

文章编号: 1000-0615(2019)12-2574-10

DOI: 10.11964/jfc.20181011509

## 不冻液处理对石斑鱼在常温物流过程中的 品质和货架期的影响

吴燕燕<sup>1\*</sup>, 张涛<sup>1,2</sup>, 李来好<sup>1</sup>, 杨贤庆<sup>1</sup>, 郝淑贤<sup>1</sup>, 林婉玲<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部水产品加工重点实验室, 广东广州 510300;

2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

**摘要:** 为了解不冻液处理后的优质养殖石斑鱼在常温直销物流过程中的品质变化和货架期, 本研究对鲜活石斑鱼采用不冻液处理后, 测定其在模拟常温直销物流过程中的肌肉微观结构及其在物流条件下的温度曲线、感官评价、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)、菌落总数和K值的变化, 并与空气冻结处理、对照组的结果进行比较。结果显示, 鲜活石斑鱼采用不冻液处理不仅可使鱼肉保持新鲜的品质, 而且能明显延长常温流通货架期, 物流时间可达到80 h, 该时间下其TVB-N达到26.88 mg/100 g, K值47.965%, 菌落数为5.88 lg (CFU/g), 鱼肉肌肉纤维结构完整, 接近新鲜鱼肉, 感官评价结果好, 比静止空气冻结组延长10 h, 比无冻对照组延长30 h。本研究可为优质石斑鱼的保藏提供新的保鲜、保真、保质技术, 为当前石斑鱼从养殖产地直销到消费者家中的常温物流需求提供技术支持。

**关键词:** 珍珠龙胆石斑鱼; 不冻液处理; 常温直销物流; 品质; 货架期

**中图分类号:** S 985; TS 254.4

**文献标志码:** A

石斑鱼(*Epinephelus* spp.)味道鲜美, 蛋白质含量高, 脂肪以高不饱和脂肪酸为主, 矿物质丰富, 是一种营养价值较高、消费者喜爱的优质海水鱼类<sup>[1]</sup>。随着养殖技术的成熟及市场需求的增加, 近年来全国海水养殖石斑鱼产量激增, 2017年已经达到13.15万t<sup>[2]</sup>。但是受传统石斑鱼鲜活烹饪的影响, 我国石斑鱼主要是以鲜活销售为主, 部分冷冻加工, 但传统的冷冻加工不利于石斑鱼优良品质的维持, 由于石斑鱼价格较高, 目前有关石斑鱼的精深加工产品和技术也极少, 特别是缺乏满足当前市场流通模式的石斑鱼保鲜技术<sup>[1]</sup>, 这严重制约了石斑鱼产业的发展。因此, 为了开拓石斑鱼的流通销售模式, 满足不同的市场需求, 对石斑鱼保鲜物流技术进行了研究。

“网购”是计算机和互联网技术快速发展的

产物, 近年来也催生了许多新兴产业。以生鲜电商(生鲜产品电子商务)为例, 其与物流相伴共生、相互影响。生鲜电商是基于“生鲜”的显著特征, 以冷冻工艺学为基础, 通过人工制冷手段, 在生产流通过程中衔接的低温物流系统工程<sup>[3-6]</sup>, 为人们生活带来便利的同时也存在较大的局限性。目前, 业内对冷链物流系统的要求为生产、贮藏、运输、销售及消费前的各环节必须在低温条件下进行<sup>[7]</sup>, 但由于生鲜电商是新发展的产业, 处于起步阶段, 尚未形成完整独立的冷链物流体系, 造成其成本过高。现阶段对鱼类等水产品冻藏期间理化指标的变化研究较多<sup>[8]</sup>, 而对于水产生鲜电商物流相关的生产、运输研究较少, 特别是从产地到消费者家中的直销生鲜水产品的研究和技术很缺乏<sup>[9]</sup>。随着人们生活水平的提高, 消费者越来越追求从原料产

收稿日期: 2018-10-25 修回日期: 2019-02-14

资助项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-47); 国家重点研发计划(2016YFD0400201-6, 2018YFD0901006); 广东省科技计划项目(2016A020210025)

通信作者: 吴燕燕, E-mail: wuyygd@163.com

地直接购买新鲜水产品, 而产地生产者也希望通过直销这种更低廉快捷的方式将营养健康的养殖水产品直接送达消费者手中, 减少中间供应链流通反应时间, 以保障更新鲜的水产品品质<sup>[10]</sup>。目前, 在广东、山东、海南等地的一些石斑鱼养殖区, 采用捕捞后的鲜活石斑鱼直接加冰置于泡沫箱中邮寄给消费者, 为节约成本, 常采用常温流通方式, 但由于鱼类原料的特殊性, 捕捞后的鱼类在室温下极易腐败变质, 因此在常温物流过程中, 在冬天可以保证近40 h产品的鲜度, 但在夏天仅有20多个小时的品质保证, 无法鲜销到周边及更远的地区, 严重制约了石斑鱼产业的发展。另一方面, 液体速冻技术因其具有冻结速率快、能耗低、冻结质量好等优点而越来越受到青睐, 诸多研究发现, 液体速冻在保持食品原有的质构、口感和外观上更具优势<sup>[11-13]</sup>。为了适应当前新消费模式的需求, 保证新鲜营养的养殖石斑鱼能够从产地直达消费者手中, 急需开展水产直销物流模式下鱼类保鲜时间延长和品质保持技术的研究。因此, 本实验以新鲜珍珠龙胆石斑鱼(♀*Epinephelus fuscoguttatus*×♂*E. lanceolatus*)为对象, 通过不冻液处理之后, 研究其在模拟常温直销物流过程中鱼体温度的变化、鱼肉品质指标的变化和产品的货架期, 并与对照组、静止空气冻结处理的石斑鱼进行比较, 以期对石斑鱼的常温直销流通的保真、保鲜、保质提供新的技术方法, 实现从产地到消费者家中的方便快捷流通新模式, 丰富石斑鱼的多元化销售流通方式, 也为水产品低成本直销物流系统建设提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与试剂

