

# 冷藏大菱鲆质量指数法的建立及其货架期

李学鹏, 陈 杨, 王金厢, 李睿智, 仪淑敏, 徐永霞, 朱文慧, 励建荣\*

(渤海大学食品科学与工程学院, 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心, 辽宁 锦州 121013)

**摘 要:** 通过建立和应用质量指数法 (quality index method, QIM), 结合挥发性盐基氮 (total volatile base nitrogen, TVB-N) 值、K值、质构、菌落总数等指标综合评价冷藏大菱鲆的新鲜度, 并确定其货架期。结果显示: 综合感官评分 (quality index, QI) 值与贮藏时间 ( $t$ ) 之间呈较高的线性关系, 回归方程为  $QI=1.175t-0.395$  ( $R^2=0.9884$ ), 该方程对冷藏大菱鲆剩余货架期的预测误差约为1 d (0.816)。贮藏15 d时, QI值达18.28, 各感官指标均达到感官拒绝期; 此时, TVB-N值、K值和菌落总数分别达到31.34 mg N/100 g、72.24%和6.45 (lg (CFU/g)), 均已经达到货架期终点的参考限定标准。QIM评价结果与鲜度指标具有良好的一致性, 适用于大菱鲆货架期的研究和鲜度的快速评价, 4℃冷藏大菱鲆的货架期为15 d。

**关键词:** 大菱鲆; 质量指数法; 新鲜度评价; 货架期

## Establishment of Quality Index Method (QIM) to Evaluate the Freshness and Shelf Life of Refrigerated Turbot (*Scophthalmus maximus*)

LI Xuepeng, CHEN Yang, WANG Jinxiang, LI Ruizhi, YI Shumin, XU Yongxia, ZHU Wenhui, LI Jianrong\*

(College of Food Science and Engineering, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural Products, Bohai University, Jinzhou 121013, China)

**Abstract:** In this article, the freshness and shelf life of turbot (*Scophthalmus maximus*) stored at 4℃ were determined by the quality index method (QIM) on the basis of total volatile basic nitrogen (TVB-N), K value, 2-thiobarbituric acid (TBA), texture profile analysis (TPA), and total viable count (TVC). The results showed that QI value displayed a highly linear relationship with storage time and could be represented by the equation  $QI = 1.175t - 0.395$  ( $R^2 = 0.9884$ ). Conclusively, the QI could predict the remaining shelf life with an accuracy of  $\pm 1$  day (0.816) at the 95% confidence interval. On the 15<sup>th</sup> day, the sensory quality was considered unacceptable. TVB-N value, K value and the TVC reached 31.34 mg N/100 g, 72.24% and 6.45 (lg (CFU/g)), respectively, which reached the reference limit standard for the endpoint of fish shelf life. The QIM result had a good coincidence with freshness indices, indicating that QIM is a promising and rapid method for freshness evaluation and shelf life determination. Meanwhile, a shelf life of 15 days was obtained in this study for turbot stored at 4℃.

**Key words:** turbot (*Scophthalmus maximus*); quality index method (QIM); freshness evaluation; shelf life

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201614040

中图分类号: TS254.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 14-0219-06

引文格式:

李学鹏, 陈杨, 王金厢, 等. 冷藏大菱鲆质量指数法的建立及其货架期[J]. 食品科学, 2016, 37(14): 219-224.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201614040. <http://www.spkx.net.cn>

LI Xuepeng, CHEN Yang, WANG Jinxiang, et al. Establishment of quality index method (QIM) to evaluate the freshness and shelf life of refrigerated turbot (*Scophthalmus maximus*)[J]. Food Science, 2016, 37(14): 219-224. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201614040. <http://www.spkx.net.cn>

我国是水产品生产大国, 2014年全国水产品总产量达6 461.52万 t, 连续多年居世界第一位, 其中鱼类养殖

产量达2 721.93万 t<sup>[1]</sup>。大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) 属于鲽形目鲽科, 俗称“多宝鱼”, 具有肉质鲜美、高

收稿日期: 2015-11-09

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (31301569); 国家自然科学基金面上项目 (31471639);

“十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD29B06; 2015BAD17B03); 辽宁省自然科学基金博士启动项目 (20131003)

作者简介: 李学鹏 (1982—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为水产品贮藏加工。E-mail: xuepengli8234@163.com

\*通信作者: 励建荣 (1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为水产品贮藏加工、食品安全。E-mail: lij6491@163.com

