

# 宰杀方式对冷冻斑点叉尾鮰品质的影响

陈盎弘, 许艳顺, 姜启兴, 夏文水

(江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

**摘要:** 研究不同宰杀方式对冷冻斑点叉尾鮰鱼片品质的影响, 寻求合适的宰杀方式以提高冷冻鮰鱼片的品质。采用四种不同宰杀方式: CO<sub>2</sub> 窒息、电击、敲头及冰水中放血, 宰杀后将鱼肉置于-18 ℃冰箱中保藏。考察各组样品的 pH、色差、血红蛋白含量、解冻汁液流失、TVB-N 及菌落总数。鱼肉 pH 值在宰后 45 h 内呈现先减小后增大的趋势, 放血组的 pH 值变化最小, 其次为敲头组, CO<sub>2</sub> 窒息组变化最大。冰水中放血组鱼片白度和绿值与其他组有显著差异 ( $P < 0.05$ ), 血液残留少 ( $P < 0.05$ )。储藏 60 d 期间, CO<sub>2</sub> 窒息组的解冻汁液流失率最大为 5.53% ( $P < 0.05$ ), 敲头组最小为 3.25% ( $P < 0.05$ )。冰水中放血组的鱼肉 TVB-N 值最小 ( $P < 0.05$ ), 其他三组之间没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。菌落总数在储藏期间呈现下降趋势, 冰水中放血组的菌落总数最小, 其次为敲头组、窒息组和电击组。可知敲头和冰水中放血的致死方式能得到较好的鮰鱼片品质。

**关键词:** 斑点叉尾鮰; 宰杀方式; 冷冻保藏; 应激反应

文章编号: 1673-9078(2015)9-218-222

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.036

## Effect of Slaughter Methods on Quality of Frozen Channel Catfish Fillets

CHEN Ang-hong, XU Yan-shun, JIANG Qi-xing, XIA Wen-shui

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** To improve the quality of frozen fish fillet, different slaughter methods were evaluated to determine their effect on the quality of frozen channel catfish. Fresh channel catfish were slaughtered by four methods (carbon dioxide stunning, electrical stunning, percussive stunning, and bleeding in ice slurry) and fillets were stored in a refrigerator at -18 ℃. The pH value, color, hemoglobin content, drip loss, total volatile base nitrogen (TVB-N), and bacterial counts in each group were evaluated. Muscle pH values showed an upward trend after an initial decline at 45-h post-mortem; the change in pH value for bleeding-in-ice-slurry group was the smallest, followed by percussive-stunning group; whereas the largest pH change was found in CO<sub>2</sub>-stunning group. The a\* and L\* values for the bleeding-in-ice-slurry group were significantly different from those for other groups ( $p < 0.05$ ), whereas less blood was retained in the bleeding-in-ice-slurry group ( $p < 0.05$ ). During the 60-day storage period, highest drip loss (5.53%) was observed for the CO<sub>2</sub>-stunning group ( $p < 0.05$ ), while the lowest (3.25%) was found for the percussive-stunning group. The lowest TVB-N value was found for the bleeding-in-ice-slurry group ( $p < 0.05$ ), with no significant differences among other three groups ( $p < 0.05$ ). The bacterial count exhibited a declining trend during storage and the lowest count was found for the bleeding-in-ice-slurry group, followed by percussive-stunning, CO<sub>2</sub>-stunning, and electric-stunning groups. Thus, fish slaughter by bleeding in ice slurry and percussive stunning produce good-quality fillets of frozen channel catfish.

**Key words:** channel catfish; slaughter method; frozen storage; stress response

鱼鲜食品的品质往往由加工前期决定, 宰杀过程是影响鱼肉品质的关键因素之一<sup>[1]</sup>, 选择合适的宰杀方式对取得好的鱼肉品质具有重大的意义。合理的宰杀方式应满足: ①使动物快速失去知觉; ②延迟僵直过程的开始, 减小僵直程度<sup>[2]</sup>。宰杀不当会使鱼产生强烈的应激反应, 僵直过程提前, 组织软化多孔, 滴水损失严重, 货架期缩短<sup>[3-4]</sup>。国外比较常用的鱼的几

