

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2011.06.002

鳙在冷藏和微冻贮藏下品质变化规律的研究

洪惠¹, 朱思潮¹, 罗永康¹, 余健²

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 云南普洱农业学校, 云南普洱 665000)

摘要: 文章研究了鳙 (*Aristichthys nobilis*) 在不同贮藏温度下的品质变化规律。将经过前处理的鳙分别贮藏在 4℃ 和 -3℃ 中, 通过测定其感官和理化指标, 即总挥发性盐基氮 (TVB-N)、硫代巴比妥酸 (TBA)、鲜度 K 值、pH、汁液流失率和蒸煮损失率, 评价不同温度对鳙品质的影响。结果显示, 鳙分别在 4℃ 贮藏至第 10 天和 -3℃ 贮藏至第 30 天时失去感官食用品质。但 K 值在 4℃ 贮藏至第 6 天和 -3℃ 贮藏至第 20 天超过临界值。4℃ 下鳙的 TVB-N 显著高于 -3℃。在整个贮藏过程中 TBA 均未超过 2.00 mg·kg⁻¹ 的限量值, 说明 TBA 不适合单独用于评价鳙的品质变化。pH 分别在 4℃ 贮藏至第 4 天和 -3℃ 贮藏至第 10 天达到最低值, 分别为 6.81 和 6.76。与 4℃ 相比, -3℃ 下鳙的汁液流失率和蒸煮损失率较高, 这可能与 -3℃ 微冻条件下鳙肉组织冰晶生成导致持水力下降有关。综合 K 值和感官指标的变化, 4℃ 和 -3℃ 下鳙的货架期分别为 6 d 和 20 d, 且 -3℃ 贮藏能明显延长鳙的货架期。

关键词: 鳙; 冷藏; 微冻; 感官品质; 理化分析

中图分类号: S 984.1⁺1

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2011)06-0007-06

Quality changes of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) during chilled and partial freezing storage

HONG Hui¹, ZHU Sichao¹, LUO Yongkang¹, YU Jian²

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
2. Yunnan Pu'er Agricultural School, Pu'er 665000, China)

Abstract: We investigated the effect of storage temperature (-3℃ and 4℃) on quality changes of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) by observing total volatile basic nitrogen (TVB-N), 2-thiobarbituric acid (TBA), K value, pH, drip loss, cooking loss and organoleptic properties. Results show that *A. nobilis* lost sensory and edible quality when stored at 4℃ at 10th day and at -3℃ at 30th day. However, the K value exceeded the critical limit at 4℃ at 6th day and at -3℃ at 20th day. The TVB-N at 4℃ was significantly higher than that at -3℃. The TBA did not exceed the limit of 2.00 mg·kg⁻¹ at both -3℃ and 4℃ throughout the storage, indicating that TBA is not a good indicator for assessing the quality changes of *A. nobilis* when used alone. The pH reached the minimum of 6.81 at 4℃ at 4th day and of 6.76 at -3℃ at 10th day. The drip loss and cooking loss at -3℃ were higher than those at 4℃, which may be due to the reformation of ice crystals and decline of water-retaining capability. It is concluded that the shelf life of *A. nobilis* is 6 d at 4℃ and 20 d at -3℃. Besides, partial freezing at -3℃ can extend the shelf life significantly.

Key words: bighead carp (*Aristichthys nobilis*); chilled storage; partial freezing; sensory quality; physico-chemical analysis

收稿日期: 2011-02-28; 修回日期: 2011-06-02

资助项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-46)

作者简介: 洪惠 (1987-), 男, 硕士研究生, 从事水产品贮藏与加工研究。E-mail: honghuicau@126.com

通讯作者: 罗永康, E-mail: luoyongkang@263.net

鱼类产品组织柔软,含水量高,蛋白质丰富且pH接近中性,体内组织酶类活性强,蛋白质和脂质较不稳定,易腐败变质。因此,其贮藏保鲜技术一直是许多学者的研究重点。目前,实际应用于水产品的保鲜技术已有低温保鲜、高压保鲜、辐照保鲜、气调保鲜和生物保鲜等,其中以低温保鲜应用最广泛^[1]。冷藏是最常用的低温保鲜方式,但保质期短,一般都在7 d左右,且在贮藏过程中水产品原有的鲜味下降速度快;微冻保鲜是一种新型的低温保鲜技术,是指在生物体冰点(冻结点)和冰点以下(1~2℃)之间的温度带轻度冷冻贮藏,此技术能明显延长水产品货架期1.5~4倍,因而日益受到人们重视^[2]。

