

# 生物保鲜剂结合微冻保藏对杂色蛤肉的保鲜作用

齐凤生, 李丽娜, 刘红英\*

(河北农业大学海洋学院, 秦皇岛 066003)

**摘要:** **目的** 评价生物保鲜剂在微冻条件下的保鲜作用。**方法** 以杂色蛤肉为研究对象, 经溶菌酶、乳酸链球菌素及真空包装处理, 测定其在 $(-3\pm 0.5)$  °C贮藏过程中的细菌总数、理化等指标的变化。**结果** 在 $-3$  °C条件下贮藏 25 d 后, 经溶菌酶、乳酸链球菌素处理的杂色蛤肉挥发性盐基氮分别达到了 14.73 mg/100 g 和 14.92 mg/100 g, 均接近国家规定的卫生标准; 溶菌酶、乳酸链球菌素复合处理的杂色蛤肉贮藏 30 d 其挥发性盐基氮为 14.38 mg/100 g, 比未经处理的对照组延长了 15 d 以上。各处理组的 pH 值、细菌总数、挥发性盐基氮、硫代巴比妥酸和  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 活性变化也均与贮藏时间相关( $P < 0.05$ )。**结论** 相对于其他实验组, 溶菌酶、乳酸链球菌素复合处理组保鲜效果最好。

**关键词:** 溶菌酶; 乳酸链球菌素; 微冻保藏; 杂色蛤肉; 货架期

## Effects of biopreservative combined with partial freezing storage on fresh-keeping of *Ruditapes variegata*

QI Feng-Sheng, LI Li-Na, LIU Hong-Ying\*

(Ocean College of Hebei Agricultural University, Qinhuangdao 066003, China)

**ABSTRACT: Objective** To evaluate fresh-keeping effect of the biological preservatives under partial freezing condition. **Methods** Disposed with lysozyme, nisin and vacuum packaging, the meat of *Ruditapes variegata* was examined for its total bacterial count(TBC) and evaluated for its physical and chemical index during its storage under the temperature of  $(-3\pm 0.5)$  °C, and fresh-keeping effect of the biological preservatives under partial freezing condition was also evaluated. **Results** The results showed that after storage under the temperature of  $-3$  °C for 25 d, total volatile basic nitrogen (TVB-N) of *Ruditapes variegata* meat was 14.73 mg/100 g and 14.92 mg/100 g respectively for disposing with lysozyme and nisin, which were within the normal health standard of the national regulation. For the match-up of the two biological preservatives, TVB-N of *Ruditapes variegata* meat was 14.38 mg/100g after 30 d storage under  $-3$  °C, which could keep fresh 15 d longer than control sample. Changes of pH value, TBC, TVB-N, Thibabitoric Acid (TBA) and  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase activity of each disposed samples were all correlated with storage time ( $P < 0.05$ ). Comparing with other test groups, combined disposing of lysozyme and nisin achieved better fresh-keeping effect. **Conclusion** Disposing of biological preservatives combined with partial freezing storage proves to effectively prolong the shelf life of *Ruditapes variegata* meat.

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目(201205031)

**Fund:** Supported by the Ocean Public Welfare Scientific Research Project, State Oceanic Administration People's Republic of China (201205031)

\*通讯作者: 刘红英, 博士, 教授, 主要研究方向为水产品加工与贮藏。E-mail: liu066000@sina.com

\*Corresponding author: LIU Hong-Ying, Professor, Ocean College of Hebei Agricultural University, No.52, Hebei Street, Haigang District, Qinhuangdao 066003, China. E-mail: qifsh066003@sina.com

**KEY WORDS:** lysozyme; nisin; partial freezing storage; *Ruditapes variegata*; shelflife

## 1 引言

杂色蛤(*Ruditapes variegata*)隶属软体动物门、瓣鳃纲、帘蛤目、帘蛤科,广泛分布于我国北海区,是一种重要的养殖贝类。其生长繁殖快,适应力强,养殖成本低,产量高,肉质细嫩,味道鲜美,营养丰富,是我国主要的海产经济贝类之一,但由于杂色蛤肌肉组织细嫩、含水量高、酶作用旺盛,极易腐败变质,造成重大经济损失,因此其保鲜问题亟待解决。

