

# 低盐腌制对生鲜草鱼片冷藏过程中品质变化的影响

汪之颖 陈静茹 陈可欣 罗永康\*

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院,北京 100083)

**摘要** 针对草鱼片贮藏过程中品质易变化的问题,研究不加盐(生鲜,对照组)与加盐(生鲜调理, $w(\text{盐})=2\%$ ,处理组)处理草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)片在4℃贮藏过程中的品质变化规律,测定其理化、微生物及感官品质的变化,评价2%盐处理对4℃贮藏草鱼片品质的影响,并通过分析腺苷三磷酸(ATP)关联物相关指标与各主要鲜度指标间的相关性,探讨更适宜作为该条件下草鱼片品质的评价指标。结果表明:处理组草鱼片的挥发性盐基氮(TVB-N)的质量分数、汁液流失率、白度及菌落总数显著低于对照组( $P<0.05$ )。鲜度指标 $K$ 、 $K_i$ 、 $H$ 及 $F_r$ 值中, $K_i$ 和 $F_r$ 值更适合评价该条件下草鱼片的品质变化。综合挥发性盐基氮、 $K$ 值和感官指标的变化,2%盐处理可以将冷藏草鱼片货架期从6d延长到10d,利于鱼肉品质的保持。

**关键词** 草鱼片;低盐腌制;冷藏;理化指标;品质变化

中图分类号 S 984.1

文章编号 1007-4333(2015)06-0249-07

文献标志码 A

## Effect of low salt on the quality changes of raw grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during chilled storage

WANG Zhi-ying, CHEN Jing-ru, CHEN Ke-xin, LUO Yong-kang\*

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** To solve the problem of rapid quality loss of grass carp fillets during chilled storage, our study was mainly focused on the effects of low concentration of salt ( $w(\text{NaCl}) = 2\%$ ) on the quality changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets including physical, chemical, microbiological, and sensory changes during storage at 4℃. Correlations between the main quality indicators and the  $K$ ,  $K_i$ ,  $H$ , and  $F_r$  values, which are all the indicators derived from ATP-compounds, were analyzed to explore which value was most suitable to evaluate the quality changes of grass carp fillets under experimental conditions. The  $w$  (total volatile basic nitrogen, TVB-N), drip loss, whiteness and microbial growth of the fillets treated with 2% salt were lower than those of untreated fillets ( $P<0.05$ ). Compared to  $K$  and  $H$  values, the  $K_i$  and  $F_r$  values were more suitable to evaluate the quality of grass carp fillets (both for raw and prepare fillet) during storage under the experimental conditions. By considering the changes of TVB-N,  $K$  value and sensory score comprehensively, it was concluded that treatment with 2% salt extended the shelf life of grass carp from 6 days to 10 days and maintained the quality of fish meat.

**Key words** grass carp fillets; low concentration of salt; chilled storage; physicochemical indicators; quality changes

鱼肉组织柔软,含水量高,蛋白质丰富且pH接近中性,肌肉组织中酶类活性强,易腐败变质,因此鱼肉贮藏保鲜技术一直是水产品加工领域的研究热

点<sup>[1]</sup>。目前用于保持鱼肉品质和延长货架期的一般方法有,高静水压、真空包装、可食用膜涂抹、盐腌等<sup>[2]</sup>,其中盐腌是延长鱼肉贮藏期最古老、便捷的

收稿日期:2015-01-16

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-46);国家自然科学基金(31471683);北京市自然科学基金(6152017);国家级大学生科研创新训练项目

第一作者:汪之颖,E-mail:wangzhiyingCAU@163.com

通讯作者:罗永康,教授,博士生导师,主要从事水产品贮藏与加工研究,E-mail:luoyongkang@cau.edu.cn

方法之一。盐具有抑制微生物活动,降低水分活度,改变鱼肉蛋白质的功能性质等作用<sup>[3]</sup>。在传统盐腌加工工艺中,肉制品的加盐量为2%~12%,高浓度的盐会促进脂肪氧化、蛋白质变性、质构改变等不良后果<sup>[4]</sup>。由于高浓度的盐对鱼体品质的影响,以及市场需求日益偏向于低盐健康食品,因此研究低盐腌制对鱼肉品质的影响具有较好应用价值。

