WORDS: *Pseudosciaena crocea*; quality; texture; sensory evaluation; texture profile analysis

0 引言

大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*), 主要分布在我国黄海南部、东海、台湾海峡以及南海北部, 因其朱唇金鳞、形体优美、肉质鲜美, 享有“海水国鱼”之美誉, 但因过度捕捞使其资源日渐枯竭。随着大黄鱼人工育苗技术的不断成熟和提高, 海水网箱养殖大黄鱼产业得到迅速发展, 在福建、浙江和广东等区域形成了各种规模化养殖模式, 如筏式网箱、深水网箱和围网养殖等。2021 年大黄鱼已成为我国养殖量最多海水养殖鱼类, 年产量达到 254224 t, 较 2020 年增长 0.06%^[1]。近年来浙南地区深水网箱生态养殖模式发展迅速, 养成品的品质优于传统网箱养殖大黄鱼, 近乎野生大黄鱼, 深水网箱生态养殖大黄鱼的品质成为该行业的关注热点。目前, 国内外已有不少学者开展了大黄鱼品质评价及综合利用研究。文献表明, 养殖模式^[2]、饲料饵料^[3-4]、保鲜技术^[5-7]、流通方式^[8]对大黄鱼品质都有一定影响, 上述研究结果表明, 大黄鱼品质差异主要体现在形体、体色、肉质和风味方面, 其定量测定指标包含肥满度、皮肤黄色值、总羟脯氨酸、肌肉脂肪和蛋白含量、脂肪酸、挥发性气味物质、肌肉 pH、氧化三甲胺、三甲胺、游离氨基酸、Ca、Na 和 Mn 元素含量等^[9]。

质构特性是衡量鱼品质的重要因素^[10], 主要是采用质构剖面分析法(texture profile analysis, TPA), 该分析法指标包括硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性和回复性^[11]。这种方法具有简单、方便、快捷的特点, 但容易受鱼不同部位、待测样品规格大小所影响。感官评价是一种通过口腔运动所得到的一种综合结果, 是最直接和准确的方法^[12], 同时有人指出食品风味质量的感官特性常包括外观(条形、色泽等)、气味(香味、鲜味等)、滋味(酸甜苦鲜等)、组织(肉纤维、质地等)^[13]。但存在评定程序复杂、耗时, 花费大及人为因素影响等缺点。目前, 针对大黄鱼质构特性与风味感官评定的相关性分析鲜有报道。因此, 有必要对大黄鱼品质进行深入研究, 开展理化指标与 TPA 测定, 并结合感官评价, 研究 TPA 测定与感官评价两者的相关性, 更好地对大黄鱼进行开发利用。本研究以温州地区深水网箱大黄鱼为研究对象, 探讨温州不同海域的深水网箱养殖大黄鱼营养品质、肌肉质构和感官评价, 分析大黄鱼质构特性与风味感官评价的相关性, 建立大黄鱼评价的预测模型, 以便较全面评价大黄鱼品质, 为大黄鱼品质评价标准体系的

构建提供参考, 促进大黄鱼养殖产业高质量发展。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

岱瞿族大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*): 8 月份分别从苍南赤溪(离岸 500 m)、平阳南麂(离岸 35 公里)、瑞安北麂(离岸 50 公里)和洞头鹿西(离岸 22 公里)4 个海域的相同投喂养殖深水网箱(周长均为 60 m)中随机取 32 尾(平均质量 413 g), 体态完好, 鱼体新鲜。采用层鱼层冰的方式冰鲜运输回实验室, 其中 24 尾测量形体相关数据, 背部肌肉去除鱼皮后切成 3.0 cm×1.5 cm×0.5 cm 长方体, 用于质构、营养成分、羟脯氨酸等测定。另 8 尾用于感官评价, 所有相关采样工作、质构检测、感官评价工作均于 48 h 内完成。

氢氧化钠、盐酸、硫酸铜、硫酸钾、硫酸、硼酸、无水乙醇、甲基红、亚甲基蓝、石油醚、丙酮、酚酞指示剂(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 羟脯氨酸检测试剂盒(北京索莱宝科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

