

冷藏条件下鳙鱼阻抗特性与鲜度的关系

朱思潮¹ 洪惠¹ 罗永康¹ 沈慧星^{2*} 余健¹

(1. 中国农业大学 食品科学与营养工程学院,北京 100083; 2. 中国农业大学 理学院,北京 100083)

摘要 研究鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)在冷藏(3℃)条件下鱼体阻抗特性及鱼片鲜度指标的变化。对鱼体相对阻抗变化率 Q 和鱼片鲜度指标(K 值、 w (TVB-N)、细菌总数及感官评分)进行测定,分析 Q 与 K 、 w (TVB-N)、细菌总数和感官评分的相关性,建立其相关性模型。结果表明:鳙鱼鱼片在3℃贮藏至第12天感官评分为14, K 值为74.1%; w (TVB-N)为16.1 mg/100g;细菌总数 1.30×10^5 CFU/g;鱼体 Q 降至12.7%,失去感官食用价值。 Q 与 K 、 w (TVB-N)、细菌总数和感官评分的相关性系数 r 分别为0.993、0.971、0.977和0.981,达极显著水平,表明 Q 与各鲜度指标具有良好的相关性,在3℃贮藏条件下采用 Q 快速、无损伤地评估鳙鱼鱼片鲜度是可行的。

关键词 鳙鱼; 冷藏; 鲜度; 阻抗变化率; 相关性

中图分类号 S 984.1⁺1

文章编号 1007-4333(2012)02-0130-04

文献标志码 A

Effect of freshness of stored bighead carp (*Aristichthys nobilis*) on its impedance characteristics

ZHU Si-chao¹, HONG Hui¹, LUO Yong-kang¹, SHEN Hui-xing^{2*}, YU Jian¹

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. College of Science, China Agricultural university, Beijing 100083, China)

Abstract The effect of freshness on change ratio of impedance (Q value) of bighead carp stored at temperature of 3℃ was investigated. The indexes of freshness, K value, total volatile basic nitrogen (w (TVB-N)) and total aerobic count, as well as sensory assessment were determined based on the investigations. The correlation models were developed via analyzing the correlation between the freshness indexes and sensory assessment. The results indicated that the sensory assessment has exceeded the acceptable limit with the score of 14 on the twelfth day, while the K value, w (TVB-N) and total aerobic count increased to 74.1%, 16.1 mg/100g and 1.30×10^5 CFU/g, respectively, and the Q value declined to 12.7%. The correlation coefficients are 0.993, 0.971, 0.977 and 0.981, respectively, indicating significant linear relations ($P < 0.01$) between the Q value and the K value, w (TVB-N), total aerobic count and sensory scores. Therefore, one can use Q value as a fast nondestructive method to estimate the freshness of bighead carp fillets under 3℃ storage.

Key words bighead carp; chilling storage; freshness; impedance change ratio; correlation

鳙鱼营养丰富,易养殖,产量高,是我国重要的经济鱼类^[1]。由于微生物和酶的作用,使得在贮藏过程中鱼肉的质量变化较快。鲜度(常用指标有三磷酸腺苷(ATP)降解指标 K 、挥发性盐基氮质量分数 w (TVB-N)、细菌总数和感官评分)可以客观、准确地反映鱼肉质量变化^[2],因而常被用作衡量鱼肉

品质的指标。然而对 K 、 w (TVB-N)和细菌总数的测定操作复杂而耗时,且为破坏性检测^[3],并不适用于流通过程中鱼肉鲜度的判断;感官评分可以及时反映鱼肉鲜度,但主观性强,干扰因素多,精准性较差,不能单独作为快速评价鱼肉鲜度的指标。目前关于快速无损检测鱼肉鲜度技术的研究表明^[4-5],电

收稿日期: 2011-07-30

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-46); 国家自然科学基金项目(30871946)

第一作者: 朱思潮,硕士研究生, E-mail: windflower5@sina.com

通讯作者: 沈慧星,高级工程师,主要从事水产品质量分析与检测研究, E-mail: huixingshen@163.com

子鼻技术对测量的环境条件要求比较严格,近红外光谱法对定量分析的精度较低,表面荧光技术的计算模式繁琐,并且这些技术所需设备成本都比较高。因此,开发成本低廉的快速无损检测技术尤为重要。