珍珠龙胆石斑鱼, 约600~800 g/尾, 鲜活, 购于广东潮州饶平石斑鱼养殖场。

不冻液为本实验室自制, 冻结点温度为-63℃。

主要试剂: 氢氧化钠、盐酸、三氯乙酸、硼酸、高氯酸、醋酸、三乙胺、甲醛, 均为分析纯, 购自广州化学试剂厂; 柠檬酸、丙二醇、低聚糖类为食品级, 购自广州汇健生物科技有限公司。PCA平板计数琼脂, 广东环凯微生物科技有限公司; PE真空包装袋, 购于雄县旭日纸塑包装有限公司。

### 1.2 主要仪器设备

WJ400H液体冻结机, 饶平万佳水产有限公司; Forma-725超低温冰箱, 艾本德中国有限公司; 电子分析天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; Testo 735-2专业型温度计, 德国德图仪器公司; T50高速匀浆机, 德国艾卡仪器公司; 3K30高速冷冻离心机, 德国Sigma仪器公司; 凯式定氮仪, 浙江托普云农科技股份有限公司; 高效液相色谱仪, Waters仪器设备有限公司; 可调式冰箱, 青岛海尔特种电冰柜有限公司。

### 1.3 实验方法

**样品处理** 将鲜活且体态匀称的养殖石斑鱼运至实验室, 活鱼置于碎冰中进行冰晕, 使鱼体温度预冷至4℃, 并将鱼样用PE真空袋包装。将包装好的鱼随机分为3组, 每个实验组设3条平行鱼样, 分别进行以下3组处理:

①不冻液处理组。将上述一组石斑鱼置于装有不冻液的速冻机内(机内不冻液温度设置为-40℃), 处理55 min至鱼体中心温度达到-18℃后取出鱼样。

②静止空气冻结组。将上述一组石斑鱼置于-18℃的冰柜中冷冻至鱼体中心温度为-18℃。

③对照组。取上述一组石斑鱼作为实验对照组。

**常温直销物流模拟** 将上述3组样品分别置于泡沫箱中(内径体积: 30 cm×18 cm×14 cm, 厚度20 mm), 以鱼冰质量比为1:3的比例加入碎冰, 然后将泡沫箱密封, 置于常温25~35℃环境, 每隔5 h测定箱内温度及鱼体温度并进行感官评价, 每隔12 h取样测定K值、挥发性盐基氮含量、菌落总数。模拟直销常温流通过程中各环节试验设计如图1所示。

**石斑鱼常温直销物流期间温度曲线测定** 将温度采集仪探头分别布置在泡沫箱冰层与泡沫箱盖之间及石斑鱼鱼肉中, 分别测定泡沫箱内部温度及鱼肉中心温度。每5 h采集1次温度数据, 并对整个实验过程进行实时监测。装有鱼的泡沫箱置于能精准控温的冷藏箱中, 针对温度—时间变化进行模拟实验。从泡沫箱中取整条石斑鱼进行指标检测。

**感官评分方法** 参照佟懿等<sup>[14]</sup>的方法略作修改, 以专业培训过的感官评定员10名(男女各5名)根据感官评定标准(表1), 将样品品质特征

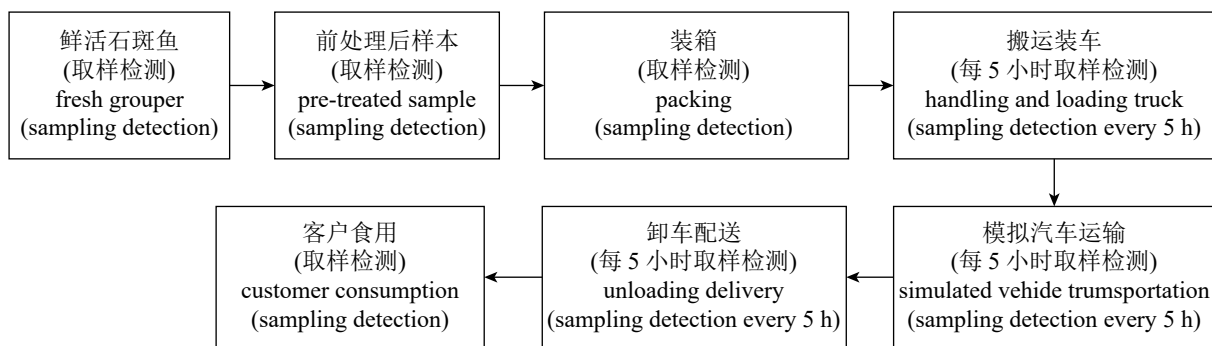


图1 鲜石斑鱼模拟常温直销物流过程

Fig. 1 Fresh grouper simulating direct-sales of normal temperature logistics process

以数字形式表示, 取其加权平均值作为鉴定结果。石斑鱼以气味、体表、眼球腹部、鳃和肌肉组织为检验项目进行评分, 根据评分小组对其敏感程度, 确定各项权重分别为0.3、0.1、0.1、0.3和0.2, 其中满分为10分, 非常好为

9~10分, 较好为7~8分, 好为5~6分, 较差为3~4分, 最差为0~2分, 6分以上为新鲜度良好, 4分以上为可接受, 最终以综合评分的平均值为感官评定结果。