FOSS TM 2200 型半自动凯氏定氮仪(瑞典福斯 FOSS 公司); CF16RXII 高速冷冻离心机(日本日立 HITACH 集团日立工机株式会社); GZX-9240MBE 电热恒温鼓风干燥箱(江苏常州诺基仪器有限公司); Soxtec 2050 型索氏抽提仪(瑞典福斯公司); TMS-2000 食品物性分析仪(美国 Food Technology Corporation 公司); 全自动海鲜蒸柜(济南世纪华厨厨房设备有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 形体指标测定

随机抽取不同大黄鱼样本, 对所有大黄鱼量体长(自吻端至尾鳍基部最后 1 枚椎骨的末端的垂直距离, cm)。在冰盘上解剖分离肝脏、内脏, 用滤纸吸掉水分后称体重(g)。计算肥满度(体重/体长³×100)^[2,9]。

1.3.2 基本营养成分测定

一般营养成分: 粗蛋白含量、粗脂肪、水分。粗蛋白质采用 GB/T 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法测定; 粗脂肪采用 GB/T 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法测定; 水分含量采用 GB/T 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法测定。

1.3.3 TPA 测定

采用 TMS-2000 型质构仪, 对大黄鱼背部肌肉块(3.0 cm×1.5 cm×0.5 cm)进行 TPA 测定, 每个处理的样品平行测定 10 次, 结果取平均值。测定条件: 测试前速率 2 mm/s, 测试速率 1 mm/s, 返回速度 5 mm/s, 压缩程度 50%, 停留时间 5 s^[14]。选取的 4 个分析指标为硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性。

1.3.4 胶原蛋白含量测定

精确称取 0.2 g 搅碎的大黄鱼肌肉新鲜样品按羟脯氨酸检测试剂盒说明书操作进行测定。通过羟脯氨酸标准曲线确定试样溶液浓度, 进而计算样品中羟脯氨酸的含量(g/100 g), 并通过公式(1)计算样品胶原蛋白含量(g/100 g)。

$$\text{胶原蛋白含量} = 11.1 \times \text{羟脯氨酸含量} \quad (1)$$

式中, 11.1 为羟脯氨酸含量与胶原蛋白含量的换算系数^[15]。

1.3.5 感官评定

依据水产行业标准 SC 127—1984《鲜大黄鱼 鲜小黄鱼》所规定的新鲜大黄鱼的感官指标及影响食品风味质量的感官特性, 确定养殖大黄鱼风味质量的感官评价标准^[16-17], 见表 1, 其中评价指标分为条形与色泽、气味、滋味、肉纤维和质地 4 项指标, 质量因素最佳时的评分为 10 分, 最差时评分为 4, 以此类推, 共分为 7 级。

以清蒸方式烹饪样品。清洗去掉内脏的大黄鱼, 放入盘中, 鱼身上划几刀, 放生姜片 5 g, 淋上料酒 5 g, 撒少许盐 3 g, 放入全自动海鲜蒸柜, 100℃蒸 7 min, 然后去掉姜

片, 再放入葱丝 5 g 淋上热油 10 g, 上桌进行感官评价, 在同一条件下对各样品进行烹饪。邀请经过感官培训的食品相关从业人员 10 名, 组成感官评价小组。根据表 1 的标准要求, 评价小组对每个样品进行风味感官评价。要求评定人员在评定前 12 h 内不食刺激性食物, 评定过程不互相交流, 独立评定, 评定完一个样品后, 以纯净温水漱口, 间隔 10 min 后再评定另一个样品。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0、Microsoft Excel 2007 对实验数据进行处理, 各数据以平均值±标准偏差来表示。采用单因素方差分析(one-way analysis of variance, one-way ANOVA)和邓肯检验法(Duncan 法)对数据进行差异分析, 并运用主成分分析以及 Pearson 相关检验对质构和感官指标进行主成分、相关性分析。

