

## 罗非鱼的微冻保鲜\*

沈月新 魏鹤声 童瑞璜 孙佩芳 赵玉慧 欧月爱 童隆华

(上海水产大学)

**提要** 本文以养殖的罗非鱼为对象,在 $-3^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 空气微冻条件下,通过对鱼肉鲜度指标K值、细菌数及pH值的测定,探讨微冻鱼的质量的变化情况,并与冰藏鱼作比较。同时还对微冻鱼肌肉作组织切片,观察其冰结晶,并与 $-18^{\circ}\text{C}$ 冻结鱼及新鲜鱼作对照。实验结果表明, $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻法比冰藏法温度仅低 $3^{\circ}\text{C}$ ,但鱼肉鲜度指标K值上升缓慢,细菌繁殖受到抑制,大大延长了罗非鱼的保藏时间,贮藏期可达一个月左右。鱼肉pH值与鱼的鲜度之间无明确的相关关系。 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻鱼肌肉中的冰结晶是慢冻型的,对肌肉组织有损伤,但其冻结率比 $-18^{\circ}\text{C}$ 冻鱼低,未冻结部分的肌肉组织与新鲜鱼的肌肉组织相接近。

**主题词** 鱼类冷藏、微冻保鲜、罗非鱼。

鱼类的微冻保鲜是在略低于冻结点温度条件下,使鱼体部分水分冻结从而达到保持鲜度的一种方法。微冻保鲜的温度比一般冰藏温度略低,但鱼类保藏的时间根据鱼品种不同,一般比冰藏法可延长1.5—2倍<sup>[1]</sup>。早在1931年英国托里研究所研究的结果认为,理想的冷却温度应是低于冻结点的温度。但是因为食品冻结时要尽快通过 $-1$ — $-5^{\circ}\text{C}$ 这一最大冰晶生成温区,否则就会影响食品的质量,因此微冻保鲜技术并未引起普遍重视。六十年代初,葡萄牙开始在渔船上安装了微冻保鲜装置,此后,英国、西德、加拿大、苏联、日本先后于六十年代中、后期及七十年代初,又开始重视微冻保鲜技术的研究。苏联于1970年将微冻保鲜工艺推荐应用于生产,目前已在金枪鱼渔船、沿海作业渔船和海上鱼类加工船上使用。日本为了延长非耐冻性鱼类的保藏期,将微冻保鲜技术列为1977—1980年的课题计划,做了大量的研究工作。1979年日本内陆水域渔民联合会开始用微冻运输代替活鱼运输,向东京供应微冻鲤鱼和虹鳟鱼。1980年日本市场开始出售微冻用的电冰箱( $-3^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ), $-3^{\circ}\text{C}$ 与 $-30^{\circ}\text{C}$ 比较,电力消耗减少50%<sup>[1]</sup>,因此日本计划用微冻系统改装原有的鱼舱<sup>[2]</sup>。

我国于1975年起开展鱼类微冻保鲜工艺的研究。南海水产研究所在试验渔船上采用低温盐水浸渍的微冻工艺,鱼货保藏时间比冰藏延长1.5—2倍。青岛海洋渔业公司在南海作业的渔船上采用低温酸水微冻保鲜,也取得了良好的效果,鱼货质量比冰藏好,延长了保藏时间,并降低了生产成本<sup>[4]</sup>。

为了使微冻保鲜的新工艺能推广应用于水产品的流通环节中去,使远离鱼类产地的地区也能得到鲜度较高的水产品,我们对微冻保鲜工艺开展了进一步的研究。本报告是以罗非鱼为对象,在实验室温度为 $-3^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 空气微冻条件下,通过对鱼肉鲜度指标K

\* 本试验得到上海市水产研究所汪锡钧、黄顺娣,上海水产供销公司冷冻厂陈天敏,本院养殖系张克俭、周平凡、张敏、电化室陈荣道等同志的帮助,在此表示感谢。

值、细菌数及 pH 值的测定,探讨微冻鱼的质量随时间的变化情况,并与冰藏鱼作比较。同时还对微冻鱼的肌肉作组织切片,观察其冻结晶的情况,并与  $-18^{\circ}\text{C}$  冻结鱼及刚起捕的新鲜鱼作对照。