表1 石斑鱼感官评分表

Tab. 1 Sensory evaluation of grouper

指标 index	非常好 best (9-10)	较好 better (7-8)	好 good (5-6)	较差 poor (3-4)	最差 worst (0-2)
气味 odor	无异味, 固有气味浓郁	无异味, 固有气味较淡	无异味, 固有气味丧失, 转腥味	有发酸气味, 略有腐败的鱼腥臭味	浓烈酸臭味, 有腐败的鱼腥臭味
体表 body surface	黏液稀薄透明; 鳞片有光泽, 紧贴鱼体, 不易脱落	黏液增多; 鳞片光泽暗淡, 少部分鳞片脱落	黏液增多; 鳞片光泽略灰暗, 少部分鳞片脱落	黏液浓稠, 有异味; 鳞片微微发白, 易脱落	黏液变稀薄但严重浑浊; 鳞片大面积脱落
眼球 eyes	眼球饱满, 角膜透明清澈	眼球饱满, 角膜略浑	眼球饱满, 角膜浑浊	角膜浑浊起皱	眼球内陷, 浑浊、充血
腹部 belly	腹部紧致	腹部略紧不膨胀	腹部柔软	腹部松软, 稍膨胀	严重膨胀变软
鳃 fish gills	鳃丝鲜红且分明, 黏液稀薄透明	鳃丝红褐色, 无黏连; 黏液透明较稀	鳃丝红褐色偏暗, 略有黏连; 黏液变稠、变浑浊	鳃丝呈灰褐色, 黏连严重, 黏液较稠	鳃丝呈粉褐色, 灰白、浑浊
肌肉 fish muscle	有光泽、弹性好, 肉质紧致、致密完整、纹理清晰	色泽正常, 有弹性, 肉质紧密、纹理较清晰	色泽偏暗, 弹性较差, 肉质稍有松软、不紧实, 纹理较清晰	色泽偏暗无弹性, 肉质带糜感, 按压有液体流出, 纹理可见	色泽偏黄, 无弹性, 肉质松软、有黄色液体流出
蒸熟鱼肉的滋味和质地 the taste and texture of steamed fish	鲜味浓; 肉质富有弹性, 有嚼劲, 多汁柔软	鲜味较淡; 肉质较有弹性, 较多汁、柔软	鲜味不明显, 肉质略有弹性, 汁液较少, 略硬	略有异味; 肉质无弹性, 略干硬	有异味, 干硬无嚼劲

**K值测定方法** 鱼死后肌肉中三磷酸腺苷依次降解为二磷酸腺苷、腺苷酸、肌苷酸、次黄嘌呤核苷和次黄嘌呤。参照标准<sup>[15]</sup>和Wang等<sup>[16]</sup>的方法略改进, 称取2.00 g绞碎的样品放入离心管中, 加入20 mL 10%高氯酸, 冰浴均质1 min, 8 000 r/min冷冻离心10 min, 收集上清液, 再往沉淀物中加入10 mL 5%高氯酸提取待测物, 重复操作2次, 合并上清液, 用NaOH中和至pH为6.2, 4 °C水定容至50 mL, 8 000 r/min冷冻离心10 min, 用0.22 μm滤膜过滤。

**HPLC条件:** 色谱柱Grace Smart RP-185 U(250 mm×4.6 mm), 用pH 4.8的20 mmol/L柠檬酸、20 mmol/L醋酸、20 mmol/L三乙胺混合液平衡和洗脱。10 μL进样量, 0.8 mL/min, 35 °C柱温, 检测波长260 nm。

**K值计算:**

$$K(\%) = \frac{(HxR + Hx)}{(ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx)} \times 100\%$$

各物质的单位为μmol/g。

挥发性盐基氮(TVB-N)的测定 参照标

准<sup>[17]</sup>和Aubourg等<sup>[18]</sup>的方法略改进,将石斑鱼肉(约5 g)绞碎后至45 mL高氯酸溶液中,10 000 r/min均质30 s后过滤,滤液用半微量定氮蒸馏装置蒸馏,收集待测样品中的碱性含氮物质后用微量酸式滴定管进行盐酸滴定中和,将记录的用量代入公式计算挥发性盐基氮的值。

**菌落总数的测定** 参照标准<sup>[19]</sup>进行微生物检测。细菌总数:平板计数琼脂,30 °C培养48 h;细菌总数测定取样:随机取石斑鱼样品后在无菌超净台内采肉,采用靠近鱼背部的肌肉进行测定。

**肌纤维组织结构显微镜观察法<sup>[20]</sup>** 将鱼肉纵切成0.5 cm×0.5 cm×0.5 cm(长×宽×高)的小块,用10%甲醛溶液固定48 h后,用梯度乙醇(70%、80%、90%、95%、100%)脱水,用二甲苯浸泡2 h至透明后再浸蜡2 h,最后用切片机切成10 μm薄片,于展片盒中展开(水温45 °C)。将薄片完全展平后贴于载玻片上,于70 °C烘箱中烘1~2 h,待石蜡脱尽;然后用2次二甲苯洗脱40 min,再用梯度乙醇(100%、95%、90%、80%、70%)洗脱,每个梯度2~3 min。然后蒸馏水洗脱,1%伊红溶液染色10~20 s,95%乙醇脱水2~3