2 结果与分析

2.1 形体特征及营养成分测定结果

由表 2 可知, 在温州不同海域养殖的大黄鱼其体长、体重、肥满度、蛋白质、脂肪、水分各指标存在显著差异($P < 0.05$, 下同)。鱼体的形体特征能够很好地反映鱼类的营养和生活史, 特别是其中的肥满度指标, 肥满度越小表明鱼体越修长、体型越优美。瑞安海域肥满度最低, 显著低于平阳海域, 表明该海域大黄鱼形体是最优美的。不同海域养殖

表 1 大黄鱼肉质风味质量感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for meat quality of *Pseudosciaena crocea*

风味质量要素	评分						
	10	9	8	7	6	5	4
条形与色泽	条形修长, 呈金黄色	条形修长, 呈黄色	条形修长, 呈淡黄色	条形偏胖, 光泽偏淡	条形偏胖, 光泽不明显	条形偏胖, 无光泽	条形偏胖, 呈白色
气味	具有新鲜大黄鱼固有的气味	具有大黄鱼固有的气味	气味正常, 大黄鱼固有的气味略淡	气味正常, 无大黄鱼固有的气味	气味不明显, 但无异味	气味不明显, 稍有异味和腥臭味	有较强的异味和腥臭味
滋味	甜的、独特的鲜美鱼味	甜的鲜鱼味	较甜的、较鲜美的鱼风味	淡淡的海产鱼类产品的鲜味	淡海鱼鲜味	海鱼味, 但稍有苦味	海鱼味, 苦味
肉纤维状态与质地	呈蒜瓣状, 弹性好, 嫩度好	呈蒜瓣状, 弹性好, 嫩度较好	呈蒜瓣状, 弹性较好, 嫩度较好	呈蒜瓣状, 弹性不足, 口感稍硬	无蒜瓣状, 无弹性, 口感硬	无蒜瓣状, 松软, 口感柴	无蒜瓣状, 松软严重, 口感柴硬

表 2 温州不同海域大黄鱼型体数据表和基本营养成分(湿物质, %)

Table 2 Basic information and nutrients of *Pseudosciaena crocea* cultured by different sea areas in Wenzhou (wet mass, %)

检测指标	苍南海域	平阳海域	瑞安海域	洞头海域
体长/cm	31.17±1.92 ^a	31.62±1.81 ^{ab}	33.23±1.00 ^{bc}	33.83±0.98 ^c
体重/g	371.34±73.54 ^a	399.47±83.11 ^{ab}	406.97±45.00 ^{ab}	474.30±46.26 ^b
肥满度/%	1.217±0.125 ^{ab}	1.252±0.139 ^b	1.107±0.061 ^a	1.222±0.037 ^{ab}
蛋白质	15.70±0.32 ^b	15.34±0.19 ^a	16.47±0.17 ^c	16.05±0.32 ^d
脂肪	5.07±1.23 ^b	6.09±1.71 ^b	2.10±0.58 ^a	8.63±2.24 ^c
水分	78.55±4.25 ^b	76.64±1.97 ^{ab}	78.82±1.37 ^b	71.98±3.92 ^a

注: 同行上标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。表 3~5 同。

大黄鱼蛋白质含量具有显著性差异,瑞安海域大黄鱼最高,其次是洞头海域大黄鱼,平阳海域大黄鱼最低。瑞安海域的大黄鱼脂肪含量最低,显著低于平阳、苍南海域,洞头海域最高。洞头海域的大黄鱼水分含量最低,显著低于苍南、瑞安海域。综合分析结果,大黄鱼蛋白质受不同海域影响最大,其次是脂肪,肥满度与水分受影响情况相同。

2.2 TPA 及胶原蛋白测定和感官评价结果

由表 3 可知,在温州不同海域中,大黄鱼肌肉弹性、咀嚼性指标存在显著差异,硬度与黏性无显著差异。瑞安海域大黄鱼弹性、咀嚼性显著低于洞头海域,苍南海域与平阳海域跟其他海域均无显著性差异。不同海域的大黄鱼肌肉胶原蛋白含量为 0.27523~0.3292(湿物质, g/100 g),差异不显著。综合分析结果,不同海域会影响大黄鱼 TPA 指标中的弹性和咀嚼性,由此得出区分不同海域大黄鱼品质差异的 TPA 主要指示指标。