Song等<sup>[5]</sup>测定了冷藏和微冻条件下团头鲂的品质变化规律,分析了腺苷三磷酸(ATP)关联物相关指标随贮藏时间的变化,但与其他品质指标间的相关性未开展研究。Zhu等<sup>[6]</sup>和Lu等<sup>[7]</sup>虽研究了鲜度指标 $K$ 值与各品质指标的相关性,但未对其他鲜度指标 $K_i$ 、 $H$ 和 $F_r$ 值进行类似分析。目前,关于低盐腌制鱼片 $K$ 、 $K_i$ 、 $H$ 和 $F_r$ 值随时间的变化及其与各主要品质指标间相关性的报道仍然较少,因此有必要开展低盐腌制鱼片贮藏过程中以上鲜度指标间相关性的研究。

草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)又称鲢、油鲢、草鲢,属辐鳍鱼纲,鲤形目,鲤科,雅罗鱼亚科,是我国产量最大的淡水鱼。本研究拟以草鱼为试验对象,测定冷藏条件下生鲜和腌制鱼片的主要品质指

标变化,研究生鲜和腌制草鱼片4℃贮藏条件下主要品质指标的变化规律,并对各主要品质指标进行相关性分析,探讨更适宜作为该条件下草鱼片品质变化的评价指标,以期为生鲜和腌制鱼片品质控制技术的进一步完善提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与预处理

鲜活的草鱼购自北京小月河农贸市场,体质量(1.35±0.03) kg,体长(46.8±0.6) cm。草鱼活运至实验室后击晕、去鳞、去内脏、去头,每条鱼取2块鱼片,用清水洗净沥干。所有鱼片分为2组,一组直接放入保鲜袋中,另一组用盐采用干腌法腌制后放入保鲜袋中,在(4±1)℃条件下贮藏,每2 d随机选取3片,取背部白肉进行分析,每个指标重复测定3次。腌制成品中盐的质量分数为2%。

### 1.2 测定方法

#### 1.2.1 感官评定

由10名评定人员逐项打分,每项满分5分。生鲜鱼检验指标包括色泽、气味、组织、形态和肌肉弹性。具体评分方法参照黄晓春等<sup>[8]</sup>的评定方法,评分标准见表1。

表1 草鱼片感官分值评分标准

Table 1 Criteria of sensory score of grass carp fillet

分值 Score	色泽 Color	气味 Odor	组织状态 Morphology	肉质弹性 Springiness
5	颜色正常,肌肉内切面富有光泽。	清新。	肌肉组织紧密完整,纹理很清晰。	坚实有弹性,手压后凹陷即刻消失。
4	颜色正常,肌肉内切面有光泽。	较清新。	肌肉组织紧密,纹理较清晰。	坚实有弹性,手压后凹陷消失很快。
3	颜色稍暗淡,肌肉切面略有光泽。	没有鲜味。	肌肉组织不紧密,但不松散,纹理可辨。	较有弹性,手压后凹陷消失较慢。
2	颜色较暗淡,肌肉切面无光泽。	略带异味。	肌肉组织不紧密,局部松散,纹理模糊。	略有弹性,手压后凹陷消失很慢。
1	颜色暗淡,肌肉切面无光泽。	有腥臭味或氨臭味。	肌肉组织松散,纹理不可辨。	无弹性,手压后凹陷不消失。

#### 1.2.2 pH的测定

取绞碎的鱼背脊部肌肉10.00 g于烧杯中,加入100 mL蒸馏水,搅拌30 min后过滤,取其滤液用pH计(FE20,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司)测定。

#### 1.2.3 汁液流失率的测定

$$\text{汁液流失率}/\% = ((\text{贮藏前鱼的质量} - \text{贮藏后鱼的质量}) / \text{贮藏前鱼的质量}) \times 100$$

#### 1.2.4 TVB-N的测定

按GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》蒸

馏法测定。

### 1.2.5 菌落总数的测定

参照 GB 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》。无菌条件下剪取鱼的肌肉组织 5 g，置于 45 mL 灭菌生理盐水中，依次制成质量浓度为 1:10 的均匀稀释液。选择 3 个合适的稀释度，每个稀释度做 2 个平行样，用营养琼脂倒平板的方法测定菌落总数。微生物培养温度为 30 ℃，培养时间为 (72±2) h。