min,二甲苯透明40 min,再进行显微镜观察。

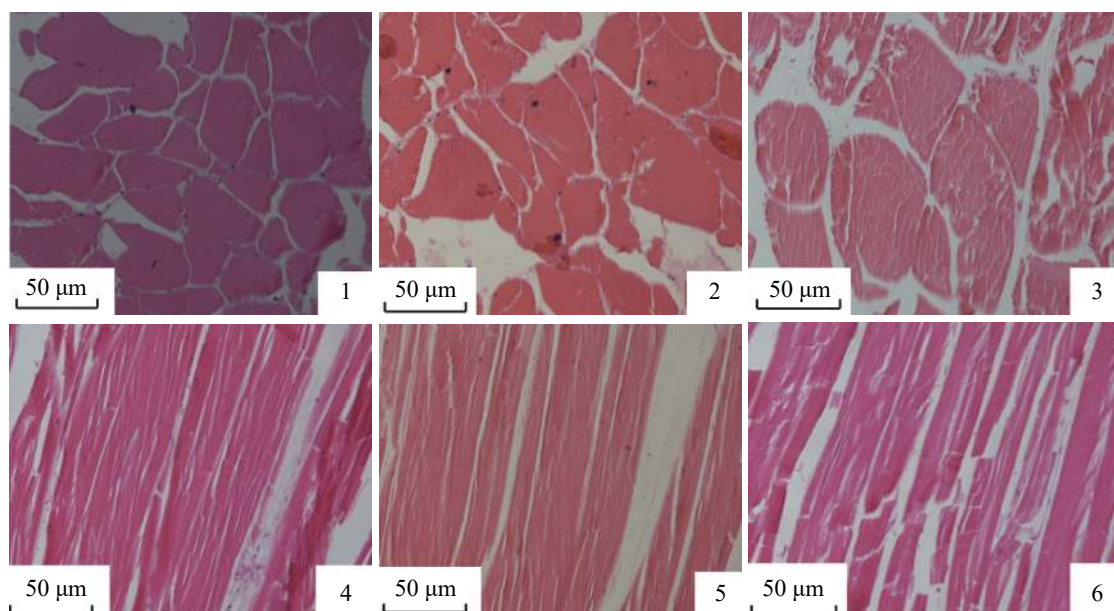
## 1.4 数据分析

采用SPSS 12.0和Excel 2007软件计算实验数据并统计作图。数据取3次平行实验平均值,结果采取平均值±标准差的形式。不同处理间的比较采用最小显著差异法(least significant difference, LSD),差异显著水平取 $P<0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 不冻液处理对石斑鱼肌肉结构的影响

对照组的鱼片为新鲜鱼片(图版-1,图版-4),其肌肉组织排列整齐,彼此紧密相连,肌内膜表面光滑,原生质分布均匀;纵切肌肉面纤维束紧密、光滑,有质感。不冻液处理组鱼片(图版-2,5)的鱼肉纤维破坏较小,横切肌纤维面仍保持完整,虽然肌束间隙略有增大,但与新鲜鱼片差距不大;纵切肌纤维束间隙有所增大,但并未出现大量断裂,细胞有较好的完整性,其与新鲜鱼片的组织最接近。静止空气冻结组(图版-3,6)纤维之间的间隙增大,肌纤维的横截面呈不同的碎裂形状,肌内膜和肌束膜破裂;纵切纤维



图版 三种处理方式下石斑鱼片肌纤维组织结构比较

肌肉组织横切40倍镜观察:1.新鲜鱼,2.不冻液处理鱼片,3.静止空气冻鱼片。肌肉组织纵切40倍镜观察:4.新鲜鱼,5.不冻液处理鱼片,6.静止空气冻鱼片

### Plate Comparison of the structure of muscle fibers of grouper fish in three treatment methods

Cross-cutting of muscle tissue, 40 times microscopic observation: 1. fresh fish fillets, 2. unfrozen liquid processed fish fillets, 3. still air frozen fish fillets. Longitudinal section of muscle tissue, 40 times microscopic observation: 4. fresh fish fillets, 5. unfrozen liquid processed fish fillets, 6. still air frozen fish fillets

束间隙明显增大，内部断裂痕明显，形状不规则，肌节受到的机械损伤明显。

### 2.2 不冻液处理对石斑鱼在常温物流过程中温度变化影响

温度是生鲜物流过程中对鱼类鲜度影响最主要的因素，鱼类冷藏链要求鱼捕捞后，在其加工、运输、贮藏到销售各环节都在低温环境下进行。不同前处理之后的石斑鱼在模拟常温直销物流的过程中，不冻液处理组鱼肉温度均保持较慢的上升速率，而对照组则呈现较快的上升速率，前25 h冰未完全融化，箱内温度和鱼

肉温度相差不大，且保持较低温度(图2-a)。此时箱内鱼样处于解冻状态，相同时间点不冻液处理组的箱温和鱼温均比静止空气冻结组和对照组温度低，且鱼肉温度上升缓慢(图2-b)。各组别鱼体温度保持在4℃以下的时间，分别为不冻液处理组50 h、静止空气冻结组35 h，对照组20 h(图2-b)。当存放时间为50~70 h时，受冰块完全融化以及箱内、外温差影响，液体速冻组和静止空气冻结组箱内温度上升速率加快(图2-a)，此时间段鱼体温度也明显上升(图2-b)，这阶段也是鱼肉品质劣变最迅速的时期。

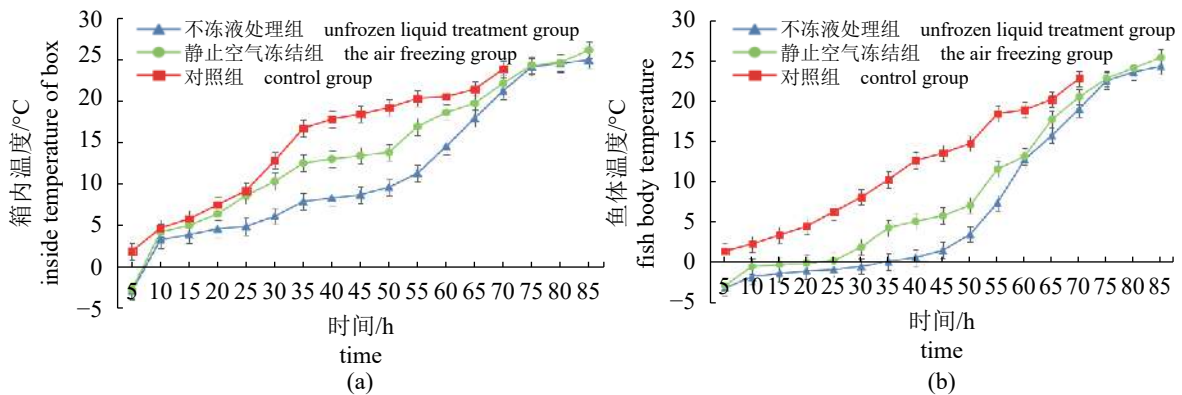


图2 常温直销物流过程中箱内(a)和鱼体(b)温度实时监测

Fig. 2 Real-time monitoring of foam tank(a) and fish body(b) temperature during normal temperature direct-sale logistics

### 2.3 不冻液处理对石斑鱼在常温物流过程中感官品质的影响

感官品质直接影响消费者购买生鲜食材的欲望。不冻液处理后的石斑鱼生品和熟品的各项感官评价显示，不冻液处理组的鱼肉无论是鲜鱼还是煮熟后，鱼肉质地和滋味评分均与对

照组无显著差异( $P>0.05$ )，总体口感上与新鲜鱼肉相似；而静止空气冻结组的石斑鱼肌肉质地与不冻液处理组和对照组间均有显著差异( $P<0.05$ )，而煮熟后鱼肉质地和滋味极显著低于对照组和不冻液处理组( $P<0.01$ )(表2)。

