

生鲜运输过程中鳊鱼头品质的变化

Quality changes of the bighead carp's head during the fresh logistics transportation

谢雅雯^{1,2} 叶云花^{1,2} 张露^{1,2} 朱敏方^{1,2}

XIE Ya-wen^{1,2} YE Yun-hua^{1,2} ZHANG Lu^{1,2} ZHU Min-fang^{1,2}

(1. 江西师范大学国家淡水鱼加工技术研发专业中心, 江西 南昌 330022;

2. 江西省淡水鱼高值化利用工程技术研究中心, 江西 南昌 330022)

(1. National Research and Development Center of Freshwater Fish Processing, College of Life Science, Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi 330022, China; 2. Engineering Research Center of Freshwater Fish High-value Utilization of Jiangxi Province, Nanchang, Jiangxi 330022, China)

摘要:以鳊鱼头的鱼脑、眼部肌肉、下颚肌肉及切口附近肌肉为评价部位,通过分析模拟运输过程中以上4个部位的pH值、挥发性盐基氮(TVB-N)含量、2-硫代巴比妥酸(TBA)值、菌落总数及切口附近肌肉色泽和质构的变化,研究了生鲜物流运输过程中鳊鱼头品质的变化。结果表明,在72 h模拟运输过程中,鱼体温度在24 h内缓慢升高,24 h后升温幅度显著加快;随着时间的延长,4个部位的pH值逐渐下降,TBA值和TVB-N含量逐渐升高,菌落总数对数值总体呈线性增长,切口附近肌肉的硬度、白度和亮度下降,黄度不断上升。鱼脑pH值降低幅度最大,鱼脑和眼部肌肉的TVB-N含量在48 h后急剧增长,且其TBA值的增长幅度明显高于下颚和切口附近肌肉,切口附近肌肉的菌落总数增长幅度最大。模拟运输超过60 h后,鱼头汁液流失明显,感官品质显著下降,且散发出腥臭味。综上,在常规的生鲜物流运输过程中,鳊鱼头从包装派发到被消费的时间不宜超过60 h,否则会大大降低鳊鱼头的营养和感官品质。

关键词:鳊鱼头;生鲜运输;品质变化

Abstract: Taking the fish brain, and muscles near the eye, chin and incision as evaluated samples, the changes in the quality of bighead carp's head during fresh logistics transportation were investigated by analyzing the pH value, total volatile basic nitrogen (TVB-N), 2-thiobarbituric acid (TBA) value, and the total bacteria counts. The changes in the color and texture of muscle

near the incision were also measured. The results demonstrated that during the 72 h simulated transportation, the temperature of bighead carp's rose slowly within 24 h, followed by a fast increasing after 24 h of transportation. The pH value of above four parts decreased gradually, while the TBA value, TVB-N content, and total bacteria counts increased linearly with prolonged time. The hardness, whiteness and brightness of the muscles near the incision decreased, but the yellowness increased. However, fish brain showed the lowest pH value, the muscles near the incision gave the largest total bacteria counts. The TVB-N contents of fish brain and eye muscles raised fiercely after 48 h, and their TBA value's growth faster than the muscles near the incision. When the simulated transportation time was over 60 h, some liquid omitted from the fish heads obviously, and the sensory quality reduced significantly, with some strongly fishy flavor occurring. It could be concluded that the time from the packaging to the consumption of bighead carp's heads should not exceed 60 h, during the conventional fresh logistics transportation, otherwise the nutrition and sensory quality could be reduced greatly. **Keywords:** the bighead carp's head; the fresh logistics transportation; the changes of quality

鳊鱼(*Aristichthys nobilis*)是中国四大家鱼之一,广泛分布于中国中部、东部和南部地区的江河、湖泊中,是中国主要的淡水经济鱼类之一^[1]。2017年,中国鳊鱼养殖产量达309.80万t^[2],仅次于草鱼和鲢鱼。鳊鱼头肥而味美,富含丰富的蛋白质和不饱和脂肪酸^[3],深受消费者喜爱。随着社会的发展,网络销售已成为鲜鱼头销售的主要方式之一,而在生鲜的物流运输中,真空包装加冰袋和泡沫箱则是最常用的低温保鲜方式。