蛋白、低脂肪、矿物质和维生素含量丰富等特点，深受消费者青睐<sup>[2]</sup>，是我国北方海水养殖的主要鱼种之一，主要分布在山东半岛以及渤海湾地区，其中辽宁省养殖产量居全国第一位，养殖规模约占全国的60%左右<sup>[1]</sup>。随着大菱鲆产业的复苏、销售半径的逐步扩大以及冰鲜大菱鲆越来越多，大菱鲆在贮运过程中的品质特性和新鲜度评价问题日益引起人们的关注。新鲜度对水产品品质及原料的加工适性至关重要，新鲜度评价对水产品质量安全、贮运加工具有重要意义。常见的鲜度评价方法主要有感官评价、理化评价以及微生物评价<sup>[3-4]</sup>。其中，感官评价是一种有效、快速、简单、可靠的评价方法，在鱼类质量控制中起着重要的作用。目前，常用的水产品感官评价主要包括欧盟协议方法（EU scheme）和质量指数方法（quality index method, QIM）<sup>[5]</sup>。

QIM最早是由澳大利亚塔斯马尼亚州立食品研究所建立的<sup>[6]</sup>，是评价水产品新鲜度的一个评分系统，常用来预测水产品的剩余货架期。QIM是通过考察水产品贮藏过程中外观、风味以及质地等的变化，从而建立适合特定物种的评分系统，采用缺陷评分的方法来客观评价水产品品质变化。根据对特定参数的描述，每个参数的评分在0~3分之间，0分代表最佳品质，每个参数的最高分代表腐败期品质，每个指标最后的评分之和即为综合感官评分（quality index, QI），随着贮藏时间的延长，QI值与贮藏时间之间呈线性关系，因此QI值代表了该产品的新鲜度<sup>[5,7]</sup>。如果在货架期已知的情况下，可以根据QI值来预测水产品的剩余货架期<sup>[7]</sup>。目前研究QIM评价新鲜度的水产品主要包括鳕鱼片<sup>[7]</sup>、凤尾鱼<sup>[8]</sup>、石首鱼<sup>[9]</sup>、武昌鱼<sup>[10]</sup>、龙虾<sup>[12]</sup>等，但鲜少见QIM在大菱鲆新鲜度评价中的应用报道。

本实验建立了4℃冷藏大菱鲆的QIM评分系统，结合物理、化学、微生物指标，评价了4℃冷藏过程中大菱鲆新鲜度的变化，并确定了大菱鲆在4℃冷藏条件下的货架期，旨在为大菱鲆新鲜度快速评价和剩余货架期预测提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

原料：鲜活大菱鲆，平均质量为（850±50）g，购于辽宁锦州市林西路水产市场。

三氯乙酸、高氯酸、氧化镁、磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、氯化钠、氧化镁、氢氧化钾、甲基红、次甲基蓝、硫代巴比妥酸等为分析纯；甲醇为色谱纯。

1.2 仪器与设备

Milli-Q超纯水装置 美国Millipore公司；UV-2550紫外-可见分光光度计 日本Shimadzu公司；AF-10制冰机

美国Scotsman公司；T25 basic组织匀浆机 德国IKA公司；Biofuge stratos台式冷冻高速离心机 美国Thermo Scientific公司；MS105DU分析天平 梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司。

1.3 方法

1.3.1 材料预处理

鲜活大菱鲆冰水致死，用无菌水洗净、沥干，采用蒸煮袋包装。置于4℃低温恒温箱中贮藏，每隔2 d取一次样。

1.3.2 QIM评价系统建立

表 1 大菱鲆QIM评价标准			
Table 1 Criteria of quality index method for evaluating turbot			
指标		评价标准	分值
体表	光泽度	有光泽	0
		部分光泽	1
		没有光泽	2
	表面黏液	黏液透明	0
		黏液暗淡	1
		黏液不透明	2
眼睛	瞳孔	黑亮	0
		黑色浑浊	1
		模糊不清	2
	形状	眼睛凸出	0
		眼睛无凸起	1
		眼睛凹陷	2
角膜	透明	0	
	乳白色	1	
	浑浊不清	2	
鳃	颜色	鲜红色	0
		暗红色	1
		稍白色	2
	气味	黄灰色	3
		无异味	0
		腥臭味	1
质地	较强氨臭味	较强氨臭味	2
		坚硬，有弹性	0
		轻微柔软	1
	气味	柔软	2
		较强海腥味	0
		很弱海腥味	1
QI/分	轻微酸臭和腐臭味		2
	较强氨臭味		3
		0~20	

