

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2013.05.003

## 不同致死方式对罗非鱼鱼片品质的影响

方 静<sup>1,2</sup>, 黄 卉<sup>2</sup>, 李来好<sup>2</sup>, 杨贤庆<sup>2</sup>, 郝淑贤<sup>2</sup>, 魏 涯<sup>2</sup>, 岑剑伟<sup>2</sup>, 戚 勃<sup>2</sup>

(1. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266003; 2. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部水产品加工重点实验室, 国家水产品加工技术研发中心, 广东 广州 510300)

**摘要:** 为了改善鱼肉的品质, 文章通过测定样品的挥发性盐基氮(TVB-N)、Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性以及鱼片色泽和质构指标随时间的变化情况分别评价了4种不同致死方式(I. 鳃部放血; II. 冰激致死; III. 敲击头部致死; IV. 敲击头部后放血)对罗非鱼(*Oreochromis* sp.)鱼肉品质的影响。结果显示, 贮藏期间4个组的TVB-N显著增大, 但II组和III组的TVB-N显著低于I组和IV组, 有利于鱼片冰藏期的保鲜; 4个组鱼片的Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性显著下降, III和IV 2种宰杀方式有利于保持Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性; 4个组的亮度(L\*)、红绿色值(a\*)和黄蓝色值(b\*)都随着贮藏时间的延长而增加, I和IV 2种宰杀方法使鱼片L\*较大而a\*较小, 但4组之间b\*无显著差异; 鱼片的硬度、咀嚼性和胶着性随贮藏时间的延长呈下降的趋势, 其中III组的质构品质保持得最好。综合以上所有指标, 可以认为III组最有利于罗非鱼片的保鲜, 其次为II组。

**关键词:** 罗非鱼; 致死方式; 挥发性盐基氮; Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性; 色泽; 质构分析

中图分类号: TS 254.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2013)05-0013-06

## Effect of different slaughter methods on quality of *Oreochromis* sp. fillets

FANG Jing<sup>1,2</sup>, HUANG Hui<sup>2</sup>, LI Laihao<sup>2</sup>, YANG Xianqing<sup>2</sup>,  
HAO Shuxian<sup>2</sup>, WEI Ya<sup>2</sup>, CEN Jianwei<sup>2</sup>, QI Bo<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Key Lab. of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture; National R&D Center For Aquatic Product Processing; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** To improve the flesh quality of tilapia, we studied the effects on flesh quality of tilapia by different slaughter methods. Tilapia were slaughtered by four different methods as follow: (I) bleeding followed by immersion in ice/water slurry for 20 minutes, (II) immersion in ice/water slurry for 20 minutes, (III) percussive stunning, (IV) percussive stunning followed by bleeding and immersion in water for 20 minutes. TVB-N values, Ca<sup>2+</sup>-ATPase activity, color and texture profile analysis (TPA) were measured during iced storage. The results show that TVB-N values of four groups increase signally, and Ca<sup>2+</sup>-ATPase activities of four groups decrease obviously during iced storage. TVB-N values in group II and III are significantly lower than that in group I and IV. Group II and III are benefit for retaining freshness during iced storage, while group III and IV are conducive to maintaining Ca<sup>2+</sup>-ATPase activity. Fillets of group II and III become paler than that of group I and IV, and fillets of group II and III have higher redness than group I and IV. Hardness, chewiness and gumminess in fillets of four groups decreased significantly during iced storage. Texture quality in group III maintains better than that in other groups. In conclusion, percussive stunning is the optimum to kill tilapia in the four methods.

收稿日期: 2013-04-18; 修回日期: 2013-05-23

资助项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院南海水产研究所)资助项目(2012TS22); 广州市珠江科技新星专项项目(2012J2200075); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-49)

作者简介: 方 静(1986-), 女, 硕士研究生, 从事水产品加工与贮藏研究。E-mail: fangjing2020@126.com

通信作者: 李来好(1963-), 男, 研究员, 博士, 从事水产品加工与质量安全研究。E-mail: laihaoli@163.com

**Key words:** tilapia; slaughter methods; TVB-N value;  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase activity; color; texture

