

基于多重指标的鮰鱼片品质量化评价

孔德乾¹, 徐云强^{1,2}, 孙卫青¹, 熊光权², 吴文锦², 石柳², 丁安子², 李璐琳², 伍梦婷¹, 郭娟娟¹, 汪兰²
(1. 长江大学生命科学学院, 湖北荆州 434025) (2. 湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北省农业科技创新中心农产品加工研究分中心, 湖北武汉 430064)

摘要: 本文基于多重指标的鮰鱼片构建品质量化评价。对待测的鮰鱼肉片分别进行白度、嫩度、解冻损失、三甲胺含量、K 值(新鲜度)以及 TBA(硫代巴比妥酸)的测定; 对上述测定的数值采用标准差标准化法处理, 获得其标准化后的数值: 白度标准化后数值记为 Zx_1 , 嫩度标准化后数值记为 Zx_2 , 解冻损失标准化后数值记为 Zx_3 , 三甲胺含量标准化后数值记为 Zx_4 , K 值标准化数值记为 Zx_5 , 硫代巴比妥酸值标准化数字记为 Zx_6 ; 采用主成分分析法建立数学模型, 将标准化数值代入评价模型 $y = -0.095 \times Zx_1 + 0.168 \times Zx_2 + 0.34 \times Zx_3 + 0.342 \times Zx_4 + 0.313 \times Zx_5 + 0.328 \times Zx_6$ 中, 其中 y 为电商鮰鱼肉的品质评价结果: 鮰鱼片的品质同解冻温度和储藏时间有关, 解冻温度越低鮰鱼片品质越好, 储藏时间越短, 鮰鱼片品质越好, 得到的 y 值判断电商鮰鱼肉的品质: $y \geq 1$, 鱼肉品质极差, $-1 < y < 1$, 鱼肉品质一般, $y \leq -1$, 鱼肉品质好。该评价模型能够快速、准确对电商鮰鱼肉质进行评价。

关键词: 鮰鱼片; 品质; 主成分分析; 评价

文章编号: 1673-9078(2019)07-278-285

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.7.039

Quantitative Evaluation of the Quality of Longsnout Catfish Slices Based on Multiple Indicators

KONG De-qian¹, XU Yun-qiang^{1,2}, SUN Wei-qing¹, XIONG Guang-quan², WU Wen-jin², SHI Liu², DING An-zi², LI Lu-lin², WU Meng-ting¹, GUO Juan-juan¹, WANG Lan²

(1. Yangtze University, School of Life Sciences, Jingzhou 434025, China) (2. Institute of Agricultural Products Processing and Nuclear Agriculture Technology Research, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan, 430064, China)

Abstract: In this study, the quality of Longsnout catfish pieces was quantitatively evaluated based on multiple indicators. The whiteness, tenderness, thawing loss, trimethylamine content, K value (freshness) and TBA (thiobarbituric acid) content were measured for catfish meat samples; the values determined above were normalized by standard deviation. The standardized values were obtained: the whiteness was normalized and the value was recorded as Zx_1 , the tenderness was normalized and the value was recorded as Zx_2 , the thawing loss was normalized and the value was recorded as Zx_3 , the trimethylamine content was normalized and the value was recorded as Zx_4 , and the K value was standardized and the value was recorded as Zx_5 , and the normalized thiobarbituric acid content was recorded as Zx_6 . The mathematical model was established by principal component analysis, and the standardized value was substituted into the evaluation model $y = -0.095 \times Zx_1 + 0.168 \times Zx_2 + 0.34 \times Zx_3 + 0.342 \times Zx_4 + 0.313 \times Zx_5 + 0.328 \times Zx_6$, where y is the quality evaluation result of e-commerce catfish meat. The quality of catfish meat was related to thawing temperature and storage time, the lower the thawing temperature, the better the quality of catfish meat, the shorter the storage time, the better the quality of the catfish meat, the obtained y value determined the quality of the e-commerce catfish meat: $y \geq 1$, the quality of the fish is extremely poor, $-1 < y < 1$, the quality of the fish is fair, $y \leq -1$, the quality of the fish is good. The evaluation model can quickly and accurately assess the quality of e-commerce catfish meat.

Key words: catfish; quality; principal component analysis; evaluation

收稿日期: 2019-01-31

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0400601); 现代农业产业技术体系专项资金资助(GARS-46); 湖北省技术创新专项(重大项目)(2018ABA100)

作者简介: 孔德乾(1994-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 养殖; 共同第一作者: 徐云强(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 畜禽水产加工及利用
通讯作者: 汪兰(1981-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品加工和天然产物化学

斑点叉尾鮰, 俗称沟鲶、河鲶, 原产于美国密西西比河, 通过驯养已成为美国主要淡水鱼类。近些年许多国家都纷纷引种养殖, 我国于 1984 年由湖北省首次从美国引进^[1]。斑点叉尾鮰是大型的淡水鱼类, 含肉率高, 蛋白质和维生素含量丰富, 肉质细嫩, 味道鲜美, 深受美国和其他国家消费者的喜爱, 加工好的成品和半成品鮰鱼在 西欧、日本等地均较畅销^[2],