表2 不冻液处理后的鲜、熟石斑鱼肉的感官评价表(分值)

Tab. 2 Sensory evaluation of fresh and cooked grouper fish meat after unfrozen liquid treatment (score)

实验组 experimental group	鲜鱼 fresh fish			熟鱼 cooked fish		
	外观 appearance	气味 odor	肌肉质地 muscle texture	气味 odor	肌肉质地 muscle texture	滋味 taste
不冻液处理组 unfrozen liquid treatment group	9.54±0.11	9.48±0.19	9.69±0.77	9.88±0.47	9.72±1.13	9.80±0.60
静止空气冻结组 air freezing group	9.55±0.16	9.52±0.32	9.16±0.64*	9.84±0.55	8.93±1.71**	8.85±0.74**
对照组 control group	9.84±0.24	9.75±0.35	9.87±0.48	9.92±1.63	9.86±1.05	9.98±0.32

注: \*表示差异显著( $P<0.05$ ), \*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )

Notes: \* represents significant differences ( $P<0.05$ ), \*\* represents extremely significant differences ( $P<0.01$ )

石斑鱼在模拟常温直销物流过程中，感官评分显示随时间的延长，石斑鱼感官品质均下

降(图3)，3组实验组差异显著( $P<0.05$ )。在物流模拟前20 h，3组石斑鱼的感官品质都下降较

慢, 但随着时间的延长, 不冻液处理组的石斑鱼感官品质明显优于对照组和静止空气冻结组。不冻液处理组由于活石斑鱼在较短时间内中心温度达到 $-18^{\circ}\text{C}$ , 且箱内和鱼体温度一直保持较低温度, 所以该组石斑鱼感官品质下降最不明显, 鱼肉劣变最慢, 其保鲜极限可达80 h; 而对照组则相反, 其鱼肉品质劣变速率最快; 静止空气冻结组由于石斑鱼在较长时间内中心温度才达到 $-18^{\circ}\text{C}$ , 所以鱼肉品质随着箱内温度的升高变化明显, 主要劣变表现为色泽偏暗偏黄, 肉质松软较明显, 且在55 h时有异味。

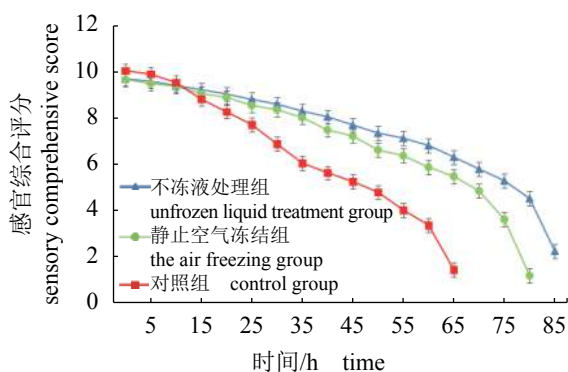


图3 不冻液处理组石斑鱼在常温直销物流过程中的感官评分变化

Fig. 3 Change of sensory evaluation in the process of normal temperature direct-sale logistics of grouper treated with unfrozen liquid

#### 2.4 不冻液处理对石斑鱼在常温物流过程中K值的影响

K值能够较准确地反映鱼体死后的新鲜程度, 是评价鱼类鲜度的良好化学指标, 一般认为鱼肉K值在20%以下为一级鲜度, 20%~40%为二级鲜度, 60%以下可供一般食用与加工, 60%~80%为初期腐败鱼, K值越大表明水产品越不新鲜<sup>[21-22]</sup>。石斑鱼在模拟常温直销物流过程中, 不冻液处理组的K值明显低于对照组和静止空气冻结组, 并在整个物流模拟过程中均处于缓慢上升状态(图4)。不冻液处理组的石斑鱼保持一级鲜度的时间最长, 达到60 h, 比静止空气冻结组的石斑鱼要延长15 h, 比对照组延长32 h左右。对照组在物流模拟的12 h后, K值基本呈线性上升趋势, 静止空气冻结组在物流模拟的24 h后K值上升趋势加快, 不冻液处理组石斑鱼K值极显著低于同期静止空气冻结组和对照组( $P<0.01$ ),

说明不冻液处理组在常温物流过程中能更好地保持鱼肉的鲜度。不冻液处理组在物流模拟70 h后, 受冰块完全融化和鱼肉温度升高影响较大, K值增长迅速, 原因可能是温度上升导致鱼肉中的微生物开始迅速生长和内源酶活性增强, 鱼肉蛋白质开始分解变质。以K值60%为不可食用的腐败限值, 不冻液处理后的石斑鱼在物流模拟85 h后才超过该限值。

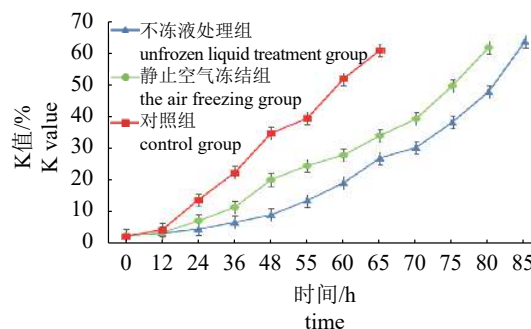


图4 不冻液处理组石斑鱼在常温直销物流过程中的K值变化

Fig. 4 Change of K value in the process of normal temperature direct-sale logistics of grouper treated with unfrozen liquid