## 试验材料与方法

1984年10月20日从上海市水产研究所养殖场捕获罗非鱼120余尾(体长14—16厘米,体重约130克),作为试验材料,捕获后加碎冰装入塑料保温鱼箱(上海水产供销公司技术科研制),2小时后运回实验室。为了防止试验鱼在  $-3^{\circ}\text{C}$  微冻冷藏箱中干燥失水,将试验鱼每四尾装入一聚乙烯袋中,然后分别进行冰藏和  $-3^{\circ}\text{C}$  微冻保藏试验。另外还取出三尾鱼装入聚乙烯袋中,同时放入上海水产供销公司冷冻厂  $-18^{\circ}\text{C}$  冷藏室中进行冻结,作为微冻鱼肌肉组织冰结晶观察的对照样品。

微冻保藏是将袋装试验鱼放在由铝条制成的盘中,铝盘放在特制的木架上,然后放入经过改装、带有轴流风机和不锈钢冰层夹套的微冻冷藏箱中。箱内空气温度控制在  $-3^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,并用铜—康铜热电偶及数字式温度记录仪(Data Logger)进行监测与记录。

冰藏是用碎冰保藏法。将袋装试验鱼同时加碎冰,放入塑料保温鱼箱中,层冰层鱼。然后把塑料保温鱼箱放入  $0^{\circ}\text{C}$  左右的低温箱内,隔天将塑料保温鱼箱中的融冰水排掉,添入新的碎冰。

微冻鱼鲜度指标  $K$  值、细菌数、pH 值的测定,开始是隔天进行,并与冰藏鱼作对照。13天后隔2天测定1次,共连续测定33天。采样取背部肌肉,考虑到个体差异,每次从两条鱼采样。

$-3^{\circ}\text{C}$  微冻鱼和  $-18^{\circ}\text{C}$  冻结鱼肌肉组织切片的制备,在试验后的第五天进行,原料鱼是在试验的第一天进行。采样均取背部肌肉。

$K$  值测定方法。采样后剁碎,称取1克样品,加2毫升10%冷  $\text{HClO}_4$  溶液于  $0^{\circ}\text{C}$  下匀浆,将此混匀物以3000转/分转速离心分离3分钟,残渣用2毫升5%  $\text{HClO}_4$  漂洗、离心,重复洗涤二次后将所有上清液混和,立即用10N KOH 在  $0^{\circ}\text{C}$  下中和至 pH6.4—6.8,中和的浸出液离心分离,沉淀物用2毫升近中性(pH6.8)的冷  $\text{HClO}_4$  溶液洗涤二次,混和上清液,并用中性冷  $\text{HClO}_4$  溶液定容为10毫升。再经过滤,滤液贮入冰箱中待测。测定用 Waters 高压液相色谱仪进行,试样量每次为15微升。

细菌数测定方法。采用常用的鱼鲜度测定方法,无菌采样背部肌肉10克,加90毫升无菌水,然后10倍稀释。吸相邻两个合适浓度的稀释液各1毫升倒平板(每一稀释液各做三个重复),于  $28^{\circ}\text{C}$  培养48小时后计数每克鱼肉的杂菌数。

鱼肉 pH 值测定方法。将鱼肉剁碎,称取10克,加入20毫升去离子水浸渍30分钟,在磁力搅拌器的搅拌下,用 ORION 811 型 pH 计测定。(标准缓冲溶液 pH = 6.86)

肌肉组织切片的制作方法。从试验鱼背部肌纤维方向切出若干  $10 \times 5 \times 6$  毫米的肌肉组织块,用波恩氏液固定24小时。将组织块移入70—90%酒精中洗换数次,然后放入恒温箱中用炭蜡(聚乙二醇)渗透,再用石蜡包埋。包埋后的组织块用上海仪表厂 YL3 回转式切片机进行切片,厚度为8微米,贴片、展片后烘干,用苏木精-伊红染色,并