在贮藏过程中,鱼肉腐败会导致其组织的变化,该变化可以反映到鱼体阻抗的特征参数中,故可以用鱼体的阻抗特性来评价鱼肉的组织变化。鱼体阻抗的测定方法简便、迅速,且成本较低,因此,在理论上和实践中,探讨阻抗特性与鱼肉新鲜度的关系具有重要的意义。Niu等^[6]曾采用电化学阻抗谱法(激发频率0.1~100 kHz)研究鲤鱼、青鱼和鲈鱼在贮藏过程中的介电参数,指出相位角和导纳的变化是鱼肉新鲜度的最好反映,可以定性评价鱼肉的腐败程度;Wills^[7]和 Duncan^[8]用阻抗法分别评估了金枪鱼和军曹鱼的鱼体组成成分;Vidačeka等^[9]的研究也指出可以利用生物阻抗技术区分经不同冻藏处理的鲈鱼。张丽娜等^[10]研究了团头鲂在贮藏过程中阻抗相对变化率 Q 的变化规律,提出以 Q 值的20%为界限,可以快速鉴别冰鲜与解冻团头鲂。

本研究拟以鳙鱼为研究对象,测定冷藏过程中鳙鱼鱼体 Q 及鳙鱼鱼片 K 、 ω (TVB-N)、细菌总数和感官评分随时间的变化,分析 Q 与各鲜度指标的相关性,探讨在3℃冷藏过程中用 Q 快速无损评估鳙鱼鱼片鲜度的可行性。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用鳙鱼购于北京市小月河农贸市场,质量(1 500±150) g,体长(42±2) cm,击毙。鲜鱼去鳞去内脏,将体表水分擦干,取2根直径2 mm的铜丝,一根固定在距鱼鳃后盖约1 cm胸鳍处,第2根固定在臀鳍前距第1根铜丝15 cm的位置,用于测量鱼体阻抗值。然后装入保鲜袋,放入3℃冰箱内贮藏,每隔2天取出测量不同频率 f 下的阻抗值。鲜鱼去鳞、内脏和头,将水分擦干后切成鱼片,装入保鲜袋于3℃冰箱内贮藏。每隔2天随机取鱼片进行 K 、 ω (TVB-N)、细菌总数的测定和感官评定,试验重复测定3次取平均值。

1.2 试验方法

1)鳙鱼鱼体阻抗相对变化率的测定。采用张丽娜等的伏安法^[11]测量6和9 V电压下,激发频率 f 为1~20 kHz时鳙鱼鱼体阻抗。鱼体阻抗值为1条鱼在2个电压下的阻抗平均值。鱼体阻抗相对变化

率 Q 计算公式^[11]为

$$Q = \frac{Z_1 - Z_h}{Z_h} \times 100\%$$

式中: Z_1 和 Z_h 表示 f 为1和20 kHz时鱼体阻抗值, Ω 。

2)感官评定。感官评定小组由9位感官评定员组成,分别对生鱼片色泽、气味、组织形态、肌肉弹性以及水煮鱼片气味、滋味、汤汁浑浊度共7项指标进行评定,每个指标由差到好分别记1~5分,以7项指标的总分为鱼肉的感官评分结果。最终结果为9位感官评定员评分的平均值。具体评分标准见张丽娜等^[12]的方法,感官评分满分为35分,当分值低于15分时则认为已达到感官评价极限。

3) K 值的测定。参照宋永令等^[13]的方法测定。

4)挥发性盐基氮的测定。按照GB/T 5009.44—1996中蒸馏法进行测定。

5)细菌总数的测定。参照GB4789.2—2010的方法进行菌落总数的测定。细菌总数 $\leq 10^4$ CFU/g为一级品,细菌总数 $\leq 10^6$ CFU/g为二级品。