微冻保鲜是指将渔获物保藏在其冻结点(-3 ℃左右)的一种轻度冷冻保鲜,也称作过冷却或部分冻结。国外在 20 世纪 70 年代就开始将微冻冷藏技术运用到水产品保鲜中,并取得了良好效果<sup>[1-5]</sup>,中国在 1978 年也开始对水产品微冻保鲜进行研究<sup>[6-9]</sup>。与冷藏相比,微冻保鲜水产品的货架期能延长 1.5~4 倍,因此日益受到人们重视<sup>[10]</sup>。

近年来,随着人们对食品安全重视程度的提升,天然低毒、效果良好、经济简便的生物保鲜剂成为了研究热点<sup>[11-21]</sup>。溶菌酶、乳酸链球菌素(Nisin)均是在食品工业领域应用十分广泛的生物保鲜剂,溶菌酶对革兰氏阳性菌、好气性孢子形成菌、枯草杆菌、地衣型芽孢杆菌等均有良好的抑制能力,尤其对溶壁微球菌的溶菌能力最强;乳酸链球菌素能够抑制大部分革兰氏阳性菌、对产芽孢杆菌、耐热腐败菌、生孢梭菌等的生长和繁殖,研究表明溶菌酶和乳酸链球菌素的混合使用能增强抑菌效果<sup>[22]</sup>。目前利用生物保鲜剂保鲜贝类的研究较少,尤其是在杂色蛤肉的保鲜研究方面,国内还没有相关的报道。本文以溶菌酶和乳酸链球菌素为主要防腐剂结合微冻保藏,通过分析 pH 值、细菌总数、挥发性盐基氮(TVB-N)、硫代巴比妥酸(TBA)、游离脂肪酸和 Ca<sup>2+</sup>-ATPase 活性等指标的变化,评价对杂色蛤肉的保鲜作用,旨在为杂色蛤肉保鲜技术的开发提供参考和依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与试剂

主要材料:杂色蛤购于秦皇岛海鲜批发市场,个体鲜活饱满,大小均匀。

主要试剂:氯化钠、氢氧化钠、三氯乙酸、石油

醚、液体石蜡、无水碳酸钾、硫代巴比妥酸、甘氨酸、氯化钙等,以上试剂均为分析纯。溶菌酶(≥98%),美国 Sigma 公司;乳酸链球菌素(大于 1000 IU/mg),郑州奇泓生物科技有限公司;Ca<sup>2+</sup>-ATPase 测试盒,南京建成生物工程研究所;平板计数琼脂培养,北京陆桥技术有限责任公司。

### 2.2 仪器与设备

721 型可见分光光度计,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;XMTD-6000 电热恒温水浴锅,北京利康达圣科技发展有限公司;JJ-2 组织捣碎机,江苏金坛市亿通电子有限公司;ZSD-A1430 全自动新型生化培养箱:上海智诚分析仪器制造有限公司;3K30 冷冻离心机,美国 Sigma 公司;PHS-3C 酸度计,上海雷磁仪器厂;SW-CJ-2F 无菌操作台,苏州安泰空气技术有限公司。

### 2.3 实验方法

#### 2.3.1 样品处理

将大小均匀、健康的杂色蛤清洗干净后,放入海水中净化处理 12 h。然后破壳取肉,迅速放入生理盐水中清洗、沥干,在配制好的保鲜液中将贝肉浸渍 3~5 min,取出沥干 3~5 min,后将 200 g 的贝肉立即装入复合薄膜袋中真空密封,标记后放入-3 ℃条件下保藏待测。

#### 2.3.2 保鲜液配制

在预实验基础上,以 Nisin、溶菌酶、甘氨酸、抗坏血酸等为主要成分,经正交试验优选复合保鲜液的配方:A 组为溶菌酶 0.05%,氯化钠 1.0%,甘氨酸 7.5%,抗坏血酸 0.3%;B 组为乳酸链球菌素 0.02%,氯化钠 2.0%,甘氨酸 6.0%,抗坏血酸 0.4%;C 组为溶菌酶 0.045%,乳酸链球菌素 0.015%,甘氨酸 6.0%,氯化钠 1.0%,抗坏血酸 0.2%;K 组为对照组。

#### 2.3.3 指标测定方法

(1)pH 值的测定 取贝肉 5 g,加入 9 倍双蒸水,均质,静置 30 min,然后用 pH 计进行测定。

(2)挥发性盐基氮的测定 挥发性盐基氮(TVB-N)测定方法参照 SC/T 3032-2007。

(3)硫代巴比妥酸(TBA)的测定 取 10.00 g 绞碎的杂色蛤肉于 500 mL 蒸馏瓶中,加入 20 mL 蒸馏水搅拌均匀,再加入 2 mL 盐酸溶液( $V_{\text{HCl}}:V_{\text{H}_2\text{O}}=1:2$ ),