种宰杀方式有: 电击、敲头、CO<sub>2</sub> 窒息、冰水中放血等。研究显示电击减慢鲑鱼(Trout)死后体内的 ATP 消耗速率<sup>[5]</sup>, 使鳗鱼(Eel)和大比目鱼(Turbot)的鱼肉变红<sup>[6-7]</sup>。敲头能使大比目鱼 pH 值<sup>[8]</sup>和水分含量<sup>[7]</sup>较高, 使虹鳟(Rainbow trout)在冰藏期间有较低的 K 值<sup>[9]</sup>。在冰水中麻醉<sup>[10]</sup>能减少草鱼(Grass carp)在冷藏初期的菌落总数<sup>[11]</sup>, 减轻虹鳟宰杀后产生的异味<sup>[9]</sup>。CO<sub>2</sub> 窒息<sup>[5,11]</sup>能大批量处理鱼货也被普遍采用。近年来国内也开展了宰杀方式对鱼肉品质影响的研究, 牛宝卫<sup>[12]</sup>等人发现敲头和电击对大菱鲆的保鲜较有利。方静<sup>[13]</sup>报道敲头和冰激得到品质较好的罗非鱼(Tilapia)鱼片。并有研究称鱼的解剖过程发生在僵直前期有利于得到更加新

收稿日期: 2014-12-10

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46); 江苏省水产三新工程项目(D2013-7); 苏北富民强县项目BN2014052

作者简介: 陈盎弘(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工技术

通讯作者: 夏文水(1958-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品加工技术

鲜的产品,因为鱼肉与脊椎的连接,在僵直过程中肌肉收缩会引起肌肉的撕裂<sup>[2]</sup>。大部分研究宰杀方式的文献中均采用冰藏的方法,个别采用气调冷藏<sup>[9]</sup>和烟熏保藏<sup>[6]</sup>的方式,而未见采用冷冻保藏方式的报道。斑点叉尾鲴是一种淡水养殖的经济鱼类,不仅具有其他鱼类维生素、矿物质和不饱和脂肪酸含量高、蛋白质利用率高等特点,且通身无细刺,具有独到的加工优势,是一种老少皆宜的健康安全食品,加工好的冷冻鱼片在西欧各国和日本均畅销。冷冻鲴鱼片在西欧和日本均畅销。对比不同宰杀方式对冷冻斑点叉尾鲴鱼片品质的影响,选择较好的宰杀方式对斑点叉尾鲴产品品质具有重大的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与仪器

鲜活的斑点叉尾鲴购于无锡市雪浪菜市场,共32条,随机分为4组,每组8条,体重约为1.5~1.8 kg/条。牛血红蛋白,碳酸钙,碳酸氢钠,盐酸,丙酮,氧化镁,硼酸,甲基红,乙醇,次甲基蓝,胰蛋白胨,酵母浸膏,葡萄糖,琼脂,氯化钠等常用化学试剂,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

超净工作台 BCM-1000A,苏州安泰空气技术有限公司;实验室 pH 值计 EL20(准确度等级:0.01 级),梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; UltraScan Pro1166 色差仪,上海信联创作电子有限公司; 4K-15 冷冻离心机,德国 Sigma 公司; UV1000 紫外可见分光光度计,上海美谱达仪器有限公司; BW 变频脉冲发生器 DC12V-2800W,中国化工电子商务网。R104 均质机,德国 IKA 公司; BCD-245/E 冰箱,广东美的生活电器制造有限公司; AL204 电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; LDZX-50KBS 立式压力蒸汽灭菌器,上海申安医疗器械厂; 多奇 SF200 塑料薄膜封口机,温州市兴业机械设备有限公司; KDN-2C 半自动凯氏定氮仪,上海纤检仪器有限公司; 电热恒温培养箱,上海跃进医疗器械厂。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 宰杀方式

①电击:将新鲜鲴鱼置于盛有 1/2 清水的大号塑料整理箱中,电线两端分别连接一根尺寸  $\Phi 8 \times 200$  mm 的铁棒,水平平行置于塑料箱两端;电击条件:  $U_{\max} = 400 \text{ V} \pm 10 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ ,持续时间 10 s。每次处理量为 4 条鲴鱼。②敲头:将鲴鱼置于操作台上,用粗木棒猛击鲴鱼头顶,使其不再动弹。③放血:塑料