表 3 温州不同海域大黄鱼肌肉 TPA 结果

Table 3 Muscle texture of *Pseudosciaena crocea* cultured by different sea areas in Wenzhou

TPA 指标	苍南海域	平阳海域	瑞安海域	洞头海域
硬度/N	11.48±3.65 ^a	11.69±3.83 ^a	12.02±2.26 ^a	13.34±2.72 ^a
弹性/mm	2.64±0.39 ^{ab}	2.75±0.70 ^{ab}	2.30±0.48 ^a	2.99±0.67 ^b
黏性/N	2.78±0.53 ^a	2.76±0.80 ^a	2.84±0.52 ^a	3.33±1.02 ^a
咀嚼性/mJ	7.32±1.75 ^{ab}	7.99±4.19 ^{ab}	6.63±2.11 ^a	10.37±5.61 ^b

由表 4 可知,在温州不同海域中,大黄鱼的条形、色泽、气味、滋味、肉纤维和质地各项感官评价指标存在显著性差异。在各项感官评价指标中,洞头海域大黄鱼评分

表 4 温州不同海域大黄鱼肉质风味质量感官评价结果

Table 4 Sensory evaluation for meat quality of *Pseudosciaena crocea* cultured by different sea areas in Wenzhou

感官指标	苍南海域	平阳海域	瑞安海域	洞头海域
条形与色泽	7.70±0.95 ^a	9.00±0.82 ^b	7.80±1.23 ^a	9.50±0.53 ^b
气味	7.70±1.06 ^a	8.60±0.70 ^a	7.90±1.37 ^a	9.80±0.42 ^b
滋味	7.80±1.03 ^a	9.00±0.82 ^b	8.00±1.05 ^a	9.30±0.48 ^b
肉纤维与质地	7.70±1.06 ^a	8.90±0.74 ^b	8.00±1.33 ^a	9.40±0.70 ^b

表 5 TPA 和感官评价各成分特征根与累计方差贡献率

Table 5 Total variance explained for TPA and sensory evaluation

主成分	TPA			主成分	感官评价		
	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%		特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
f_1	2.914	72.86	72.86	F_1	3.599	89.97	89.97
f_2	0.842	21.04	93.90	F_2	0.226	5.66	95.63
f_3	0.228	5.69	99.59	F_3	0.062	1.56	100.00
f_4	0.016	0.41	100.00	F_4	0.113	2.82	98.44

最高,平阳优于瑞安,苍南最低。综合分析结果,不同海域会影响大黄鱼感官评价 4 项指标,由此得出区分不同海域大黄鱼品质差异的感官指标。

2.3 主成分分析

根据表 5 主成分分析结果,TPA 主成分 1 (f_1)和主成分 2 (f_2)的方差贡献率分别为 72.86%和 21.04%,累积贡献率达到 93.90%,然而成分矩阵仅提取到 1 个主成分。由此可知,这 1 个主成分能解释鱼肉的大部分质构情况,因此取 f_1 作为反映样品 TPA 整体信息的主成分因子。感官评价第 1 个主成分(F_1)的方差贡献率达到 89.97%,且成分矩阵提取到 1 个主成分。因此取主成分 1 (F_1)作为反映感官指标整体信息的主成分。进一步采用正交旋转法对主成分因子进行计算,得到各指标特征向量系数,可得出主成分 f_1 与样品 TPA 指标之间的数学方程(1),以及主成分 F_1 与感官指标之间的数学方程(2)。

$$f_1=0.40\chi_1+0.47\chi_2+0.55\chi_3+0.56\chi_4 \quad (1)$$

$$F_1=0.50X_1+0.48X_2+0.51X_3+0.51X_4 \quad (2)$$

(其中, χ_1 —硬度; χ_2 —弹性; χ_3 —黏性; χ_4 —咀嚼性; X_1 —条形与色泽; X_2 —气味; X_3 —滋味; X_4 —肉纤维与质地)