及 2 mL 液体石蜡, 采用水蒸气蒸馏, 收集 50 mL 蒸馏液, 取 5 mL 蒸馏液与 5 mL TBA 醋酸溶液(0.2883 g 硫代巴比妥酸溶解于 100 mL 90%冰醋酸)于 25 mL 试管中充分混合, 100 °C 水浴加热 35 min 后冷却 10 min, 在 535 nm 处测吸光度  $A$ 。以蒸馏水取代蒸馏液作为空白样。

$$\text{TBA} = A \times 7.8 \times 10^{-2} \text{ mg/g}$$

4)  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 活性的测定 按测试盒的测试方法进行测定。

5) 细菌总数的测定 按照 GB/T 4729.2 规定进行。

## 2.4 数据处理与分析

采用 Excel 绘制图表, 利用 SPSS17.0 软件分析数据。当  $P < 0.01$  时为极显著差异,  $P < 0.05$  时为显著性差异,  $P > 0.05$  时为差异不显著。

## 3 结果与分析

### 3.1 pH 值的变化

pH 值是判断水产品品质好坏的指标之一, 杂色蛤贮藏过程中 pH 值的变化如图 1 所示。各实验组 pH 值变化均与时间和生物保鲜剂显著相关 ( $P < 0.05$ ), 杂色蛤初始 pH 值约为 6.67, 接近于中性, 随时间的延长, 不同包装条件下的杂色蛤 pH 值都开始下降, 这是由于杂色蛤死亡后, 体内的糖原开始分解产生乳酸, 使肌肉的 pH 值下降。在 0~10 d 内, 对照组 K 的 pH 值 随时间快速下降 ( $r = -0.999$ ), 且 pH 值略低于其它处理实验组, 这可能是由于产酸微生物贮藏过程中生长繁殖速度快而发酵产生了较多的酸性物质, 致使 pH 值迅速下降<sup>[23]</sup>。随后其肌肉 pH 值又有上升趋势, 这是由于杂色蛤体内的蛋白质被分解成碱性的胺及氨类物质, 使 pH 值逐渐升高。与对照组 K 相比, 经过生物保鲜处理的杂色蛤 pH 值在保藏后期上升趋势缓慢, 说明生物保鲜剂能够有效抑制贝类中腐败微生物的繁殖, 从而延缓蛋白质降解及胺类等碱性物质的生成, 有效保持贝肉的品质。邓肯多重比较结果表明, 各组保鲜剂处理与对照存在着显著性差异 ( $P < 0.05$ )。从第 15 d 左右, 经过溶菌酶和乳酸链球菌素复合处理组 pH 值高于溶菌酶和乳酸链球菌素单独处理组, 且 pH 值变化缓慢。综合分析表明, 溶菌酶和乳酸链球菌素复合处理可以进一步抑制产酸微生物的生长, 减缓 pH 值的下降。