动物在处于一种有意识的状态被宰杀时,会产生激烈的应激反应和剧烈运动,这不仅不利于动物福利,会对产品品质产生影响,还会给宰杀操作过程带来困难。对于水产品致死方式的研究,国外大都集中于大西洋鲑(*Salmo salar*)<sup>[1-4]</sup>、大西洋鳕(*Gadus morhua*)<sup>[5-6]</sup>以及大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)<sup>[7-8]</sup>等。击晕和屠宰产生的应激反应,可以使鱼较早进入僵直期,使组织软化多孔,滴水损失增加,货架期缩短,从而影响鱼肉品质<sup>[3,9]</sup>。国内对于水产品致死方式研究比较少,仅见几种水产品的常见致死方式初步研究报道。杨光等<sup>[10]</sup>报道了3种致死方式对罗非鱼的影响,研究表明相同的微冻条件下冰水致死法有利于保持罗非鱼新鲜度,使鱼死后具有较长僵直期和较小失水率。牛保卫等<sup>[11]</sup>发现打头击晕是最利于大菱鲆保鲜的致死方式,其次为电击晕。宋广磊等<sup>[12]</sup>发现真空致死、氮气致死和超低温致死对提高三疣梭子蟹(*Portunustrituberculatus*)品质和改善其储藏特性具有重要作用。施文正等<sup>[13]</sup>发现不同致死方式对养殖草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)不同部位鱼肉中的挥发性成分有显著的影响。王彦波等<sup>[14]</sup>发现不同宰杀方式影响鲫(*Carassius auratus*)鱼肉中蛋白的含量和代谢。罗非鱼是中国最具国际竞争力的品种之一,也是最具产业化发展条件的品种。不同的宰杀方法对保鲜起重要作用,因此对比不同宰杀方式对鱼肉品质的影响,选择较好的宰杀方式对罗非鱼的保鲜具有重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

鲜活罗非鱼(*Oreochromis sp.*),购于广州下渡路市场,质量为(0.6±0.1)kg,暂养于水箱中1d。

### 1.2 试剂

盐酸,硼酸,甲基红,次甲基蓝,氢氧化钠,高氯酸,氯化钠,ATP酶测试剂盒(南京建成科技有限公司出品),考马斯亮蓝蛋白测定试剂盒(南京建成科技有限公司出品)。

### 1.3 仪器与设备

DC-P3型全自动测色色差计(北京市兴光测试仪器公司出品);Spectronic GENESYS-5型紫外分光光度计(美国Thermo公司出品);DK-S24型电热

恒温水浴锅(上海森信实验仪器有限公司出品);QTS 25型质构仪(天津市德盟科技有限公司出品);PB-10型精密pH计(德国Sartorius公司出品);Ultra Turrax T25B型均质机(德国IKA工业设备公司出品)。

### 1.4 样品分组预处理

I)鳃部放血,放入冰水(冰水混合物)中20min;II)将活鱼放入冰水中20min;III)敲击头部致死;IV)敲击头部,然后鳃部放血置于水中(室温)20min。一共宰杀20尾,每组5尾。鱼死后立即取鱼片并去皮,置于样品袋中冰藏,层冰层鱼放置。鱼片冰藏,层冰层鱼,并及时换冰。取鱼背部肌肉进行试验,分别在第0、第2、第4、第6、第8、第10和第12天测定挥发性盐基氮(TVB-N)、 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP酶活性、质构指标和色泽,每组每次做3个平行。

### 1.5 指标测定方法

1.5.1 挥发性盐基氮(TVB-B)的测定 TVB-N是细菌繁殖和蛋白质分解产生的氨和胺类等碱性含氮的挥发性物质,通常作为鱼类的一项鲜度指标<sup>[15]</sup>。测定参考陈培基等<sup>[16]</sup>方法。

1.5.2  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP酶活性的测定 肌动球蛋白具有ATP酶活性,肌动球蛋白的变性不仅会导致其盐溶性的下降,还会使ATP酶活性显著下降。 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP酶的活性中心位于肌球蛋白的球状头部, $\text{Ca}^{2+}$ -ATP酶活性是评价肌球蛋白分子完整性的良好指标<sup>[17-19]</sup>。 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP酶活性 $[\mu\text{mol}\cdot(\text{mg}\cdot\text{h})^{-1}]$ 测定参照所购ATP酶测定试剂盒说明进行。

1.5.3 色泽测量<sup>[20]</sup> 鱼肉的颜色用CIE L\*、a\*、b\*表示,用色差仪进行测量。L\*表示亮度,L\*=0表示黑色,L\*=100表示白色;a\*>0表示红度,相反则为绿度;b\*>0表示黄度,相反则为蓝度。