但是由于其含水量高,蛋白质丰富,并且具有丰富的内源性酶和嗜冷微生物,在冷藏条件下它们也具有活性,在不适当条件下极易发生品质劣变^[3]。同时由于近年来电商的迅猛发展,冷冻淡水鱼产品通过电商物流运输到消费者手中,但是由于电商物流过程中,运输时间和运输过程中环境温度不可控,消费者拿到冷冻淡水鱼产品时终止温度不同,造成电商物流后淡水鱼产品品质得不到严格保障^[4,5]。因此,对于淡水鱼产品品质控制不仅要严格控制储运条件以保持淡水鱼产品的安全和质量,还要开发用于监测的评估淡水鱼产品的新技术,这是业界和消费者关注的问题。

目前国内外对淡水鱼产品品质的评价模型较多,但是大多基于感官评价,理化评价和微生物评价等方面^[6],Doelati^[7]等通过对鱼眼图像采集处理,对鱼的鲜度进行评估,Aro等^[8]人通过气相色谱(GC)和质谱(MS)对鲑鱼的挥发性化合物进行分析,Santos^[9]等人通过微生物评价大菱鲆的品质,史策^[10]用高效液相色谱对鲢鱼在尸僵和热处理过程中IMP含量变化的评价模型,蓝蔚青^[11]通过Belehradek方程建立的模型评估鲈鱼品质。但是这些模型大多数是繁琐,耗时且具有破坏性的,有些需要相应的配套设备,常规使用的感官评价受人为因素(年龄、经验、习惯和偏好等)影响较大,需要受过专门训练的或有经验的评定员进行评定,而且当产品处于临界点时,主观判定往往会出现差异和偏差^[12]。目前对冷冻淡水鱼产品品质的多重指标的综合研究还比较少,为了满足鱼类工业中品质量化评估的需要,迫切需要构建快速准确对冷冻淡水鱼产品品质量化评估^[13]。

本研究通过电商物流后鲢鱼片储藏品质的测定,通过主成分分析建立电商鲢鱼片的综合品质评价模型,再用传统的感官评价去验证模型的准确性,提供一种基于多重指标对鲢鱼肉品质的量化评价模型。

1 材料与方法

1.1 原料

1500 g左右的新鲜健康斑点叉尾鲢鱼(Catfish),购买于湖北省武汉市白沙洲农副产品大市场,带冰30 min内运至实验室进行处理。将活鱼清洗后在环境温度低于10℃条件下用木棍快速击打鲢鱼头部,将鱼致晕死后去内脏去鳃,采用1~5倍质量的冰水进行清洗5~20 min,采取鱼背背鳍附近的白肉,用聚乙烯袋约200 g真空包装,然后在-40℃冰箱冷藏24 h,然后转移至-18℃冻藏,将样品分为三组放入隔热的白色聚苯乙烯泡沫盒中,冰袋保存在-18℃超过24 h,

温度计探针安装在泡沫箱中央的样品表面上,打包好的泡沫盒用瓦楞纸箱包装好,将泡沫箱移至25℃培养箱中模拟电商物流过程,当样品中心温度为0℃,4℃,8℃将样品取出并存放在4℃的冰箱中。

1.2 主要仪器设备

BS-210型电子天平,德国Sartorius Instruments有限公司;T18 basic均质机,德国IKA公司;GL-21M高速冷冻离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;UV-3802紫外可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;TA-XT plus质构仪,英国SMS公司;UV-2550紫外分光光度计,日本岛津公司;CR-400色彩色差计,柯尼卡美能达株式会社;Agilent 1200型液相色谱(JP73065824),美国安捷伦公司;精创RC-4迷你型温度记录仪,江苏省精创电气股份有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 白度的测定

白度的测定参考刘建华^[14]的方法并进行适当修改,采用色差计(色差计仪器),取待测的鲢鱼样品切割成底面积大于色差计反射孔面积的块状;采用标准白板对色差计校正后,将切割好的鱼肉块置于色差计反射孔,测定L*(亮度)、a*(红度)和b*(黄度)值,根据白度计算公式得到鲢鱼片白度值,其中Whiteness为淡水鱼片白度的数值。

$$Whiteness = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{\frac{1}{2}}$$

1.3.2 嫩度的测定

剪切力的测定参考郭丽萍等^[15]取待测的鱼肉切割成1 cm×1 cm×1 cm;采用质构仪,测定鲢鱼嫩度,采用剪切探头HDP/BS,压缩测试模式;测前速度5.00 mm/s,测中速度1.00 mm/s,测后速度5.00 mm/s,压缩距离20.0 mm,触发应力20.0 g。