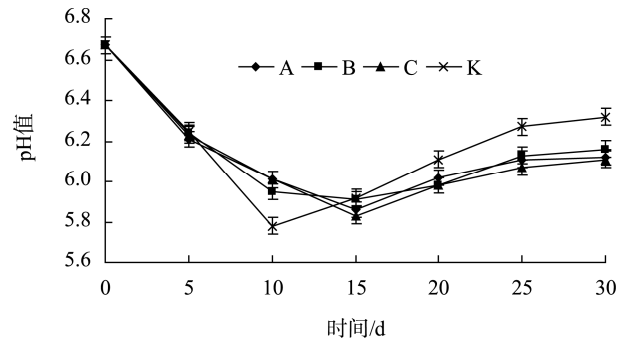


图 1 杂色蛤微冻保藏过程中 pH 值的变化

Fig. 1 Changes of pH in *Ruditapes variegata* during partial freezing storage

### 3.2 细菌总数的变化

细菌总数不仅可作为食品被微生物污染度的指标, 还可以预测食品的存放期。杂色蛤在贮藏过程中细菌总数的变化如图 2 所示。由图 2 可知, 细菌总数可以较好地反映各实验组不同变化情况, 新鲜杂色蛤的细菌总数初始值为 4.18 lg(cfu/g), 对照组的细菌总数与保鲜时间出现明显差异 ( $P < 0.05$ ,  $r = 0.960$ ), 0~5 d 内对照组细菌总数随贮藏时间的延长增长缓慢, 10 d 后增长速度加快, 且增长速度高于其他实验组。其他保鲜组细菌数变化均与贮藏时间相关 ( $P < 0.05$ ), 在整个冷藏期间内的细菌总数开始阶段细菌总数呈下降趋势, 而后呈逐渐升高的趋势, 这是由于微冻贮藏温度  $-3$  °C 处于最大冰晶生成温度带范围内, 微生物体液中的水分结冰, 体积膨胀, 同时微生物也受到由于外部水分结冰导致体积增大带来的挤压而使菌体破裂死亡<sup>[24]</sup>; 随后细菌总数的回升则是由于蛋白质、糖类、脂类逐渐降解成小分子物质, 一部分已适应不良环境的微生物利用小分子物质作为营养来源, 不断繁殖, 从而导致腐败变质。A 组和 B 组细菌总数变化相差不大, 而 C 组的细菌总数明显低于 A 组和 B 组 ( $P < 0.05$ )。综合分析表明溶菌酶与 Nisin 可能存在协同作用, 复合生物保鲜剂具有良好的保鲜作用。

### 3.3 TVB-N 含量的变化

TVB-N 的含量反映的是水产品蛋白质在细菌和内源酶的作用下分解产生的氨及低级胺类等碱性物质的情况, 通常作为肉类的鲜度指标。杂色蛤贮藏过程中 TVB-N 含量的变化如图 3 所示。由图 3 可知, 各实验组 TVB-N 含量的变化均与时间相关 ( $P < 0.05$ ),

对照组 TVB-N 含量第 5 d 时迅速上升, 到第 15 d 时 TVB-N 含量为 16.36 mg/100 g, 超过国标规定的 15 mg/100 g。除对照组外, 其他各组 TVB-N 值开始时相差不大, 变化比较缓慢, 一段时间后, 差异越来越显著, 前期 TVB-N 含量变化缓慢是由于 AMP 脱氨基作用释放出氨态氮引起 TVB-N 含量升高, 虽然不能排除其他物质的脱氨基作用的影响, 但三甲胺(TMA)或二甲胺(DMA)引起 TVB-N 增加的可能性不大。经过生物保鲜剂处理组 TVB-N 含量少于对照组, 表明经生物保鲜剂处理可以有效的抑制微生物生长, 降低贮藏期内 TVB-N 含量, 但 A 组(溶菌酶处理)、B 组(Nisin 处理)间无明显差异( $P>0.05$ ), 而 C 组(经溶菌酶和 Nisin 复合处理)第 15 d 后 TVB-N 的含量显著低于 A 组和 B 组( $P<0.05$ ), 到 30 d 时, C 组 TVB-N 含量为 14.38 mg/100 g, 未超过国标规定 15 mg/100 g, 保鲜效果最好。

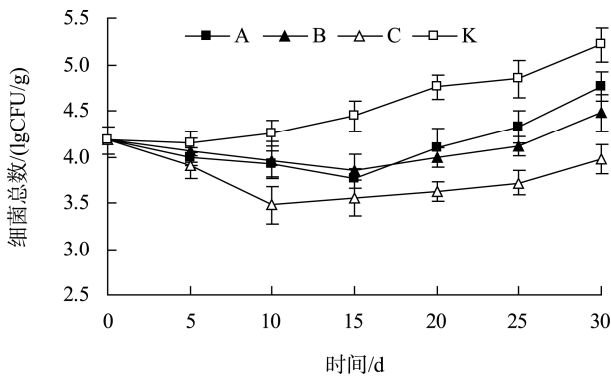


图 2 杂色蛤在微冻冷藏过程中细菌总数的变化

Fig. 2 Changes of total bacterial counts in *Ruditapes variegata* during freezing storage

