

# 罗非鱼鱼片非CO发色工艺优化

王 晶, 曹雪涛, 林向东\*

(海南大学食品学院, 海南 海口 570228)

**摘 要:** 拟对罗非鱼片非CO发色工艺进行研究。通过单因素试验, 比较L-组氨酸、烟酰胺、亚硝酸钾、亚硝酸钠等对罗非鱼活体和鱼片发色处理的效果, 确定亚硝酸钾为优选的发色剂。继而分析亚硝酸钾添加量、发色时间、鱼水质量比、暂养水温度以及放血方式对罗非鱼发色的影响, 优化发色工艺。结果表明: 亚硝酸钾的添加量、处理时间、鱼水质量比对罗非鱼片的发色具有较显著影响, 正交试验确定适宜活体鱼的发色条件为: 鱼水质量比1:10、亚硝酸钾添加量1.5 g/kg、处理时间2 h。此条件下得到 $L^*$ 值45.03、 $a^*$ 值7.42、 $b^*$ 值13.18, 感官评分4.4。经检测, 活体发色鱼片中亚硝酸盐残留量不大于10 mg/kg, 符合GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》。

**关键词:** 罗非鱼片; 发色剂; 色泽; 亚硝酸钾; 感官评定

## Color Stabilization of Tilapia Fillets by Non-Carbon Monoxide Treatment

WANG Jing, CAO Xuetao, LIN Xiangdong\*

(College of Food Science and Technology, Hainan University, Haikou 570228, China)

**Abstract:** In the research, we compared the effectiveness of non-carbon monoxide treatments with L-histidine, niacinamide, potassium nitrite and sodium nitrite for stabilizing the color of live tilapia and tilapia fillets. Potassium nitrite was found to be the color stabilizer of choice for tilapia fillets. We further analyzed the influence of potassium nitrite dosage, treatment time, fish-to-water ratio, farming water temperature and bloodletting methods on the color of tilapia and optimized these factors. The results showed that potassium nitrite concentration, treatment time and fish-to-water ratio all had significant effects on the color of tilapia fillets, and their optimal levels were determined by orthogonal array design to be 1.5 g/kg, 2 h and 1:10, respectively. Under these optimal conditions, the  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values of tilapia fillets were 45.03, 7.42 and 13.18, respectively, and the sensory score was 4.4. In addition, the nitrite residue in tilapia fillets did not exceed 10 mg/kg, which was in accordance with the Chinese national standard GB 2760—2011: *Standards For Uses of Food Additives*.

**Key words:** tilapia fillets; color fixative; color; potassium nitrite; sensory evaluation

中图分类号: O51

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 10-0023-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201510005

罗非鱼 (*Oreochromis mossambicus*), 肉质细嫩, 味道鲜美, 无细刺, 富含不饱和脂肪酸等, 深受人们喜爱。但在加工及运输过程中, 鱼肉组织中肌红蛋白暴露于空气, 极易被氧化生成棕褐色的高铁肌红蛋白, 影响产品感官品质<sup>[1]</sup>。因此冻罗非鱼片加工企业通常需对原料进行发色处理, 使其产生鲜亮稳定的色泽<sup>[2]</sup>。

肉制品中常用的发色剂有亚硝酸钠、亚硝酸钾、CO、烟酰胺、L-组氨酸等<sup>[3-5]</sup>。目前, 较成熟的罗非鱼鱼片发色工艺是CO活体发色, 通过肌红蛋白卟啉环的配位键与—CO结合之后形成较稳定的碳氧肌红蛋白进而呈现鲜亮的红色<sup>[6]</sup>。然而, 近年来欧盟强烈禁止CO用于水产品发色, 加拿大、澳大利亚、新加坡等国也已经禁止CO

在金枪鱼加工中的使用, 我国卫生部也于2008年将CO列为水产品中非食品添加剂<sup>[7]</sup>。

本研究比较了L-组氨酸、烟酰胺、亚硝酸钾、亚硝酸钠4种常见食品发色剂对罗非鱼活体和鱼片发色处理的效果, 并对处理条件进行优化, 试图筛选出安全、高效的发色方法, 为稳定和拓宽冻罗非鱼片的出口市场提供技术支持和保障。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鲜活罗非鱼, 购买自海南省海口市三西路市场, 平均单尾质量500 g。