### 1.2.6 色差的测定

参考 Wetterskog 等<sup>[9]</sup>中的试验方法，用色差仪 (ADCI-60-C, 北京辰泰克仪器技术有限公司) 测定。

### 1.2.7 ATP 关联物的测定

参照宋永令等<sup>[10]</sup>的方法测定。本试验中各主要鲜度指标的计算公式如下：

$$K/\% = [b(\text{HxR}) + b(\text{Hx})] / [b(\text{ATP}) + b(\text{ADP}) + b(\text{AMP}) + b(\text{IMP}) + b(\text{HxR}) + b(\text{Hx})] \times 100$$

$$K_i/\% = [b(\text{HxR}) + b(\text{Hx})] / [b(\text{IMP}) + b(\text{HxR}) + b(\text{Hx})] \times 100$$

$$H/\% = [b(\text{Hx})] / [b(\text{IMP}) + b(\text{HxR}) + b(\text{Hx})] \times 100$$

$$F_r/\% = b(\text{IMP}) / [b(\text{IMP}) + b(\text{HxR}) + b(\text{Hx})] \times 100$$

式中：K、K<sub>i</sub>、H 和 F<sub>r</sub> 值为鲜度指标；b(ATP)、b(ADP)、b(AMP)、b(IMP)、b(HxR) 和 b(Hx) 分别为腺苷三磷酸、腺苷二磷酸、腺苷酸、肌苷酸、次黄嘌呤核苷和次黄嘌呤的质量摩尔浓度，μmol/g。

### 1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 2010 和 SPSS Statistics 17.0 统计分析软件进行差异显著性分析和 Pearson 相关性分析。差异显著性水平为 P<0.05，分析结果均以平均值±标准偏差 (Mean±SD) 表示。

## 2 结果与讨论

### 2.1 感官分值的变化

对照和处理组草鱼片感官分值均随贮藏时间的延长而减小(图 1)。这与 Rezae 等<sup>[11]</sup>研究 (3±1) ℃ 贮藏下虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 的感官品质变化趋势相似。虹鳟在贮藏初期的品质较好，贮藏 4 d 后品质下降加快，12 d 时品质已超过感官限度。整个贮藏过程中，对照组与处理组草鱼片感官分值具有明显差异，对照组感官分值下降速率明显大于处

理组 (P < 0.05)。对照组贮藏至第 2 天的感官分值为 17.0，而 2% 盐贮藏至第 6 天则为 17.0 (图 1)。感官分值低于 12 为草鱼片感官品质可接受极限<sup>[12]</sup>。按此感官评分标准，对照组在贮藏 6 d (12.6) 后已接近感官极限，8 d 后已腐败变质，失去食用价值，故只贮藏到第 8 天，而处理组贮藏 10 d (13.0) 仍处于感官可接受水平。感官评分结果表明，盐腌制处理显著延长了草鱼片的货架期。

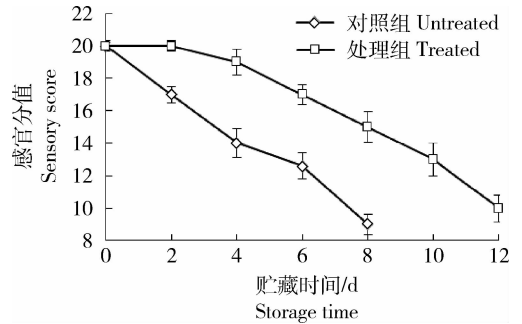


图 1 对照和处理组草鱼片贮藏过程中感官分值的变化  
Fig. 1 Changes in sensory score of untreated and treated grass carp fillet during storage

### 2.2 pH 的变化

贮藏初期 pH 均呈下降趋势，对照组和处理组鱼片肌肉 pH 变化趋势基本相同，分别在第 2 天和第 6 天降至最小值 6.61 和 6.38，随后逐渐上升，呈“V”字型(图 2)。这与肖枫等<sup>[9]</sup>对鲫鱼在冷藏过程中鲜度变化的研究结果基本一致。张丽娜等<sup>[13]</sup>认为，贮藏初期鱼肉 pH 逐渐下降是由于糖原酵解产生乳酸、三磷酸腺苷和磷酸肌酸等物质分解产生磷酸等酸性物质；而后期 pH 上升主要是由于鱼体自身的内源酶和微生物产生的外源酶分解蛋白质产生