1.5.4 质构测定 取鱼背部肌肉,切成10mm×10mm×10mm的方块。采用质地剖面分析(TPA)模式,模拟口腔咀嚼肌肉的运动,对样品进行2次压缩<sup>[21]</sup>。试验参数<sup>[22]</sup>设置为触发力5g,压缩距离3mm,测试速率30mm·min<sup>-1</sup>,恢复时间3s,停留间隔时间0s,探头为平底柱形,直径6mm。记录硬度、弹性、咀嚼度、粘结性和胶粘性等质构参数。

## 1.6 数据处理与分析

用 Excel 2003 和 SPSS 16.0 对数据进行统计和方差分析, 结果均表示为平均值  $\pm$  标准误 ( $\bar{X} \pm SE$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 挥发性盐基氮的变化

贮藏期间 4 个组的  $w(\text{TVB-N})$  显著增大 ( $P < 0.05$ ) (图 1-a)。鱼片在冰藏期间蛋白质逐渐分解, 腐败变质的程度逐渐加深。第 0 天~第 6 天, 4 个组  $w(\text{TVB-N})$  增长相对缓慢, 到第 6 天各组的  $w(\text{TVB-N})$  均未达到  $0.20 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 都符合淡水鱼卫生标准。6 d 后各组  $w(\text{TVB-N})$  的增长速率加快, 也即鱼肉的腐败加快, 更多的蛋白质被分解。随着细菌的繁殖和蛋白质的降解速度的增加,  $w(\text{TVB-N})$  迅速增大, 到第 8 天 IV 组鱼片的  $w(\text{TVB-N})$  超出了淡水鱼的卫生标准 ( $0.20 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ), 已不再适合食用, 其他 3 组  $w(\text{TVB-N})$  在第 10 天超过  $0.20 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。0~6 d 中 II 组和 III 组的  $w(\text{TVB-N})$  显著低于 I 组和 IV 组 ( $P < 0.05$ ), 整个贮藏期中 IV 组的  $w(\text{TVB-N})$  显著高于其他各组 ( $P < 0.05$ )。通过 4 个组的  $w(\text{TVB-N})$  的变化可以看出, II 和 III 2 种宰杀方法优于 I 和 IV。杨光等<sup>[10]</sup>发现冰水致死与冷冻致死的罗非鱼  $w(\text{TVB-N})$  在贮藏后期有明显差异。低温能有效抑制细菌的繁殖, 表现出冰藏初期  $w(\text{TVB-N})$  上升缓慢, 但冰藏并不能完全抑制微生物生长<sup>[17,19]</sup>。随着细菌的繁殖和蛋白质的变性程度的增加,  $w(\text{TVB-N})$  迅速增大。

### 2.2 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性变化

冰藏期间  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性的变化见图 1-b, 4 组鱼片的  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性均显著下降 ( $P < 0.05$ )。前 6 d 4 组鱼片的  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性下降速率较快,

尤其是前 2 d 变化较大, 6 d 后下降速率减缓。4 组新鲜鱼片的  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性依次为  $6.387 \mu\text{mol} \cdot (\text{mg} \cdot \text{h})^{-1}$ 、 $6.45 \mu\text{mol} \cdot (\text{mg} \cdot \text{h})^{-1}$ 、 $6.92 \mu\text{mol} \cdot (\text{mg} \cdot \text{h})^{-1}$  和  $6.63 \mu\text{mol} \cdot (\text{mg} \cdot \text{h})^{-1}$ , 不同组的酶活性具有差异, III 组的  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性最高, I 组的最低, 相差  $0.53 \mu\text{mol} \cdot (\text{mg} \cdot \text{h})^{-1}$ , III 组的  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性显著高于 I 组和 II 组 ( $P < 0.05$ )。第 12 天 4 个组的  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性降低到了很低的水平, 与新鲜鱼片相比依次降低了 78.4%、73.9%、78.3% 和 81.4%。第 2 天~第 10 天中 I 组的  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性显著低于其他各组, 第 2 天~第 6 天 II 组的 ATP 酶活性显著低于 III 组和 IV 组。