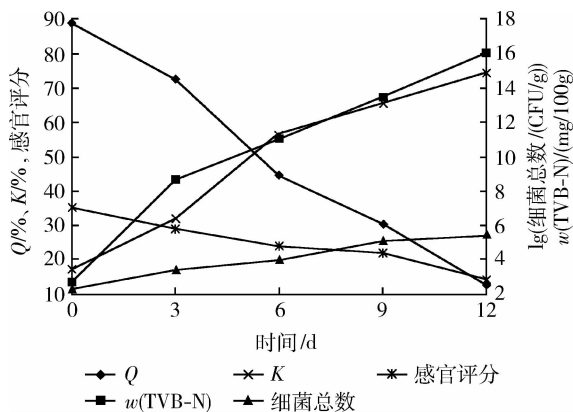
6)方程检验方法。对于建立的相关性方程,用 r 检验法进行显著性检验。对数据点进行分析,求得相关性系数 r ,将其绝对值 $|r|$ 与显著性水平为0.01时的 $r_{0.01}$ 进行比较,以确定得到的相关性方程效果是否显著。对相关性系数取平方得到决定系数 r^2 ,以此值分析相关性方程参考价值的高低。

2 结果与讨论

2.1 冷藏过程中鳙鱼鱼片鲜度及鱼体阻抗特性的变化

鱼死后ATP降解过程中,以次黄嘌呤与次黄嘌呤核苷的量($HxR+Hx$)与ATP关联物总量的比值,即为ATP降解指标 K 值。新鲜鳙鱼鱼片的 K 为17.3%,3℃冷藏到第6天已经达到56.2%,之后 K 变化减缓,至第12天升至74.1%(图1)。罗非鱼^[14]在4℃贮藏时 K 变化较快,第4天就已经超过60%,第5天之后上升速率减慢,其变化趋势与本研究相似。

TVB-N是指鱼肉在微生物和酶的作用下,蛋白质分解产生的一系列挥发性含氮物质。鳙鱼鱼片 ω (TVB-N)在贮藏过程中呈明显上升趋势,与海鲈鱼^[15]和鲤鱼^[16]的变化规律基本相似。新鲜海鲈鱼和鲤鱼的 ω (TVB-N)均接近10 mg/100 g,而新鲜鳙鱼的 ω (TVB-N)仅为2.72 mg/100 g,前3天增



K, ATP 降解指标值。Q, 鱼体阻抗相对变化率。下同。

图1 3 °C 贮藏过程中鳙鱼鱼片鲜度及鱼体阻抗变化率的变化

Fig. 1 Changes in Q value of the bighead carp cadavers and freshness of bighead carp fillets during 3 °C storage

长较快,之后增长趋势缓慢,贮藏至第9天时达到13.4 mg/100 g,到第12天达到感官评价可接受极限,其值为16.1 mg/100 g,这与胡素梅等^[16]研究的鲤鱼贮藏至第12天时 $w(\text{TVB-N})$ 已经超过20 mg/100 g有差异,可能是由于鱼种类和生长季节的不同造成的。

鳙鱼鱼片的细菌总数随时间而增加。新鲜鱼片的细菌总数为 2.06×10^2 CFU/g,到第12天才达到 1.30×10^5 CFU/g,并没有超过二级品的范围。在Chang Ke Liang B等^[17]的研究中,鲈鱼在5 °C贮藏后期细菌总数有大幅度上升超过了 10^7 CFU/g,与本研究结果有差异,可能是由于本研究中贮藏温度较低抑制了细菌的生长繁殖,却并未推迟感官指标的下降速率,可见在3 °C贮藏过程中细菌总数的变化与感官评分的变化有一定差异。

新鲜鳙鱼片的感官评分为35分,在贮藏过程中以比较稳定的速率下降,这与Cao Rong等^[18]研究的罗非鱼鱼片在贮藏过程中的感官评分变化趋势一致。贮藏至第12天,鱼片的肌肉组织松散,蒸煮后具有强烈的氨臭味、汤汁混浊,感官评分下降至14,表明鱼片已经到达感官评价极限,丧失食用价值。

鳙鱼鱼体Q的初始值为88.8%,前期下降较快,第6天降低至44.7%,之后下降较缓慢,到感官期限为12.7%,与Zhang Lina等^[19]研究的冰鲜草鱼和罗非鱼Q的变化相似。新鲜草鱼和罗非鱼的Q值分别为63.5%和73.1%,到第10天分别下降

至21.2%和36.3%。可能是因为随着贮藏时间的延长,低频下鱼体的阻抗呈明显下降趋势,而在较高激发频率下阻抗变化则不大,所以鱼体的低频阻抗和高频阻抗差异减小,Q也随之降低。