生鲜淡水鱼肉类具有组织柔软,含水量高,蛋白质丰

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-45);江西省优势科技创新团队(编号:20171BCB24004)

作者简介:谢雅雯,女,江西师范大学在读硕士研究生。

通信作者:叶云花(1968—),女,江西师范大学高级工程师,学士。

E-mail: yeyunhua373@sohu.com

收稿日期:2019-02-01

富, pH 值接近中性, 组织中酶类活性强等特性, 蛋白质和脂质在常规加冰生鲜物流运输过程中易腐败变质, 鱼肉鲜度容易下降, 因此, 生鲜鱼类在运输过程中的品质变化已成为水产品贮存和保鲜领域的研究热点之一。杨胜平等^[4]研究了模拟生鲜运输过程中温度和时间变化对冰鲜带鱼品质的影响, 得出温度变化会缩短冰鲜带鱼的货架期; 黄文博等^[5]研究了生鲜运输过程中温度波动对美国红鱼品质变化的影响, 发现温度波动及较大的温度波动频率会对美国红鱼的品质造成显著的不良影响。关于鳙鱼头在常规生鲜物流运输过程中品质变化的研究尚未报道。

本试验拟以鳙鱼头为研究对象, 通过测定鱼头 4 个食用部位(鱼脑、眼部肌肉、下颚肌肉和切口附近肌肉)的 pH 值、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量、2-硫代巴比妥酸(2-thiobarbituric acid, TBA)值、菌落总数以及切口附近肌肉色泽和质构的变化, 评价鳙鱼头在 72 h 内的物流运输过程中品质变化, 为鳙鱼头运输时间的合理选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜活鳙鱼: 购于南昌市长胜大市场, 15 min 内运至实验室以保证鱼的鲜活性。

三氯乙酸、碳酸钾、盐酸、硼酸、氯化钠、葡萄糖、溴甲酚绿、甲基红、甲醇: 色谱纯, 国药集团化学试剂有限公司;

硫代巴比妥酸、胰蛋白酶、酵母粉、琼脂: 北京索莱宝有限公司。

1.2 仪器与设备

色度仪: CR-13 型, 日本柯尼卡美能达控股公司;

质构分析仪: TA.XT 型, 英国 Stable Micro Systems 公司;

生化培养箱: LRH-250A 型, 上海一恒科学仪器有限公司;

电子天平: ESJ200-4 型, 沈阳龙腾电子有限公司;

超净台: SW-CJ-1F 型, 北京华威中仪科技有限公司;

紫外可分光光度计: UV-3200 型, 上海美谱达仪器有限公司;

离心机: 5430R 型, 艾本德中国有限公司;

立式压力蒸汽灭菌器: LDZX-30FBS 型, 上海申安医疗器械厂;

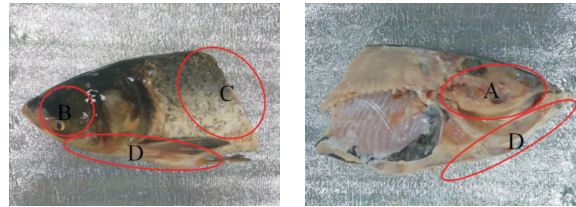
pH 计: Seven Compact 型, 梅特勒—托利多中国有限公司。

1.3 方法

1.3.1 鳙鱼头预处理 鲜活鳙鱼宰杀、清洗干净后, 从鱼鳃往下 5 cm 处切取头部, 劈为 2 段后立即用蒸馏水冲洗

干净, 吸干表面水分, 真空包装, 与冰袋一起塞入锡纸保冷袋, 再用泡沫箱密封, 振荡器上室温模拟运输 72 h, 转速为 60 r/min。

1.3.2 鳙鱼头取样 分别从鳙鱼头上取出鱼脑、眼部肌肉、切口附近肌肉和下颚肌肉, 高速组织破碎匀浆后于 -18 ℃ 贮藏备用。12 h 内完成各指标测定, 每个指标重复测定 3 次。鱼头切下的位置以及取样部位如图 1 所示。