贮藏过程中  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性的下降说明了肌球蛋白的变性, 尤其是肌球蛋白头部的变性<sup>[23-24]</sup>。对于引起  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性下降的原因, 观点不一, 主要有以下几点: 1) 冰晶的机械作用; 2) pH 下降; 3) 巯基的氧化成为二硫键。黄晓春等<sup>[17]</sup>认为是前期巯基含量的下降导致冰藏中的眼斑拟石首鱼 (*Sciaenops ocellatus*) ATP 酶活性的下降, 曾名勇等<sup>[23]</sup>等则认为冰冻条件下的鳙 (*Hypophthalmichthys nobilis*) 肌肉的 ATP 酶活性下降是 pH 下降和巯基氧化共同作用的结果。

### 2.3 色泽的变化

冰藏期间 4 个组的  $L^*$  显著增加 ( $P < 0.05$ ), 各组均是贮藏初期变化迅速, 之后逐渐变缓 (图 2-a)。表明随着贮藏期的延长, 鱼片逐渐苍白。I 组和 IV 组的  $L^*$  显著高于 II 组和 III 组 ( $P < 0.05$ ), II 组和 III 组之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ )。由于 I 组和 IV 组进行了放血处理, 使这 2 组的鱼片更加苍白。郝淑贤等<sup>[25]</sup>认为鱼肉的色泽主要受肌红蛋白和血红蛋白的影响。由此可见, 放血显著影响了鱼肉的色泽。

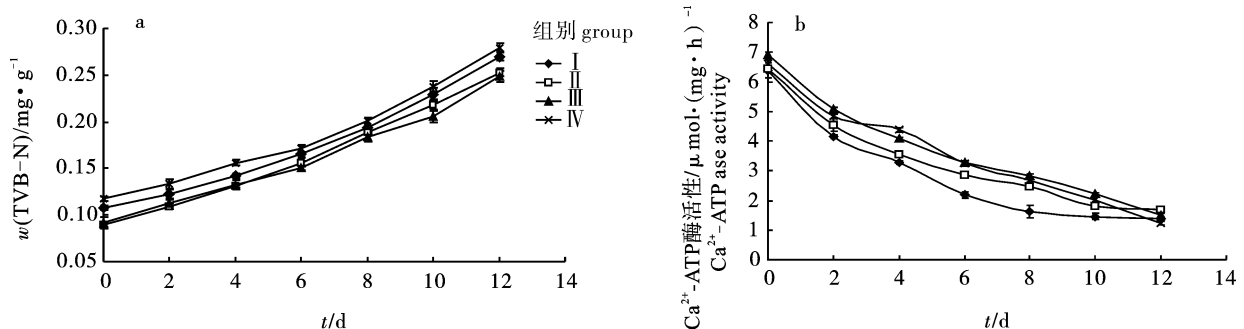


图 1 冰藏过程中罗非鱼片挥发性盐基氮(a)和  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性(b)的变化

Fig. 1 Change of TVB-N value (a) and  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase activities (b) in tilapia fillets during iced storage