由方程(1)可知,大黄鱼背部肌肉 TPA 指标的主成分 1 中载荷较高的是黏性和咀嚼性。由方程(2)可知,大黄鱼感官评价指标的主成分 1 中载荷较高的是条形与色泽、滋味、肉纤维与质地。不管是 TPA 还是感官评价指标都是由 4 大因素组成,它们在大黄鱼评价中的权重分配有一定的差异,对各指标特征向量系数进行归一化处理,得到各质量因素的权重,分别为:硬度(0.20)、弹性(0.24)、黏性(0.28)、咀嚼性(0.28);条形与色泽(0.25)、气味(0.24)、滋味(0.26)、肉纤维与质地(0.25)。

2.4 相关性分析

TPA 与感官评价结果之间的相关性见表 6,可以看出两者之间有一定相关性。其中,感官条形、色泽指标与 TPA 弹性呈显著正相关($P<0.05$, $r=0.691$),与 TPA 咀嚼性呈极显著负相关($P<0.01$, $r=-0.780$);感官气味指标与 TPA 弹性呈极显著正相关($P<0.01$, $r=0.808$),与 TPA 咀嚼性呈显著负相关($P<0.05$, $r=-0.751$);感官滋味指标与 TPA 弹性呈极显著正相关($P<0.01$, $r=0.794$),与 TPA 黏性呈显著负相关

表 6 TPA 和感官评定指标间相关性分析
Table 6 Correlation analysis between TPA indicators and sensory evaluation indicators

TPA 指标	感官评定指标			
	条形与色泽	气味	滋味	肉纤维与质地
硬度	-0.461	-0.318	-0.521	-0.500
弹性	0.691*	0.808**	0.794**	0.707*
黏性	-0.610	-0.404	-0.740*	-0.634*
咀嚼性	-0.780**	-0.751*	-0.933**	-0.816**

注: **极显著相关($P<0.01$), *显著相关($P<0.05$)。

($P<0.05$, $r=-0.740$), 与 TPA 咀嚼性呈极显著负相关($P<0.01$, $r=-0.933$); 感官肉纤维与质地指标与 TPA 弹性呈显著正相

关($P<0.05$, $r=0.707$), 与 TPA 黏性呈显著负相关($P<0.05$, $r=-0.634$), 与 TPA 咀嚼性呈极显著负相关($P<0.01$, $r=-0.816$)。因此, 综合 TPA 测定结果和感官评价指标的相关性分析, 对大黄鱼品质起着决定作用的指标是弹性、咀嚼性。

为了进一步对大黄鱼的品质进行评价与预测, 以 TPA 指标为自变量, 感官指标为因变量进行逐步回归分析, 设定变量入选的 F 值显著水平为 0.05。由表 7 可知, 经显著性检验, 感官指标中条形与色泽、气味、滋味、肉纤维和质地的模型均具有显著性。从各项感官指标预测模型可得到大黄鱼肌肉感官评价指标主要受 TPA 中弹性和咀嚼性影响。

表 7 感官指标对 TPA 指标的逐步回归分析预测模型
Table 7 Predictive equations for TPA parameters as functions of sensory attributes by stepwise regressions

感官指标	预测模型	复相关系数 R	决定系数 R^2	调整决定系数 R^2_{adj}	Sig.
条形与色泽	$Co=10.808-0.454a$	0.780	0.609	0.560	0.008
气味	$Fr=13.185+2.294b$	0.808	0.654	0.610	0.005
滋味	$Ft=11.084-0.465a$	0.933	0.870	0.854	0.000
肉纤维与质地	$Qu=11.414-0.515a$	0.816	0.666	0.624	0.004

注: a 为 TPA 的咀嚼性, b 为 TPA 的弹性。

3 讨论

感官评价能综合表达人的感官体验, 是对水产品品质评价的最直接的方式之一^[18-20], 但是其具有人为主观性, 存在耗时、花费大、敏感性较低的问题。人们一直尝试用一些客观的定量检测指标来反映水产品品质情况^[21-22]。TPA 能够检测出食品内部结构的微小变化, 是一种与人感官感觉相关的机械特性进行测量的评估方法, 已较多应用于水产品肌肉品质分析中^[23-26]。养殖水产品由于不同水域水质特点、养殖水体空间、养殖时长、饵料、投饲策略等差异, 从而表现出品质评价差异^[27-29]。本研究结果表明温州不同海域养殖大黄鱼, 在肥满度、脂肪含量、蛋白质含量、水分含量、质构测定中弹性与咀嚼性指标均存在显著性差异, 同时感官评价 4 项指标也存在显著性差异, 与其他领域研究相似定量质构指标与感官评价指标具有相关性^[30-31], 更能说明定量指标能够在一定程度上反映大黄鱼品质。