#### 2.5 不冻液处理对石斑鱼在常温物流过程中菌落总数的影响

不冻液处理组在常温直销物流过程中菌落总数的变化最小, 其中在前48 h, 不冻液处理组和静止空气冻结组鱼肉菌落总数变化无显著性差异( $P>0.05$ )(图5), 因为此时段鱼肉和箱内温度均较低, 抑制了微生物的生长; 但不冻液处理组的菌落总数在整个物流过程中均低于静止空气冻结组, 这是因为不冻液处理组的活石斑鱼在较短时间内中心温度达到 $-18^{\circ}\text{C}$ , 石斑鱼肉受微生物污染最小, 从石斑鱼片肌纤维切片状态(图版)也可反映其鱼肉的品质保持最好, 接近新鲜石斑鱼品质; 而对照组其箱内温度和鱼样温度迅速上升, 故导致了菌落总数呈现爆发式增长, 石斑鱼肉快速发生变质。不冻液处理组的鱼肉菌落总数呈现快速增长趋势是在70 h后, 而静止空气冻结处理组是在48 h后。这与前文常温物流过程中鱼体温度变化趋势一致, 说明鱼肉中心温度升高可直接导致微生物快速生长。

参考冻罗非鱼片国家标准<sup>[23]</sup>, 菌落总数超过 $6.0 \lg(\text{CFU/g})$ 时, 样品开始腐败, 不冻液处理

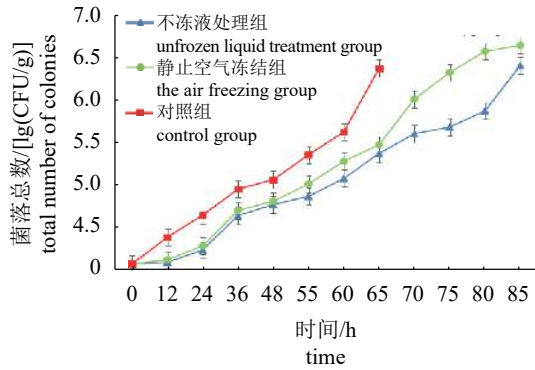


图5 不冻液处理石斑鱼在常温直销物流过程中的细菌总数变化

Fig. 5 Change of total viable count in the process of normal temperature direct-sale logistics of grouper treated with unfrozen liquid

组在物流模拟过程中, 菌落总数低于6.0 lg (CFU/g) 的时间为80 h, 比对照组、静止空气冻结组分别延长了20和10 h。该标准下不冻液处理组的细菌增长速率为0.027 5 lg (CFU/g)/h, 远远低于静止空气冻结组0.030 0 lg (CFU/g)/h和对照组0.035 4 lg (CFU/g)/h, 反映出该组保鲜品质优于静止空气冻结组。

### 2.6 不冻液处理对石斑鱼在常温物流过程中TVB-N的影响

不冻液处理石斑鱼的TVB-N变化表明, 虽然在整个物流期间TVB-N值均呈上升趋势, 但不冻液处理组的TVB-N变化较对照组和静止空气冻结组缓慢, 其在75 h后才呈现爆发式增长趋势; 对照组仅在48 h前增长较慢, 而后均快速上升; 静止空气冻结组在65 h后才呈现快速增长趋势(图6)。这与前面菌落总数的变化趋势相似, 进一步说明随着鱼体温度上升, 微生物快速生长, 从而分解鱼肉蛋白质产生挥发性碱性含氮物质, 使得鱼肉中TVB-N含量上升。根据鲜冻水产食品标准<sup>[24]</sup>, 不冻液处理组TVB-N值低于上限30 mg/100 g的时间是80 h, 分别比静止空气冻结组和对照组样品延长10和20 h。综上, 不冻液处理的石斑鱼变质速率明显比静止空气冻结组和对照组慢, 该结果与杨胜平等<sup>[25]</sup>研究冷链物流过程中温度和时间对冰鲜带鱼品质的影响中TVB-N的变化较为相似。

## 3 讨论

现代消费者对食品的营养、健康和安全性愈

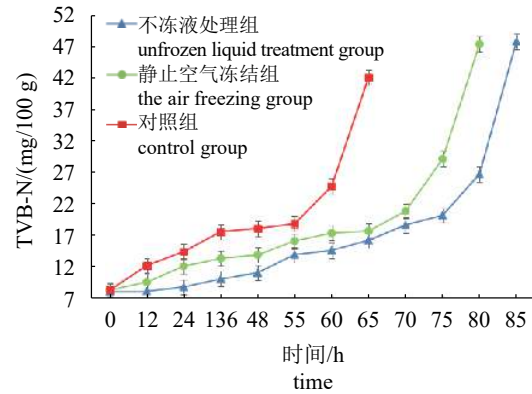


图6 不冻液处理石斑鱼在常温直销物流过程中TVB-N的变化

Fig. 6 Change of TVB-N in the process of normal temperature direct-sale logistics of grouper treated with unfrozen liquid

发重视, 而通过网络信息平台, 可以让消费者看到石斑鱼养殖捕获的全过程, 从而促进了消费者的购买欲。但鱼类离开水之后极易发生腐败变质, 目前虽然在大城市有冷库和冷链流通, 但由于起步较晚、普及度不高, 因此如何保证从养殖产地将石斑鱼通过常温直销物流送到消费者手中并依然保持新鲜, 是当前产业亟需解决的技术问题。

鲜活石斑鱼如果仅采用常规的鱼加冰运输, 在常温下流通, 其保鲜时间通常仅1~2 d, 所以不能满足长距离的流通消费需求。而采用静止空气冻结处理, 由于冻结时间长, 鱼肉在冻结过程中形成的冰晶大, 对鱼肉结构破坏大, 解冻的时候, 营养物质随水分一起流失, 从而导致产品的品质明显下降, 这与廖媛媛等<sup>[26]</sup>和邓敏等<sup>[27]</sup>以不同冻结方式对大黄鱼(*Larimichthys crocea*)和草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)块质构特性的研究结论一致。

本研究采用小型便捷式设备, 以安全的食品添加剂丙二醇、低聚糖等组成的不冻液具有成本低、可反复使用且处理时间短的特点, 将鲜活石斑鱼包装之后进行不冻液处理, 通过分析其生、熟品的感官品质、微观组织结构, 表明石斑鱼采用不冻液处理之后, 鱼肉在感官上保持新鲜的口感和品质, 这是因为不冻液的超低温快速作用, 鱼体迅速通过冰晶形成区域, 使肌原纤维细胞内部的水分形成的冰晶极少, 对周围的肌纤维影响小, 所以解冻时不会造成组织细胞的破裂<sup>[28]</sup>。这与Badii等<sup>[29]</sup>的研究结果基