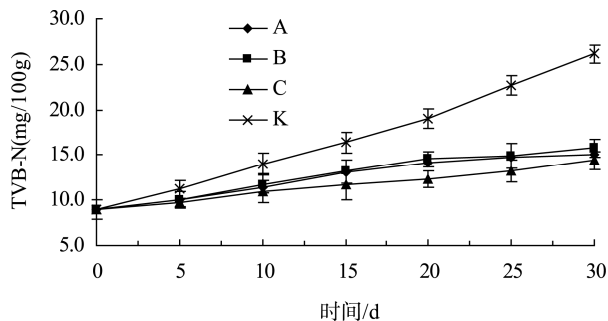


图 3 杂色蛤微冻保藏过程中 TVB-N 的变化

Fig. 3 Changes of TVB-N in *Ruditapes variegata* during partial freezing storage

### 3.4 TBA 值的变化

TBA 值被广泛的用来评价脂肪氧化程度, TBA 反应物质主要发生在自溶阶段, 在这个阶段过氧化物氧化为醛和酮。杂色蛤贮藏过程中 TBA 值的变化如图 4 所示。由图 4 可知, 贮藏时间与保鲜方法对杂色蛤 TBA 值影响显著( $P<0.05$ ), 对照组 TBA 值开始时迅速上升, 10~15 d 时达到最大值, 然后开始减小并维持在此水平上, 贮藏后期, TBA 值逐渐下降。与对照组相比, 采用生物保鲜剂处理后, 各组 TBA 值增长缓慢, TBA 值较低, 贮藏 5 d 时各生物保鲜处理 TBA 值显著低于对照组 K( $P<0.01$ ); 贮藏 15 d 时溶菌酶与 Nisin 复合处理组的 TBA 含量显著低于溶菌酶与 Nisin 单独处理组( $P<0.05$ ), 表明溶菌酶与 Nisin 复合处理防止脂肪氧化效果更好。

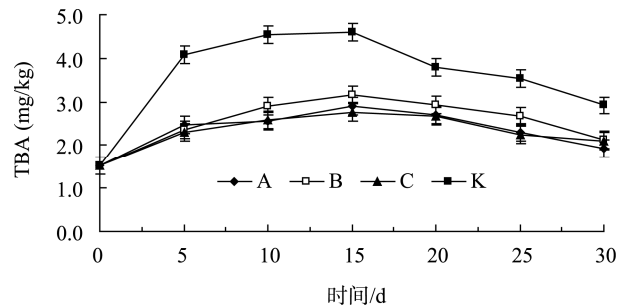


图 4 杂色蛤微冻保藏过程中 TBA 的变化

Fig. 4 Changes of TBA in *Ruditapes variegata* during partial freezing storage

### 3.5 $Ca^{2+}$ -ATPase 活性的变化

$Ca^{2+}$ -ATPase 活性源于肌动球蛋白的头部结构, 在贮藏过程中肌动球蛋白的头部结构会发生变化, 严重时甚至会形成二硫键, 导致其酶活性的下降甚至丧失<sup>[25]</sup>。 $Ca^{2+}$ -ATPase 活性可以准确反映蛋白质的变化, 从而判断其品质变化。杂色蛤贮藏过程中  $Ca^{2+}$ -ATPase 活性变化如图 5 所示, 由图可知, 各实验组杂色蛤  $Ca^{2+}$ -ATPase 活性与贮藏时间显著相关( $P<0.05$ ), 对照组杂色蛤  $Ca^{2+}$ -ATPase 活性在 0~10 d 下降速度比较快, 而 15 d 后下降速度趋于缓慢( $r=-0.816$ ), 生物保鲜剂处理各组  $Ca^{2+}$ -ATPase 活性较对照组下降缓慢。对照组 K 保鲜贮藏到 5 d 后  $Ca^{2+}$ -ATPase 活性由新鲜肉的 0.211  $\mu\text{mol pi}/(\text{mg}\cdot\text{h})$  下降至约为 0.08  $\mu\text{mol pi}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ , 降幅为 62.09%; 20 d 后降至约为 0.021  $\mu\text{mol pi}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ , 降幅为 90.01%。同

样溶菌酶与 Nisin 复合组 C 5 d 后  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 活性由新鲜肉的  $0.2110 \mu\text{mol pi}/(\text{mg}\cdot\text{h})$  下降至约为  $0.145 \mu\text{mol pi}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ , 降幅为 31.28%; 20d 后下降至约为  $0.027 \mu\text{mol pi}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ , 降幅为 87.20%。贮藏 5 d 时 A 组(溶菌酶处理)、C 组(经溶菌酶和 Nisin 复合处理)  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 活性显著高于 K ( $P<0.01$ ); 20 d 时 A 组(溶菌酶处理)、B 组(Nisin 处理)和对照组 K 组三种处理  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 活性无明显差异( $P>0.05$ ), 相对来讲, 选用 C 组处理能更好地减缓蛋白质变性。