箱中注入 1/2 (mV) 的冰水混合物,将新鲜的鱼置于塑料箱中麻醉 20 min 后,用剪刀将鲴鱼的腮弓剪断,放血 1 h。④CO<sub>2</sub> 窒息:利用碳酸钙和盐酸溶液制备 CO<sub>2</sub>,通过饱和碳酸氢钠溶液以去除少量 HCl 气体,塑料箱中注入 1/2 的水,将鱼置于水中并不断通入 CO<sub>2</sub> 气体,直至鱼死亡。将四种不同宰杀方式处理后的斑点叉尾鲴剖片、去皮和修整,将鱼背肉分割成小份后用聚乙烯封口袋进行单独包装,并置于 -18 °C 下冷冻并保藏。

#### 1.2.2 pH 值的测定

取 5 g 鱼肉剪碎,加入 45 mL 去离子水,采用均质机以 10000 r/min 的转速累计均质 1 min 后在室温下用 pH 值计测定。

#### 1.2.3 色差的测定

取鱼背肉横切成尺寸为 30×30×10 mm 的样品,使用 UltraScan Pro1166 色差仪测定样品的 L\*、a\* 和 b\* 值。

#### 1.2.4 血红蛋白含量的测定

参考 HORNSEY<sup>[14]</sup>的方法。取 200 g 鱼肉搅碎,加去离子水至鱼糜的水分含量达到 90%,取 50 g 鱼糜于 200 mL 离心杯中,加入 20 mL 丙酮和 0.5 mL 37% 的 HCl 溶液,均质 60 s,置于 2~4 °C 冰箱中静置 1 h,在 16000×g 的转速下离心 20 min,取上清液过滤,在  $\lambda = 640 \text{ nm}$  处测量滤液的吸光度。用牛血红蛋白做标准曲线。

#### 1.2.5 解冻汁液流失率的测定

取 5 g 左右的鱼块分装在封口袋中冷冻保藏,分别称量样品在解冻前( $W_1$ )和解冻后( $W_2$ )的质量,按照下面的公式计算解冻汁液流失率:

$$\text{解冻汁液流失率} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

#### 1.2.6 TVB-N 值的测定

按照 GB/T 5000.44-2003 肉与肉制品卫生标准的分析方法-挥发性盐基氮半微量定氮法进行测定。

#### 1.2.7 菌落总数的测定

按照 GB-4789.2-2010 食品微生物学检测-菌落总数测定的方法进行测定。

#### 1.2.8 统计分析

采用 SPSS18.0 对实验数据进行 ANOVA 单因素方差分析及 Duncan's 多重检验( $P < 0.05$ ),数值以均值  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果与讨论

### 2.1 宰杀后鱼肉 pH 值的变化

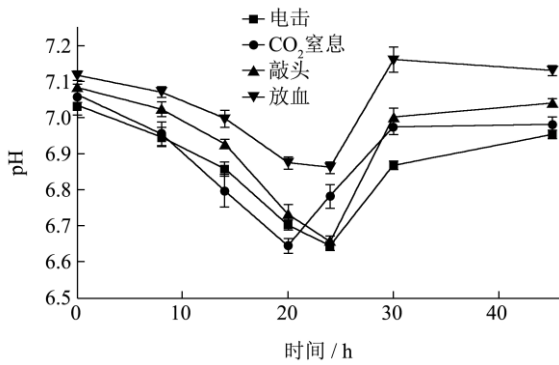


图1 不同宰杀方式对冷冻斑点叉尾鲷鱼肉 pH 值变化的影响

Fig.1 Effect of different slaughter methods and storage periods on muscle pH of frozen channel catfish fillet

为了探究四种不同的宰杀方式引起应激反应的程度,对宰杀后的斑点叉尾鲷鱼肉的 pH 值进行测定,鱼肉 pH 值与乳酸和核苷酸的含量有关,宰杀后鱼体内的糖元继续进行代谢,使乳酸积累,同时消耗 ATP 并伴随产生 H<sup>+</sup>,导致 pH 值降低<sup>[10]</sup>,pH 值的变化与僵直现象紧密相关,pH 值下降越快僵直越早发生,说明死前应激反应越剧烈。由图 1 可以看出宰后 45 h 之内鱼肉 pH 值的变化趋势是先降低后升高,20 h 内 pH 值持续减小,25 h 之后升高,30 h 后趋于稳定。这是因为 25 h 后解僵过程开始,解僵过程中体内的解脲作用以及微生物酶的作用导致肌纤维蛋白降解,同时产生碱性物质,使得 pH 值升高<sup>[2]</sup>。CO<sub>2</sub> 窒息组的鱼肉相比其他组 pH 值下降较快,20 h 时达到最低值,推测原因可能是 CO<sub>2</sub> 窒息组的斑点叉尾鲷在死亡过程中长时间挣扎导致糖原的厌氧代谢加快<sup>[10]</sup>,以及 CO<sub>2</sub> 溶解在水中使得死亡环境呈酸性<sup>[15]</sup>。在冰水中放血组的鱼肉 pH 值变化比较小,最低为 6.86,而电击、CO<sub>2</sub> 窒息、敲头组达到的最低 pH 值分别 6.64、6.64、6.65,推测是由于放血使部分乳酸随血液流失,或由于死亡环境温度低抑制了体内代谢活动。从图中可以看出,敲头组的 pH 值最初降低程度小,说明死亡过程的应激反应较弱。