2.2 冷藏过程中鳙鱼鱼体Q与鱼片鲜度指标的相关性

3 °C冷藏过程中,K、 $w(\text{TVB-N})$ 和细菌总数均随Q的增加而下降,与Q呈现负相关,感官评分则随Q的增加而升高(图2)。对Q与鲜度指标进行相关性分析得到相关性方程如下。

Q(X)与K(Y₁):

$$Y_1 = -0.765X + 87.319 \quad r = -0.993$$

Q(X)与 $w(\text{TVB-N})(Y_2)$:

$$Y_2 = -0.160X + 18.363 \quad r = -0.971$$

Q(X)与细菌总数(Y₃):

$$Y_3 = -0.0407X + 6.0959 \quad r = -0.977$$

Q(X)与感官评分(Y₄):

$$Y_4 = 0.250X + 12.353 \quad r = 0.981$$

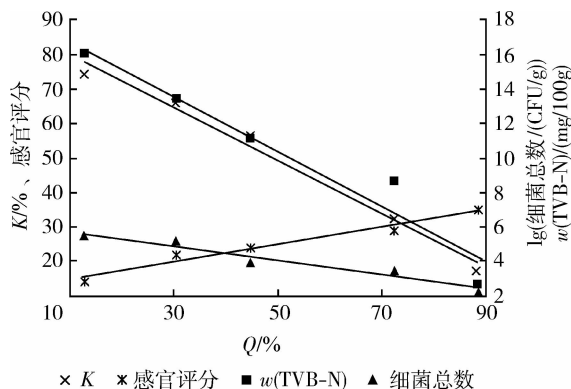


图2 3 °C 贮藏过程中鳙鱼鱼体Q与鱼片鲜度指标的回归曲线

Fig. 2 Regression curves between Q value and freshness during 3 °C storage

丁强等^[20]的研究结果表明,阻抗谱能反映出猪肉品质的变化,可以定性分析肉品新鲜度。Zhang等^[21]利用BP-ANN法建立用阻抗特性评估草鱼鲜度的方法,精准度达到97.4%。Zhang等^[22]将草鱼的Q与K、 $w(\text{TVB-N})$ 、菌落总数和感官评分进行相关性分析,得出可以用Q评价草鱼鲜度的结论。本研究中 $r_{0.01} = 0.959$,Q与各鲜度指标的相关性系数绝对值均大于 $r_{0.01}$,表明相关性方程在0.01的显著性水平下线性效果显著。其中,Q与K、 $w(\text{TVB-N})$ 和细菌总数的相关性系数r为负数,表

示 Q 与该鲜度指标呈负相关。 Q 与 K 、 w (TVB-N)、细菌总数和感官评分建立的相关性方程中,其决定系数 r^2 分别为 0.987, 0.943, 0.954 和 0.963, 表明通过相应的相关性方程计算, 鱼体 Q 对于 3℃ 贮藏过程中鱼片 K 、 w (TVB-N)、细菌总数和感官评分的预测准确度分别达到 98.7%, 94.3%, 95.4% 和 96.3%, 线性方程具有较高的参考价值。故可以用鳙鱼鱼体 Q 值预测 3℃ 贮藏条件下鳙鱼鱼片鲜度的变化。

3 结论

在 3℃ 贮藏条件下鳙鱼鱼片的贮藏期限为 12 d。贮藏过程中 ATP 降解指标 K 、挥发性盐基氮质量分数 w (TVB-N)、菌落总数和感官评分的变化均与鱼体阻抗相对变化率 Q 呈现正相关或负相关关系。用 Q 对 K 、 w (TVB-N)、细菌总数对数值和感官评分建立的相关性方程效果显著 ($P < 0.01$), 表明在 3℃ 贮藏时, 可以用鱼体 Q 快速、准确、无损伤地评估鳙鱼鱼片的鲜度。本研究仅对鳙鱼在 3℃ 贮藏过程中鱼体 Q 与鱼片鲜度指标的关系进行了探究, 还需要对其他贮藏条件下 Q 与鲜度的关系进行研究, 以得出进一步的结论。