本一致, Badii等<sup>[29]</sup>认为速冻温度越低, 热量传递越快, 其冻结速率更快, 冰晶颗粒更小, 对细胞破坏程度更小; 而静止空气冻结由于中心温度达到 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时间长, 对组织结构破坏较大, 冻结过程中存在于肌原纤维蛋白内部的水结成的冰晶大, 挤压附近的肌纤维, 造成组织细胞破裂<sup>[30]</sup>, 所以在流通过程中由于温度的升高造成水分流失, 鱼肉组织结构溃散加速劣变, 同时产品的品质口感也较差。欧阳杰等<sup>[31]</sup>同样认为直接浸渍冻结的大黄鱼质构特性优于 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 空气冻结。通过分析其鱼体温度、K值、菌落数及TVB-N值变化等保鲜时间, 表明不冻液处理能有效抑制鱼体表面的微生物活性, 同时在物流过程中温度上升更缓慢, 减缓了鱼体微生物的生长和内源酶活性, 使得鱼肉蛋白质分解变质速率低, 可有效延缓K值和TVB-N值增长速率, 导致其保鲜品质明显优于对照组和静止空气冻结组, 保鲜期比静止空气冻结组延长10 h, 比对照组延长30 h。鲜活石斑鱼采用不冻液处理后, 可在常温直销物流中保持长达80 h的保鲜货架期, 石斑鱼在该货架期内仍具有新鲜石斑鱼的感官品质, 肌肉纤维结构完整, TVB-N达到 $26.88\text{ mg}/100\text{ g}$ , K值 $47.965\%$ , 菌落数为 $5.88\text{ lg}(\text{CFU}/\text{g})$ 。

采用不冻液处理石斑鱼不仅能明显延长流通货架期, 保持鱼肉的新鲜口感, 而且提高了生产效率, 为常温直销物流模式提供技术和理论支撑, 为养殖鱼类的销售流通提供新的模式, 也为鱼类等水产品的保质保鲜技术提供依据, 进一步拓展了石斑鱼市场, 促进了产地到家庭的安全、简便的直销模式的发展。

#### 参考文献:

- [1] 张涛, 吴燕燕, 林婉玲. 石斑鱼的营养、保鲜与加工技术现状[J]. 食品工业科技, 2018, 39(8): 324-329, 334.  
Zhang T, Wu Y Y, Lin W L. Status of nutrition, preservation and processing technology of grouper (*Epinephelus*)[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(8): 324-329, 334(in Chinese).
- [2] 农业农村部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.  
Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China fishery statistical yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2018 (in Chinese).
- [3] Xiao X Q, He Q L, Fu Z T, *et al.* Applying CS and WSN methods for improving efficiency of frozen and chilled aquatic products monitoring system in cold chain logistics[J]. *Food Control*, 2016, 60: 656-666.
- [4] Laguerre O, Hoang H M, Flick D. Experimental investigation and modelling in the food cold chain: thermal and quality evolution[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, 29(2): 87-97.
- [5] Matthias D M, Robertson J, Garrison M M, *et al.* Freezing temperatures in the vaccine cold chain: a systematic literature review[J]. *Vaccine*, 2007, 25(20): 3980-3986.
- [6] Yue J, Liu L, Li Z B, *et al.* Improved quality analytical models for aquatic products at the transportation in the cold chain[J]. *Mathematical and Computer Modelling*, 2013, 58(3-4): 474-479.
- [7] 金芯名. 生鲜农产品电商冷链物流研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2017.  
Jin X M. Research on cold chain logistics of fresh agricultural products E-commerce[D]. Wuhan: Central China Normal University, 2017 (in Chinese).
- [8] 洪惠, 朱思潮, 罗永康, 等. 鲮在冷藏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.  
Hong H, Zhu S C, Luo Y K, *et al.* Quality changes of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) during chilled and partial freezing storage[J]. *South China Fisheries Science*, 2011, 7(6): 7-12(in Chinese).
- [9] 陈镜羽, 黄辉. 我国生鲜农产品电子商务冷链物流现状与发展研究[J]. *科技管理研究*, 2015(6): 179-183.  
Chen J Y, Huang H. Study on current status and countermeasures of cold chain for fresh agricultural products based on E-commerce[J]. *Science and Technology Management Research*, 2015(6): 179-183(in Chinese).
- [10] 邹霞. 直销企业的物流模式及其发展[J]. *物流技术*, 2012, 31(3): 32-34.  
Zou X. Logistics mode of direct-sales enterprises and its development[J]. *Logistics Technology*, 2012, 31(3): 32-34(in Chinese).
- [11] 叶琼娟, 余铭, 张全凯, 等. 速冻技术在食品工业中的应用研究进展[J]. *农产品加工·学刊*, 2012(12): 97-100.  
Ye Q J, Yu M, Zhang Q K, *et al.* The application of quick-frozen technology in food engineering[J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2012(12): 97-100(in Chinese).
- [12] 杨贤庆, 侯彩玲, 刁石强, 等. 浸渍式快速冻结技术的研究现状及发展前景[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(12): 434-437.