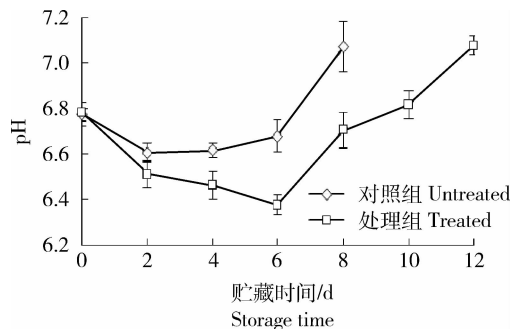


图 2 对照和处理组草鱼片贮藏过程中 pH 的变化  
Fig. 2 Changes in pH of untreated and treated grass carp fillet during storage

碱性胺类物质<sup>[14]</sup>。与不加盐草鱼片相比,盐腌能够通过改变鱼肉渗透压,影响微生物的生长,延缓鱼肉品质下降速度。

### 2.3 色泽的变化

鱼肉色泽的变化是肌肉本身生理学、生物化学和微生物学变化的外在表现,主要受肌红蛋白含量和状态的影响,同时也受到光照、氧化作用的影响<sup>[15]</sup>。肉制品的色泽一定程度上影响感官接受程度。冷藏过程草鱼白度随贮藏时间延长而下降(图3)。对照组鱼肉白度值下降较缓慢,处理组鱼肉的白度值下降显著( $P < 0.05$ )高于对照组,这可能与食盐促进脂肪氧化和蛋白质变性有关。

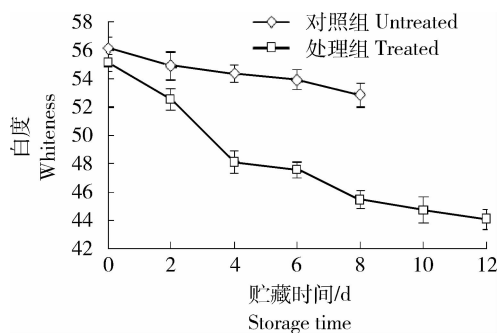


图3 对照和处理组草鱼片贮藏过程中白度的变化

Fig. 3 Changes in whiteness of untreated and treated grass carp fillet during storage

### 2.4 汁液流失率的变化

汁液流失率是衡量鱼肉蛋白持水性的重要指标,反映水产品贮藏过程中的汁液流失状况,渗出的汁液会降低产品的商品价值,同时也会成为微生物生长繁殖的优质培养基<sup>[16]</sup>。不同处理草鱼片的汁液流失率均随贮藏时间的延长而增加(图4),这可能是由于随着贮藏时间的延长,鱼肉蛋白的变性越来越严重,导致其保水性下降,汁液损失率增大<sup>[17]</sup>。对照组草鱼片贮藏8 d汁液流失率达到3.15%,而处理组草鱼片贮藏12 d达到2.86%,可见草鱼经2%盐腌能减缓蛋白持水力的下降。Gallart-Jornet等<sup>[18]</sup>研究了15%盐处理的鲑鱼片和大西洋鲑鱼片的汁液流失率,发现高浓度盐腌制鱼肉在贮藏过程中容易发生剧烈的水分流失。而本试验采用2%盐对草鱼片进行的腌制处理,可以有效降低鱼肉中水分的流失,这可能是由于低浓度NaCl溶液的离子水合作用,一定程度上增强了鱼肉的保水能力。

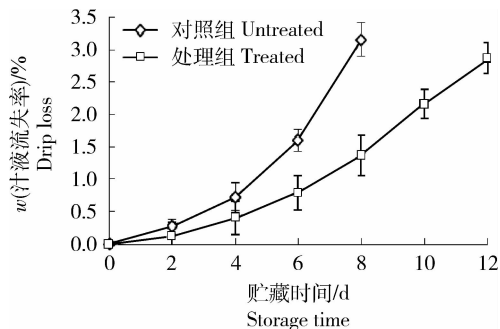


图4 对照和处理组草鱼片贮藏过程中汁液流失率的变化

Fig. 4 Changes in drip loss of untreated and treated grass carp fillet during storage