鳙(*Aristichthys nobilis*)是中国四大家鱼之一,又名花鲢、黑鲢、胖头鱼,属硬骨鱼科,鲤形目,鲤科,鲢亚科。广泛分布于中国中部、东部和南部地区的江河中^[3]。目前国内学者已对罗非鱼(*Oreochromis spp.*)^[4]、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)^[5]、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)^[6]、鲈(*Lateolabrax japonicus*)^[7]、大西洋白姑鱼(*Argyrosomus regius*)^[8]、海鲤(*Sparus aurata*)^[9]等鱼类在贮藏过程中的品质变化进行了研究。俞静芬等^[10]仅对鳙微冻保鲜过程中的品质变化特性进行了研究,但未探究微冻对其品质的不利影响。为此笔者采用鳙为试验对象,测定其不同贮藏条件下几个常用的指标[感官评分、pH、总挥发性盐基氮(TVB-N)、硫代巴比妥酸(TBA)、鲜度(K值)]和汁液流失率、蒸煮损失率的变化,以更全面地研究鳙在冷藏和微冻条件下品质的变化规律。

1 材料与方法

1.1 样品及预处理

鲜活的鳙购于北京小月河农贸市场,体质量(1.5±0.5) kg,体长(42.0±8.0) cm。鳙运至实验室后击毙,去鳞、内脏、头尾,躯干部分等长度分为上、中和下3段,用清水洗净沥干后装入聚乙烯保鲜袋。分别放在4℃和-3℃下贮藏,每2 d和5 d随机选取3块,取背部白肉进行分析,每个指标重复测定3次。

1.2 测定方法

1.2.1 肌肉组成成分的测定 蛋白质采用GB 5009.5-2010中的凯氏定氮法测定;水分采用GB

5009.3-2010中的直接干燥法测定;粗脂肪采用GB/T 14772-2008中的索氏提取法测定;灰分采用GB 5009.4-2010中的干灰化法测定。

1.2.2 感官评定 分为生鲜和水煮2种评价方式,由10名评定人员逐项打分,每项满分5分。生鲜鱼块检验指标包括色泽、气味、组织、形态和肌肉弹性;水煮鱼块检验指标包括气味、滋味和汤汁浑浊度。感官分值为生鲜和水煮2种评价分值之和。具体评分标准参照黄晓春等^[11]的评定方法。

1.2.3 pH的测定 取绞碎的鱼背脊部肌肉10.00 g于烧杯中,加入10倍体积蒸馏水,搅拌30 min后过滤,取其滤液用pH计测定。

1.2.4 汁液流失率的测定 按照AOAC的方法测定^[12]:汁液流失率%=(贮藏前鱼质量-贮藏后鱼质量)/贮藏前鱼质量×100

1.2.5 蒸煮损失率的测定 参照余小领等^[13]方法并作部分修改。取鳙鱼块背部肌肉切成约(2 cm×2 cm×2 cm)的肉块,保鲜袋包装后在80℃水浴锅中蒸煮15 min,蒸煮前称质量(W_b)。蒸煮后冷却到室温,用吸水纸吸干表面水分,然后再次称取质量(W_a)。蒸煮损失率(cooking loss, CL)计算公式为:CL(%)=($W_b - W_a$)/ W_b ×100

1.2.6 TVB-N的测定 采用凯氏定氮仪按GB/T 5009.44-1996中蒸馏法测定。

1.2.7 TBA的测定 参照THANONKAEW等^[14]的方法并作部分修改。取鳙鱼块背部肌肉,绞肉机搅碎,取4 g肉泥溶于20 mL TBA溶液(0.375% TBA, 15%三氯乙酸和0.25 mol·L⁻¹ HCl),研钵研磨1 min,常温3 600 g离心20 min,取上清液,532 nm测定吸光度。标准曲线由不同浓度丙二醛(MDA)测吸光值得出: $y = 0.0014x - 0.000008$, $R^2 = 0.9996$ 。TBA由样品中MDA的质量分数(mg·kg⁻¹)表示。