用光学显微镜(德国 LEITZ 公司 ORTHOPLAN 型)观察和作显微摄影,倍率为 160。

## 试验结果

原料鱼是刚捕获的罗非鱼,鲜度极好, $K$ 值为 6.29%,在贮藏过程中,其 $K$ 值的变化如图 1 所示。从图 1 中可看出, $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻鱼比冰藏鱼的 $K$ 值上升缓慢。冰藏鱼 3 天就超过了鲜度良好的界限值(20%),而微冻鱼第 8 天才超过此值。冰藏 12 天 $K$ 值达到 50%,而微冻鱼经过 26 天 $K$ 值上升为 50%。一般认为, $K$ 值达 60—80%为鱼体的初期腐收阶段<sup>(1)</sup>,从 $K$ 值测定结果来看,罗非鱼在 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻条件下的贮藏期可达一个月左右,而冰藏条件下仅为二周。由此可见, $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻法比冰藏法贮藏期可延长一倍以上。

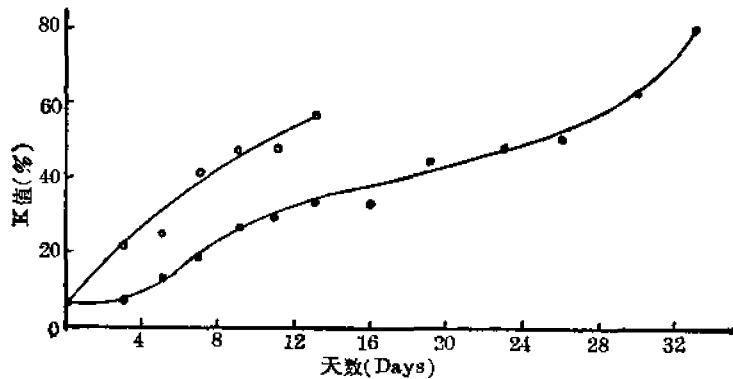


图1 罗非鱼在冰藏和 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻保藏中的 $K$ 值变化

Fig. 1 Change of  $K$  value under iced storage and partial freezing storage ( $-3^{\circ}\text{C}$ ) in Tilapia

○冰藏 (iced storage) ● $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻 (partial freezing storage)

细菌数的测定结果如图 2 所示。从图中可看出细菌数的变化与 $K$ 值的变化是一致的。一般认为,冷冻鱼的细菌数达到  $10^5$ 个/克是鱼类初期腐败的指标<sup>[6]</sup>,罗非鱼在 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻条件下细菌增长速度缓慢,将近一个月才达此值,而冰藏条件下二个星期即达此值。因此 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻保藏法能抑制细菌的迅速繁殖,延长了鱼的保藏时间。

鱼肉 pH 值的变化如图 3 所示。原料鱼的 pH 值为 6.6,在贮藏过程中因糖元分解成乳酸,pH 值略有下降。下降量仅为 0.2—0.3,这可能因为罗非鱼的性子十分暴躁,捕获后剧烈挣扎,糖元大量消耗的缘故。以后 pH 值又再上升,两条曲线基本上趋于平缓。从测定结果来看,pH 值和鲜度之间没有明确的相关关系。冰藏和 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻法的差别也不显著。

在每次采样时,根据鱼体的僵硬程度、鱼鳃颜色、眼球的凹陷及混浊度、腹部、体表粘液等作感官鉴定,并进行综合评定,其结果与 $K$ 值相一致。

罗非鱼肌肉组织切片冰结晶观察的结果,如显微照片(图 4,5)所示。图 4 是 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻保藏 5 天后罗非鱼肌肉的横断面。图 5 是 $-18^{\circ}\text{C}$ 冷库保藏 5 天后罗非鱼肌肉的横断面。照片中白色部分是冰结晶所占有的空间。比较图 4 和图 5 可看到, $-18^{\circ}\text{C}$ 冷库的冻