### 2.5 挥发性盐基氮质量分数的变化

贮藏过程中,不同处理草鱼片挥发性盐基氮的质量分数( $w(\text{TVB-N})$ )都呈上升趋势。对照组草鱼片 $w(\text{TVB-N})$ 在第6天达到15.12 mg/100 g,第8天增至32.49 mg/100 g( $P < 0.01$ ),而2%盐处理组鱼片第10天 $w(\text{TVB-N})$ 仅为15.45 mg/100 g(图5)。通常水产品 $w(\text{TVB-N})$ 的可接受极限为20 mg/100 g<sup>[19]</sup>。可见对照和处理组草鱼片分别贮藏6 d和10 d时,其 $w(\text{TVB-N})$ 仍在可接受范围内。加盐处理能显著降低TVB-N的上升,主要是由于盐处理抑制了相关酶的活性,同时增加了渗透压从而抑制了微生物对草鱼中蛋白质的降解作用,延缓鱼肉的腐败变质<sup>[16]</sup>。

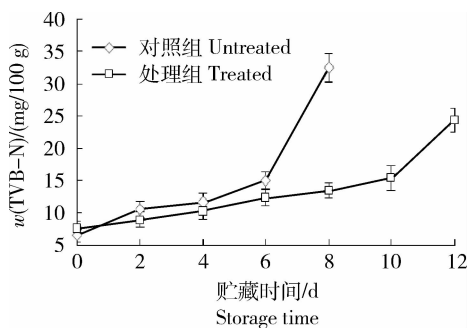


图5 对照和处理组的草鱼片贮藏过程中挥发性盐基氮质量分数的变化

Fig. 5 Changes in  $w(\text{TVB-N})$  of untreated and treated grass carp fillet during storage

### 2.6 菌落总数的变化

对照和处理组草鱼片在4℃冷藏下菌落总数都随时间延长而上升,但2%盐处理鱼片的菌落总数上升较缓慢(图6)。对照组草鱼片贮藏至第6天菌落总数上升至 $0.93 \times 10^7$  CFU/g,而2%盐处理下

贮藏至第 10 天时上升至  $0.71 \times 10^7$  CFU/g。可以看出,2%盐贮藏能抑制微生物的增值,延缓草鱼的腐败。

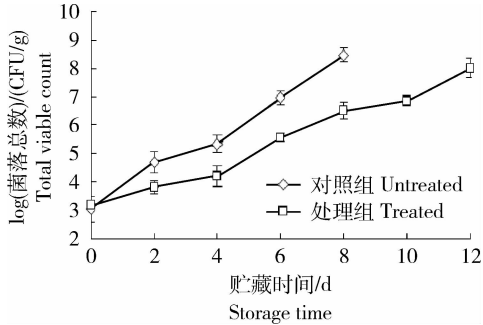


图 6 对照和处理组草鱼片贮藏过程中菌落总数的变化

Fig. 6 Changes in TAC of untreated and treated grass carp fillet during storage

### 2.7 IMP、HxR、Hx 的变化

肌苷酸 (inosinemonophosphate, IMP) 是腺苷三磷酸 (adenosine triphosphate, ATP) 降解的中间

产物,普遍认为是鲜味的主要成分之一,含量越高,表示肉质越鲜美。IMP 的质量摩尔浓度整体呈下降趋势(图 7(a)),腌制处理一定程度上降低了 IMP 的分解速率。次黄嘌呤核苷 (inosine, HxR) 和次黄嘌呤 (hypoxanthine, Hx) 是 IMP 分解后的产物,二者质量摩尔浓度的大小能反映鱼体的腐败变质程度。其中 Hx 被认为可导致食物苦味,使鱼的风味变差<sup>[20]</sup>。前体物质 HxR 的快速降解导致了 Hx 含量的快速上升,这与鱼体开始出现细菌腐败分解密切相关<sup>[21]</sup>。对照组和处理组草鱼肌肉中 HxR 含量变化趋势基本一致(图 7(b))。由于 IMP 的不断分解, Hx 含量逐渐增加;后期随着 HxR 不断分解为 Hx, HxR 含量不断下降,而 Hx 含量不断增加。对照组处理组草鱼片 Hx 含量分别于第 6 天和第 10 天急剧上升 ( $P < 0.05$ ) (图 7(c)),表明由 HxR 分解为 Hx 的过程主要发生在鱼体剧烈腐败时。腌制处理后,一定程度上延缓了鱼体肌肉中 IMP 的分解速率及不良风味的形成。