## 2.2 解冻汁液流失率的变化

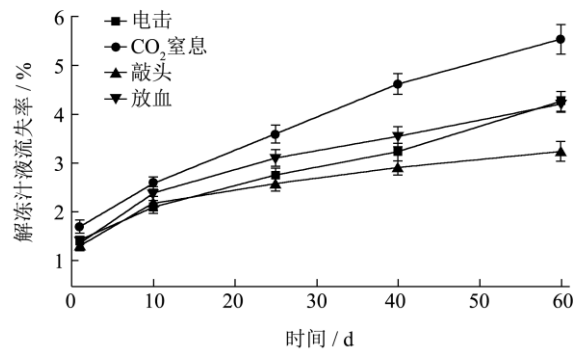


图2 不同宰杀方式对冷冻斑点叉尾鲷鱼肉解冻汁液流失变化的影响

Fig.2 Effect of different slaughter methods and storage periods on the drip loss of frozen channel catfish fillet

汁液流失是评价肉制品保水性的重要指标,体现肌肉保持原有水分或添加水分的能力。保水性差直接导致企业的经济损失,为了研究四种宰杀方式对冷冻斑点叉尾鲷鱼肉的保水性的影响,对解冻汁液流失率进行了测定。图 2 为四种不同宰杀方式对冷冻斑点叉尾鲷鱼肉的解冻汁液流失率的影响,可以看出随着冷冻储藏时间的延长,解冻汁液流失越严重,这是由于冷冻过程中晶体的形成使肌肉受到物理性损伤,影响保水性。敲头组鱼肉的解冻汁液流失率最小,储藏 60 d 时为 3.25%,其次是电击组和放血组(分别是 4.21%、4.26%)。CO<sub>2</sub> 窒息组的解冻汁液流失严重,明显高于其他三组,60 天时达到 5.53%,可能是 CO<sub>2</sub> 窒息组的斑点叉尾鲷由于死亡过程中长时间的挣扎使得肌肉物理损伤严重。

## 2.3 斑点叉尾鲷鱼片血红蛋白含量及颜色的差异

表 1 宰杀方式对斑点叉尾鲷鱼片色差的影响

Table 1 Effect of slaughter methods on color and hemoglobin content of frozen channel catfish fillet

	L*	a*	b*	血红蛋白含量/(mg/g)
电击	57.71±1.01 <sup>a</sup>	-3.27±0.097 <sup>b</sup>	4.17±0.84 <sup>a</sup>	1.17±0.14 <sup>c</sup>
CO <sub>2</sub> 窒息	61.45±0.28 <sup>b</sup>	-3.64±0.19 <sup>b</sup>	5.76±0.96 <sup>ab</sup>	1.03±0.10 <sup>bc</sup>
敲头	59.99±0.70 <sup>c</sup>	-3.21±0.11 <sup>b</sup>	4.56±0.33 <sup>ab</sup>	0.96±0.06 <sup>b</sup>
放血	61.69±0.55 <sup>b</sup>	-4.13±0.42 <sup>a</sup>	5.56±0.65 <sup>b</sup>	0.76±0.07 <sup>a</sup>

注: L\*、a\*、b\*分别代表亮度、红绿值、黄蓝值; a、b、c 代表相互之间有显著性差异 (P<0.05)。

对四组鱼片的颜色进行比较,从感官上来说,放血组的鱼片呈白色半透明,而其他三组都呈现红色。电击组的鱼肉靠近鱼皮的部分有明显的血液残留,原

因可能是电击组的鲷鱼心跳瞬间停止,血液在体内流动不畅,在宰杀或放置的过程中由于重力的作用血液集中到鱼皮的部位<sup>[16]</sup>,且从血红蛋白含量的结果也可