收稿日期: 2014-07-13

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD28B06); 海南省自然科学基金项目(311032)

作者简介: 王晶(1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产品保鲜。E-mail: 541740360@qq.com

\*通信作者: 林向东(1957—), 男, 教授, 本科, 研究方向为水产品贮藏与加工。E-mail: lxdzqlh@sina.com

*L*-组氨酸、烟酰胺（均为生化试剂）、亚硝酸钾（化学纯）、氯化钠、亚硝酸钠（均为分析纯） 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

BL-220H型电子天平 日本Shimadzu Corporation公司；CR-10型色差仪 日本柯尼卡美能达公司。

1.3 方法

1.3.1 发色工艺

分别采用活体和鱼片发色工艺<sup>[8]</sup>。1) 活体发色工艺：用鲜活、大小均匀的罗非鱼在水箱里常温条件下暂养20 min，再将其放入装有配制好溶液的箱体中，加盖密封一段时间，将罗非鱼放血，制取浅去皮鱼片。2) 鱼片发色工艺：用鲜活、大小均匀的罗非鱼在水箱里常温条件下暂养20 min，将其放血，制取浅去皮鱼片，将称量好的不同药品均匀涂抹在鱼片表面，置于烧杯中用保鲜膜覆盖，在4℃条件下冷藏放置。

1.3.2 发色剂筛选

将鲜活的罗非鱼2尾一组，分成5组，分别是A组：亚硝酸钾；B组：烟酰胺；C组：*L*-组氨酸；D组：亚硝酸钠；E组：空白组。分别按照1.3.1节进行活体发色处理和鱼片发色处理，以感官评定为主要指标，进行对比，确定适宜罗非鱼处理的工艺效果。

1.3.3 发色工艺条件优化

表1 单因素试验设计  
Table1 Single factor design

| 试验号 | 亚硝酸钾添加量/(g/kg) | 鱼水质量比 | 处理时间/h | 暂养温度/℃ | 氯化钠-亚硝酸钾质量比 | 放血方式 |
|-----|----------------|-------|--------|--------|-------------|------|
| 1   | 0.1            | 1:1   | 0.5    | 20     | 10:1        | 动态放血 |
| 2   | 0.5            | 1:3   | 1.0    | 24     | 20:1        | 静态放血 |
| 3   | 1.0            | 1:5   | 1.5    | 28     | 30:1        | 不放血  |
| 4   | 1.5            | 1:7   | 2.0    | 32     |             |      |
| 5   | 2.0            | 1:10  |        | 36     |             |      |

单因素试验设计见表1。通过活体发色工艺处理罗非鱼片，依次调整各个单因素，后面的试验条件采用前者较好的水平。通过测定色泽差异进行效果比较。在单因素试验的基础上进行三因素三水平的正交试验优化。

1.3.4 感官评定

感官评定人员由10人组成，评定结果取平均值（样品平均分=总评分/评价员人数）。分别从鱼片发色部分和未发色部分两方面进行评价。发色部分主要评价其发色效果；未发色部分主要评价亮度。鱼片的感官评定得分范围在0~5之间。感官评分标准<sup>[9]</sup>见表2。

表2 感官评分标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of tilapia fillets

| 分值   | 5                   | 4                 | 3                  | 2                   | 1                  |
|------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 评分标准 | 背部暗色肉部分呈亮红色，普通肉呈亮白色 | 背部暗色肉部分呈红色，普通肉呈白色 | 背部暗色肉部分呈暗红色，普通肉呈白色 | 背部暗色肉部分呈暗红色，普通肉色泽暗淡 | 背部暗色肉部分呈褐色，普通肉色泽暗淡 |