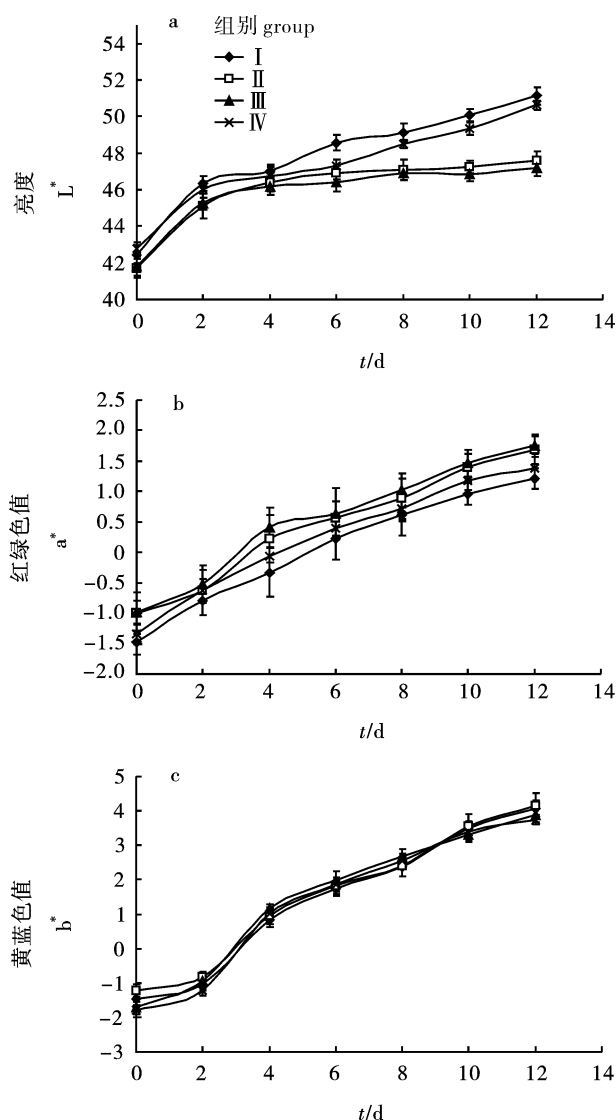


图2 冰藏期间罗非鱼片亮度(a)、红绿色值(b)和黄蓝色值(c)的变化

Fig. 2 Change of  $L^*$  (a),  $a^*$  (b) and  $b^*$  (c) in tilapia fillets during iced storage

冰藏期间4个组的 $a^*$ 均显著增加( $P < 0.05$ ),由开始的负值逐渐转变为正值(图2-b)。表明随着贮藏期的延长,鱼片红度增加。I组的 $a^*$ 最低,显著低于其他各组,其次为IV组,II组和III组的 $a^*$ 较高,且II组 $a^*$ 显著高于I组,III组 $a^*$ 显著高于IV组。由此可知放血处理对鱼片的 $a^*$ 有明显的影响。

冰藏期间4个组的 $b^*$ 均显著增加( $P < 0.05$ ),由开始的负值逐渐转变为正值(图2-c)。表明随着贮藏期的延长,鱼片有发黄的趋势。4个组之间的 $b^*$ 差异很小,达不到显著水平( $P > 0.05$ )。有研究发现,大西洋鳕冰藏5 d后应激反应组的鱼肉

与对照组相比,持水率明显较低,硬度减小,色泽发黄<sup>[6]</sup>。鱼片的色泽与鱼肉组织的生化变化有密切的关系,尤其是鱼片的 $a^*$ 和 $b^*$ <sup>[26]</sup>。

## 2.4 质构的变化

在贮藏过程中4个组的弹性(图3-a)和凝聚性(图3-b)都没有明显的变化趋势( $P > 0.05$ ),4个组之间的弹性和凝聚性的差异均不显著。随着贮藏时间的延长,4个组鱼肉的硬度(图3-c)、咀嚼性(图3-d)和胶着性(图3-e)都显著下降( $P < 0.05$ )。4个组的硬度在第2天略升,后呈显著下降的趋势。新鲜鱼片的硬度I组和III组均显著高于II组和IV组( $P < 0.05$ )。2~6 d III组的硬度显著高于II组和IV组( $P < 0.05$ )。6 d后各组之间的差异不显著。咀嚼性和胶着性都与硬度密切相关,其变化趋势基本与硬度的变化一致。

## 3 结论

通过研究4种致死方式对罗非鱼鱼片品质的影响,得出II和III 2组有利于鱼片冰藏期的保鲜,III和IV 2种宰杀方式有利于保持 $Ca^{2+}$ -ATP酶活性,II和III 2种宰杀方法使鱼片 $L^*$ 较小, $a^*$ 较大,III组的质构品质保持得最好。综合以上所有指标,认为III组最有利于罗非鱼片的保鲜,其次为II组,即为打头组和冰激组。鱼死前剧烈的挣扎,使肌肉收缩程度加剧,促使鱼死后僵直较早开始,僵直程度更加剧烈,导致鱼肉中孔隙增加;还会导致肌肉中糖原酵解,乳酸的积累会引起pH降低。这些变化会引起鱼肉品质的恶化,使蛋白降解加快,肌肉纤维组织崩溃,水分损失等,使鱼肉鲜度、色泽和质构品质受到影响。II组和III组宰杀时应激反应的程度较低,得到的鱼肉品质较好;而I组和IV组的放血过程让鱼过于激烈的挣扎,导致鱼肉品质不佳。

## 参考文献

- [1] ROTH B, MOELLER D, SLINDE E. Ability of electric field strength, frequency, and current duration to stun farmed Atlantic salmon and pollock and relations to observed injuries square wave alternating current[J]. North Am J Aquac, 2004, 66(3): 208-216.
- [2] ROTH B, SLINDE E, ROBB D H F. Percussive stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and the relation between force and stunning[J]. Aquac Engin, 2007, 36(2): 192-197.
- [3] KIESSLING A, ESPE M, RUOHONEN K, et al. Texture, gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by