(1) 日本东京水产大学小岛秩夫副教授来华讲学记录稿,1979,86页。

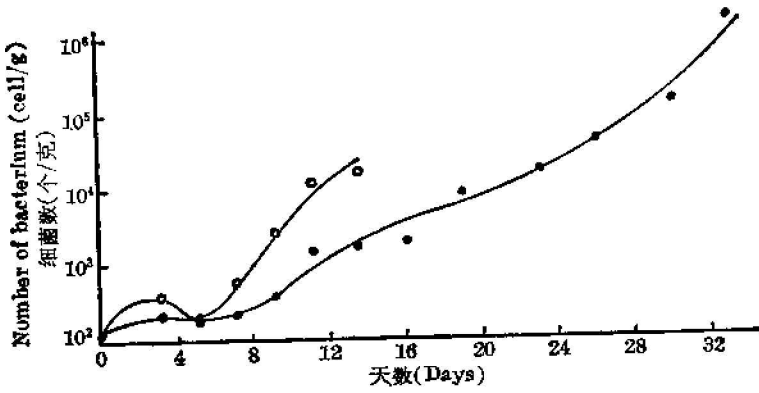


图2 罗非鱼在冰藏和-3°C微冻保藏中细菌数变化

Fig. 2 Change of bacterial numbers under iced storage and partial freezing storage (-3°C) in Tilapia

○ 冰藏 (iced storage) ● -3°C 微冻 (partial freezing storage)

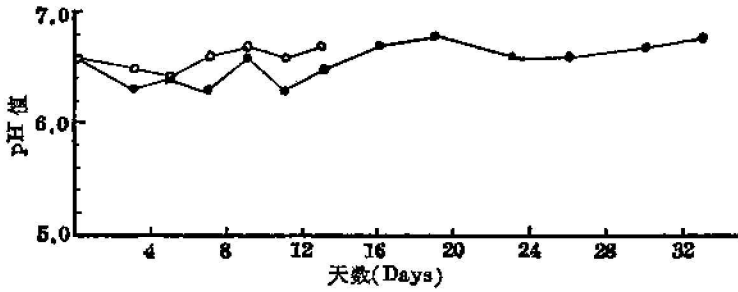


图3 罗非鱼在冰藏和-3°C微冻保藏中 pH 值变化

Fig. 3 Change of pH value under iced storage and partial freezing storage (-3°C) in Tilapia

○冰藏 (iced storage) ●-3°C 微冻 (partial freezing storage)

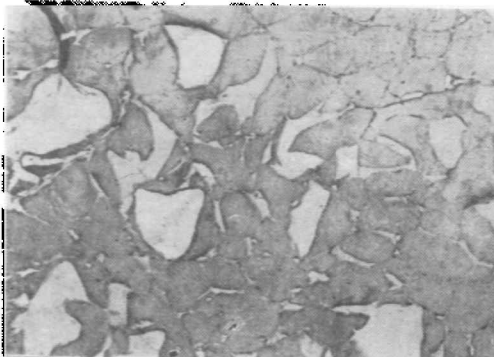


图4 罗非鱼-3°C微冻保藏 5天后肌肉横断面

Fig. 4 Transverse section of muscle in Tilapia, 5 days after partial freezing storage (-3°C)

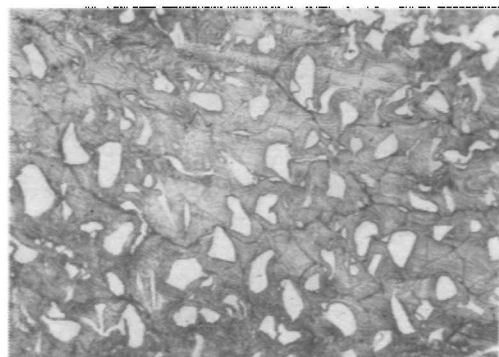


图5 罗非鱼-18°C冷库保藏 5天后肌肉横断面

Fig. 5 Transverse section of muscle in Tilapia, 5 days after cold storage (-18°C)