以得出,电击组鱼片的血液残留最大 ( $P<0.05$ ), 达到  $1.17 \text{ mg/g}$ 。色差分析表明, 放血组鱼片的  $L^*$  (亮度) 和  $a^*$  (绿值) 均为最大, 尤其绿值与其他三组有显著差异 ( $P<0.05$ ), 而其他三组之间的差异不大 ( $P>0.05$ ),

且放血组鱼片血红蛋白含量最小 ( $P<0.05$ ), 为  $0.76 \text{ mg/g}$ , 可见通过放血过程显著降低了血液残留。

## 2.4 TVB-N 值的变化

表 2 不同宰杀方式对冷冻斑点叉尾鲷鱼肉 TVB-N 值 ( $\text{mg/g}$ ) 的变化

Table 2 Effect of different slaughter methods and storage times on TVB-N values ( $\text{mg/g}$ ) of frozen channel catfish fillet

时间/d	0	10	20	30	45	60
电击	$8.15 \pm 0.44^b$	$10.77 \pm 0.71^b$	$10.61 \pm 0.62^b$	$11.05 \pm 0.41^b$	$11.61 \pm 0.81^{ab}$	$12.95 \pm 0.62^b$
CO <sub>2</sub> 窒息	$8.34 \pm 0.70^b$	$10.47 \pm 0.91^b$	$10.47 \pm 0.34^b$	$10.76 \pm 0.77^b$	$12.23 \pm 0.16^b$	$13.09 \pm 0.44^b$
敲头	$7.33 \pm 0.70^{ab}$	$9.83 \pm 0.30^{ab}$	$9.73 \pm 0.79^{ab}$	$10.27 \pm 0.85^b$	$12.17 \pm 0.71^b$	$12.92 \pm 0.70^b$
放血	$6.28 \pm 0.32^a$	$9.17 \pm 0.47^a$	$9.22 \pm 0.65^a$	$8.67 \pm 0.90^a$	$10.41 \pm 0.74^a$	$11.66 \pm 0.57^a$

注: a、b 代表相互之间有显著性差异 ( $P<0.05$ )。

动物性食品在腐败过程中, 在细菌酶的作用下蛋白质分解, 其产物主要包括氨及少量伯胺和仲胺等, 均具有挥发性<sup>[17]</sup>。TVB-N 值是评价鱼肉新鲜程度的重要指标, 并且与鱼的种类、季节、地域和雌雄差异有关<sup>[11,18,19]</sup>。新鲜鱼肉的 TVB-N 值的范围是  $5\sim 20 \text{ mg}/100 \text{ g}$ <sup>[20]</sup>,  $35 \text{ mg}/100 \text{ g}$  是消费者接受的上限值<sup>[21]</sup>。

由表 2 可知在冷冻保藏 60 d 期间, 放血组鱼肉 TVB-N 值显著小于其他三组, 原因是其死亡环境温度低, 并且在解剖的过程中鱼肉能暂时保持低温, 保鲜效果比其他三组好。而其他三组 TVB-N 值并无显著差异。四种宰杀方式处理的鱼肉经过 60 d 的冷冻保藏 TVB-N 值的变化较小, 远远低于出售肉制品上限  $35 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 。

有报道称随着鱼种类的不同 TVB-N 值有显著的差异, 淡水鱼鱼肉中的氧化三甲胺的含量较少<sup>[14]</sup>, 因此淡水鱼的 TVB-N 值普遍低于海水鱼, 有人研究在冰藏条件下腐败的罗非鱼<sup>[22]</sup>、印度腹丽鱼<sup>[23]</sup> TVB-N 值并未达到  $30 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 。而一般情况下 TVB-N 值能准确评价海水鱼的新鲜程度。对于海水鱼来说 TVB-N 值的上限更具有参考价值。