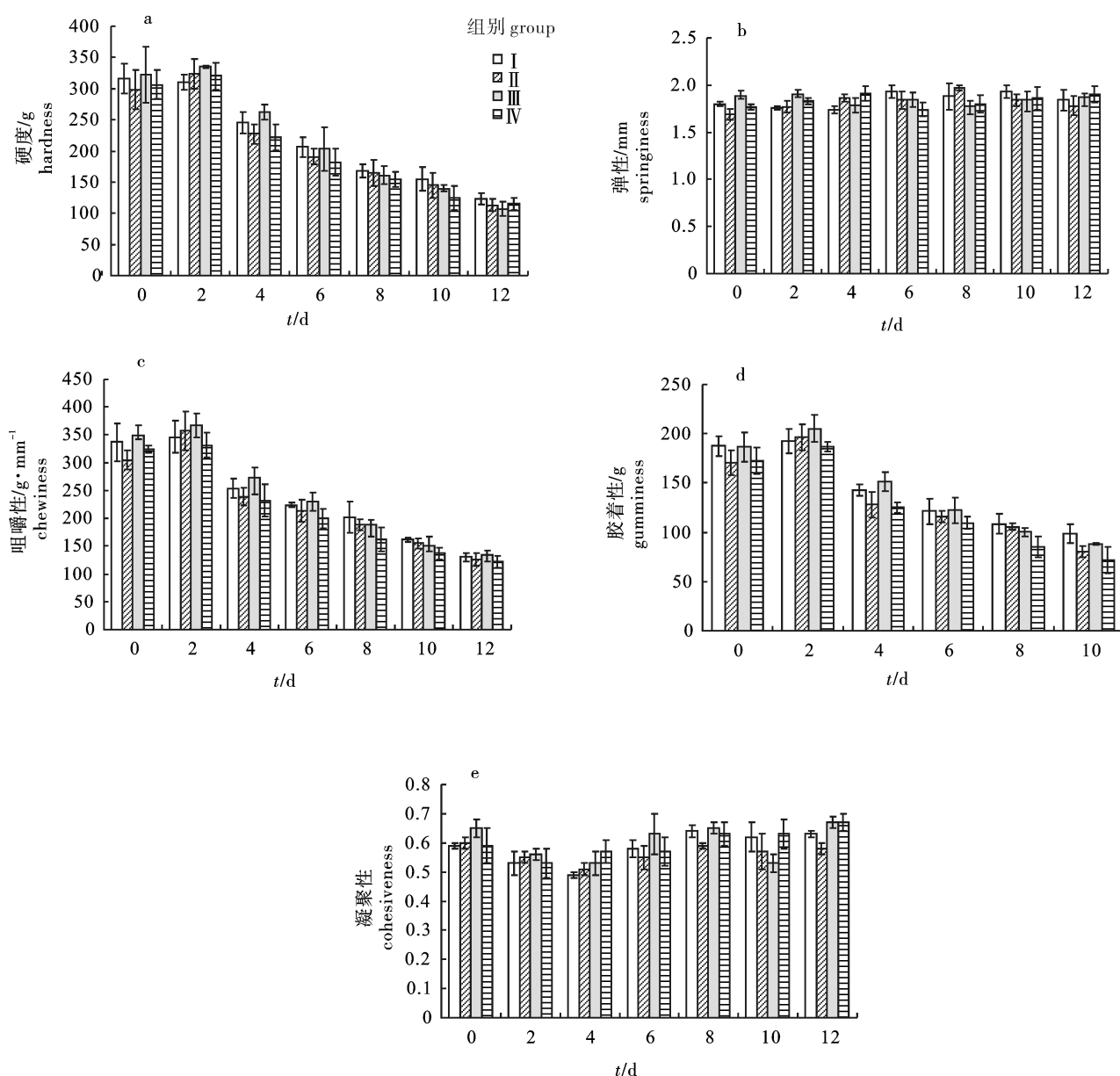


图3 冰藏过程中罗非鱼片质构指标的变化

a. 硬度; b. 弹性; c. 咀嚼性; d. 胶着性; e. 凝聚性

Fig. 3 Change of texture in tilapia fillets during iced storage

a. hardness; b. springiness; c. chewiness; d. gumminess; e. cohesiveness

pre-slaughter iso-eugenol or CO<sub>2</sub> anaesthesia [J]. *Aquaculture*, 2004, 236(1/2/3/4): 645-657.