1.2.8 K值的测定 鲜度指标K值参照宋永令等^[15]的方法测定。

2 结果与讨论

2.1 鳙的组成成分

新鲜鳙鱼肉的主要成分为蛋白质[(15.20±0.40)%]、水分[(80.79±0.73)%]、粗脂肪[(0.94±0.04)%]和灰分[(1.00±0.07)%]。

2.2 感官分值的变化

鳙在冷藏和微冻过程中感官分值的变化见图1。4℃和-3℃下鳙感官分值均随贮藏时间的延长而减小。这与REZAE等^[16]研究的虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 在(3±1)℃下感官品质变化趋势相似。虹鳟在贮藏初期的品质较好, 4 d后品质下降加快, 第12天时品质已超过感官限度。4℃与-3℃下的鳙感官指标有明显差异。4℃的感官分值下降速率明显大于-3℃。4℃下贮藏至第8天的感官分值为18, 而-3℃贮藏至第30天的则为18; 鳙在4℃下贮藏至第10天时已有明显的氨臭味, 其感官分值为14, 而-3℃下第35天鳙才略带异味, 感官分值为15。结果显示, 鳙在-3℃微冻贮藏过程中感官分值较4℃冷藏下降缓慢。4℃和-3℃鳙的感官期限分别为8 d和30 d。

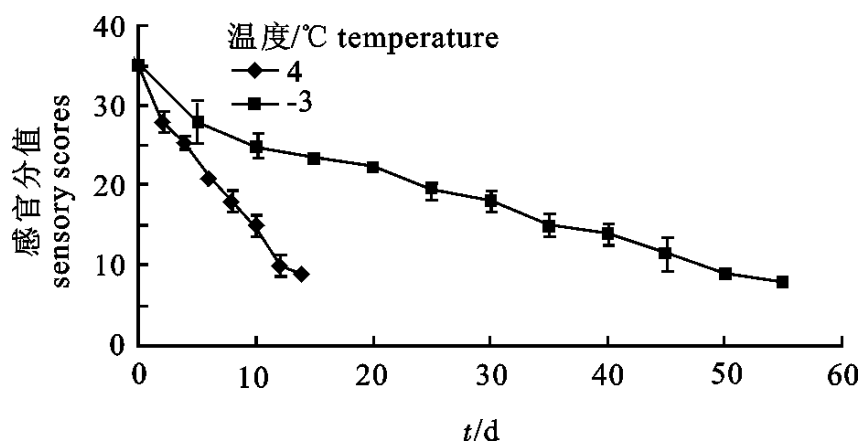


图1 鳙在不同贮藏温度下感官分值的变化

Fig. 1 Change in sensory scores of *A. nobilis* during storage at different temperatures

2.3 pH的变化

鳙在不同温度下pH的变化规律见图2。贮藏初期pH均呈下降趋势, 4℃和-3℃下pH分别在第4天和第10天达到最小值, 分别为6.81和6.76。张丽娜等^[5]认为, 贮藏初期鱼肉pH逐渐下降是由于糖原酵解产生乳酸, 三磷酸腺苷(ATP)和磷酸肌酸等物质分解产生磷酸等酸性物质。此外, 也有报道指出贮藏初期二氧化碳(CO₂)溶于鱼肉组织中也会导致鱼肉pH下降^[17]。当鳙在4℃和-3℃贮藏分别超过4 d和10 d后, 微生物分解蛋白质产生碱性胺类物质, pH开始逐渐上升, 鱼肉品质下降迅速, 且4℃的pH上升速率高于-3℃。结果表明, 与冷藏相比, 微冻能够降低鱼肉微生物代谢速率, 抑制内源酶的活力, 延缓pH上升对鱼肉品质的破坏。