A. 鱼脑 B. 眼部肌肉 C. 切口附近肌肉 D. 下颚肌肉

图 1 鳙鱼头取样部位示意图

Figure 1 Bighead carp' head sampling site schematic

1.3.3 感官评定 对不同运输时间的鳙鱼头进行感官评定, 在实验室寻找有经验人员成立 5 人感官评分小组, 对其解释评价标准。根据文献^[6]制订感官评定标准, 见表 1。以鱼眼球和肌肉感官评分的平均值为感官综合评定结果。

表 1 感官评定标准表

Table 1 Sensory evaluation criteria

项目	评分标准	评分	鲜度等级
眼球	眼球透明清亮, 不浑浊, 眼部肌肉有弹性	≥8	一级
	眼角膜浑浊, 眼部肌肉弹性降低	6~8	二级
	眼球塌陷浑浊, 眼眶充满白雾, 虹膜出血	<6	开始腐败
肌肉	切口附近肌肉坚实且弹性, 切面光泽且鲜亮	≥8	一级
	切口附近肌肉弹性降低, 手指按压触感松软, 切面无光泽	6~8	二级
	切口附近肌肉失去弹性, 肌肉易于剥离, 有腥臭味	<6	开始腐败

1.3.4 温度实时监控 用数显温度计测定模拟运输中鳙鱼整体的温度变化。

1.3.5 pH 的测定 根据文献^[7], 并稍作修改, 取绞碎后的 4 个部位的鱼浆 2 g 于烧杯中, 加入生理盐水至 20 mL, 搅拌均匀后静置 30 min, 用 Seven Compact pH 计测定 pH, 每个样品测定 3 次平行。

1.3.6 色泽测定 将靠近鳙鱼头切面口的鱼肉切下, 去鱼皮。根据文献^[8], 采用色度仪测定鱼肉表面色泽, 每

个样品测定 6 次,样品白度按式(1)计算。

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}, \quad (1)$$

式中:

W ——样品的白度;

L ——样品的亮度;

a ——样品的红绿值;

b ——样品的黄蓝值。

1.3.7 质构分析 根据文献[9],并稍作修改,取鳙鱼头切口附近肌肉,将其切成 $3\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 大小鱼块。采用质构仪对鱼块进行硬度、回复力以及咀嚼度的测定,质构仪参数设定为:圆柱形探头 P/36R。触发力 5 g,压缩形变 60%,测试前速度 2.0 mm/s,测试速率 1.0 mm/s,测试后速率 2.0 mm/s,每个样品测定 6 次平行。

1.3.8 TVB-N 值测定 根据文献[10]修改如下,称取 5 g 样品于烧杯中,准确加入 25 mL 蒸馏水,混合均匀,均质 15 s,静置 30 min 后过滤。将水溶性胶涂于康维氏皿边缘,在洁净的康维氏皿中央内室加入 2% 硼酸溶液 1 mL 及 1 滴混合指示剂,在皿外室一侧加入滤液 1 mL,盖上磨砂玻璃盖,磨砂玻璃盖的凹口开口处与皿边缘仅留能插入移液器枪头的缝隙,然后从缝隙处快速加入 1 mL 饱和碳酸钾溶液,立刻平推磨砂玻璃盖,密封后轻轻转动康维氏皿,使两液混合,然后于 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温箱内放置 2 h,冷却至室温后,用盐酸标准滴定溶液(0.001 mol/L)滴定,终点颜色至蓝紫色,同时做空白试验。每个样品重复 3 次。样品中 TVB-N 含量按式(2)计算。

$$X_1 = \frac{(V_1 - V_2) \times c \times 14}{m \times (V/V_0)} \times 100, \quad (2)$$

式中:

X_1 ——TVB-N 值,mg/100 g;

V_1 ——消耗盐酸标准滴定溶液的体积,mL;

V_2 ——空白消耗盐酸标准滴定溶液的体积,mL;

C ——盐酸标准滴定溶液的浓度,mol/L;

14——滴定 1 mL 盐酸标准滴定溶液相当的氮的质量,g/mol;

m ——样品质量,g;

V ——准确吸取滤液的体积,mL;

V_0 ——样液总体积,mL。

1.3.9 TBA 值测定 根据文献[10]修改如下,取绞碎后的 4 个部位的鱼浆 2 g 于烧杯中,加入 7.5% TCA 溶液 50 mL,均质 1 min 后静置 30 min,过滤,取 5 mL 滤液,加入 0.02 mol/L TBA 试剂 5 mL,沸水浴 40 min,冷却后加入 5 mL 氯仿摇匀,静置分层后取上清液测定 532,600 nm 处吸光值。TBA 值按式(3)计算。

$$X_2 = (A_{532} - A_{600}) / 155 \times 0.1 \times 72.6 \times 100, \quad (3)$$

式中:

X_2 ——TBA 值,mg/100 g;

A_{532} ——532 nm 处的吸光值;

A_{600} ——600 nm 处的吸光值。

1.3.10 菌落总数测定 依据 GB 4789.2—2016 的稀释平板计数法。

1.4 数据处理

利用 SPSS 22.0 对数据进行显著性分析,结果用(平均值±标准偏差)表示。

2 结果与分析

2.1 鳙鱼头感官评分变化

由图 2 可知,随着模拟运输时间的延长,鳙鱼头的感官评分显著下降($P < 0.05$)。空白对照组鳙鱼头的眼球饱满有弹性,肌肉组织坚实有弹性,评分为 19 分;随着时间延长至 48 h 左右,眼角膜开始起皱,浑浊至塌陷,虹膜和眼腔开始发生内溢血,鱼的肌肉逐渐变松软,手指按压过后的凹陷也逐渐不易消失,此时评分为 14 分;60 h 后,肌肉变软,逐渐发出轻微腥味,且汁液微微流失,感官评分为 12 分;运输 72 h 后感官评价降至 10 分,此时散发出令人不愉快的腥臭味。

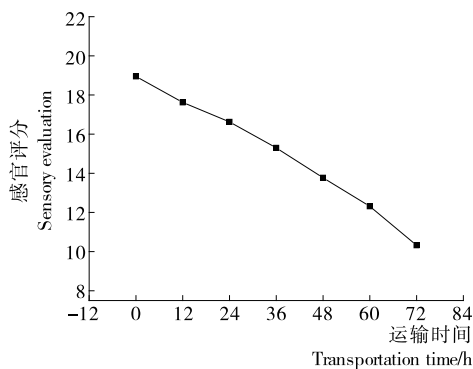


图 2 鳙鱼头感官评价结果

Figure 2 Sensory evaluation scores of bighead carp' head

2.2 鳙鱼头温度变化

模拟运输过程中每隔 2 h 记 1 次温度。由图 3 可知,随着时间的延长,鱼体温度逐渐升高,30 h 后温度上升的幅度明显增大。加冰袋冷却后鱼体的温度为 $7.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,模拟运输 24 h 内变化不大;运输 24 h 后鱼体升温幅度增加,48 h 上升至 $15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$;当运输时间达 60 h 时,鱼体温度已达 $19\text{ }^{\circ}\text{C}$,此时鱼头开始散发出微弱的腥味;当运输时间达 72 h 时,鳙鱼头散发出令人难以接受的腥臭味,此时锡纸保冷袋的温度已达 $20.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此,结合鱼体温度和气味变化,鱼头的运输时间最好控制在 60 h 以内。

2.3 鳙鱼头各部位 pH 变化

鳙鱼头在生鲜运输过程中 pH 变化规律如图 4 所示,4 个部位的 pH 值总体呈下降趋势,切口附近肌肉和眼部肌肉 pH 值在 72 h 最低,分别为 6.07,6.05;下颚肌肉和鱼脑 pH 值在 60 h 时最低,分别为 6.31,6.06,72 h 时其 pH