1.3.3 解冻损失的测定

解冻损失参照周俊鹏^[16]和Mortensen^[17]的方法测定,将真空包装的鲢鱼片表面用滤纸擦干净,称取鲢鱼片和真空包装到的质量W₁,然后取出鲢鱼片,用滤纸擦干表面水分,称取鲢鱼片质量W₂,称取真空包装袋质量W₃,根据下面公式计算得到解冻损失W。

$$W = \frac{W_1 - W_2 - W_3}{W_1 - W_3}$$

1.3.4 三甲胺含量的测定

氧化三甲胺的测定参考参照GB/T 5009.179-2003^[18]和于大伟^[19]方法,取鱼肉样品20 g研细研匀,

加水 70 mL 移入容器中, 并加质量浓度为 20% 三氯乙酸 10 mL, 振摇, 沉淀蛋白后过滤; 取 5 mL 滤液于反应瓶中, 加入质量浓度为 10% 甲醛溶液 1 mL, 甲苯 10 mL 及 1+1 碳酸钾溶液 3 mL, 立即盖塞, 剧烈振摇, 静置 20 min, 吸去下面水层, 加入无水硫酸钠约 0.5 g 进行脱水, 吸出 5 mL 于预先已置有质量浓度为 0.02% 的苦味酸甲苯溶液 5 mL 的试管中, 在 410 nm 测定吸光度, 同时将三甲胺氮标准溶液(相当于 10 μg、20 μg、30 μg、40 μg、50 μg) 按上述方法测定; 通过标准品测定标准曲线, 然后计算样品中三甲胺氮的含量。

1.3.5 K 值的测定

新鲜度 K 值的测定参考 SC-T 3048-2014^[20] 和 Yokoyama^[21] 并改进, 称取 1.00 g 绞碎的肉, 加 10% (体积分数) 高氯酸 (PCA) 2 mL, 涡流震荡 1 min, 浆液离心 (10000 r/min, 4 °C, 6 min) 分离, 取上清液, 沉淀用质量浓度为 5% 冷高氯酸 2~4 mL 洗涤, 离心 2 次, 最后合并上清液; 用 10 mol/L 和 1 mol/L 的 KOH 溶液调节至 pH 6.4, 离心, 白色结晶沉淀用 pH 6.4 的质量浓度为 5% 冷高氯酸溶液洗涤, 离心, 合并上清液, 并用质量浓度为 5% 的高氯酸液定容至 10 mL。用 0.22 μm 的膜过滤, 滤液贮存于 -20 °C 冰箱待测。HPLC 条件: 色谱柱 Agilent Zorbax SB-Aq (250 mm×4.6 mm), 采用 pH 6.0 的 0.02 mol/L 磷酸缓冲液平衡洗脱; 样品进样量 20 μL, 流速 1 mL/min, 柱温 35 °C, 检测波长 254 nm; ATP 关联物标准品 HPLC 图谱的测定: ATP、腺苷二磷酸 (ADP)、腺苷酸 (AMP)、肌苷酸 (IMP)、次黄嘌呤核苷 (HxR)、次黄嘌呤 (Hx)

以及它们的混合物在相同条件下测定, 并绘制标准图谱。以测得的 HxR、Hx 之和与腺苷三磷酸关联化合物总量的百分比作为 K 值指标 (K 值)。

$$K = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx} \times 100$$

1.3.6 硫代巴比妥酸值的测定

硫代巴比妥酸值的测定参考孙新余等^[22] 和汪兰^[23] 等方法并改进, 取 10 g 绞碎的肉于凯氏蒸馏瓶中, 加入 20 mL 蒸馏水搅拌混合均匀, 再加入 2 mL 盐酸溶液 (m HCl:m H₂O=1:2) 及 2 mL 液体石蜡, 采用水蒸气蒸馏, 收集 50 mL 蒸馏液; 取 5 mL 蒸馏液与 5 mL TBA 醋酸溶液 (0.2883 g 硫代巴比妥酸溶解于 100 mL、质量浓度为 90% 冰醋酸) 于 25 mL 比色管中充分混合, 100 °C 水浴加热 35 min 后冷却 10 min, 在 535 nm 处测吸光度 A。以蒸馏水取代蒸馏液为空白样, 硫代巴比妥酸值按如下公式计算, TBA 值为硫代巴比妥酸值。

$$TBA = A \times 7.8 \times 10^{-2} \text{ mg/g}$$

1.3.7 感官评价

本实验感官评定参考胡云峰等^[24] 方法并加以改进, 采用打分法, 打分标准如表 1, 将人对鱼肉气味、色泽和表观特征进行评价, 对应打分。选择 20 名评价人员, 要求对鱼肉品质, 有较强的感觉和表达能力, 通过感官评定培训后, 每名评价人员对不同处理方式的鱼肉进行感官评定, 打出相应的分数, 得到感官评分。评分 12~15 分为品质好, 7~11 分为品质一般, 6 分及以下为品质极差。