参考Hyldig<sup>[11]</sup>、Sveinsdottir<sup>[12]</sup>等的研究方法，构建大菱鲆QIM评分系统。首先，由2名主要研究大菱鲆品质变化的实验人员，对4℃冷藏期大菱鲆的感官变化进行详细观察，记录其在整个贮藏期的变化情况，主要包括体表、鳃、眼睛、质地、气味5个方面。在系统建立初期，参照GB/T 1629.1—2012《感官分析：选拔、培训与管理评价员一般导则：第1部分：优选评价员》挑选7名感官评价人员并对其进行培训。本实验选择的评价人员为长期从

事大菱鲆贮藏保鲜研究,对其感官变化过程有一定了解的实验人员。培训主要分为2个部分:即对已知贮藏时间和未知贮藏时间的大菱鲆分别进行评价。第1部分包括2组不同的已知贮藏时间的大菱鲆样品,评价人员对其进行描述评价,使评价人员对不同贮藏期的品质变化以及参数设定形成共识;第2部分包括2组不同的未知贮藏时间的大菱鲆样品,等待评价人员对其进行描述评价之后告知其对应贮藏时间,以考核评价人员的评价能力。在培训的最后阶段确定大菱鲆的QIM评价表(表1)。其中每个指标中的0分对应0 d的贮藏品质,最高分对应着鱼肉腐败的品质。

### 1.3.3 指标测定

#### 1.3.3.1 QIM的测定

选取7名感官评价人员,参照表1,对贮藏0、3、6、9、12、15、18 d的大菱鲆品质进行评价,记录评分,每天的各指标评分总和即为QI值。

#### 1.3.3.2 挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)值的测定

准确称取10 g绞碎鱼肉样品置于蒸馏管中,加入50 mL水,1 g MgO,摇晃混合,采用FOSS仪测定TVB-N值,采用mg N/100 g表示。

#### 1.3.3.3 2-硫代巴比妥酸(2-thiobarbituric acid, TBA)值<sup>[13]</sup>的测定

称取10 g绞碎鱼肉,加入25 mL蒸馏水和25 mL 10%三氯乙酸(trichloroacetic, TCA)溶液,均质,静置30 min。然后取5 mL上清液,加入5 mL 0.02 mol/L TBA溶液, (80±2)℃水浴加热40 min显色,冷却至室温,于532 nm波长处测定吸光度。TBA值用丙二醛(malondialdehyde, MDA)的质量分数表示,单位为mg MDA/kg。

#### 1.3.3.4 K值<sup>[14]</sup>的测定

称取3份绞碎鱼肉,每份5 g,加入25 mL 0.6 mol/L高氯酸,4℃均质1 min,4℃、3 000 r/min离心10 min,取出上清液,用1 mol/L KOH溶液调pH值至6.4~6.8,4℃、3 000 r/min离心10 min,取上清液,定容至25 mL,0.45 μm滤膜过滤,采用高效液相色谱检测。

#### 1.3.3.5 质构分析

取大菱鲆背部鱼肉,并将鱼肉切成1 cm<sup>3</sup>鱼块,在TPA模式下测定。测定条件:探头类型P/50;测前速率2.0 mm/s;测试速率为0.5 mm/s;测后速率1.0 mm/s;形变量为50%;触发力5 g;2次时间间隔5 s;数据的采集速率200.00 pps。