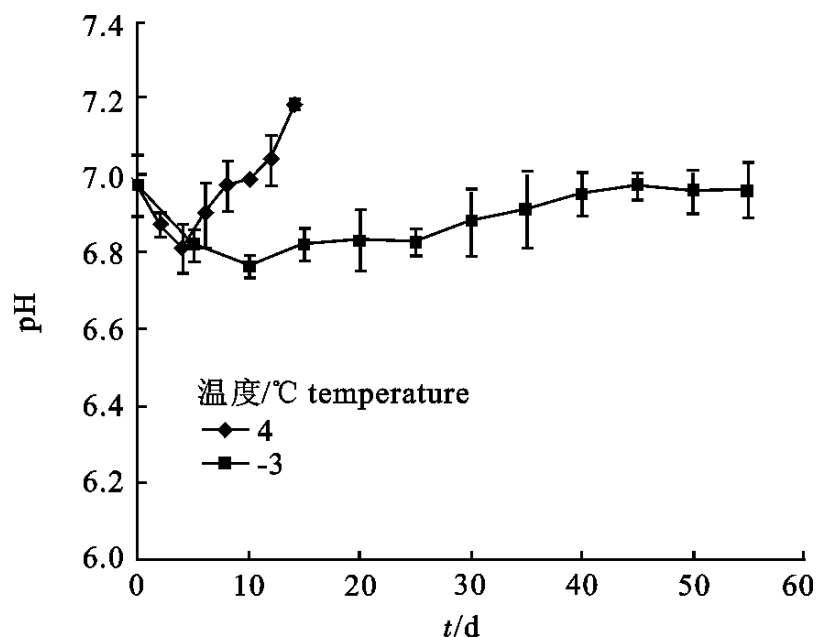


图2 鳙在不同贮藏温度下pH的变化

Fig. 2 Change in pH of *A. nobilis* during storage at different temperatures

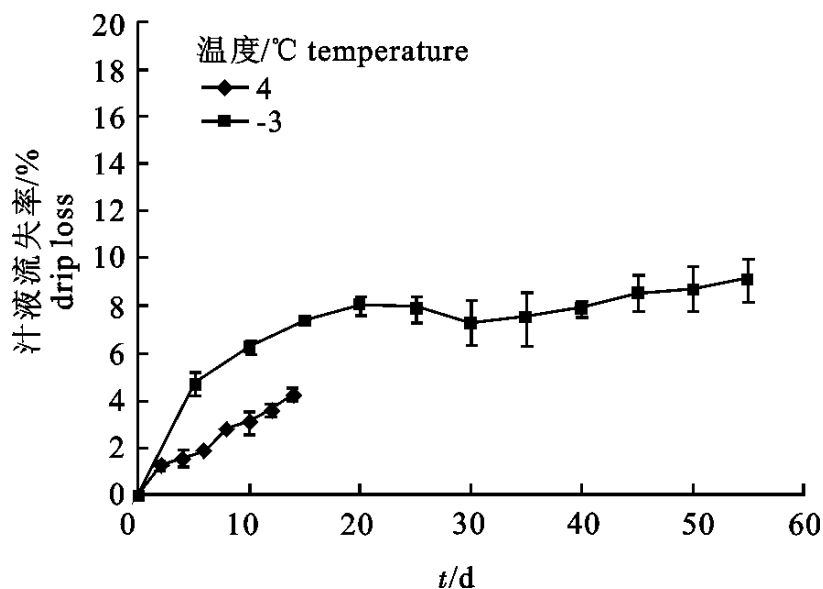


图3 鳙在不同贮藏温度下汁液流失率的变化

Fig. 3 Change in drip loss of *A. nobilis* during storage at different temperatures

2.4 汁液流失率的变化

汁液流失率是衡量鱼肉蛋白持水性的主要指标之一, 其反映了水产品贮藏过程中的汁液流失状况, 渗出的汁液会降低产品的商品价值, 同时也会成为微生物生长繁殖的优质培养基。不同温度下鳙汁液流失率的变化结果见图3。不同温度贮藏条件下鳙的汁液流失率均随时间的延长而增加。在-3℃贮藏至第20天时鳙汁液流失率达到8.04%, 此后汁液流失率上升速率趋缓, 在第55天时达到峰值(9.06%)。4℃下鳙汁液流失率在第8天达到2.80%, 而-3℃下贮藏至第5天为5.18%, 接近4℃下贮藏至第8天汁液流失率2倍的水平。DUUN等^[18]认为这是由于微冻条件下鱼肉组织中

部分水分冻结,使相邻未冻结区域的溶液浓度升高,从而增加了酶的浓度,破坏细胞膜结构,使鱼肉蛋白变性,蛋白质持水力下降,汁液流失率升高。SIMPSON等^[19]对-3和0条件下大西洋鳕(*Gadus morhua*)的汁液流失变化进行了研究,结果表明,-3下的大西洋鳕的汁液流失率显著高于0时。鳕的汁液流失率的变化趋势与大西洋鳕一致。