1.3.5 色差值的测定

色差仪是一种能分辨不同颜色的高精密电子仪器，其中*L*\*值表示亮度，值越大，亮度越大；+*a*\*表示红度，-*a*\*表示绿度<sup>[10]</sup>。实验中，一个实验水平取4个样本，选取其中2个进行测定，将实验样本鱼皮脊梁骨侧纵向分为3个区域，分别用色差仪测定。将测量得到的6个值取平均值为最终实验值。鱼片的呈色物质主要是肌红蛋白及其与发色剂作用后的衍生物。它是消费者衡量水产品优劣的重要指标，结合其喜好，选取*L*\*值和与*a*\*值作为参考。

1.3.6 亚硝酸盐的测定

参照GB 5009.33—2010《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》分光光度法测定。

1.4 数据处理

实验数据用SPSS 17.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 发色剂的筛选

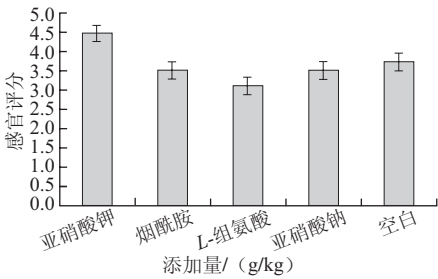


图1 不同发色剂处理感官评分

Fig.1 Effect of different color stabilizers on the sensory score of live tilapia

从图1可以看出，活体发色法中亚硝酸钾处理组的感官评分显著高于未处理的鱼片，而烟酰胺、*L*-组氨酸、亚硝酸钠处理组则低于空白组。鱼片发色处理后的样品感官明显区别于活体发色的鱼片，背部暗红色部分和粉红色部分感官色差很大，白色肉部分发暗，肉质略显僵硬，使得溶液难以渗透到鱼片内，导致效果不明显。因此选择亚硝酸钾活体发色进行下一步研究。

2.2 发色条件优化单因素试验结果

2.2.1 亚硝酸钾添加量对发色的影响

如图2所示，亚硝酸钾添加量在0.1~1.5 g/kg的范围内时，*a*\*值随着添加量增大而增大，当大于1.5 g/kg时，*a*\*值开始减小，*L*\*值则未呈现明显的趋势。罗非鱼通过鳃主动吸收亚硝酸盐，随着血液在体内传输，分解产生的NO与肌肉纤维细胞中的肌红蛋白结合呈现出鲜艳的玫瑰红色。随着亚硝酸钾添加量的增大，呼吸率先升高后降低，且对红细胞的渗透脆性产生一定影响，亚硝酸盐的吸收受到影响<sup>[11-14]</sup>。若体内富集过多，高铁血红蛋白

添加量会随之升高, 鱼片由鲜红色变为暗红色。并且亚硝酸盐有一定的毒性, 添加量高于1.5 g/kg, 处理1.5 h后发现鱼出现昏迷现象。

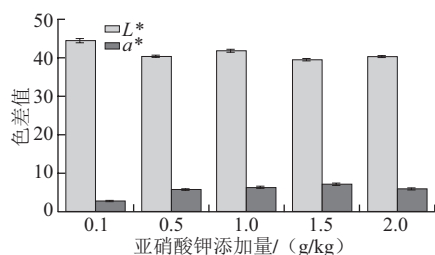


图2 亚硝酸钾添加量对L\*、a\*值的影响

Fig.2 Effect of potassium nitrite concentration on L\* and a\*

## 2.2.2 鱼水质量比对发色的影响

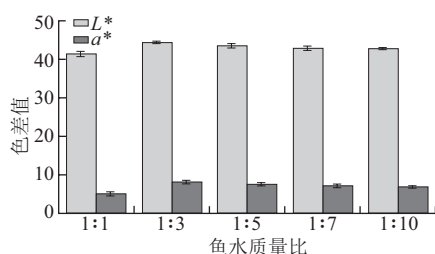


图3 鱼水质量比对L\*、a\*值的影响

Fig.3 Effect of ratio between fish and water on L\* and a\*

参考熊自政<sup>[15]</sup>的研究进行鱼水质量比例的单因素试验, 结果如图3所示, 鱼水质量比为1:3时鱼片a\*值较高。鱼水质量比例太大时, 鱼过密, 活力差的鱼会发生死亡并导致放血不干净, 鱼片颜色呈现暗红色; 鱼水质量比例太小时, 对于试剂的消耗相对较大, 溶液中氧气的比例提高从而加快亚硝酸钾的氧化。