#### 1.3.3.6 菌落总数的测定

参照GB 4789.2—2012《食品微生物学检验:菌落总数测定》测定菌落总数。

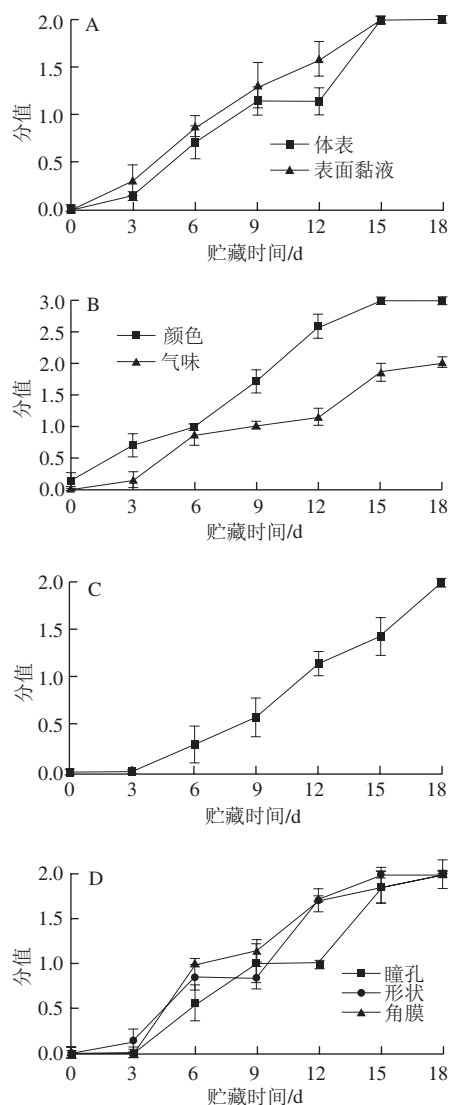
## 1.4 数据分析

采用Origin 9.0进行绘图,并利用SPSS 22对数据进行分析。 $P<0.01$ 为差异极显著, $P<0.05$ 为差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 冷藏大菱鲆的QIM系统及货架期

本实验建立的QIM评价表包括5方面品质变化和9个评价指标,最大的QI值为20,与Bonilla等<sup>[7]</sup>建立的新鲜鳕鱼片的8个评价指标和18分的QIM评分表很相似,不同于杂交巨脂鲤<sup>[15]</sup>、龙虾<sup>[13]</sup>等。这可能是因为由于微生物和酶的作用,不同物种表现出不同的物理变化和化学反应。对于新鲜的鱼来说,最主要的变化是肌肉新陈代谢引起生化变化,出现不愉快的气味、脂质氧化等等。另外,因为存在大量的物种且每种物种有其自己的腐败降解过程,因此需要针对特定物种制定相应的QIM评分系统<sup>[4,16]</sup>。



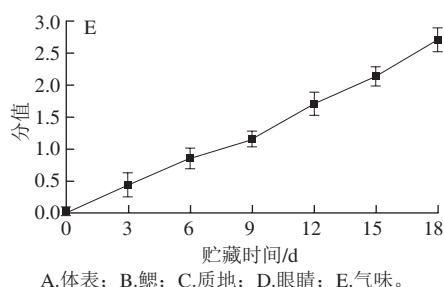


图1 4 °C冷藏大菱鲆感官指标的分值随贮藏时间的变化  
Fig. 1 Changes in quality parameters of turbot stored at 4 °C

如图1所示,所有感官评价指标的分值均随着冷藏时间的延长而逐渐增加,因此,可以认为这些指标的变化可以很好地反映出冷藏大菱鲆品质的变化。贮藏第15天时,体表、瞳孔和鳃的颜色分别达到最大分值2和3;鳃的气味、眼睛形状和角膜的分值为1.86,接近最大分值2;而且有6名感官评价人员认为4 °C冷藏大菱鲆在第15天时达到感官拒绝期,并且认为从第12天开始发生显著变化。

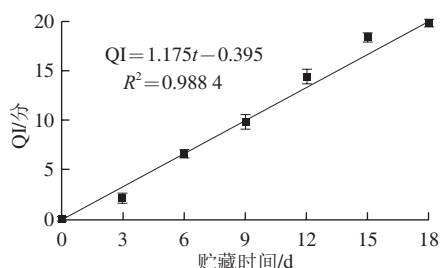


图2 QI值随贮藏时间的变化  
Fig. 2 Changes in QI values of turbot stored at 4 °C

由图2可知,QI值随着贮藏时间( $t$ )的延长逐渐上升,并呈现良好的线性关系( $R^2=0.9884$ ),其回归方程为 $QI=1.175t-0.395$ 。参照Borges等<sup>[15-16]</sup>,0、18 d的QI值分别为0.14、19.71分,可以明显看出,贮藏时间为15 d时(QI值为18.28分)其QI值与第18天的接近,且此时的大菱鲆感官指标均达到了不适合消费的程度,因此可以认为此时的QI值达到了极限。因此认为4 °C冷藏大菱鲆的货架期为15 d,这与崔正翠等<sup>[17]</sup>研究3 °C条件下大菱鲆的货架期为362 h相似。