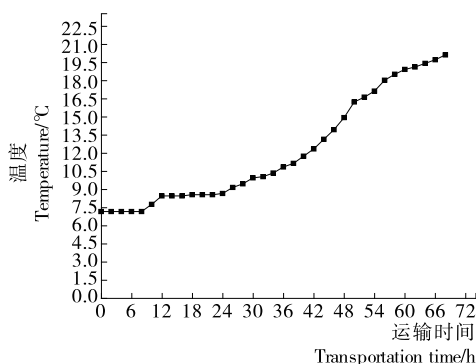


图 3 运输过程中鳊鱼头的温度变化

Figure 3 Changes in temperature of bighead carp' head

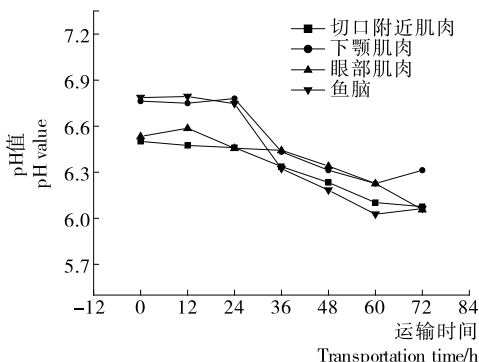


图 4 鳊鱼头 pH 值变化

Figure 4 Changes in pH value of bighead carp' head

值略有上升。随着运输时间的延长,下颚肌肉和鱼脑样品组 pH 值的下降速度显著高于切口附近肌肉和眼部肌肉组样品($P<0.05$)。贮藏初期,鱼肉 pH 值下降的原因可能是糖原酵解产生乳酸,以及磷酸肌酸和 ATP 等物质分解产生磷酸等酸性物质所致^[11]。研究^[12]显示,在鱼体死亡初期 CO_2 溶于组织中会导致鱼体 pH 值下降。运输时间超过 60 h 后,下颚肌肉和鱼脑中 pH 的上升可能是由于内源酶作用和微生物分解含氮物产生碱性物质所致^[13]。

2.4 鳊鱼头肌肉色泽变化

由于鱼脑、眼部肌肉及下颚肌肉均不是平滑可接触的表面,不便直接用色泽测定仪测定。因此本试验只对鱼头背部切口附近肌肉色泽值进行分析。

由图 5 可看出,随着运输时间的延长,切口附近肌肉的亮度和白度显著降低($P<0.05$),黄度却显著升高($P<0.05$),可能是由于鱼肉在贮藏初期与空气接触或者水分损失所致^[9]。鱼体温度随着运输时间的延长逐渐升高,鱼肉组织内的微生物呼吸作用加强,鱼头自溶、微生物代谢和蛋白酶分解使鱼体自身组织的水分流失^[14],肌肉结构被破坏,增加了肌肉组织与空气的接触,从而使得氧化还原反应增强,降低了鱼肉的亮度和白度^[15]。而黄度的增加可能是由于肉中的自由水结晶,肌肉中溶质浓度增

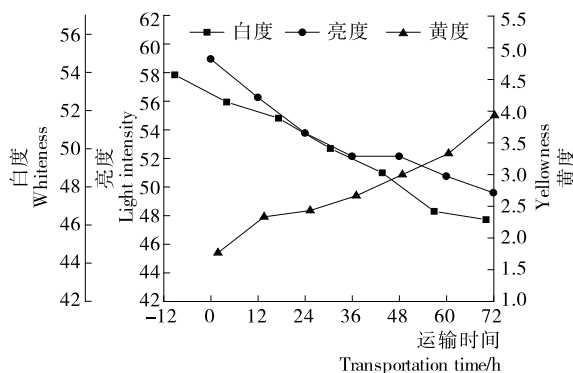


图 5 鳊鱼头色泽变化

Figure 5 Color of changes of bighead carp' head

加,使得肌肉中脂肪与氧的接触面积增大,氧化速度加快,产生黄色素和类胡萝卜素^[16]。

2.5 鳊鱼头肌肉质构变化

由于鱼脑、眼部肌肉和下颚肌肉样品从鱼肉中取出后均无具体形状,不适合采用质构仪来测定其质构变化,因此本试验以鱼头切口附近肌肉为样品分析鳊鱼头在模拟运输过程中质构变化。

由表 2 可知,与新鲜的鳊鱼头切口附近肌肉相比,经过冷冻运输的对应样品的硬度逐渐下降,模拟运输 12 h 后,咀嚼性呈先升高后降低趋势,但咀嚼性均低于原样。每隔 12 h 对鳊鱼头进行感官评定发现,随着模拟运输时间的延长鱼头流失的汁液逐渐增多,鱼肉变得失去弹性,切口附近肌肉逐渐变得更加松软且易于剥下^[17]。当随着运输时间延长切口附近肌肉硬度和咀嚼性显著下降($P<0.05$)。