## 2.2.3 处理时间对发色的影响

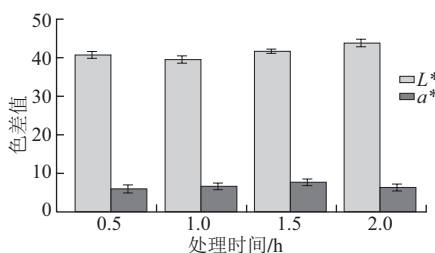


图4 处理时间对L\*、a\*值的影响

Fig.4 Effect of treatment time on L\* and a\*

如图4所示, 处理时间小于0.5 h, 鱼体与亚硝酸钾未得到充分的作用, 鱼片颜色变化不明显(图中未显示); 处理时间大于2 h, 鱼体处于昏迷, 有些鱼甚至死亡, 血液不能被充分放尽, 有淤血的现象出现, 鱼片颜色较暗。当处理时间为1.5 h时, 鱼片色泽鲜艳, 呈现较亮的红色。

## 2.2.4 暂养温度对发色的影响

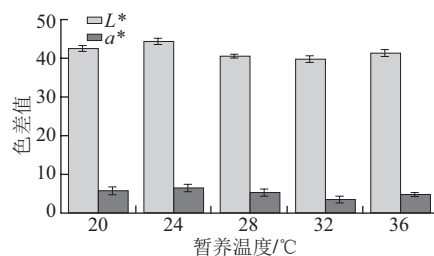


图5 暂养温度对L\*、a\*值的影响

Fig.5 Effect of farming water temperature on L\* and a\*

罗非鱼生长温度为16~38 °C, 从图5发现, 室温25~28 °C条件下养殖亚硝酸钾的发色效果即可。罗非鱼鳃内借助Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase系统, 运输Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>, 水解ATP放出能量, 供渗透、物质代谢等, 温度为24 °C时离子运输和渗透压调节处于较低水平, 34 °C为最适催化<sup>[16]</sup>。根据图5, 24 °C时鱼片L\*、a\*值都较好, 温度越高会加快亚硝酸钾的分解及氧化, 且超出了罗非鱼的最适温度, 鱼片色差越差。

## 2.2.5 氯化钠和亚硝酸钾不同配比对发色的影响

鱼体除了肾、肠组织外, 鳃是其进行离子交换的主要渗透调节器, 鳃上皮含有大量的氯细胞是离子吸收和分泌的场所。适宜的盐度可促进离子的转运, 提高血液中血红蛋白的含量, 增加体内血糖浓度以及相关激素的分泌促进代谢<sup>[17-18]</sup>。但是有研究<sup>[19]</sup>表明亚硝酸盐是通过与氯化物竞争吸收位点, 进而跨过鳃上的屏障在血浆中富集, 相互之间有一定的抑制作用, 并且罗非鱼耐盐性较差使得其在高盐度的溶液中存活能力较差。结合试验, 根据图6显示, 不同比例氯化钠与亚硝酸钾对罗非鱼片发色效果影响差异不明显。

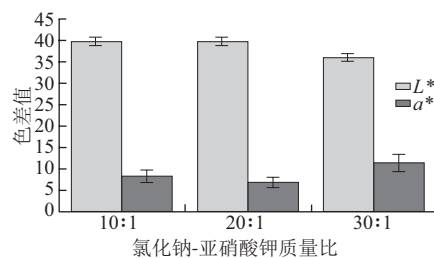


图6 氯化钠和亚硝酸钾不同配比对L\*、a\*值的影响

Fig.6 Effect of different ratios between NaCl and KNO<sub>2</sub> on L\* and a\*

## 2.2.6 放血方式对发色的影响

放血程度对O<sub>2</sub>运输将有一定的影响, 实验过程中由于受到亚硝酸钾的影响, 放出的血液多有血块存在, 影响到放血的程度及效果<sup>[21]</sup>。动态放血过程中不断地翻动鱼体, 刺激其剧烈挣扎, 使得到的鱼片僵硬程度增大, 分泌的黏液会使鱼体感官品质下降<sup>[22]</sup>。而不放血的鱼片呈