由于QIM与贮藏时间呈现良好的线性正相关,因此,QIM可以用来作为一种标准、可信的鱼类新鲜度评价方法<sup>[3]</sup>,同时,如果已知某种鱼类的货架期及其QI值与贮藏时间的回归方程,即可通过获取当天的QI值估算水产品的已贮藏时间和剩余货架期的预测<sup>[7,18]</sup>。由回归方程 $QI=1.175t-0.395$ 得到,在货架期15 d的时候,QI拒绝分值为17。在95%置信度条件下对QI的实测值以及由方程得到的预测值进行分析<sup>[16,19]</sup>,得到对冷藏大菱鲆的剩余货架期进行预测时误差约为1 d(均方误差(mean squared

error, MSE)=0.816)(图3)。Borges等<sup>[16]</sup>研究细鳞肥脂鲤的QIM的建立和货架期时得到QIM的预测误差为1 d(MSE=1.184);Sykes等<sup>[19]</sup>研究欧洲墨鱼时发现预测误差同样为1 d(MSE=0.987)。而Gonçalves等<sup>[3]</sup>建立关于龙虾的QIM得到的预测误差为2.8 d,所以,需要针对特定的物种建立相应的QIM,以评价该物种的品质及预测其剩余货架期。因此,在已知货架期的情况下,对大菱鲆进行感官评价,得到QI值,即可判断其已贮藏时间和剩余货架期,预测误差仅为1 d。

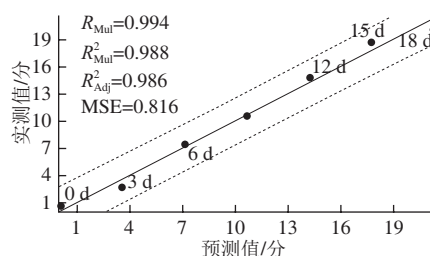


图3 QIM预测值与实测值的偏最小二乘回归  
Fig. 3 Partial least squares (PLS) regression for measured values versus predicted values for QIM

## 2.2 冷藏大菱鲆TVB-N值的变化

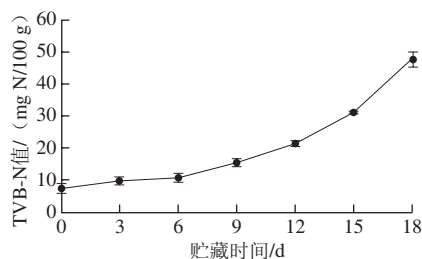


图4 4 °C冷藏大菱鲆TVB-N值的变化  
Fig. 4 Changes in TVB-N value of turbot stored at 4 °C

鱼类TVB-N值与鱼体鲜度具有高度的相关性,一般情况下会随着鲜度的下降而逐渐升高,因此,TVB-N被认为是判断水产品腐败变质重要的指标。由图4可知,新鲜大菱鲆初始TVB-N值为7.76 mg N/100 g,这与蒋慧亮等<sup>[20]</sup>检测的大菱鲆初始TVB-N值较为接近。随着贮藏时间的延长,TVB-N值呈逐渐上升的趋势,在贮藏前期,TVB-N值上升较为缓慢,之后,由于微生物快速繁殖,导致腐败加速,产生大量三甲胺、硫化物、有机酸、醛酮类等具有腐败臭味的代谢产物,使TVB-N值快速增加<sup>[21-22]</sup>,在海水鱼有氧贮藏过程中,当感官评价拒绝限值达到货架期时,TVB-N的上限值为30~35 mg N/100 g<sup>[17]</sup>。本实验到第15天时为31.34 mg N/100 g,因此,4 °C冷藏大菱鲆贮藏15 d时已达到货架期终点,这与QIM评价结果相同。



## 2.3 冷藏大菱鲆TBA值的变化

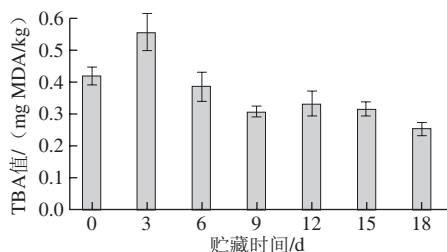


图5 4 °C冷藏大菱鲆TBA值的变化

Fig. 5 Changes in TBA value in turbot stored at 4 °C

常用MDA值来表示脂肪氧化程度,这是因为MDA是水产品脂肪氧化的产物,与TBA反应产生一种红色物质,在532 nm波长处有最大吸收峰。4 °C冷藏大菱鲆的TBA值变化如图5所示,随着贮藏时间的延长,TBA值呈现先上升后下降的趋势,这可能是脂肪氧化产物MDA还可以与胺类、核苷、核酸、蛋白质、氨基酸以及脂肪氧化的终产物醛类等发生反应<sup>[23]</sup>,导致TBA值降低。本研究认为TBA值不适宜作为大菱鲆的新鲜度评价指标,这与Chytiri等<sup>[22]</sup>的研究结果相类似。