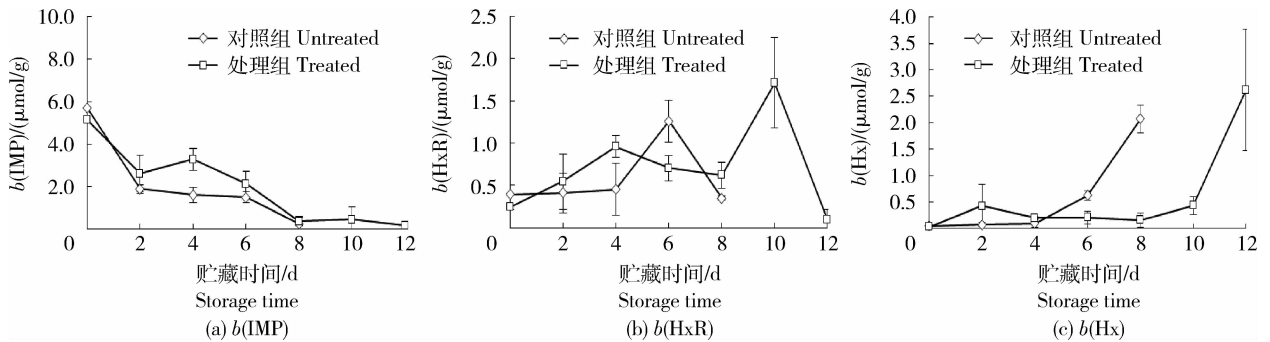


图 7 对照和处理组草鱼片贮藏过程中 IMP、HxR 和 Hx 质量摩尔浓度的变化

Fig. 7 Changes in  $b(\text{IMP})$ ,  $b(\text{HxR})$  and  $b(\text{Hx})$  of untreated and treated grass carp fillet during storage

### 2.8 K 值及其他指标的变化

对照和处理组鱼片的  $K$ 、 $K_i$ 、 $H$  值都不断增大,而  $F_v$  值不断降低(图 8)。整个贮藏过程中,相应贮藏时间内 2%盐处理的草鱼  $K$  值均低于对照组。 $K_i$  值变化规律与  $K$  值相似; $H$  值在贮藏前期上升较慢,在后期变化速率增大。许多研究表明, $K$ 、 $K_i$  与  $H$  值的快速增长以及  $F_v$  的迅速降低是由于 IMP 在贮藏过程中的迅速降解引起的<sup>[22-23]</sup>,图 7 中 IMP、HxR 和 Hx 的变化也验证了这一观点。Saito 等<sup>[24]</sup>的研究表明,鱼类产品  $K$  值  $< 20\%$  为最佳鲜度,  $< 50\%$  为中等新鲜,  $> 70\%$  则已经明显腐败。本试验中对照和处理组草鱼片分别在贮藏 6 和 10 d 后  $K$  值超过 70%,根据鲜度分类标准,该试验条件

下对照和处理组草鱼片的贮藏期分别为 6 和 10 d。

### 2.9 相关性分析

贮藏过程中草鱼片各主要鲜度指标相关性分析结果见表 2。其中,草鱼片在贮藏过程中  $K_i$  和  $F_v$  值均与其他鲜度指标(感官分值、汁液流失率、TVB-N、菌落总数)显著相关 ( $P < 0.01$ );  $K$  值和各鲜度指标间也具有较高的相关性 ( $P < 0.05$ ); 2%盐处理草鱼片  $H$  值与各指标间相关性也较为显著 ( $P < 0.05$ ),而未经腌制处理鱼片则相关性较差。综合以上 2 组鱼片各指标间 Pearson 相关性分析,  $K$ 、 $K_i$  和  $H$  值都可以用于评价草鱼的品质变化,但相对而言  $K_i$  和  $F_v$  值更适合于评价生鲜和 2%腌制草鱼片在贮藏过程中的品质变化。