2.6 挥发性盐基氮(TVB-N)变化

由图 6 可知,鳊鱼头 4 个部位 TVB-N 值均随着运输时间的延长不断升高,但不同部位的上升速度不同,鱼脑 TVB-N 值上升速度显著高于眼部肌肉、下颚肌肉和切口附近肌肉($P<0.05$)。鱼脑 TVB-N 上升幅度最大由 0 h 的 4.52 mg/100 g 上升到 72 h 的 19.70 mg/100 g,切口附近肌肉的上升幅度最低,由 0 h 的 9.54 mg/100 g 上升到

表 2 鳊鱼头质构变化[†]

Table 2 Changes in the texture of bighead carp' head

时间/h	硬度/g	咀嚼性/g
0	4 307.19±132.45 ^a	481.55±71.30 ^a
12	4 201.08±205.20 ^b	307.86±15.85 ^c
24	4 052.12±121.81 ^{bc}	390.60±83.26 ^c
36	3 833.28±195.26 ^{cd}	435.66±28.62 ^b
48	3 867.20±309.26 ^d	388.36±44.34 ^{bc}
60	3 521.11±237.71 ^e	241.95±36.82 ^d
72	3 178.77±37.74 ^f	161.50±29.15 ^e

[†] 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

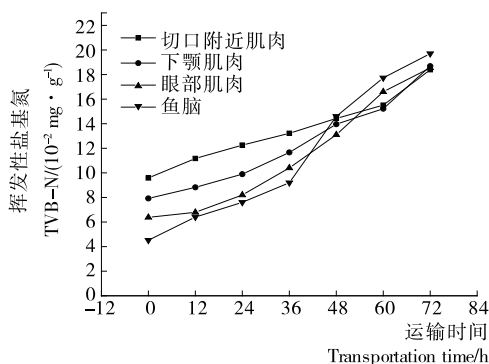


图6 鳙鱼头的 TVB-N 含量变化

Figure 6 Changes in TVB-N value of bighead carp' head

72 h 的 18.31 mg/100 g。根据 SC/T 3108—2011 中 TVB-N 值限量 ≤ 20 mg/100 g, 运输 3 d 内鳙鱼头的 4 个部位都未超过此标准, 即使模拟运输 72 h, TVB-N 值仍低于 20 mg/100 g。但感官评定发现, 运输时间超过 60 h, 鳙鱼头已散发出令人不悦的气味。由于挥发性盐基氮是指核苷酸、游离氨基酸等含氮有机物在细菌或肌肉中内源酶的作用下, 降解产生的碱性含氮挥发性物质(以氨和胺类物质为主)^[16], 因此鳙鱼头 4 个部位 TVB-N 值的增加幅度不同可能是由于 4 个部位分别增加的细菌总数不同^[18]。

2.7 鳙鱼头 TBA 变化

TBA 值为广泛使用的评价脂肪氧化指标, 当脂肪开始水解并氧化时, 对肉的营养品质(色泽、风味、质地等)以及营养价值都有不良影响^[19], 一般认为当 TBA 值达到 2.0 mg/kg 时, 鱼肉已经产生了令人厌恶的臭味和滋味^[20]。由图 7 得出, 随着运输时间延长, 4 个部位的 TBA 值不断升高, 鱼脑 TBA 值上升速度显著大于其他 3 组样品, 下颚肌肉的 TBA 值上升速度最慢($P < 0.05$), 切口附近肌肉 TBA 值由 0.25 mg/kg 增长到 0.53 mg/kg; 下颚肌肉 TBA 值由 0.30 mg/kg 增长到 0.52 mg/kg; 而眼部肌肉和鱼脑则分别从 0.31 mg/kg 增至 0.67 mg/kg 以及 0.21 mg/kg 增至 0.70 mg/kg。可能是由于眼部肌肉和鱼脑的脂肪含量最多, 脂肪氧化程度较为剧烈。在生鲜运输初期, 鳙鱼头部整体呈冰冻状态, 随着运输时间的延长, 组织失水, 鱼肉组织结构被破坏, 氧化酶、促氧化剂等从破裂的细胞中释放出来, 加速脂肪氧化^[21], 进一步促进蛋白变性, 从而影响冻品质构^[22]。