## 2.5 菌落总数的变化

从图 3 中看出, 菌落总数在 60 d 的冷冻储藏过程中呈现减小的趋势, 前 15 d 鱼肉中的菌落总数显著降低, 15 d 后降低趋势减小, 这是由于一些耐受性差的菌株在低温环境中不生长甚至死亡, 引起细菌总数下降<sup>[24]</sup>。不同的宰杀方式对菌落总数也有显著影响, 在冰水中放血处理的鱼肉菌落总数最小, 原因是此组鱼死亡环境温度低, 且放血过程使得鱼肉中体液减少, 抑制了前处理阶段的微生物生长, 电击组和 CO<sub>2</sub> 窒息组的鱼肉菌落总数较高, 可能在电击的瞬间鱼肉剧烈收缩导致肌肉损伤<sup>[25]</sup>, 以及 CO<sub>2</sub> 窒息的鱼在死亡的过程中剧烈挣扎导致肌肉撕裂<sup>[26]</sup>, 鱼肉组织受到损伤后

更容易被微生物感染。

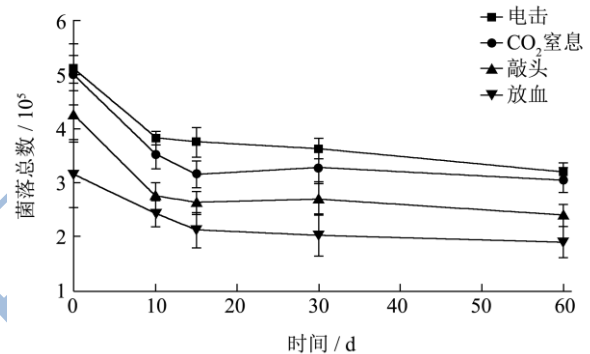


图 3 不同宰杀方式对冷冻斑点叉尾鲷鱼肉菌落总数的变化

Fig.3 Effect of different slaughter methods and storage periods on bacterial count of frozen channel catfish fillet

## 3 结论

通过研究 CO<sub>2</sub> 窒息、电击、敲头和冰水中放血四种宰杀方式对冷冻斑点叉尾鲷鱼片品质的影响, 得出敲头和冰水中放血的致死方式能得到更好的品质, 研究结果对水产加工, 尤其是对鱼货的前处理具有指导意义, 并在动物福利(Animal welfare)方面具有一定的参考价值。研究发现敲头组在宰杀后初期的 pH 值变化较缓慢, 说明鱼死前的应激反应较弱, 从解冻汁液流失率的结果可以得出敲头组的保水性较好; 而冰水中放血处理的鱼肉 TVB-N 值和菌落总数较小, 说明此组鱼片较新鲜, 且能使鱼片通身无血斑。对比敲头和在冰水中放血两种宰杀方式, 敲头的方法能使鱼快速失去知觉, 从动物福利方面来说更可取。除了对品质的影响, 每种宰杀方式也各有优势, 如电击和 CO<sub>2</sub> 窒息可使鱼表面无损伤, 可以实现同时处理大量鱼货; 也有研究采用 2 阶段的宰杀方式处理大菱鲆<sup>[27]</sup>, 能得到较好品质的鱼肉。预测采用先敲头后放血的 2 阶段宰杀方式处理斑点叉尾鲷能得到更好的产品质量, 2 阶段宰杀对斑点叉尾鲷鱼片的品质影响还有待于进一步