鱼由于冻结速率较 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻鱼快,产生的冰晶体较小, $0-20 \times 20-50\mu$ (直径 $\times$ 长度),数量较多,大部分存在于细胞内,对肌肉组织无明显损伤。而 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻鱼的冰晶体是慢冻型的,数量少,呈块粒状, $50-100 \times 100-150\mu$ (直径 $\times$ 长度),大部分存在于细胞间隙中,冰晶体周围的细胞受压而发生变形,对肌肉组织有损伤。另一方面,根据所测温度—时间曲线的数据,知道罗非鱼的冻结点是 $0.7^{\circ}\text{C}$ ,利用冻结率近似值的计算公式 $\left(\text{冻结率} = 1 - \frac{\text{食品的冻结点}}{\text{食品的温度}}\right)^{[8]}$ ,可算出 $-3^{\circ}\text{C}$ 及 $-18^{\circ}\text{C}$ 条件下的冻结率分别为77%和96%。 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻鱼的冻结率比 $-18^{\circ}\text{C}$ 冻鱼低,并且还可能存在无冰结晶的肌肉组织。该部分肌肉组织的细胞结构完整(见图6),它与刚捕获时罗非鱼的新鲜肌肉组织无显著差别(见图7)。

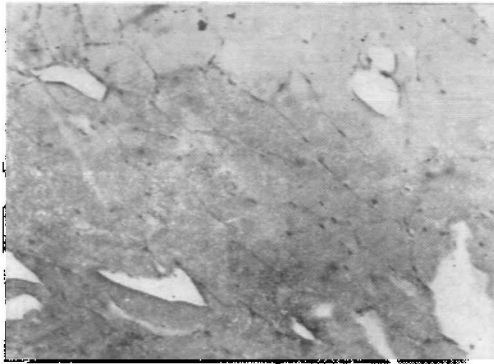


图6 罗非鱼 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻保藏5天后肌肉横断面(冻结率低的部分)

Fig. 6 Transverse section of muscle in Tilapia, 5 days after partial freezing storage ( $-3^{\circ}\text{C}$ ). (the part of lower freezing percentage)

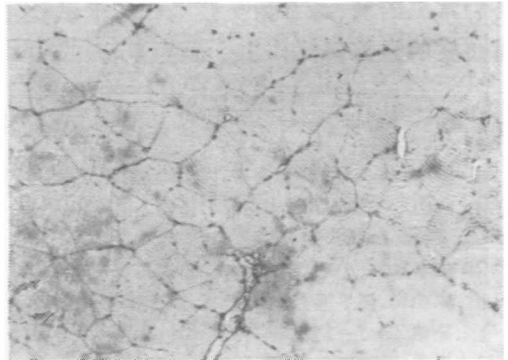


图7 罗非鱼刚捕获时新鲜肌肉横断面

Fig. 7 Transverse section of fresh muscle in newly captured Tilapia

## 讨 论

1. 根据罗非鱼鱼肉鲜度指标 $K$ 值、细菌数等测定结果可看出, $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻保藏与冰藏比较,温度仅降低 $3^{\circ}\text{C}$ ,但 $K$ 值上升变得缓慢,细菌繁殖也受到抑制,大大延长了罗非鱼的保藏时间,其贮藏期可达一个月左右。日本东海区水产研究所内山均用 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻法保藏虹鳟鱼,并与冰藏法作比较,其结果是冰藏1天,鱼肉鲜度指标 $K$ 值就超过了生鱼片的鲜度界限值(20%),而 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻法到第10天 $K$ 值才达到此值,也就是说,生鱼片的保鲜时间由1天延长到10天<sup>[4]</sup>。苏联拖网渔船捕获的鳕鱼,在船舱中加冰,作 $0^{\circ}\text{C}$ 保藏不超过6天,到岸上后,鱼在 $-30^{\circ}\text{C}-35^{\circ}\text{C}$ 、流速为3—4米/秒的空气冻结装置中微冻,微冻好的鳕鱼置于 $-2-3^{\circ}\text{C}$ 保藏,保藏时间还可达14—15天<sup>[8]</sup>。各个国家用不同品种的鱼进行微冻试验的结果均表明,微冻法是一种有效的延长鱼类保鲜期的方法。

2. 从罗非鱼肌肉组织切片、冰结晶观察的结果可看到,在 $-3^{\circ}\text{C}$ 微冻条件下冰结晶的生成是慢冻型的。冰结晶的数量少,且呈块粒状,大部分存在于细胞间隙之中。虽在冰结