参 考 文 献

[1] 黄春红, 曾伯平, 董建波. 青鱼、草鱼、鲢鱼和鳙鱼鱼头营养成分比较[J]. 湖南文理学院学报: 自然科学版, 2008, 20(3): 46-48

[2] Olafsdóttir G, Martinsdóttir E, Oehlenschläer J, et al. Methods to evaluate fish freshness in research and industry[J]. Trends in Food Science & Technology, 1997, 8(8): 258-265

[3] 董彩文. 鱼肉鲜度测定方法研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(4): 99-103

[4] 田灏, 陆利霞, 熊晓辉. 鱼肉鲜度快速检测技术进展[J]. 食品工业科技, 2008, 29(7): 286-288

[5] Dufour é, Frencia J P, Kane E. Development of a rapid method based on front-face fluorescence spectroscopy for the monitoring of fish freshness[J]. Food Research International, 2003, 36(5): 415-423

[6] Niu J, Lee J Y. A new approach for the determination of fish freshness by electrochemical impedance spectroscopy [J]. Journal of Food Science, 2000, 65(5): 780-785

[7] Willis J, Hobday A J. Application of bioelectrical impedance analysis as a method for estimating composition and metabolic condition of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) during conventional tagging[J]. Fisheries Research, 2008, 93(1-2): 64-71

[8] Duncan M, Craig S R, Lunger A N, et al. Bioimpedance assessment of body composition in cobia *Rachycentron canadum* (L. 1766)[J]. Aquaculture, 2007, 271(1-4): 432-438

[9] Vidačeka S, Mediča H, Botka-Petrak K, et al. Bioelectrical impedance analysis of frozen sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 88(2): 263-271

[10] 张丽娜, 沈慧星, 张连娣, 等. 冰鲜和解冻团头鲂在贮藏过程中导电特性变化规律研究[J]. 渔业现代化, 2009, 36(6): 39-41

[11] 张丽娜, 沈慧星, 罗永康. 草鱼贮藏过程中导电特性变化规律的研究[J]. 淡水渔业, 2010(5): 59-62

[12] 张丽娜, 胡素梅, 王瑞环, 等. 草鱼片在冷藏和微冻条件下品质变化的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(8): 175-179

[13] 宋永令, 罗永康, 张丽娜, 等. 不同温度贮藏期间团头鲂品质的变化规律[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(4): 104-110

[14] Chang-Wei Hsieh, Cheng-Hung Lai, Chia-Hsin Lee, et al. Effects of high-voltage electrostatic fields on the quality of tilapia meat during refrigeration[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(6): M312-M317

[15] özogul F, Kuley E, özogul Y. Sensory, chemical and microbiological quality parameters in sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice or wrapped in cling film or in aluminium foil at 2 ± 1 °C [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2007, 42(8): 903-999

[16] 胡素梅, 张丽娜, 罗永康, 等. 冷藏和微冻条件下鲤鱼品质变化的研究[J]. 渔业现代化, 2010, 37(5): 38-42

[17] Chang Ke Liang B, Chang Jejia, Shiao Chyuan-Yuan, et al. Biochemical, microbiological, and sensory changes of sea bass (*Lateolabrax japonicus*) under partial freezing and refrigerated storage [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(2): 682-686

[18] Cao Rong, Xue Chang-hu, Liu Qi, et al. Microbiological, chemical and sensory assessment of (I) whole ungutted, (II) whole gutted and (III) filleted tilapia (*Oreochromis niloticus*) during refrigerated storage [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2009, 44(11): 2243-2248

[19] Zhang Lina, Shen Huixing, Luo Yongkang. Study on the electric conduction properties of fresh and frozen - thawed grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45(12): 2560-2564

[20] 丁强, 王忠义, 黄岚, 等. 便携式猪肉阻抗谱检测系统研制[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 138-144

[21] Zhang Jun, Li Xiaoyu, Wang Wei, et al. Determination of freshness of freshwater fish based on BP-ANN and bio-impedance characteristics [C] // WRI Global Congress on intelligent Systems. Xiamen, 2009: 68-71

[22] Zhang Lina, Shen Huixing, Luo Yongkang. A nondestructive method for estimating freshness of freshwater fish [J]. European Food Research and Technology, 2011, 232(6): 979-984