2.5 蒸煮损失率的变化

蒸煮损失率是指鱼肉从鲜肉到熟肉成熟过程中水分的流失状况。高的蒸煮损失率不仅使鱼肉的食用品质下降,同时也影响鱼肉的外观。鳕在不同温度贮藏下蒸煮损失率的变化规律见图4。新鲜状态下的鳕蒸煮损失率达到25.75%,贮藏至第2天时4和-3下的蒸煮损失率均下降至最小值,分别为18.57%和17.06%,这可能与鳕进入僵硬期肌肉变硬、煮后组织坚韧有关^[11]。第2天后4和-3下的蒸煮损失率均呈较为明显的上升趋势,从第4天开始-3下的蒸煮损失率增加速率明显高于4。AUNCHALEE等^[20]对不同贮藏条件下虹鳟鱼片蒸煮损失率的变化进行了研究,结果表明虹鳟鱼片在2贮藏至第3天和第7天后的蒸煮损失率分别为15.75%和15.55%,低于鳕相应天数的蒸煮损失率。

2.6 TVB-N的变化

鳕在不同温度下TVB-N的变化见图5。不同温度条件下TVB-N随着贮藏时间的延长而上升。在4和-3下TVB-N分别在贮藏至第6天和第5天时达到 $121.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $86.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,之后在4下的TVB-N开始迅速上升,而-3下的TVB-N上升缓慢。这与宋永令等^[14]研究不同温度货架期间团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)品质的变化规律的结果有差异。团头鲂在4贮藏至第12天时其TVB-N为 $169.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,之后上升速度增加。而在-3下TVB-N在整个贮藏过程中(46 d)变化缓慢,从 $96.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 上升至 $212.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。表明不同鱼类在冷藏和微冻条件下TVB-N的变化存在差异,低温能延缓TVB-N的上升,这主要是由于低温抑制了鳕中微生物的繁殖,从而抑制了微生物对鳕中蛋白质的降解和腐败作用;低温也降低了鱼肉中酶的活性,减缓了其对应肉质的降解作用^[21]。

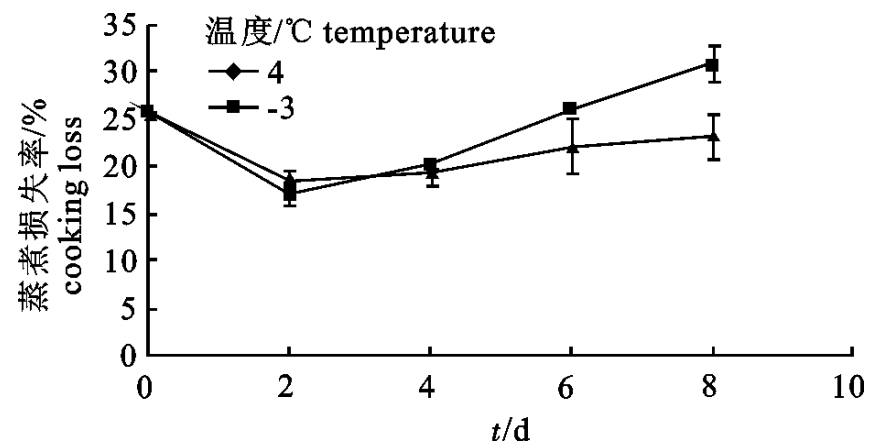


图4 鳕在不同贮藏温度下蒸煮损失率的变化

Fig 4 Change in cooking loss of *A. nobilis* during storage at different temperatures