晶周围的细胞失水收缩,细胞膜变形,肌纤维因挤压而集结,使肌肉组织结构受到损伤。但从本试验的结果也可看到,微冻保藏的鱼与冻结鱼相比,其冻结率较低,冰结晶生成的区域小,未冻部分的肌肉组织仍与刚捕获时的新鲜肌肉组织相接近。因此,如能根据各鱼种不同的冻结点,选择其适宜的微冻温度,使鱼体的冻结率保持在1/3—1/2左右,就可减少冰结晶对肌肉组织所造成的不良影响。

3. 由于微冻法与冰藏法比较,有效地延长了鱼货的保鲜期,因此在水产品的流通环节中,较长途的储运可建议采用微冻法代替冻结法。鱼货的温度从 $-18^{\circ}\text{C}$ 提高到 $-3^{\circ}\text{C}$ ,这不仅可以大大节省能量的消耗,还可使远离产地的人民也能吃到质量较高的鲜鱼。

4. 本报告是仅对罗非鱼一种淡水鱼进行微冻试验的结果。由于鱼的品种、栖息的环境不同,鱼肉的贮藏特性也有所不同,因而对微冻法的适用性也不一样。今后还需对国内各种常见的淡、海水鱼类作进一步的试验,并研究在微冻条件下鱼肉蛋白质的变性,以便对鱼类的微冻保鲜作出全面的评价。

### 参 考 文 献

- [1] Miguel A.P., 角田聖斎, 内山均, 1982。Partial freezing による魚類の鮮度保持。日本東海水研報, 106: 28。
- [2] 内山均, 1983。水産化学の基礎と応用研究——魚類の生鮮度判定と新貯藏法の開発研究をめぐって。New Food Industry, 25(1): 54。
- [3] 田中和夫, 小島秩夫, 1976。食品冷凍工学, 142, 日本恒星社厚生閣。
- [4] 内山均, 江平重男, 内山つわつ, 増沢一, 1978。Partial freezing によるニジマスの鮮度保持。日本東海水研報, 95: 1—14。
- [5] 角田聖斎, 江平重男, 内山均, 1984。Partial freezing による魚類の鮮度保持——サバ、イシガレイ、アジ筋肉内諸物質の貯藏中の消長。日本東海水研報, 113: 49。
- [6] Ming, Z., 1981。Application of partial freezing technique of fishing vessels operating in the South China Sea. Refrigeration Science and Technology, 4: 259—264。
- [7] Маслова, Г. В., И. Р. Ноздрункова., 1970。Способ увеличения Продолжительности Хранения Свежей Рыбы. Рыбное Хозяйство, 6: 75—76。
- [8] Маслова, Г. В., И. Р. Ноздрункова., 1971。Зависимость Качества И продолжительность хранения подмороженной рыбы от её исходного состояния. Холодильная Техника, 7: 87—89。

## KEEPING FRESHNESS OF TILAPIA BY PARTIAL FREEZING

Shen Yuexin, Wei Hesheng, Tong Ruihuang, Zhao Yuhui,  
Sun Peifang, Ou Yueai and Tong Longhua

(Shanghai Fisheries University)

**ABSTRACT** Effect of partial freezing on keeping freshness of tilapia was investigated. Changes in K value, an index for estimating freshness, bacteria number and pH value were followed during storage at  $-3 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . The results were compared with that ice stored. The cut sections of muscle tissue were observed under microscope and compared with fresh and the fish frozen at  $-18^{\circ}\text{C}$ .

The results obtained were summarized as follows:

1. Though the temperature of partial freezing was only three degrees lower than

ice storage, the preservation effect was shown much better. In the case of tilapia, storage period could be prolonged to one month.

2. There was no definite intercorrelation between pH and freshness.

3. The ice crystal formed in fish muscle stored at  $-3 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  was the type of slow freezing, frozen water percentage was lower than that of stored at  $-18^{\circ}\text{C}$  and muscle tissue of non-frozen part seemed no difference from fresh muscle.

**KEY WORDS** Fish refrigeration, Light-degree freeze, Freshness keeping, Tilapia