表 1 淡水鱼感官品质评价标准

Table 1 Sensory quality evaluation criteria for freshwater fish

感官指标	新鲜 (5 分)	较新鲜 (4 分)	一般 (3 分)	腐败 (2 分)	严重腐败 (1 分)
气味 (5 分)	有肉鲜味, 特殊腥香味, 无异味	鱼肉鲜味较淡, 鱼腥香味淡, 无异味	无鱼肉鲜味, 鱼腥味浓, 无异味	有酸臭味, 有腐败的鱼腥臭味	浓烈酸臭味, 及鱼类腐败气味
色泽 (5 分)	白色部分乳白, 有光泽, 无杂色; 红色部分鲜红, 有光泽	乳白, 稍暗; 红色部分较鲜红, 有光泽	灰白, 无光泽, 局部有黄点; 色泽暗红, 无光泽	多出泛黄, 暗淡无光泽; 色泽灰暗或苍白, 无光泽	整体暗黄, 暗淡无光泽; 色泽暗褐色, 无光泽
表观特征 (5 分)	表面致密光滑, 用手指按压有弹性, 无汁液流失, 无粘性物	表面致密光滑, 用手指按压较有弹性, 有少量汁液流失	表面松散, 弹性较差, 无粘性物, 汁液流失明显, 但汁液清亮	表面松软发粘, 少量有黄色或白色细菌斑状点, 汁液流失较多且浑浊	表面发粘, 有明显塌陷, 有较多黄色或白色细菌斑状点, 汁液流失多且浑浊

1.3.8 数据统计分析

本试验中每组样品平行测定 3 次, 实验数据的处理采用 Excel 2010 和 IBM SPSS Statistics 19.0 分析软件对数据进行分析。

2 结果与讨论

2.1 鲷鱼片品质特征主成分分析

主成分分析结果如表 2 所示, 主成分 1, 主成分 2 和主成分 3 累计贡献率达到 91.108%, 说明前三个主成分反映了原始数据提供信息总量的 91.108%, 成分 1 代表性指标有解冻损失, 三甲胺, K 值和 TBA, 成

分2和成分3代表性指标为白度和嫩度。特征向量(U)和主成分荷载系数(A)关系通过公式计算:

$$U_i = \frac{A_i}{\sqrt{\lambda}}$$

λ 为特征值, 由此可以得到主成分1的函数方程 $y_1 = -0.031Zx_1 - 0.128Zx_2 + 0.507Zx_3 + 0.505Zx_4 + 0.498Zx_5$

+0.427Zx₆, 主成分2的函数方程 $y_2 = -0.741Zx_1 + 0.661Zx_2 + 0.005Zx_3 + 0.115Zx_4 + 0.005Zx_5 + 0.008Zx_6$, 主成分3的函数方程 $y_3 = 0.648Zx_1 + 0.731Zx_2 + 0.118Zx_3 - 0.044Zx_4 - 0.017Zx_5 + 0.177Zx_6$ 。将原始变量进行标准化处理后, 通过表达式可以计算出 y_1 、 y_2 和 y_3 的值。

表2 鲷鱼片品质特征主成分分析

Table 2 Principal component analysis of quality characteristics of cod fillet

指标	荷载系数 (A)			特征向量 (U)		
	成分1	成分2	成分3	成分1	成分2	成分3
白度	-0.057	-0.819	0.564	-0.031	-0.741	0.648
嫩度	-0.239	0.731	0.636	-0.128	0.661	0.731
解冻损失	0.946	0.005	0.103	0.507	0.005	0.118
三甲胺	0.943	0.127	-0.038	0.505	0.115	-0.044
K值	0.929	-0.006	-0.015	0.498	0.005	-0.017
TBA	0.882	0.009	0.154	0.472	0.008	0.177
特征值 (λ)	3.486	1.223	0.758	3.486	1.223	0.758
贡献率/%	58.092	20.376	12.640	58.092	20.376	12.640
累计方差贡献率/%	58.092	78.468	91.108	58.092	78.468	91.108