- Yang X Q, Hou C L, Diao S Q, *et al.* Research status and prospects of immersion chilling and freezing[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(12): 434-437(in Chinese).
- [13] Li D M, Zhu Z W, Sun D W. Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: a review[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, 75: 46-55.
- [14] 佟懿, 谢晶. 鲜带鱼不同贮藏温度的货架期预测模型[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(6): 301-305.
- Tong Y, Xie J. Prediction model for the shelf-life of *Trichiurus haumela* stored at different temperatures[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2009, 25(6): 301-305(in Chinese).
- [15] 中华人民共和国农业部. 鱼类鲜度指标K值的测定高效液相色谱法: SC/T 3048-2014[S]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 1-6.
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of K value of fish freshness index-high performance liquid chromatography: SC/T 3048-2014[S]. Beijing: Agriculture Press of China, 2014: 1-6 (in Chinese).
- [16] Wang Q, Xue C H, Li Z J, *et al.* Changes in the contents of ATP and its related breakdown compounds in various tissues of oyster during frozen storage[J]. *Journal of Ocean University of China*, 2007, 6(4): 407-412.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中挥发性盐基氮的测定: GB 5009.228-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-8.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Determination of volatile base nitrogen in food: GB/5009.228-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-8 (in Chinese).
- [18] Aubourg S P, Piñeiro C, Gallardo J M, *et al.* Biochemical changes and quality loss during chilled storage of farmed turbot (*Psetta maxima*)[J]. *Food Chemistry*, 2005, 90(3): 445-452.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品微生物学检验菌落总数测定: GB 4789.2-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 1-5.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard food microbiological examination: aerobic plate count: GB/4789.2-2016[S]. Beijing: China Standard Press, 2017: 1-5 (in Chinese).
- [20] Liu D S, Liang L, Xia W S, *et al.* Biochemical and physical changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets stored at -3 and 0 °C[J]. *Food Chemistry*, 2013, 140(1-2): 105-114.
- [21] 杨文鸽, 薛长湖, 徐大伦, 等. 大黄鱼冰藏期间ATP关联物含量变化及其鲜度评价[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(6): 217-222.
- Yang W G, Xue C H, Xu D L, *et al.* Changes of ATP-related compounds contents and freshness evaluation of *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(6): 217-222(in Chinese).
- [22] Erikson U, Misimi E, Gallart-Jornet L. Superchilling of rested Atlantic salmon: different chilling strategies and effects on fish and fillet quality[J]. *Food Chemistry*, 2011, 127(4): 1427-1437.
- [23] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准管理委员会. 冻罗非鱼片: GB/T 21290-2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 1-7.
- State Administration of Market Supervision, China National Standard Administration Committee. Frozen tilapia fillets: GB/T 21290-2018 [S]. Beijing: China Standard Press, 2018:1-7 (in Chinese).
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准鲜、冻动物性水产品: GB 2733-2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-2.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard fresh and frozen animal aquatic products: GB 2733-2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-2 (in Chinese).
- [25] 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.
- Yang S P, Xie J, Gao Z L, *et al.* Effect of temperature and time fluctuations on quality changes of iced *Trichiurus haumela* in cold chain logistics process[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(24): 302-310(in Chinese).
- [26] 廖媛媛, 欧昌荣, 汤海青, 等. 三种冻结方式对大黄鱼品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2014, 30(7): 218-223.
- Liao Y Y, Ou C R, Tang H Q, *et al.* Effects of three freezing methods on the quality changes of *Pseudosciaena crocea*[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(7): 218-223(in Chinese).
- [27] 邓敏, 朱志伟. 不同冻结方式对草鱼块品质特性的影响[J]. *现代食品科技*, 2013, 29(1): 55-58, 76.
- Deng M, Zhu Z W. Effect of different freezing way on

- the quality characteristics of grass carp cubes[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(1): 55-58, 76(in Chinese).
- [28] Kim Y H B, Liesse C, Kemp R, *et al.* Evaluation of combined effects of ageing period and freezing rate on quality attributes of beef loins[J]. *Meat Science*, 2015, 110: 40-45.
- [29] Badii F, Howell N K. Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage[J]. *Food Hydrocolloids*, 2002, 16(4): 313-319.
- [30] 荣建华, 张亮子, 谢淑丽, 等. 冷冻对脆肉鲩和草鱼肉微观结构和质构特性的影响[J]. *食品科学*, 2015, 36(12): 243-248.
- [31] 欧阳杰, 谈佳玉, 沈建, 等. 浸渍冻结大黄鱼贮藏期间品质变化研究[J]. *南方水产科学*, 2013, 9(6): 72-77.
- Ouyang J, Tan J Y, Shen J, *et al.* Quality changes of immersion freezing *Pseudosciaena crocea* during storage[J]. *South China Fisheries Science*, 2013, 9(6): 72-77(in Chinese).

## Effects of unfrozen liquid treatment on the quality and shelf life of grouper in normal temperature direct-sale logistics course

WU Yanyan<sup>1\*</sup>, ZHANG Tao<sup>1,2</sup>, LI Laihao<sup>1</sup>, YANG Xianqing<sup>1</sup>, HAO Shuxian<sup>1</sup>, LIN Wanling<sup>1</sup>

(1. Key Lab of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

2. College of Food Sciences and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to understand the quality change and shelf life of high quality cultured grouper (*♀Epinephelus fuscoguttatus* × *♂E. lanceolatus*) after the treatment of unfrozen liquid in the normal temperature direct-sale logistics course, in this paper, the fresh grouper was treated with unfrozen liquid, and its muscle microstructure, the change of temperature curve, sensory evaluation, total volatile basic nitrogen (TVB-N), the total number of colonies and K value were determined, and compared with the results of air freezing treatment and the control group. The results showed that the treatment of fresh grouper with unfrozen liquid not only can maintain the quality of fresh fish, but also can extend the shelf life of normal temperature logistics, and the logistics time can reach 80 h. At this time, its TVB-N reached 26.88 mg/100 g. The K value was 47.965%, the colony number was 5.88 lg (CFU/g), the fish muscle fiber structure was intact, close to fresh fish meat, and the sensory evaluation was good, which was 10 hours longer than the still air freezing group and 30 hours longer than the control group. This research can provide new fresh-keeping, fidelity and quality assurance technology for high-quality groupers, and also provide technical support for the current grouper's normal temperature logistics demand from the direct production of the grouper to the consumer's home.

**Key words:** cultured grouper (*♀Epinephelus fuscoguttatus* × *♂E. lanceolatus*); unfrozen liquid treatment; the normal temperature direct-sale logistics; quality; shelf life

**Corresponding author:** WU Yanyan. E-mail: wuyygd@163.com

**Funding projects:** China Agriculture Research System (CARS-47); National Key R & D Program of China (2016YFD0400201-6, 2018YFD0901006); Guangdong Science and Technology Plan Project (2016A020210025)