现暗红色,  $L^*$ 值明显偏低。静态放血和动态放血对鱼体本身的活力有相当高的要求, 鱼体死亡后自然放血和活鱼直接放血对鱼片的色泽也有一定的影响<sup>[23]</sup>, 因此单因素试验有一定的难度, 实际中不好操作。

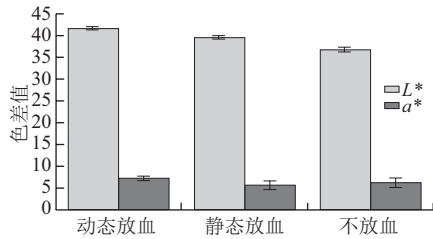


图7 放血方式对 $L^*$ 、 $a^*$ 值的影响

Fig.7 Effect of bloodletting methods on color  $L^*$  and  $a^*$

2.3 正交试验结果

表3 正交试验设计及结果

Table 3 Orthogonal array design and results

| 试验号   | A亚硝酸钾添加量/(g/kg) | B处理时间/h | C鱼水质量比   | $L^*$  | $a^*$ | 感官评分 |
|-------|-----------------|---------|----------|--------|-------|------|
| 1     | 1 (0.5)         | 1 (1.0) | 1 (1:3)  | 36.55  | 8.70  | 3.31 |
| 2     | 1               | 2 (1.5) | 2 (1:5)  | 40.90  | 5.30  | 3.13 |
| 3     | 1               | 3 (2.0) | 3 (1:10) | 38.35  | 7.30  | 4.25 |
| 4     | 2 (1.0)         | 1       | 2        | 44.55  | 4.75  | 2.50 |
| 5     | 2               | 2       | 3        | 43.35  | 4.35  | 3.13 |
| 6     | 2               | 3       | 1        | 42.06  | 6.66  | 3.05 |
| 7     | 3 (1.5)         | 1       | 3        | 40.95  | 6.85  | 3.75 |
| 8     | 3               | 2       | 1        | 37.84  | 9.20  | 3.30 |
| 9     | 3               | 3       | 2        | 41.90  | 7.50  | 4.33 |
| $L^*$ | $K_1$           | 115.80  | 122.05   | 116.45 |       |      |
|       | $K_2$           | 129.96  | 122.09   | 126.35 |       |      |
|       | $K_3$           | 120.69  | 122.31   | 127.35 |       |      |
|       | $k_1$           | 38.60   | 40.68    | 38.82  |       |      |
|       | $k_2$           | 43.32   | 40.70    | 42.12  |       |      |
|       | $k_3$           | 40.23   | 41.10    | 42.45  |       |      |
|       | $R$             | 4.72    | 0.26     | 3.63   |       |      |
| $a^*$ | $K_1'$          | 21.30   | 20.30    | 24.56  |       |      |
|       | $K_2'$          | 16.06   | 18.85    | 17.55  |       |      |
|       | $K_3'$          | 22.55   | 21.46    | 18.50  |       |      |
|       | $k_1'$          | 7.10    | 6.77     | 8.19   |       |      |
|       | $k_2'$          | 5.25    | 6.28     | 5.85   |       |      |
|       | $k_3'$          | 7.85    | 7.15     | 6.17   |       |      |
|       | $R'$            | 2.60    | 0.87     | 2.34   |       |      |
| 感官评分  | $K_1''$         | 10.69   | 9.11     | 9.66   |       |      |
|       | $K_2''$         | 8.68    | 9.56     | 9.96   |       |      |
|       | $K_3''$         | 11.38   | 11.63    | 11.13  |       |      |
|       | $k_1''$         | 3.56    | 3.04     | 3.22   |       |      |
|       | $k_2''$         | 2.89    | 3.19     | 3.32   |       |      |
|       | $k_3''$         | 3.79    | 3.88     | 3.71   |       |      |
|       | $R''$           | 0.90    | 0.84     | 0.49   |       |      |

通过SPSS对单因素显著性分析, 再结合鱼片加工厂的经济成本与操作便利, 选取单因素亚硝酸钾添加量0.5、1.0、1.5 g/kg, 鱼水质量比1:3、1:5、1:10, 处理时间1.0、1.5、2.0 h进行正交试验。以感官评定、