表3 原始检测数据及标准化处理结果

Table 3 Raw test data and standardized processing results

编号	鱼肉处理方式	数量/g	白度	嫩度	解冻损失	三甲胺	K值
1	冷冻鱼肉解冻至0℃	200	52.36	32.12	0.12	0.01	0.04
2	冷冻鱼肉解冻至0℃	200	56.73	41.45	0.16	0.07	0.04
3	冷冻鱼肉解冻至4℃	200	59.76	30.97	0.16	0.10	0.06
4	冷冻鱼肉解冻至4℃	200	58.41	37.56	0.15	0.13	0.06
5	冷冻鱼肉解冻至8℃	200	56.33	47.41	0.16	0.16	0.08
6	冷冻鱼肉解冻至8℃	200	62.40	32.76	0.17	0.16	0.06
7	冷冻鱼肉解冻至8℃	200	58.46	32.56	0.16	0.46	0.05
8	冷冻鱼肉解冻至0℃, 4℃贮藏2d	200	58.96	34.32	0.18	0.37	0.11
9	冷冻鱼肉解冻至0℃, 4℃贮藏2d	200	56.31	36.49	0.17	0.43	0.11
10	冷冻鱼肉解冻至0℃, 4℃贮藏2d	200	59.61	26.30	0.18	0.43	0.12
11	冷冻鱼肉解冻至4℃, 4℃贮藏2d	200	62.81	37.54	0.17	0.40	0.09
12	冷冻鱼肉解冻至4℃, 4℃贮藏2d	200	59.50	23.08	0.17	0.46	0.10
13	冷冻鱼肉解冻至4℃, 4℃贮藏2d	200	60.51	21.58	0.17	0.61	0.08
14	冷冻鱼肉解冻至8℃, 4℃贮藏2d	200	56.73	31.04	0.19	0.64	0.10
15	冷冻鱼肉解冻至8℃, 4℃贮藏2d	200	61.32	28.53	0.20	0.49	0.09
16	冷冻鱼肉解冻至8℃, 4℃贮藏2d	200	56.54	31.22	0.20	0.46	0.07
17	冷冻鱼肉解冻至0℃, 4℃贮藏4d	200	57.51	32.25	0.20	0.79	0.14
18	冷冻鱼肉解冻至0℃, 4℃贮藏4d	200	59.07	53.77	0.20	0.70	0.09
19	冷冻鱼肉解冻至4℃, 4℃贮藏4d	200	61.36	23.46	0.19	1.13	0.18
20	冷冻鱼肉解冻至4℃, 4℃贮藏4d	200	62.67	32.23	0.17	1.16	0.17
21	冷冻鱼肉解冻至4℃, 4℃贮藏4d	200	57.26	31.97	0.19	1.22	0.16
22	冷冻鱼肉解冻至8℃, 4℃贮藏4d	200	55.93	31.39	0.22	1.49	0.16

转下页

接上页

23	冷冻鱼肉解冻至 8 ℃, 4 ℃贮藏 4 d	200	60.58	36.35	0.23	1.55	0.18
24	冷冻鱼肉解冻至 8 ℃, 4 ℃贮藏 4 d	200	61.16	23.59	0.22	1.58	0.25
25	冷冻鱼肉解冻至 0 ℃, 4 ℃贮藏 6 d	200	49.02	36.82	0.21	3.85	0.25
26	冷冻鱼肉解冻至 0 ℃, 4 ℃贮藏 6 d	200	56.26	29.37	0.21	3.94	0.27
27	冷冻鱼肉解冻至 4 ℃, 4 ℃贮藏 6 d	200	62.45	34.06	0.22	4.36	0.18
28	冷冻鱼肉解冻至 4 ℃, 4 ℃贮藏 6 d	200	55.10	37.27	0.25	4.45	0.32
29	冷冻鱼肉解冻至 4 ℃, 4 ℃贮藏 6 d	200	62.99	30.30	0.23	4.18	0.40
30	冷冻鱼肉解冻至 8 ℃, 4 ℃贮藏 6 d	200	55.07	30.63	0.26	4.72	0.34
31	冷冻鱼肉解冻至 8 ℃, 4 ℃贮藏 6 d	200	59.65	29.89	0.27	4.69	0.37
32	冷冻鱼肉解冻至 8 ℃, 4 ℃贮藏 6 d	200	57.09	26.04	0.27	4.90	0.24
编号	TBA 值	标准化 Zx1	标准化 Zx2	标准化 Zx3	标准化 Zx4	标准化 Zx5	标准化 Zx6
1	0.12	-1.92	-0.08	-2.21	-0.91	-1.11	-1.79
2	0.13	-0.54	1.32	-0.87	-0.87	-1.11	-1.59
3	0.16	0.42	-0.25	-1.01	-0.85	-0.97	-0.80
4	0.19	-0.01	0.74	-1.32	-0.84	-0.97	-0.21
5	0.16	-0.67	2.21	-1.00	-0.82	-0.74	-1.00
6	0.16	1.25	0.02	-0.64	-0.82	-0.89	-1.00
7	0.17	0.01	-0.01	-0.90	-0.64	-1.07	-0.61
8	0.16	0.17	0.25	-0.31	-0.70	-0.46	-1.00
9	0.15	-0.67	0.58	-0.62	-0.66	-0.47	-1.20
10	0.16	0.37	-0.95	-0.47	-0.66	-0.39	-1.00
11	0.16	1.38	0.73	-0.85	-0.68	-0.67	-1.00
12	0.16	0.34	-1.43	-0.60	-0.64	-0.53	-1.00
13	0.16	0.65	-1.66	-0.76	-0.56	-0.73	-1.00
14	0.20	-0.54	-0.24	-0.15	-0.54	-0.55	-0.02
15	0.19	0.91	-0.61	0.20	-0.63	-0.66	-0.21
16	0.21	-0.60	-0.21	0.15	-0.64	-0.88	0.37
17	0.20	-0.29	-0.06	0.06	-0.45	-0.12	-0.02
18	0.22	0.20	3.17	0.10	-0.50	-0.60	0.57
19	0.23	0.92	-1.37	-0.20	-0.26	0.29	0.77
20	0.20	1.34	-0.06	-0.59	-0.24	0.16	0.18
21	0.21	-0.37	-0.10	-0.17	-0.20	0.04	0.37
22	0.23	-0.79	-0.19	0.60	-0.04	0.02	0.77
23	0.26	0.68	0.56	0.85	-0.01	0.27	1.55
24	0.22	0.86	-1.35	0.66	0.01	0.97	0.57
25	0.22	-2.97	0.63	0.44	1.33	0.96	0.57
26	0.26	-0.69	-0.49	0.48	1.38	1.15	1.55
27	0.23	1.27	0.21	0.72	1.63	0.23	0.96
28	0.20	-1.05	0.69	1.49	1.68	1.60	0.18
29	0.21	1.44	-0.35	0.99	1.52	2.44	0.37
30	0.25	-1.06	-0.30	1.66	1.84	1.80	1.36
31	0.26	0.38	-0.41	2.09	1.82	2.14	1.55
32	0.27	-0.42	-0.99	2.16	1.95	0.82	1.75