步研究。

### 参考文献

- [1] Jittinandana S, Kenney PB, Slider SD, et al. Effect of fish attributes and handling stress on quality smoked arctic char fillets [J]. Food Science, 2003, 68: 57-63
- [2] Duran A, Umit Erdemli, Mustafa Karakaya, et al. Effects of slaughter methods on physical, biochemical and microbiological quality of rainbow trout *oncorhynchus mykiss* and mirror carp *cyprinus carpio* filleted in pre-, in- or post-rigor periods [J]. Fisheries Science, 2008, 74(5): 1146-1156
- [3] Anders Kiessling, Marit Espeb, Kari Ruohonenc, et al. Texture, gaping and colour of fresh and frozen atlantic salmon flesh as affected by pre-slaughter iso-eugenol or CO<sub>2</sub> anaesthesia [J]. Aquaculture, 2004, 236(1/2/3/4) : 645- 657
- [4] Bjørn Rotha, Erik Slindeb, Jan Arildsen. 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
- [5] Giuffrida A, Pennisi L, Ziino G, et al. Influence of slaughtering method on some aspects of quality of qilthead seabream and smoked rainbow trout [J]. Veterinary Research Communications, 2007, 31(4): 437-446
- [6] Morzel M, H van de Vis. Effect of the slaughter method on the quality of raw and smoked eels (*Anguilla anguilla L.*) [J]. Aquaculture Research, 2003, 34(1): 1-11
- [7] Martine Morzel, Delphine Sohler, Hans Van de Vis. Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83(1): 19-28
- [8] Roth, B, Imstrand, A, Gunnarsson, S, et al. Slaughter quality and rigor contraction in fanned turbot (*Scophthalmus maximus*); a comparison between different stunning methods [J]. Aquaculture, 2007, 272(1-4): 754-761
- [9] Ozogul Y, F Ozogul. The effects of slaughtering methods on the freshness quality of rainbow trout [J]. European Food Research and Technology, 2004, 219(3): 211-216
- [10] Acerete L, Reig L, Alvarez D, et al. Comparison of two stunning/slaughtering methods on stress response and quality indicators of european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Aquaculture, 2009, 287(1-2): 139-144
- [11] Rodrigo Scherer, Paula Rossini Augusti, Vivian Caetano Bochi, et al. Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods [J]. Food Chemistry, 2006, 99(1): 136-142
- [12] 牛宝卫,任艳,栾东磊.不同宰杀方式对大菱鲆保鲜的影响[J]. 渔业现代化, 2008, 35(3): 38-41
- NIU Bao-wei, REN Yan, LUAN Dong-lei. Effect of the slaughter method on flesh quality of turbot [J]. Fishery Modernization, 2008, 35(3): 38-41
- [13] 方静,黄卉,李来好,等.不同致死方式对罗非鱼鱼片品质的影响[J].南方水产科学, 2013, 9(5): 13-18
- FANG Jing, HUANG Hui, LI Lai-hao, et al. Effect of the slaughter method on quality of tilapia [J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(5): 13-18.
- [14] Hornsey H C. The colour of cooked cured pork. I.-Estimation of the nitric oxide-haem pigments [J]. Journal of the science of Food and Agriculture, 1956, 7, 534-540
- [15] Chris M Wood. Acid-base and ion balance, metabolism, and their Interactions, after exhaustive exercise in fish [J]. Journal of Experimental Biology, 1991, 160(1): 285-308
- [16] Stein Harris Olsen, Nils Kristian Sorensena, Svein Kristian Stormoa, et al. Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 2006, 258(1-4): 462-469
- [17] 王秉栋. 食品卫生检验手册[M].上海:上海科学技术出版社, 2003
- WANG Bing-dong. Handbuch of food hygiene inspection [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2003
- [18] Kilinc B, Cakli S. Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardina pilchardus*) during marination [J]. Food Chemistry, 2004, 88: 275-280
- [19] Alexis Pacquit, June Frisby, Danny Diamond, et al. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage [J]. Food Chemistry, 2007, 102: 466-470
- [20] Connell J J. Control of fish quality, 4th edn [M]. London: Fishing News Books Limited, 1995
- [21] Schormüller J. Handbuch der Lebensmittelchemie (Band III/2) [M]. New York, NY:Springer-Verlag, 1968
- [22] Tome E, Iglesias M, Kodaira M. Effects of storage temperature on the onset of rigor mortis and stability of cultured tilapia (*Oreochromis* spp) [J]. Revista Científica-Facultad de Ciencias Veterinarias, 2000, 10(4), 339-345
- [23] Lakshmanan P T, Antony P D, Gopakumar K. Nucleotide Degradation and Quality Changes in Mullet (*Lizacorsula*) and Pearlsplit (*Etroplus suratensis*) in Ice and at Ambient Temperatures [J]. Food Control, 1996, 7(6): 277-283

- [24] 郑瑞生,王泽金,意金华,等.鲍鱼冻藏过程生化及感官指标变化研究[J].中国食品学报,2012,12(11):170-177  
ZHENG Rui-sheng, WANG Ze-jin, YI Jin-hua, et al. Biochemical and sensory change of abalone during freezing preservation [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 12 (11): 170-177
- [25] Robb D H F, S C Kestin. Methods used to Kill Fish: Field Observations and Literature Reviewed [J]. Animal Welfare, 2002, 11(3): 269-282
- [26] Kestin S, Wotton S, Adams A. The Effect of CO<sub>2</sub> Concussion or Electrical Stunning of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) on Fish Welfare [J]. Proceedings of Aquaculture Europe,1995, 95, 9-12
- [27] Morzel M, Chambon C, Lefèvre F, et al. Modifications of Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Muscle Proteins by Preslaughter Activity [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(8): 2997-3001

现代食品科技