色差值为指标, 确定优化工艺流程。试验设计及结果见表3。

由表3可知,  $L^*$ 为指标的优化组合是 $A_2B_3C_3$ , 即亚硝酸钾添加量1.0 g/kg、处理时间2 h、鱼水质量比1:10;  $a^*$ 为指标的优化组合是 $A_3B_3C_1$ , 即亚硝酸钾添加量1.5 g/kg、处理时间2 h、鱼水质量比1:3; 感官评分为指标的最优组合是 $A_3B_3C_3$ , 即亚硝酸钾添加量1.5 g/kg、处理时间2 h、鱼水质量比1:10。综合实际生产及亚硝酸盐残留量选择 $A_3B_3C_3$ 组合进行验证实验, 得到 $L^*$ 值45.03、 $a^*$ 值7.42、 $b^*$ 值13.18, 感官评分4.4。依据 $L^*$ 、 $a^*$ 值, 进一步进行方差分析(表4)。

表4 方差分析表

Table 4 Analysis of variance for color parameters and sensory score

| 指标    | 因变量     | Ⅲ型平方和 | 自由度 | 均方    | F值    | P值     |
|-------|---------|-------|-----|-------|-------|--------|
| $L^*$ | 亚硝酸钾添加量 | 0.945 | 1   | 0.945 | 9.708 | 0.026* |
|       | 处理时间    | 0.049 | 1   | 0.049 | 0.238 | 0.646  |
|       | 鱼水质量比   | 0.208 | 1   | 0.208 | 0.720 | 0.435  |
| $a^*$ | 亚硝酸钾添加量 | 0.777 | 1   | 0.777 | 7.983 | 0.037* |
|       | 处理时间    | 0.005 | 1   | 0.005 | 0.026 | 0.879  |
|       | 鱼水质量比   | 2.184 | 1   | 2.184 | 7.553 | 0.040* |
| 感官评分  | 亚硝酸钾添加量 | 0.012 | 1   | 0.012 | 0.122 | 0.741  |
|       | 处理时间    | 0.400 | 1   | 0.400 | 1.933 | 0.223  |
|       | 鱼水质量比   | 2.718 | 1   | 2.718 | 9.399 | 0.028* |
| 误差    | 亚硝酸钾添加量 | 0.487 | 5   | 0.097 |       |        |
|       | 处理时间    | 1.035 | 5   | 0.207 |       |        |
|       | 鱼水质量比   | 1.446 | 5   | 0.289 |       |        |

注: \*.影响显著( $P<0.05$ )。

由表4方差分析可知, 亚硝酸钾添加量、鱼水质量比对罗非鱼片色差值影响显著( $P<0.05$ ), 处理时间对罗非鱼片颜色影响不显著。鱼水质量比与亚硝酸钾添加量有间接的关系, 而处理时间的长短影响试剂吸收的同时对鱼体的活力也会产生影响, 在拮抗作用下, 使其对效果影响不明显。

3 结论与讨论

通过单因素的筛选和正交优化试验, 本实验初步确定了罗非鱼发色优化的条件为: 亚硝酸钾添加量1.5 g/kg、鱼水质量比1:10、处理时间2 h。此条件下, 经过验证实验所得 $L^*$ 值45.03、 $a^*$ 值7.42、 $b^*$ 值13.18, 感官评分4.4, 鱼片中亚硝酸盐残留量经检验不大于10 mg/kg, 符合GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》。表明亚硝酸钾活体发色处理的鱼片是安全的, 对出口冻罗非鱼片加工产业稳定性提供了保障。

实验中发现暂养过程中活体罗非鱼对亚硝酸钾具有一定的吸收能力, 从而反映出发色作用。因此认为其吸收动力学以及在机体传递过程的研究将对发色工艺的进一步优化有指导作用, 对于罗非鱼发色方式的选择可