2.2 数值标准化处理

对上述测定的白度、嫩度、解冻损失、三甲胺含量、K 值以及硫代巴比妥酸值的数值采用标准差标准化法处理具体为：通过原始数据的均值和标准差进行数据的标准化，经过处理的数据符合标准正态分布，即均值为 0，标准差为 1；其转化函数为：

$$Zx=(x-\mu)/\sigma$$

其中： μ 为所有样本数据的均值， σ 为所有样本数据的标准差， Zx 为标准化后的数字值， x 为样本的原始数据。

处理后数据如表 3 所示。

获得其标准化后的数值：白度标准化后数值记为 $Zx1$ ，嫩度标准化后数值记为 $Zx2$ ，解冻损失标准化后数值记为 $Zx3$ ，三甲胺含量标准化后数值记为 $Zx4$ ，K 值标准化数值记为 $Zx5$ ，硫代巴比妥酸值标准化数字记为 $Zx6$ 。

2.3 鮰鱼片品质特征综合评价

通过主成分分析得分，对鮰鱼片品质特征进行综合评价，根据公式综合评价：

$$y=w1 \times y1+w2 \times y2+w3 \times y3$$

其中： $w1$ 、 $w2$ 和 $w3$ 为各指标的权重。

本实验中，根据之前得到的特征向量和各成分对应的方差贡献率，将计算得到的 y 值进行归一化处理得到的品质特征指标的权重 W ，即：

$$W = \frac{y}{\text{累计方差贡献率}}$$

计算结果如下表。得到鮰鱼片品质特征进行综合评价，计算公式如下：

$$y=-0.095 \times Zx1+0.168 \times Zx2+0.34 \times Zx3+0.342 \times Zx4+0.313 \times Zx5+0.328 \times Zx6$$

其中： y 为淡水鱼肉的品质评价结果。

表 4 不同品质指标特征向量和权重系数

Table 4 Characteristic vectors and weight coefficients of different quality indicators

指标	成分 3	成分 1	成分 2	W
白度	-0.031	-0.741	0.648	-0.095
嫩度	-0.128	0.661	0.731	0.168
解冻损失	0.507	0.005	0.118	0.340
三甲胺	0.505	0.115	-0.044	0.342
K 值	0.498	0.005	-0.017	0.374
TBA	0.472	0.008	0.177	0.328

2.4 鮰鱼片品质特征综合评价模型验证

将 20 名经过培训的感官评价的评价员的评分结

果去验证综合评价模型的准确性，将感官评价结果标准化处理，从表中数据可以看出，综合品质评价得分为横坐标，感官评价标准化数据为纵坐标，通过 SPSS 的线性回归分析对综合评价模型进行验证，拟合的线性回归方程如图 1 所示，拟合方程为 $y=-0.821x+0.001$ ，拟合相关系数 $R^2=0.975$ ，大于 0.8，说明综合评价模型能够准确的评价鮰鱼片的品质。

表 5 不同解冻温度鮰鱼片综合品质评价和感官评价

Table 5 Comprehensive quality evaluation and sensory evaluation of cod fillets at different thawing temperatures

编号	综合品质评价得分	感官评分	感官评分标准化
1	-1.83	15	1.71
2	-1.19	13	1.11
3	-1.29	14	1.41
4	-0.99	12	0.81
5	-0.75	11	0.51
6	-1.22	13	1.11
7	-1.06	12	0.81
8	-0.79	11	0.51
9	-0.82	11	0.51
10	-1.03	12	0.81
11	-1.07	12	0.81
12	-1.19	13	1.11
13	-1.34	14	1.41
14	-0.40	10	0.21
15	-0.61	11	0.51
16	-0.30	10	0.21
17	-0.16	9	-0.09
18	0.37	8	-0.39
19	-0.13	9	-0.09
20	-0.31	10	0.21
21	0.03	8	-0.39
22	0.49	8	-0.39
23	0.91	7	-0.70
24	0.41	8	-0.39
25	1.48	5	-1.30
26	1.49	5	-1.30
27	1.11	6	-1.00
28	1.86	5	-1.30
29	1.55	5	-1.30
30	2.26	4	-1.60
31	2.41	3	-1.90
32	2.11	4	-1.60