[4] ROTH B, MOELLER D, VELAND J O, et al. The effect of stunning methods on rigor mortis and texture properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. *J Food Sci*, 2002, 67(4): 1462-1466.

[5] ERIKSON U, LAMBOOIJ B, DIGRE H, et al. Conditions for instant electrical stunning of farmed Atlantic cod after de-watering, maintenance of unconsciousness, effects of stress, and fillet quality: a comparison with AQUI-S? [J]. *Aquaculture*, 2012, 324/325(12): 135-144.

[6] HULTMANN L, PHU T M, TOBIASSEN T, et al. Effects of pre-

slaughter stress on proteolytic enzyme activities and muscle quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) [J]. *Food Chem*, 2012, 134(3): 1399-1408.

[7] MORZEL M, SOHIER D, Van de VIS H. Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality [J]. *J Sci Food Agric*, 2003, 83(1): 19-28.

[8] ROTH B, IMSLAND A, GUNNARSSON S, et al. Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*): a comparison between different stunning methods [J]. *Aquaculture*, 2007, 272(1/2/3/4): 754-761.

[9] ROTH B, SLINDE E, ARILDSEN J. Pre or post mortem muscle

- activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh[J]. *Aquaculture*, 2006, 257(1/2/3/4): 504-510.
- [10] 杨光, 郭娟, 林向东. 不同致死方法和微冻处理对罗非鱼保鲜特性的影响[J]. *食品科学*, 2009, 30(16): 278-281.
- [11] 牛宝卫, 任艳, 栾东磊, 等. 不同宰杀方式对大菱鲆保鲜的影响[J]. *渔业现代化*, 2008(3): 38-41.
- [12] 宋广磊, 袁晓晴, 叶婧. 致死条件对三疣梭子蟹肉质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(7): 144-149.
- [13] 施文正, 王锡昌, 陶宁萍, 等. 致死方式对养殖草鱼肉挥发性成分的影响[J]. *水产学报*, 2011, 35(3): 456-465.
- [14] 王彦波, 沈晓琴, 李学鹏, 等. 不同宰杀方式对鲫鱼肌肉质构和蛋白质组的影响[J]. *中国食品学报*, 2010, 6(10): 145-149.
- [15] LU S. Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf-life of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2009, 42(1): 286-291.
- [16] 陈培基, 李来好, 李刘冬, 等. 水产品中挥发性盐基氮测定方法的改良[J]. *中国水产科学*, 2006, 13(1): 146-150.
- [17] 黄晓春, 侯温甫, 杨文鸽, 等. 冰藏过程中美国红鱼生化特性的变化[J]. *食品科学*, 2007, 28(1): 337-340.
- [18] 曾名勇, 黄海, 李八方. 不同冻藏温度对鲈鱼肌肉蛋白质生化特性的影响[J]. *青岛海洋大学学报: 自然科学版*, 2003, 33(4): 525-530.
- [19] 王馐, 张钟兴, 冯媛, 等. 几种淡水养殖鱼鲜度变化的特点[J]. *水产学报*, 1994, 18(4): 272-277.
- [20] BJORN R, ØINES S, ROTABAKK B T, et al. Using electricity as a tool in quality studies of Atlantic salmon[J]. *Eur Food Res Technol*, 2008, 227(2): 571-577.
- [21] 王秀娟. 鲜虾可食性涂膜保鲜技术及其品质控制研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2008.
- [22] 孙彩玲, 田纪春, 张永祥. TPA 质构分析模式在食品研究中的应用[J]. *实验科学与技术*, 2007, 5(2): 1-4.
- [23] 曾名勇, 黄海, 李八方. 鳙肌肉蛋白质生化特性在冻藏过程中的变化[J]. *水产学报*, 2003, 27(5): 480-485.
- [24] 王馐, 郭大钧, 冯媛, 等. 鳙在不同保藏温度下的鲜度变化[J]. *水产学报*, 1993, 17(2): 113-119.
- [25] 郝淑贤, 何俊燕, 李来好, 等. 放血对罗非鱼片色泽的影响[J]. *食品工业科技*, 2011(12): 149-151.
- [26] TUCKEY N P L, FORGAN L G, JERRETT A R. Fillet colour correlates with biochemical status in Australasian snapper (*Pagrus auratus*) during storage in refrigerated seawater[J]. *Aquaculture*, 2012, 356/357: 256-263.