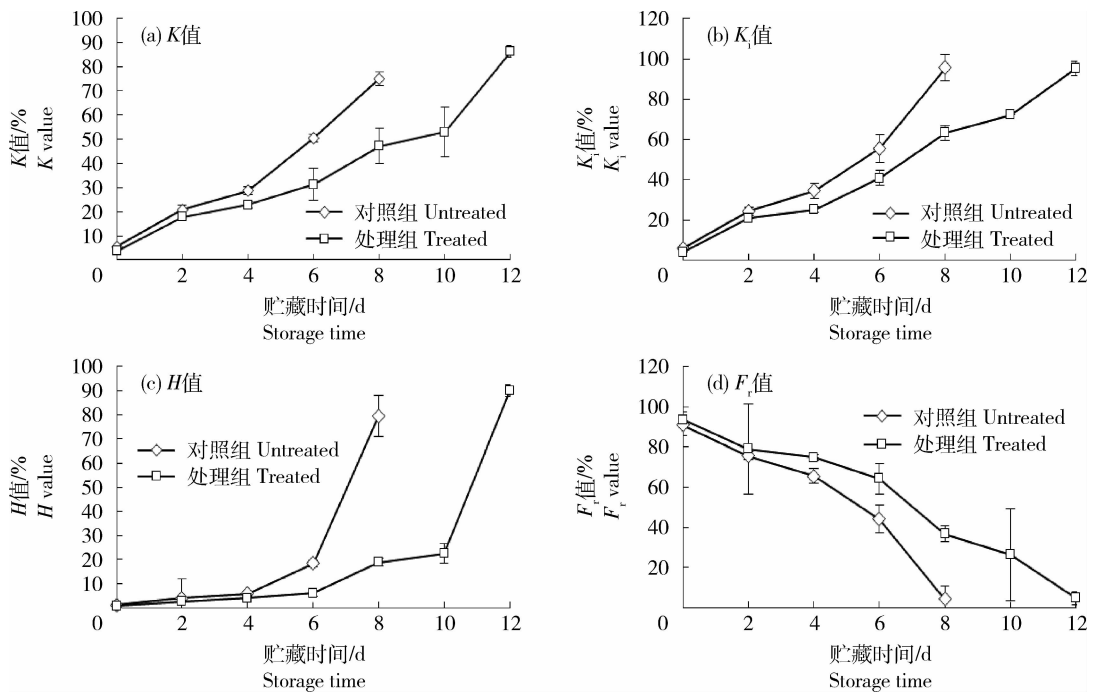


图8 对照和处理组草鱼片贮藏过程中 $K$ 、 $K_i$ 、 $H$ 和 $F_r$ 值的变化

Fig. 8 Changes in  $K$  value,  $K_i$  value,  $H$  value and  $F_r$  value of untreated and treated grass carp fillet during storage

表2 对照和处理组草鱼片贮藏过程中各鲜度指标间的相关性

Table 2 Correlation between Freshness indicators of untreated and treated grass carp fillet during storage

指标 Indicators	试验组 Groups	感官分值 Sensory score	汁液流失率 Drip loss	挥发性盐基氮 TVB-N	菌落总数 TVC
$K$	对照组	-0.970 **	0.985 *	0.985 **	0.993 **
	处理组	-0.977 **	0.975 **	0.981 **	0.968 **
$K_i$	对照组	-0.950 **	0.993 **	0.969 **	0.982 **
	处理组	-0.983 **	0.981 **	0.939 **	0.993 **
$H$	对照组	-0.799	0.955 *	0.990 **	0.850
	处理组	-0.876 *	0.870 *	0.963 **	0.803 *
$F_r$	对照组	0.943 **	-0.996 **	-0.973 **	-0.976 **
	处理组	0.985 **	-0.986 **	-0.937 **	-0.984 **

注: \*\*, 显著水平  $P < 0.01$ ; \*,  $P < 0.05$ 。

Note: Significant level \*\*  $P < 0.01$ , \*  $P < 0.05$ .

### 3 结论

2%盐腌处理能显著延缓草鱼在贮藏过程中pH、 $\omega$ (TVB-N)和汁液流失率的增加,及微生物的生长,虽然一定程度上引起鱼肉白度的降低,但整体

上更好的保持了鱼片感官品质,延长了鱼片的货架期。同时,鱼肉经过腌制后,IMP的分解速率变缓,利于鱼肉鲜味的保持。与 $K$ 和 $H$ 相比, $K_i$ 和 $F_r$ 值更适合于评价4℃冷藏下生鲜和2%盐腌草鱼片的品质变化。关于不同盐浓度处理对鱼肉品质变化规