提供借鉴。亚硝酸钾发色对鱼片的品质、贮藏期的影响以及与CO活体发色鱼片间的比较都有待进一步研究。

新型的发色剂、护色剂的研究拓宽了罗非鱼发色方法的研究。同时,发色剂的复配作用可能对亚硝酸钾的使用有一定的增效作用,使其在更安全使用量的前提下增强其作用。用亚硝酸钾对罗非鱼片进行腌制、液熏、注射等方法处理,对罗非鱼发色工艺的完善和优化有待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 袁永明,袁媛,贺艳军,等.我国罗非鱼产业发展分析[J].中国渔业经济,2013,31(3): 127-132.
- [2] 郝淑贤,林婉玲,李来好,等.CO发色对罗非鱼贮藏过程中质量影响[J].食品工业科技,2014,35(2): 286-290.
- [3] 李雷刚,张丽萍.发色剂在肉制品加工中的应用现状[J].肉类工业,2009(2): 39-42.
- [4] 冯媛媛.驴肉腌制过程中发色及保水性的研究[D].保定:河北农业大学,2012.
- [5] GB 2760—2011 食品添加剂使用标准[S].
- [6] 孙亚楠.罗非鱼一氧化碳发色机理的研究[D].南宁:广西大学,2012.
- [7] 岑剑伟,李来好,杨贤庆,等.一氧化碳在水产品中的应用技术及其安全性分析[J].食品工业科技,2010,31(4): 381-386.
- [8] 刁石强,李来好,杨贤庆,等.冻罗非鱼片加工技术工艺研究[J].制冷,2005,24(3): 6-10.
- [9] 郝淑贤,何俊燕,李来好,等.臭氧水对罗非鱼片色泽影响分析[J].食品科学,2013,34(13): 50-53. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201313011.
- [10] 周波,黄瑞华,曲亮,等.色差仪和肉色板在猪肉肉色评定中的应用[J].江苏农业科学,2007(2): 121-124.
- [11] 郭玉华,李钰金.发色剂及发色助剂在肉制品加工中的应用[J].肉类研究,2010,24(10): 60-66.
- [12] 郭国强,杨治国,张永耀,等.亚硝酸盐对草鱼红细胞渗透脆性的影响[J].淡水渔业,2011,41(4): 66-69.
- [13] CLAUS J R, DU Chen. Nitrite-embedded packaging film effects on fresh and frozen beef color development and stability as influenced by meat age and muscle type[J]. Meat Science, 2013, 96: 526-535.
- [14] CIJI A, SAHU N P, PAL A K, et al. Physiological changes in *Labeo rohita* during nitrite exposure: detoxification through dietary vitamin E[J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2013, 158(2): 122-129.
- [15] 熊自政.冻浅去皮罗非鱼片大规模生产活体CO发色工艺及其优点的研究[J].民营科技,2012(10): 72-74.
- [16] 王海贞,王辉,强俊,等.温度和盐度对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼鳃 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活力的联合效应[J].生态学报,2012,32(3): 898-906.
- [17] FIESSA J C, KUNKEL-PATTERSON B A, MATHIAS L, et al. Effects of environmental salinity and temperature on osmoregulatory ability, organic osmolytes, and plasma hormone profiles in the *Mozambique tilapia*. (*Oreochromis mossambicus*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology, 2007, 146(2): 252-264.
- [18] 柳旭东,张利民,王际英,等.盐度对水产动物体组成与组织结构的影响[J].养殖与饲料,2008,11(9): 60-63.
- [19] 高明辉,马立保,葛立安,等.亚硝酸盐在水生动物体内的吸收机制及蓄积的影响[J].南方水产,2008,4(4): 73-79.
- [20] 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,2011,32(12): 149-154.
- [21] 唐春江,邓放明.不同放血方式对斑点叉尾鲴鱼肉品质影响的研究[J].农产品加工,2009,5(7): 44-46.
- [22] MERKIN G V, ROTH B, GJERSTAD C, et al. Effect of pre-slaughter procedures on stress responses and some quality parameters in sea-farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 2010, 309(1/2/3/4): 231-235.
- [23] OLSEN S H, JOENSEN S, TOBIASSEN T, et al. Quality consequences of bleeding fish after capture[J]. Fisheries Research, 2014, 153: 103-107.