2.8 各部位菌落总数的变化

由图 8 可知, 随着运输时间的延长, 菌落总数呈上升趋势, 下颚肌肉菌落总数的增长速度明显低于其他 3 组样品, 其他 3 组样品的显著性差异不明显($P < 0.05$)。眼部肌肉的菌落总数增加幅度最大, 由 4.14 lg(CFU/g) 增长至 4.63 lg(CFU/g); 鳙鱼头切口附近肌肉和鱼脑的菌落总数则分别由 4.28 lg(CFU/g) 增长至 4.65 lg(CFU/g),

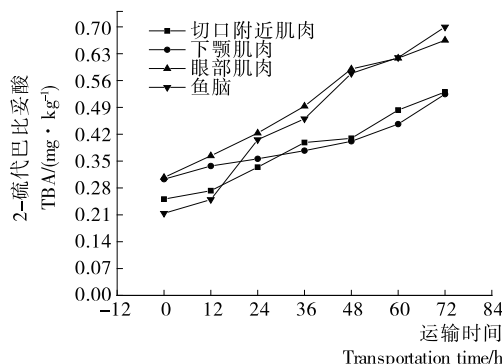


图7 鳙鱼头的 TBA 值变化

Figure 7 Changes in TBA value of bighead carp' head

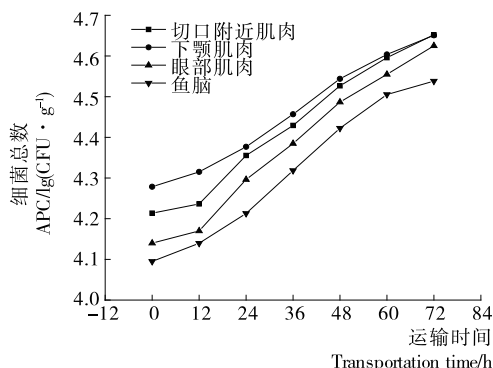


图8 鳙鱼头的菌落总数变化

Figure 8 Changes in APC of bighead carp' head

由 4.10 lg(CFU/g) 增长至 4.54 lg(CFU/g), 增加幅度分别为 0.43, 0.44 lg(CFU/g); 鳙鱼头的下颚肌肉增长幅度最小, 增长幅度为 0.38 lg(CFU/g)。微生物生长是限制生鲜食品质量和贮藏货架期最主要因素, 菌落总数作为众多评价鱼类鲜度指标之一, 鳙鱼头的 4 个不同部位在运输过程中的菌落总数均未超过临界值 $[7.00 \lg(\text{CFU/g})]$ ^[23]。菌落总数的增长可能是由于随着锡纸保冷袋内的冰袋逐渐融化, 温度逐渐上升, 微生物生长繁殖活动逐渐增强; 同时鳙鱼头切口附近肌肉不断失水, 包装袋内鱼肉表面汁液流失并出现白浊现象, 由于流失的鱼肉汁液富含大量营养更易滋生细菌, 最终使得总体菌落数不断上升。

3 结论

本试验通过评价鳙鱼头的 4 个食用部位(鱼脑、眼部肌肉、下颚肌肉和切口附近肌肉)理化指标和鱼头感官品质的变化, 研究鳙鱼头在 72 h 常规生鲜物流运输过程中的品质变化。得出如下结论:

(1) 在 72 h 模拟运输过程中, 鱼体温度不断升高, 鳙鱼头各部位 pH 降低, TVB-N 含量、TBA 值和菌落总数不断升高, 鱼脑和眼部肌肉各指标变化速度较快。

(2) 在运输过程中, 鳙鱼头切口附近肌肉的硬度、白度和亮度随着时间的延长逐渐下降, 黄度逐渐升高。

(3) 鳙鱼头的感官品质随着运输时间的延长逐渐下降,当超过 60 h 时,鱼头的汁液流失明显,且散发出令人不愉快的腥臭味。

综上,在鳙鱼头加冰模拟保鲜运输过程中,从鳙鱼头被包装处理至配送到消费者手中,运输时间应控制在 60 h 内,此时鳙鱼头的理化品质和感官评价下降不明显。本试验研究的是模拟生鲜运输 72 h,后期可以考虑生鲜运输前的空余时间及运输途中路况颠簸等突发状况,进一步探究运输条件对于鳙鱼细胞结构的影响,建立在生鲜运输过程中温度波动条件下的鳙鱼品质变化的动力学模型。