通过主成分分析降维转化为少数几个主成分来探讨大黄鱼 TPA 和感官评价。分析本研究数据, 分别提取大黄鱼 TPA 和感官评价结果中的 1 个主成分, 累计方差贡献率分别 72.86%和 89.97%, 可以充分解释 TPA 和感官评价整体的指标特征。通过 Pearson 相关分析得知, TPA 指标和感官评价指标具有一定相关性, 说明 TPA 指标中弹性、咀嚼性会影响大黄鱼感官品质评价。进行逐步回归分析, 构建了大黄鱼感官指标中条形与色泽、气味、滋味、肉纤维和

质地的模型, 发现感官评价指标受 TPA 中弹性和咀嚼性影响, 与相关分析结果一致。本研究证实了通过仪器分析 TPA 测定与感官评价相结合, 构建感官预测模型评价大黄鱼品质特性的可行性。

4 结论

肥满度、脂肪含量、蛋白质含量、水分含量、TPA 中的弹性与咀嚼性可以作为区分不同海域养殖大黄鱼品质评价定量指标, 可为大黄鱼品质评价标准体系的建立提供参考。综合 TPA 结果和感官评价可知, 大黄鱼感官评价指标受 TPA 指标中的弹性、咀嚼性影响。通过建立大黄鱼感官预测模型, 可以全面评价大黄鱼产品品质, 为大黄鱼高质量发展提供了理论依据。

参考文献

- [1] 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. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022.
Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China Fishery Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022.
- [2] 范正利, 陈坚, 郭安托, 等. 温州市三种不同养殖模式大黄鱼品质特性研究[J]. 渔业信息与战略, 2022, 37(2): 123-132.
FAN ZL, CHEN J, GUO ANT, et al. Research of quality specific in three different large yellow cultured from Wenzhou sea area [J]. Fish Inform Strat, 2022, 37(2): 123-132.