根据公式计算出的综合评价分值越高，说明鱼肉品质越好。通过表 5，不难发现，综合品质评价得分

与人员的感官评分的趋势基本上是一致的。同时可以看出, 鱼肉品质优差顺序, 基本为贮藏时间短>贮藏时间长; 解冻至低温>解冻至高温。同时也可以通过综合评价 Y 值判断鲮鱼片的品质: $y \geq 1$, 鱼肉品质极差(即鱼肉加工品质极差, 加工后品质极差), $-1 < y < 1$, 鱼肉品质一般(即鱼肉加工品质一般, 加工后品质一般), $y \leq -1$, 鱼肉品质好(即鱼肉加工的品质好, 加工后品质好)。说明了综合评价模型检测方法的有效性, 符合人们主观认识。

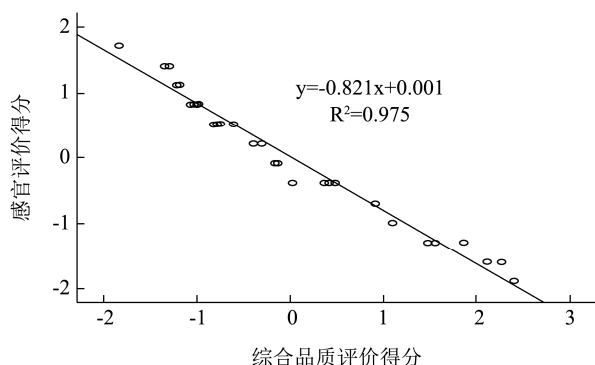


图1 鲮鱼片感官评价得分-综合品质评价得分分析模型验证

Fig.1 Sensory evaluation score of catfish meat-verification of comprehensive quality evaluation score analysis model

3 结论

鲮鱼片的品质同解冻温度和储藏时间有关, 解冻温度越低鲮鱼片品质越好, 储藏时间越短, 鲮鱼片品质越好。研究鲮鱼片白度、嫩度、解冻损失、三甲胺含量、K 值以及硫代巴比妥酸值通过主成分分析得到各指标的权重, 并建立的淡水鱼评价模型 $y = -0.095 \times Zx1 + 0.168 \times Zx2 + 0.34 \times Zx3 + 0.342 \times Zx4 + 0.313 \times Zx5 + 0.328 \times Zx6$, 利用回归分析结合传统的感官评价结果验证将模型, 回归方程拟合系数 $R^2 = 0.975$, 说明这个模型能够快速准确地评价淡水鱼品质的好坏, 符合人们主观认识。

参考文献

- [1] 李廷全. 斑点叉尾鲮引进养殖试验[J]. 畜禽业, 2018, 29(9): 52
LI Ting-quan. Channel catfish farming introduce test [J]. Livestock and Poultry Industry, 2018, 29(9): 52
- [2] 彭欢欢, 刘小莉, 张金振, 等. 不同冷冻方式对斑点叉尾鲮鱼片品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 177-182
PENG Huan-huan, LIU Xiao-li, ZHANG Jin-zhen, et al. Effects of freezing methods on quality of channel catfish fillets [J]. Food Research and Development, 2017, 38(8): 177-182
- [3] Leilei Wu, Hong bin Pu, Da-Wen Sun. Novel techniques for

evaluating freshness quality attributes of fish: A review of recent developments [J]. Trends in Food Science & Technology, 2019, 83: 259-273

- [4] 许美贤. 我国农产品电商物流存在的问题及对策研究[J]. 物流工程与管理, 2019, 41(2): 8-9, 4
XU Mei-xian. Research on problems and countermeasures of agricultural products e-commerce logistics in China [J]. Logistics Engineering and Management, 2019, 41(2): 8-9, 4
- [5] 徐云强, 孙卫青, 汪兰, 等. 储运过程中温度波动对食品品质及货架期的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(8): 228-231
XU Yun-qiang, SUN Wei-qing, WANG Lan, et al. Effect of temperature fluctuation on food quality and shelf life during storage and transportation [J]. The Food Industry, 2018, 39(8): 228-231
- [6] 王亚会, 施文正, 王锡昌, 等. 中华绒螯蟹鲜活及死后品质评价[J]. 中国食品学报, 2018, 18(3): 244-254
WANG Ya-hui, SHI Wen-zheng, WANG Xi-chang, et al. The quality evaluation of alive and dead Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(3): 244-254
- [7] Dowlati M, De L A, Guardia M, et al. Application of machine-vision techniques to fish-quality assessment [J]. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2012, 40: 168-179
- [8] Aro T, Tahvonon R, Koskinen L, et al. Volatile compounds of Baltic herring analysed by dynamic headspace sampling-gas chromatography-mass spectrometry [J]. European Food Research & Technology, 2003, 216(6): 483-488
- [9] Santos J, Lisboa F, Nazaré Pestana. Shelf life assessment of modified atmosphere packaged turbot (*Psetta maxima*) fillets: evaluation of microbial, physical and chemical quality parameters [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(10): 2630-2639
- [10] 史策. 鲢鱼尸僵及贮藏过程中 ATP 关联物及生化特性变化规律的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015
SHI Ce. Changes of the ATP-related compounds and biochemical properties of silver caip during early stage post-mortem and chilled storage [D]. Beijing: China Agricultural University, 2015
- [11] 蓝蔚青, 张皖君, 段贤源, 等. 不同贮藏温度下鲈鱼腐败菌生长动力学与货架期预测[J]. 农业机械学报, 2018, 49(4): 351-358
LAN Wei-qing, ZHANG Wan-jun, DUAN Xian-yuan, et al. Growth kinetics of spoilage organisms and prediction of shelf life for *Lateolabrax japonicus* at different storage temperatures [J]. Transactions of the Chinese Society for