律及商品价值的影响还有待进一步研究。

### 参 考 文 献

- [1] 洪惠,朱思潮,罗永康,等. 鳊在冷冻和微冻贮藏下品质变化规律的研究[J]. 南方水产科学, 2011, 7(6): 7-12
- [2] Fan Hongbing, Luo Yongkang, Yin Xiaofei, et al. Biogenic amine and quality changes in lightly salt- and sugar-salted black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fillets stored at 4 °C [J]. Food Chem, 2014, 159: 20-28
- [3] Wang Hang, Luo Yongkang, Huang Heping, et al. Microbial succession of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) filets during storage at 4 °C and its contribution to biogenic amines' formation[J]. Int J Food Microbiol, 2014, 190: 66-71
- [4] Wang Hang, Lou Yongkang, Yin Xiaofei, et al. Effects of salt concentration on biogenic amine formation and quality changes in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets stored at 4 and 20 °C [J]. J Food Protect, 2014, 77(5): 796-804
- [5] Song Yongling, Luo Yongkang, You Juan, et al. Biochemical, sensory and microbiological attributes of bream (*Megalobrama amblycephala*) during partial freezing and chilled storage[J]. J Sci Food Agr, 2012, 92(1): 197-202
- [6] Zhu Sichao, Luo Yongkang, Hong Hui, et al. Correlation between electrical conductivity of the gutted fish body and the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) heads stored at 0 and 3 °C [J]. Food Bioprocess Technol, 2013, 6(11): 3068-3075
- [7] Lu Han, Luo Yongkang, Zhou Zhongyun, Bao Yulong, et al. The quality changes of songpu mirror carp (*Cyprinus carpio*) during partial freezing and chilled storage[J]. J Food Process Preserv, 2014, 38(3): 948-954
- [8] 黄晓春, 候温甫, 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
- [9] Wettterskog D, Undeland I. Loss of redness (a\*) as a tool to follow hemoglobin-mediated mediated lipid oxidation in washed cod mince [J]. J Agr Food Chem, 2004, 52(24): 7214-7221
- [10] 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
- [11] Rezae M, Hosseini S F. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage [J]. J Food Sci, 2008, 73(6): 93-96
- [12] Zhang Lina, Li Xue, Lu Wei, et al. Quality predictive models of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) at different temperatures during storage [J]. Food Control, 2011, 22: 1197-1202
- [13] 肖枫, 康怀彬, 辛利. 鲫鱼在冷藏过程中的鲜度变化 [J]. 食品科学, 2007, 28(7): 508-511
- [14] 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
- [15] Ruiz-Cpillas C, Moral A. Residual effect of CO<sub>2</sub> on hake (*Merluccius merluccius* L.) stored in modified and controlled atmosphere [J]. Eur Food Res Technol, 2001, 212(4): 413-420
- [16] 钟赛意, 刘寿春, 秦小明, 等. 真空包装罗非鱼冷藏过程物性特征与新鲜度的关联分析 [J]. 广东农业科学, 2013, 7: 108-111
- [17] Chevalier D, Le Baila A, Chourot J M, et al. High pressure thawing of fish (whiting): Influence of the process parameters on drip losses [J]. Lebensm-Wiss Technol-food Sci, 1999, 32(1): 25-31
- [18] Gallart-Jornet L, Barat J M, Rustad T, et al. A comparative study of brine salting of atlantic cod (*Gadus morhua*) and atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. J Food Eng, 2007, 79(1): 261-270
- [19] Kolodziejaska I, Niecikowska C, Januszewska E, et al. The microbial and sensory quality of mackerel hot smoked in mild conditions [J]. Lebensm-Wiss Technol-Food Sci, 2002, 35(1): 87-92
- [20] Zhang Lina, Luo Yongkang, Hu Sumei, et al. Effects of chitosan coatings enriched with different antioxidants on preservation of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) during cold storage [J]. J Aquat Food Prod T, 2012, 21(5): 508-518
- [21] 杨文鸽, 徐大伦, 孙翠玲, 等. 缙蛭冰藏保活期间成为物质的变化 [J]. 中国食品学报, 2009, 9(3): 181-186
- [22] Özogul F, Özogul Y, Kuley E. Nucleotide degradation and biogenic amine formation of wild white grouper (*Epinephelus aeneus*) stored in ice and at chill temperature (4 °C) [J]. Food Chem, 2008, 108: 933-941
- [23] Kuley E, Özogul F, Özogul Y. Effects of aluminium foil and cling film on biogenic amines and nucleotide degradation products in gutted sea bream stored at 2 ± 1 °C [J]. Eur Food Res Technol, 2005, 221: 582-591
- [24] Saito T, Arai K, Matsuyoshi M. A new method for estimating the freshness of fish [J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1959, 24: 749-750

责任编辑: 刘迎春