- [3] 郭全友, 李松, 姜朝军, 等. 两种饵料对养殖大黄鱼体色和品质的影响[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(6): 69-74.
GUO QY, LI S, JIANG CJ, *et al.* Effects of two fishmeals on skin color and quality of cultured large yellow croaker [J]. Food Ferment Sci Technol, 2018, 54(6): 69-74.
- [4] 范正利, 黄艳青, 唐保军, 等. 人工配合饲料对温州大黄鱼品质的影响[J]. 水产养殖, 2022, 43(5): 36-40.
FAN ZL, HUANG YQ, TANG BJ, *et al.* Effects of artificial formulated diet on quality of large yellow croaker from Wenzhou [J]. J Aquac, 2022, 43(5): 36-40.
- [5] 卢亭, 邱继善, 徐玲萍, 等. 不同保鲜技术对大黄鱼品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(23): 9198-9202.
LU T, QIU JS, XU LP, *et al.* Effects of different preservation techniques on the quality of *Pseudosciaena crocea* [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(23): 9198-9202.
- [6] 蓝蔚青, 刘嘉莉, 许巧玲, 等. 植酸与竹醋液对冰藏大黄鱼品质、微生物与水分迁移的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(7): 173-179.
LAN WQ, LIU JL, XU QL, *et al.* Effects of phytic acid and bamboo vinegar on the quality, microorganism and water migration of large yellow croaker during ice storage [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(7): 173-179.
- [7] 唐佳楣, 廖媛媛, 汤海青, 等. 不同冻结方法对大黄鱼冻藏期间品质的影响[J]. 宁波大学学报(理工版), 2019, 32(6): 35-42.
TANG JM, LIAO YY, TANG HQ, *et al.* Effect of different freezing rates on the quality of *Pseudosciaena crocea* during frozen storage [J]. J Ningbo Univ (Nat Sci Eng Ed), 2019, 32(6): 35-42.
- [8] 石钰琢, 郭全友, 郑尧, 等. 不同养殖模式及流通方式的大黄鱼品质评价和等级判定[J]. 食品科学, 2022, 43(13): 184-191.
SHI YZ, GUO QY, ZHENG Y, *et al.* Quality evaluation and grading of *Pseudosciaena crocea* cultured in different aquaculture modes and circulated under different conditions [J]. Food Sci, 2022, 43(13): 184-191.
- [9] 马睿. 营养与养殖大黄鱼品质之间关系的初步研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
MA R. Preliminary study on relationship between nutrition and fish quality of farmed large yellow croaker [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014.
- [10] 任范伟, 朱兰兰, 周德庆, 等. 秋刀鱼肉感官评价与质构的相关性分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(11): 1932-1938.
REN FW, ZHU LL, ZHOU DQ, *et al.* Correlation between meat quality sensory evaluation and texture of *Cololabis saira* [J]. J Southern Agric, 2016, 47(11): 1932-1938.
- [11] BOURNE MC. Texture profile analysis [J]. Food Technol, 1978, 32: 62-66.
- [12] 徐坤华, 赵巧灵, 廖明涛, 等. 金枪鱼质构特性与感官评价相关性研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 190-196.
XU KH, ZHAO QL, LIAO MT, *et al.* Research of relationship between texture and sensory evaluation of tuna [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2014, 14(12): 190-196.
- [13] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
LI LT. Physical properties of foods [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001.
- [14] 李学英, 刘会省, 杨宪时, 等. 冻藏温度对南极磷虾品质变化的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(6): 191-195.
LI XY, LIU HS, YANG XS, *et al.* Effects of temperature on the quality of antarctic krill (*Euphausia superba*) during frozen storage [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(6): 191-195.
- [15] 鲍虹蕾, 杨敏, 刘文文, 等. 乙酸溶胀-挤压提取对罗非鱼真皮胶原蛋白理化性质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(19): 100-106.
BAO HL, YANG M, LIU WW, *et al.* Physical and chemical properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) dermis collagen acetic acid swelling and extrusion [J]. Food Sci, 2017, 38(19): 100-106.
- [16] 王栋. 食品感官评价原理与技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997.
WANG D. Sensory evaluation of food principles and practices [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1997.
- [17] CARDELLO AV. Food relativity context and consumer expectations [J]. Food Qual Pref, 1995, (6): 163-170.
- [18] 李金林, 王维亚, 李鑫, 等. 基于雷达图与紫外-可见分光光度法建立鱼汤挥发性风味评价方法及其应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(8): 2103-2110.
LI JL, WANG WY, LI X, *et al.* Establishment and application of sensory evaluation method for volatile flavor of fish soup based on radar map and ultraviolet-visible spectrophotometry [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(8): 2103-2110.
- [19] 张婷, 吴燕燕, 李来好, 等. 咸鱼品质的质构与感官相关性分析[J]. 水产学报, 2013, 37(2): 303-310.
ZHANG T, WU YY, LI LH, *et al.* Correlation analysis of sensory with instrumental texture measurement of salted fish [J]. J Fish Chin, 2013, 37(2): 303-310.
- [20] 邵路畅. 配合饲料和野杂鱼育肥对中华绒螯蟹品质及感官评价的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
SHAO LC. Nutritional quality and sensory evaluation of fattening empty chinese mitten crab with formulated diet and trash fish [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2012.
- [21] 钟宛清, 余杰, 李苡萱, 等. 饲料脂肪水平对卵形鲳鲹肌肉品质、抗氧化能力及相关基因表达的影响[J]. 饲料工业, 2023, 44(4): 98-106.
ZHONG WQ, YU J, LI YX, *et al.* Effects of dietary fat levels on muscle quality, antioxidant capacity and expression of related genes of golden pompano (*Trachinotus Ovatus*) [J]. Feed Ind, 2023, 44(4): 98-106.
- [22] 高欣, 石立冬, 任同军, 等. 野生与养殖鱼类营养与品质差异研究进展[J]. 水产学杂志, 2023, 36(1): 108-117.
GAO X, SHI LD, REN TJ, *et al.* A review of research advances on nutrition and quality differences between wild and cultured Fishes [J]. Chin J Fishes, 2023, 36(1): 108-117.
- [23] 林婉玲, 杨贤庆, 李来好, 等. 脆肉鲩质构与感官评价的相关性研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(1): 1-7.
LIN WL, YANG XQ, LI LH, *et al.* Research of relationship between texture and sensory evaluation of crisp grass carp [J]. Mod Food Sci