## 2.4 冷藏大菱鲆K值的变化

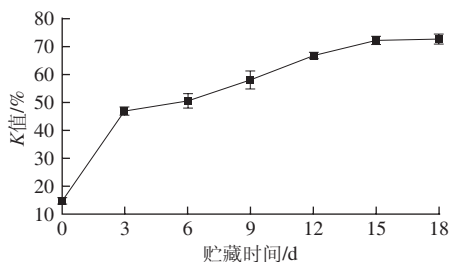


图6 4 °C冷藏大菱鲆K值含量的变化

Fig. 6 Changes in K value of turbot stored at 4 °C

以分析肌肉中ATP及其降解产物的含量为基础,再通过计算即可得到K值。它主要反映水产品低温贮藏前期的新鲜度变化。产品的鲜度越高,K值越小。一般认为,K值不大于20%的为生鲜鱼,常用来加工生鱼片;20%~60%为二级鲜度,60%~80%为初期腐败。由图6可知,随着贮藏时间的延长,冷藏大菱鲆K值呈逐渐上升的趋势。在贮藏前3 d,ATP快速分解,K值迅速上升。到第12天时,K值达到66.79%,此时大菱鲆已处于初期腐败,说明冷藏大菱鲆的鲜度在第12天已开始下降,在货架期15 d的时候,K值为72.24%,达到初期腐败中期。

## 2.5 冷藏大菱鲆的质构分析

水产品死后由于内源酶和微生物作用,新鲜度降低并发生腐败的同时,肌肉组织结构以及质构特性也同时发生变化。4 °C贮藏条件下大菱鲆的质构变化情况如表

2所示。大菱鲆肌肉的硬度值显著下降( $P<0.05$ ),这主要是因为水产品肌肉组织中丰富的、高活性的内源性蛋白酶以及大量繁殖的微生物,蛋白质发生降解,使肌原纤维的结构变得疏松,导致肌肉软化。一般来说,在贮藏初期,水产品由于进入僵直期而使硬度增加,在本研究中未有出现,这可能是由于3 d取样时大菱鲆已度过僵直期。随着贮藏时间的延长,大菱鲆肌肉的弹性和凝聚性呈下降趋势,但是变化不显著( $P>0.05$ )。咀嚼度、胶着度、回复性随着贮藏时间的延长呈显著下降( $P<0.05$ );咀嚼度是肌肉的硬度、凝聚性、弹性共同作用的结果;胶着度是硬度与凝聚性共同作用的结果;回复性是指恢复形变的程度。这是因为在微生物和酶的作用下,蛋白质发生降解,细胞间结合力逐渐减弱,导致肌肉组织松软,汁液流失等。而且,由表2可以看出,在12~15 d范围内,大菱鲆的硬度、咀嚼度、胶着度出现快速下降,在15 d的时候冷藏大菱鲆质地显著变化( $P<0.05$ )。

表2 4 °C冷藏大菱鲆质构特性的变化

Table 2 Changes in texture attributes of turbot stored at 4 °C

贮藏时间/d	硬度/g	弹性	咀嚼度	凝聚性	胶着度	回复性
0	2 507.74±166.53 <sup>a</sup>	0.459±0.01 <sup>a</sup>	454.21±69.41 <sup>a</sup>	0.432±0.009 <sup>a</sup>	1084.05±44.12 <sup>a</sup>	0.248±0.035 <sup>ab</sup>
3	2 213.12±40.07 <sup>ab</sup>	0.458±0.007 <sup>a</sup>	431.25±52.98 <sup>a</sup>	0.405±0.009 <sup>ab</sup>	941.08±58.58 <sup>b</sup>	0.230±0.008 <sup>ab</sup>
6	1 992.70±186.72 <sup>bc</sup>	0.454±0.012 <sup>a</sup>	401.23±53.76 <sup>a</sup>	0.394±0.013 <sup>ab</sup>	889.09±49.16 <sup>b</sup>	0.255±0.017 <sup>a</sup>
9	1 941.40±21.73 <sup>bc</sup>	0.452±0.017 <sup>a</sup>	333.11±39.59 <sup>b</sup>	0.399±0.015 <sup>ab</sup>	772.95±39.42 <sup>b</sup>	0.232±0.016 <sup>ab</sup>
12	1 800.76±172.61 <sup>c</sup>	0.453±0.004 <sup>a</sup>	321.31±35.78 <sup>b</sup>	0.409±0.012 <sup>ab</sup>	730.52±31.77 <sup>b</sup>	0.202±0.007 <sup>bc</sup>
15	1 419.64±133.87 <sup>d</sup>	0.446±0.012 <sup>a</sup>	257.20±50.81 <sup>c</sup>	0.404±0.009 <sup>ab</sup>	580.18±15.91 <sup>c</sup>	0.181±0.008 <sup>c</sup>
18	1 221.64±60.86 <sup>d</sup>	0.442±0.01 <sup>a</sup>	209.58±41.21 <sup>c</sup>	0.359±0.012 <sup>b</sup>	465.17±25.74 <sup>c</sup>	0.203±0.005 <sup>bc</sup>