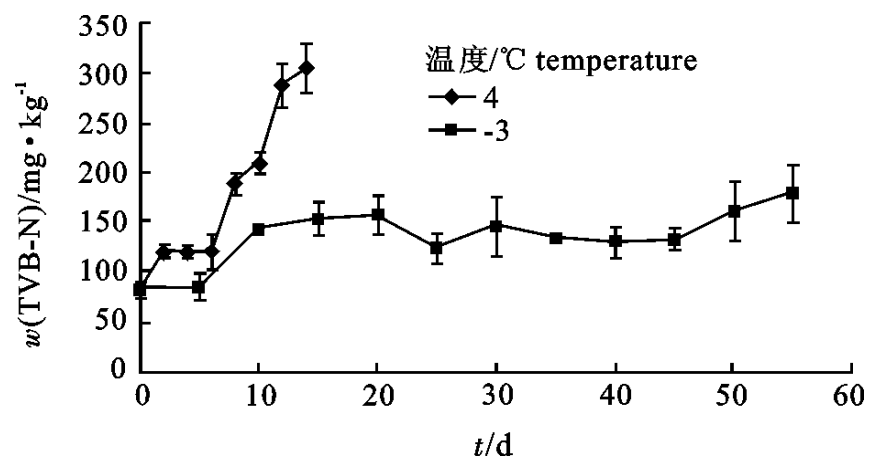


图5 鳕在不同贮藏温度下TVB-N的变化

Fig 5 Change in TVB-N of *A. nobilis* during storage at different temperatures

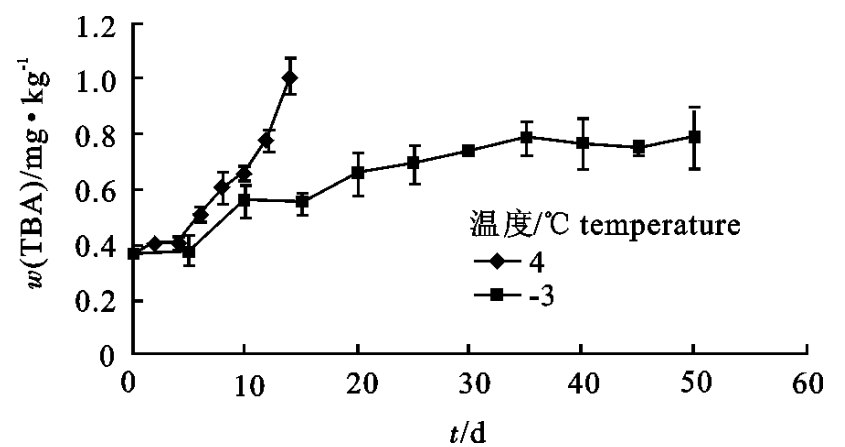


图6 鳕在不同贮藏温度下TBA的变化

Fig 6 Change in TBA of *A. nobilis* during storage at different temperatures

2.7 TBA的变化

鳕在不同贮藏温度下TBA的变化见图6。在4和-3下,TBA均呈现明显的上升趋势。贮藏初期TBA上升缓慢,在4贮藏至第4天和-3贮藏至第5天时TBA分别为 $0.40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.38 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,与初值 $0.37 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 相比仅增加了 $0.03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,增加不明显。第4天和第5天后4和-3下的TBA上

升速率加快, 且微冻上升速率快于冷藏的速率。

4 下鳙的 TBA 在第 8 天达到 $0.61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, -3 贮藏至第 30 天的 TBA 为 $0.74 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 均未超过 $2.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的临界值。而鲤 (*Cyprinus spp.*) 4 贮藏至第 14 天的 TBA 为 $0.52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, -3 贮藏至第 40 天的为 $1.06 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[6]。结果表明, 与 4 冷藏相比, -3 微冻能延缓鳙鱼肉的脂肪氧化, 但 TBA 不宜单独作为判断鳙货架期的指标。

2.8 K 值的变化

鳙在不同贮藏温度下 K 值的变化见图 7。冷藏和微冻条件下鳙的 K 值均随贮藏时间的延长而升高。不同贮藏温度下 K 值的变化幅度有较大差异。4 下 K 值随时间几乎呈直线上升状态, 而 -3 的 K 值在贮藏前期上升速度较快, 第 25 天后上升速度趋缓, 且 -3 的 K 值在整个贮藏过程中上升速度均较 4 的慢。这与张丽娜等^[5]关于冷藏和微冻条件下草鱼鱼片品质变化的研究中 K 值变化的研究结果不同, 该研究显示 -3 下草鱼鱼片 K 值在前 5 d 上升较快, 之后趋于平缓, 贮藏至第 25 天后逐渐增加。