- Technol, 2013, 29(1): 1–7.
- [24] 丁淑荃, 王光毅, 袁小琛, 等. 水库放养和池塘饲养鳙背肌质构特性与营养价值评价[J]. 水产学杂志, 2022, 35(2): 47–52, 58.
DING SQ, WANG GY, YUAN XC, *et al.* Muscular quality and nutritional value of bighead carp raised in the reservoir and cultured in the pond [J]. Chin J Fish, 2022, 35(2): 47–52, 58.
- [25] 刘科均, 曾聪, 谭俊杰, 等. 洞庭青鲫的形态和肌肉质构特性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2019, 45(6): 650–656.
LIU KJ, ZENG C, TAN JJ, *et al.* Characterization of external morphologies and muscle texture of *Carassius auratus* var. Dongting [J]. J Hunan Agric Univ (Nat Sci Ed), 2019, 45(6): 650–656.
- [26] 齐琳, 刘悦朋, 蔡琰, 等. 杂交河鲀与红鳍东方鲀肌肉质构及肌原纤维蛋白生化特性比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(2): 18–24.
QI L, LIU YP, CAI Y, *et al.* Comparison of muscle structure and biochemical characteristics of myofibrillar protein in hybrid pufferfish and *Takifugu rubripes* [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(2): 18–24.
- [27] 张素珍, 刘小红, 田海宁, 等. 青海省不同水域地区网箱养殖虹鳟品质研究[J]. 青海大学学报, 2022, 40(3): 47–53.
ZHANG SZ, LIU XH, TIAN HN, *et al.* Study on the quality of cage-cultured *Oncorhynchus mikiss* in different water areas of Qinghai Province [J]. J Qinghai Univ, 2022, 40(3): 47–53.
- [28] 刘先进. 不同品种、产地与养殖模式鲍鱼营养品质评价与鲍鱼内脏多糖活性功能研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
LIU XJ. Study on the nutritional quality of abalone in different varieties, habitats and aquaculture models, and the function of polysaccharide in abalone [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2018.
- [29] 李绍明, 伍远安, 谢仲桂, 等. 不同生长阶段翘嘴鲌肌肉营养成分的比较分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(7): 342–348.
LI SM, WU YAN, XIE ZG, *et al.* Comparative analysis on muscle nutrient composition of *Culter alburnus* at different growth stages [J]. Sci Technol Food Ind 2021, 42(7): 342–348.
- [30] 朱红, 孙健, 钮福祥, 等. 基于主成分分析和质构分析的甘薯泥品质综合评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(1): 134–140.
ZHU H, SUN J, NIU FX, *et al.* Comprehensive evaluation of sweet potato mud quality based on principal component analysis and texture analysis [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(1): 134–140.
- [31] 黄婷, 万世园, 秦垦, 等. 宁夏枸杞鲜果感官评价与仪器分析及其相关性研究[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(15): 157–163.
HUANG T, WAN SY, QIN K, *et al.* Study on sensory evaluation and instrumental analysis of fresh fruit of *Lycium barbarum* L. and their correlation [J]. Hubei Agric Sci, 2022, 61(15): 157–163.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



范正利, 工程师, 主要研究方向为水产养殖与营养加工。

E-mail: 247132447@qq.com



陈 坚, 研究员, 主要研究方向为水产养殖及营养加工。

E-mail: 103602542@qq.com