注:同列肩标不同字母代表各组之间差异显著( $P<0.05$ )。

## 2.6 冷藏大菱鲆菌落总数的变化

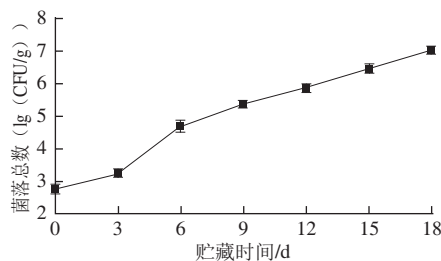


图7 4 °C冷藏大菱鲆菌落总数的变化

Fig. 7 Changes in total viable count (TVC) of turbot stored at 4 °C

如图7所示,冷藏大菱鲆菌落总数在贮藏过程中随时间延长而变化,冷藏大菱鲆初始的菌落总数值为2.77 (lg CFU/g),之后随着贮藏时间的延长,菌落总数值呈显著上升趋势,有研究<sup>[24]</sup>认为菌落总数值超过6 (lg CFU/g)时为贮藏终点。由图7可知,15 d时菌落总数值为6.45 (lg CFU/g),达到了货架期终点,与QIM评价结果一致。

## 2.7 相关性分析

表3 冷藏大菱鲆QI值与鲜度指标的相关性分析  
Table 3 Correlation analysis between QI value and freshness indices of turbot

指标	QI	TVB-N值	K值	菌落总数
QI	1	0.902**	0.904**	0.986**
TVB-N值	0.902**	1	0.785*	0.865*
K值	0.904**	0.785*	1	0.917**
菌落总数	0.986**	0.865*	0.917**	1

注: \*\*.相关性极显著 ( $P<0.01$ ); \*.相关性显著 ( $P<0.05$ )。

如表3所示, 4℃冷藏大菱鲆贮藏过程中部分指标之间有很好的相关性。QI值与TVB-N值、K值和菌落总数呈极显著相关性 ( $P<0.01$ ), TVB-N值、K值和菌落总数是评价水产品新鲜度和判定货架期的常用指标, 因此可以认为利用QIM评价冷藏大菱鲆的新鲜度及预测其货架期具有良好的可行性。

## 3 结论

本实验建立了4℃冷藏大菱鲆的QIM评分系统, 结果显示, 随着贮藏时间的延长, QI值呈逐渐上升的趋势, 且呈现较好的线性关系 ( $QI=1.175t-0.395$ ,  $R^2=0.9884$ ), 对剩余货架期的预测误差为1 d。贮藏15 d时QI值达到18.28分, TVB-N值达到31.34 mg N/100 g, 菌落总数值达到6.45 (lg (CFU/g)), K值达到72.24%, 均已达到货架期终点参考限定标准。综合各类指标显示冷藏大菱鲆的货架期为15 d。QIM评价与其他鲜度指标评价具有良好的一致性, 因此利用QIM评价冷藏大菱鲆的新鲜度及预测货架期具有良好的可行性。