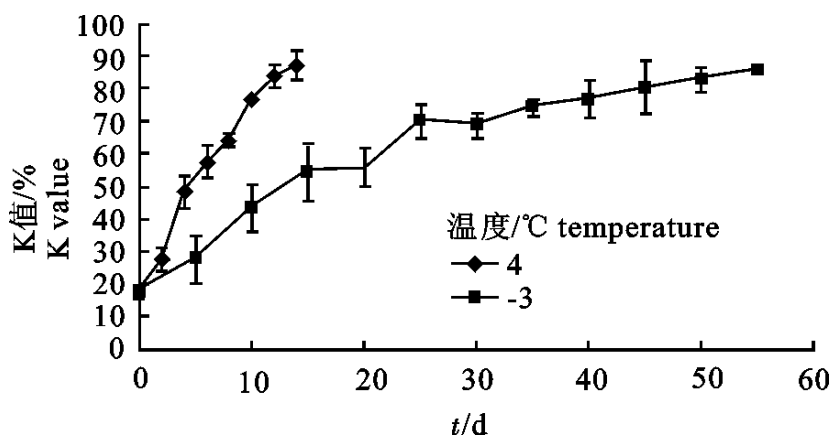


图 7 鳙在不同贮藏温度下 K 值的变化

Fig 7 Change in K value of *A. nobilis* during storage at different temperatures

MANJU 等^[22]的研究显示, 橘子鱼 (*Etroplus suratensis*) 在冷藏过程中超过感官期限时所有样品的 K 值均超过 60%。鳙在 4 和 -3 的感官期限分别是 8 d 和 30 d, 其对应的 K 值分别为 64.51% 和 69.27%, 均超过了 60%。而 4 贮藏至第 6 天和 -3 贮藏至第 20 天的 K 值分别为 57.90% 和 55.75%, 因此, 符合 K 值变化的合理货架期应为 4 贮藏至第 6 天和 -3 贮藏至第 20 天。

3 结论

与 4 冷藏相比, -3 微冻能明显延缓鳙在贮藏过程中 TVB-N、TBA 和 K 值的增长, 降低鳙感官品质下降速率, 延迟贮藏初期 pH 下降的时间, 延长货架期, 但 -3 明显增加了鳙的汁液流失率和蒸煮损失率。根据 TVB-N、TBA、K 值及感官品质指标预测冷藏和微冻鳙的货架期分别为 6 d 和 20 d。

试验表明, 贮藏温度的变化是造成鳙货架期间品质变化的主要影响因素。与冷藏相比, 微冻保鲜虽然可以延长鱼体的保鲜期限、克服冷藏法保鲜时间短的缺陷, 但鱼肉部分冻结, 冰晶增长破坏细胞结构, 导致汁液流失和蒸煮损失增加, 影响鱼的品质。因此, 微冻条件下鱼体品质变化的规律以及高效的控制方法还有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 刘红英, 齐凤生, 张辉. 水产品加工与贮藏 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 67.
LIU Hongying, QI Fengsheng, ZHANG Hui. Aquatic products processing and storage [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 67. (in Chinese)
- [2] DUUN A S, RUSTAD T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets [J]. Food Chem, 2007, 105 (3): 1067 - 1075.
- [3] 李里特. 食品原料学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 43.
LI Lite. Food materials science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 43 (in Chinese)
- [4] 李莎, 李来好, 杨贤庆, 等. 罗非鱼片在冷藏过程中的品质变化研究 [J]. 食品科学, 2010, 31 (20): 444 - 447.
LI Sha, LI Laihao, YANG Xianqing, et al. Quality change of tilapia fillets during chilling storage [J]. Food Sci, 2010, 31 (20): 444 - 447. (in Chinese)
- [5] 张丽娜, 胡素梅, 王瑞环, 等. 草鱼片在冷藏和微冻条件下品质变化的研究 [J]. 食品科技, 2010, 35 (8): 175 - 179.
ZHANG Lina, HU Sumei, WANG Ruihuan, et al. Changes in quality of grass carp tablets during storage between refrigeration and partial freezing [J]. Food Sci Technol, 2010, 35 (8): 175 - 179. (in Chinese)
- [6] 胡素梅, 张丽娜, 罗永康, 等. 冷藏和微冻条件下鲤鱼品质变化的研究 [J]. 渔业现代化, 2010, 37 (5): 38 - 42.
HU Sumei, ZHANG Lina, LUO Yongkang, et al. Study on the quality changes of common carp during chilled storage and partial freezing storage [J]. Fish Mod, 2010, 37 (5): 38 - 42. (in Chinese)