参考文献

- [1] HONG Hui, LUO Yong-kang, ZHOU Zhong-yun, et al. Effects of low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets stored at 4 °C[J]. Food Chemistry, 2012, 133(1): 102-107.
- [2] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2018 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 25.
- [3] HONG Hui, LUO Yong-kang, ZHOU Zhong-yun, et al. Effects of different freezing treatments on the biogenic amine and quality changes of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) heads during ice storage[J]. Food Chemistry, 2013, 138(2/3): 1 476-1 482.
- [4] 杨胜平, 谢晶, 高志立, 等. 冷链物流过程中温度和时间对冰鲜带鱼品质的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(24): 302-310.
- [5] 黄文博, 谢晶, 罗超, 等. 冷链物流中温度波动对美国红鱼品质变化的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 268-274.
- [6] 贾磊, 熊善柏, 赵思明. 包装方式对冰温贮藏鳙鱼头鲜度的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(22): 328-331.
- [7] 安玥琦, 郭丹婧, 贾磊, 等. 臭氧水浓度对鳙鱼头减菌效果及鲜度品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(11): 4 571-4 577.
- [8] BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, TUEKSUBAN J. Changes in physico-chemical properties and gel-forming ability of lizardfish (*Saurida tumbil*) during post-mortem storage in ice[J]. Food Chemistry, 2003, 80(4): 535-544.
- [9] 高琪. 鳙鱼头冷冻加工与品质改良技术的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015: 10-12.
- [10] 刘勤生, 陈庆森, 柴春祥, 等. 冷藏虾蛄的鲜度评价研究[J]. 食品科技, 2009, 34(10): 141-144.
- [11] STOKNES I S, OKLAND H M W, SYNNESE M, et al. Fatty acid and lipid class composition in eyes and brain from teleosts and elasmobranchs[J]. Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol, 2004, 138(2): 183-191.
- [12] ÖZOGUL Y, ÖZOGUL F, ALAGOZ S. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study[J]. Food Chemistry, 2007, 103(1): 217-223.
- [13] THIANASILAKUL Y, BENJAKULA S, RICHARDS M P. Retardation of myoglobin and haemoglobin-mediated lipid oxidation in washed bighead carp by phenolic compounds[J]. Food Chemistry, 2012, 134(2): 789-796.
- [14] 俞静芬. 淡水鱼鳙鱼的微冻与冰温保鲜技术研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2007: 9-11.
- [15] 邓敏. 浸渍冻结流速及冻藏对草鱼块品质影响的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013: 51-52.
- [16] WETTERSKOG D, UNDELAND I. Loss of redness (a^*) as a tool to follow hemoglobin-mediated lipid oxidation in washed cod mince[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(24): 7 214-7 221.
- [17] RAHMAN M S. State diagram of date flesh using Differential Scanning Calorimetry (DSC)[J]. International Journal of Food Properties, 2004, 7(3): 407-428.
- [18] OFSTAD R, KIDMAN S, MYKLEBUST R, et al. Liquid-holding capacity and structural changes in comminuted salmon (*Salmo salar*) muscle as influenced by pH, salt and temperature[J]. LWT-Food Science and Technology, 1995, 28(3): 329-339.
- [19] NUNEZ DE GONZALEZ M T, HAFLEY B S, BOLEMAN R M, et al. Antioxidant properties of plum concentrates and powder in precooked roast beef to reduce lipid oxidation[J]. Meat Science, 2008, 80(4): 997-1 004.
- [20] CONNELL J J. Methods of assessing and selecting for quality[M]. In control of fish quality. United Kingdom. 3rd ed.[s.l.]: Fishing News Books Oxford, 1990: 122-150.
- [21] BOONSUMREJ S, CHAIWANICHISIRI S, TANTRATIAN S, et al. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(1): 292-299.
- [22] SHI Ce, CUI Jian-yun, YIN Xiao-fei, et al. Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during chilled storage: Effect on lipid and protein oxidation[J]. Food Control, 2014, 40(1): 134-139.
- [23] ROBERTS T A, BAIRD-PARKER A C, TOMPKIN R B. Microorganisms in foods 5: microbiological specifications of food pathogens[J]. Microorganisms in Foods Microbiological Specifications of Food Pathogens, 1996, 8(4): 130-131.