## 参考文献:

- [1] 农业部渔业局. 2015中国渔业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [2] ZHU F, ZHANG H, SHAO Y. Visualization of the chilling storage time for turbot flesh based on hyperspectral imaging technique[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2014, 34(7): 1938-1942. DOI:10.3964/j.issn.1000-0593(2014)07-1938-05.
- [3] GONÇALVES A A, de LIMA J T A X, de PAULA F E R. Development of quality index method (QIM) scheme for spiny lobster (*Panulirus argus*, Latreille, 1804) stored in ice[J]. Food Control, 2015, 47: 237-245. DOI:10.1016/j.foodcont.2014.07.010.
- [4] OLAFSDOTTIR G, MARTINSDOTTIR E, OEHLenschläger J, et al. Methods to evaluate fish freshness in research and industry[J]. Trends in Food Science and Technology, 1997, 8(8): 258-265. DOI:10.1016/S0924-2244(97)01049-2.
- [5] 励建荣, 李婷婷, 李学鹏. 水产品鲜度品质评价方法研究进展[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2010, 28(6): 1-11. DOI:10.3969/j.issn.1671-1513.2010.06.001.
- [6] RITTER D O, LANZARIN M, NOVAES S F, et al. Quality index method (QIM) for gutted ice-stored hybrid tambatinga (*Colossoma macropomum*×*Piaractus brachipomum*) and study of shelf life[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 67: 55-61. DOI:10.1016/j.lwt.2015.10.041.
- [7] BONILLA A C, SVEINSDOTTIR K, MARTINSDOTTIR E. Development of quality index method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study[J]. Food Control, 2007, 18(4): 352-358. DOI:10.1016/j.foodcont.2005.10.019.
- [8] PONS-SÁNCHEZ-CASCADO S, VIDAL-CAROU M C, NUNES M L, et al. Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored in ice[J]. Food Control, 2006, 17(7): 564-569. DOI:10.1016/j.foodcont.2005.02.016.
- [9] SANTOS A P B D, KUSHIDA M M, VIEGAS E M M, et al. Development of quality index method (QIM) scheme for acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*)[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 57(1): 267-275. DOI:10.1016/j.lwt.2014.01.010.
- [10] SONG Yongling, LIU Lei, SHEN Huixing, et al. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*)[J]. Food Control, 2011, 22(3): 608-615. DOI:10.1016/j.foodcont.2010.10.012.
- [11] HYLDIG G, GREEN-PETERSEN D M B. Quality index method: an objective tool for determination of sensory quality[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2004, 13(4): 71-80. DOI:10.1300/J030v13n04\_06.
- [12] SVEINSDOTTIR K, HYLDIG G, MARTINSDOTTIR E, et al. Quality index method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*)[J]. Food Quality and Preference, 2003, 14(3): 237-245. DOI:10.1016/S0950-3293(02)00081-2.
- [13] SIU G M, DRAPER H. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish[J]. Journal of Food Science, 1978, 43(4): 1147-1149. DOI:10.1111/j.1365-2621.1978.tb15256.x.
- [14] 包海蓉, 程梅, 王锡昌, 等. 生食金枪鱼肉冷藏过程鲜度的变化[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 318-322. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.02.060.
- [15] BORGES A, CONTE-JUNIOR C A, FRANCO R M, et al. Quality index method (QIM) for the hybrid tambacu (*Colossoma macropomum*×*Piaractus mesopotamicus*) and the correlation among its quality parameters[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 56(2): 432-439. DOI:10.1016/j.lwt.2013.12.008.
- [16] BORGES A, CONTE-JUNIOR C A, FRANCO R M, et al. Quality index method (QIM) developed for pacu (*Piaractus mesopotamicus*) and determination of its shelf life[J]. Food Research International, 2013, 54(1): 311-317. DOI:10.1016/j.foodres.2013.07.012.
- [17] 崔正翠, 许钟, 杨宪时, 等. 大菱鲆冷藏过程中的鲜度变化与货架期[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 285-289.
- [18] CYPRIAN O O, SVEINSDOTTIR K, MAGNUSSON H, et al. Development of quality index method (QIM) scheme for farmed Tilapia fillets and its application in shelf life study[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2014, 23(3): 278-290. DOI:10.1080/10498850.2012.713088.
- [19] SYKES A V, OLIVEIRA A R, DOMINGUES P M, et al. Assessment of European cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) nutritional value and freshness under ice storage using a developed quality index method (QIM) and biochemical methods[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(1): 424-432. DOI:10.1016/j.lwt.2008.05.010.
- [20] 蒋慧亮, 李学英, 杨宪时, 等. 百里酚对冷藏大菱鲆鲜度和货架期的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 327-330. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.14.017.
- [21] MBARKI R, SADOK S, BARKALLAH I. Quality changes of the mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) during chilled storage: the effect of low-dose gamma irradiation[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2009, 78(4): 288-292. DOI:10.1016/j.radphyschem.2008.12.004.
- [22] CHYTIRI S, CHOULIARA I, SAVVAIDIS I N, et al. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout[J]. Food Microbiology, 2004, 21(2): 157-165. DOI:10.1016/S0740-0020(03)00059-5.
- [23] AUBOURG S P. Interaction of malondialdehyde with biological molecules: new trends about reactivity and significance[J]. International Journal of Food Science and Technology, 1993, 28(4): 323-335. DOI:10.1111/j.1365-2621.1993.tb01278.x.
- [24] CAI L, CAO A, BAI F, et al. Effect of  $\epsilon$ -polylysine in combination with alginate coating treatment on physicochemical and microbial characteristics of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) during refrigerated storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(2): 1053-1059. DOI:10.1016/j.lwt.2015.02.002.