- Chinese)
- [7] 曾名勇, 黄海. 鲈鱼在微冻保鲜过程中的质量变化 [J]. 中国水产科学, 2001, 8 (4): 67 - 69.
ZENG Mingyong, HUANG Hai. Quality changes of *Lateolabrax japonicus* meat during partially frozen storage [J]. J Fish Sci China, 2001, 8 (4): 67 - 69. (in Chinese)
- [8] HERNANDEZ M D, L PEZ M B, LVAREZ A, et al. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage [J]. Food Chem, 2009, 114 (1): 237 - 245.
- [9] ERKAN N. Sensory, chemical, and microbiological attributes of sea bream (*Sparus aurata*) [J]. Int J Food Prop, 2007, 10 (3): 421 - 434.
- [10] 俞静芬, 赵培城, 丁玉庭. 鳙鱼近微冻保鲜过程中的品质变化特性 [J]. 食品工业科技, 2007, 28 (7): 186 - 188.
YU Jingfen, ZHAO Peicheng, DIN Yuting. Quality changes of big-head carp during partial freezing storage [J]. Food Ind Sci Technol Mag, 2007, 28 (7): 186 - 188. (in Chinese)
- [11] 黄晓春, 侯温甫, 杨文鸽, 等. 冰藏过程中美国红鱼生化特性的变化 [J]. 食品科学, 2007, 28 (1): 337 - 340.
HUANG Xiaochun, HOU Wenfu, YANG Wenge, et al. Study on changes of biochemical properties of *Sciaenops ocellatus* during frozen storage [J]. Food Sci, 2007, 28 (1): 337 - 340. (in Chinese)
- [12] BOONSUMREJ S, CHAIWANICH SIRI 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]. J Food Eng, 2007, 80 (1): 292 - 299.
- [13] 余小颖, 李学斌, 陈会. 猪肉色泽和保水性的相关性研究 [J]. 食品科学, 2009, 30 (23): 44 - 46.
YU Xiaoling, LI Xuebin, CHENG Hui. Relationship between pork color and water-holding capacity [J]. Food Sci, 2009, 30 (23): 44 - 46. (in Chinese)
- [14] THANONKAEW A, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, et al. The effect of metal ions on lipid oxidation, colour and physicochemical properties of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) subjected to multiple freeze-thaw cycles [J]. Food Chem, 2006, 95 (4): 591 - 599.
- [15] 宋永令, 罗永康, 张丽娜, 等. 不同温度贮藏期间团头鲂品质的变化规律 [J]. 中国农业大学学报, 2010, 15 (4): 104 - 110.
SONG Yongling, LUO Yongkang, ZHANG Lina, et al. Study on bream (*Megalobrama amblycephala*) quality variation during storage under different temperatures [J]. J China Agric Univ, 2010, 15 (4): 104 - 110. (in Chinese)
- [16] REZAEI M, HOSSEINI S F. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage [J]. J Food Sci, 2008, 73 (6): 93 - 96.
- [17] MANJU S, JOSE L, SRINIVASA GOPAL T K, et al. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of pearl spot (*Etroplus suratensis*) during chill storage [J]. Food Chem, 2007, 102 (1): 27 - 35.
- [18] DUUN A S, RUSTAD T. Quality of superchilled vacuum packed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets stored at -1.4 and -3.6 [J]. Food Chem, 2008, 106 (1): 122 - 131.
- [19] SIMPSON M V, HAARD N F. Temperature acclimation of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and its influence on freezing point and biochemical damage of postmortem muscle during storage at 0 and -3 [J]. J Food Biochem, 1987, 11 (1): 69 - 93.
- [20] AUSSANASUWANNAKUL A, KENNEY P B. Relating instrumental texture, determined by variable-blade and allo-kramer shear attachments, to sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fillets [J]. J Food Sci, 2010, 75 (7): 365 - 374.
- [21] 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 Yi, XIE Jing. Prediction model for the shelf-life of *Trichiurus haumela* stored at different temperatures [J]. Agric Eng, 2009, 25 (6): 301 - 305. (in Chinese)
- [22] MANJU S, JOSE L, SRINIVASA GOPAL T K. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of pearlspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage [J]. Food Chem, 2007, 102 (1): 27 - 35.