- Agricultural Machinery, 2018, 49(4): 351-358
- [12] 王煜坤.两种鱼的营养特征及鲈鱼贮藏期品质变化分析[D].广州:广东药科大学,2018
- WANG Yu-kun. Analyses on nutritional characteristics of two fishes and changes in quality of frozen bass [D]. Guangzhou: Guangdong Pharmaceutical University, 2018
- [13] Cheng J H, Sun D W. Data fusion and hyperspectral imaging in tandem with least squares-support vector machine for prediction of sensory quality index scores of fish fillet [J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 63(2): 892-898
- [14] Jianhua Liu, Chunhua Fang, Yahong Luo, et al. Effects of konjacoligo-glucomannan on the physicochemical properties of frozen surimi from red gurnard (*Aspitrigla cuculus*) [J]. Food Hydrocolloids, 2018, 10
- [15] 郭丽萍,乔宇,熊光权,等.超高压处理对鲈鱼品质的影响[J].现代食品科技,2018,34(6):180-187
- GUO Li-ping, QIAO Yu, XIONG Guang-quan, et al. Effect of ultra-high pressure treatment on the quality of the largemouth bass [J]. Modern Food Science & Technology, 2018, 34(6): 180-187
- [16] 周俊鹏,石柳,黄煌,等.不同温度液氮速冻对斑点叉尾鲷品质影响[J].食品工业科技,2019,3:1-11
- ZHOU Jun-peng, SHI Liu, HUANG Huang, et al. Effect of liquid nitrogen freezing at different temperatures on the quality of channel catfish [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 3: 1-11
- [17] Mortensen M, Andersen H J, Engelsen S B, et al. Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork qualities [J]. Meat Science, 2006, 72(1): 34-42
- [18] GB/T 5009.3-2010,火腿中三甲胺的测定[S]
- GB/T 5009.3-2010, Determination of Trimethylamine Nitrogen in Ham [S]
- [19] Yu D, Xu Y, Regenstein J M, et al. The effects of edible chitosan-based coatings on flavor quality of raw grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2018, 242(21): 412
- [20] Yokoyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, et al. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1992, 58: 2125-2136
- [21] SC-T 3048-2014,鱼类鲜度指标 K 值的测定高效液相色谱法[S]
- SC-T 3048-2014, Determination of K Value as Fishery Freshness Index-High Performance Liquid Chromatography [S]
- [22] Xinyu Sun, Xiaoban Guo, Mingyu Ji, Preservative effects of fish gelatin coating enriched with CUR/ β CD emulsion on grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2019, 272: 643-652
- [23] 汪兰,曾俊杰,吴文锦,等.不同冻藏温度对鲈鱼品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(21):287-292
- WANG Lan, ZENG Jun-jie, WU Wen-jin, et al. Effect of different frozen storage temperatures on quality of perch [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(21): 287-292
- [24] 胡云峰,崔瀚元,路敏,等.不同温度对气调小包装生鲜大鲵分割肉货架品质的影响[J].肉类工业,2014,11:32-35
- HU Yun-feng, CUI Han-yuan, LU Min, et al. Effect of different temperatures on quality of giant salamander cutting meats during its shelf-life in small modified atmosphere packaging [J]. Meat Industry, 2014, 11: 32-35

(上接第 277 页)

- [16] CAC/GL740-2010, Codex committee on methods of analysis and sampling. guidelines on performance criteria and validation of methods for detection identification and quantification of specific DNA sequences and specific proteins in foods [S]
- chicken products by droplet digital PCR [J]. Bio Med Research International, 2014, 1-6
- [18] Floren C, Wiedemann I, Brenig B, et al. Species identification and quantification in meat and meat products using droplet digital PCR (ddPCR) [J]. Food Chemistry, 2015, 173: 1054-1058
- [17] Cai Y, Li X, Lv R, et al. Quantitative analysis of pork and