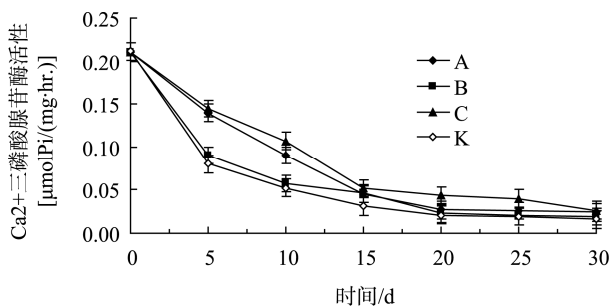


图5 杂色蛤微冻保藏过程中  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 的变化

Fig. 5 Changes of  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase activity in *Ruditapes variegata* during partial freezing storage

## 4 结论

溶菌酶、Nisin 等生物保鲜剂能够有效抑制微冻保藏中杂色蛤肉细菌的增长繁殖, 延缓挥发性盐基氮、pH 值、硫代巴比妥酸值的上升, 减缓  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 活性降低。

通过保鲜效果对比实验, 杂色蛤初始 TVB-N 值为  $8.97 \text{ mg}/100 \text{ g}$ , 细菌总数为  $4.18 \text{ lg}(\text{cfu}/\text{g})$  的新鲜杂色蛤肉在  $-3^\circ\text{C}$  微冻条件下保藏 12~13 d TVB-N 值达到国家标准, 经过 0.02% Nisin 处理的杂色蛤肉保藏 25 d 时 TVB-N 值为  $14.92 \text{ mg}/100 \text{ g}$  已接近国家标准, 0.05% 溶菌酶处理的杂色蛤肉保藏 30 d 时 TVB-N 值为  $15.07 \text{ mg}/100 \text{ g}$  超过了国家标准, 货架期比对照组延长到了 12~13 d, 而经过 0.045% 溶菌酶和 0.015% Nisin 复合处理的杂色蛤肉保藏 30 d 时 TVB-N 值仅为  $14.38 \text{ mg}/100 \text{ g}$ , 货架期比对照组延长到了 17~18 d 以上, 各项指标较之于其他实验组都是最优的, 保鲜效果明显, 这与其他学者的研究结果一致<sup>[11,12]</sup>, 可能因为各自的抗菌范围存在一定的互补性, 因而扩大了其抗菌谱, 效果更好。

## 参考文献

- [1] Magnusson H, Martinsdottir E. Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice [J]. *J Food Sci*, 1995, 60(2): 273–278.
- [2] Cho YJ. The effect of partial freezing to preserve fish freshness [J]. *Bull Natl Fish Univ Busan(Nat Sci)*, 1981, 21(2): 63–69.
- [3] Rosues JT, Kleiberg GH, Sivertsvik M, et al. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the shelf-life of formed reudy-to-cook spotted wolf-fish(*Anarhichas minor*)[J]. *Packaging Technol Sci*, 2006, 19: 325–333.
- [4] Simlpsion MV, Haard NF. Temperutur-acclimition of atlantic cod(*Gadus morhua*) and its influence on freezing point and biochemical damage of postmortem muscle during storage at  $0^\circ\text{C}$  and  $-3^\circ\text{C}$ [J]. *J Food Biochem*, 1987, 11: 69–93.
- [5] Fatima R, Khan MA, Qadri RB. Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored in ice ( $0^\circ\text{C}$ ) and partially frozen ( $-3^\circ\text{C}$ )[J]. *J Sci Food Agric*, 1988, 42(3): 235–247.
- [6] 张强, 李媛媛, 林向东. 罗非鱼片真空微冻保鲜研究[J]. *食品科学*, 2011, 32(4): 232–236.  
Zhang Q, Li YY, Lin XD. Fresh-keeping technology for tilapia fillets by vacuum packaging followed by partial freezing[J]. *Food Sci*, 2011, 32(4): 232–236.
- [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 MY, Huang H. Quality changes of *L. ateolabrax japonicus* meat during partially frozen storage[J]. *J Fish Sci China*, 2001, 8 (4): 67–69.
- [8] 李卫东, 陶妍, 袁骥, 等. 南美白对虾在微冻保藏期间的鲜度变化[J]. *食品与发酵工业*, 2008, 34(11): 49–51.  
Li WD, Tao Y, Yuan Q, et al. Changes in freshness of *penaeus vannamei* during partial freezing storage[J]. *Food Fermentation Ind*, 2008, 34(11): 49–51.
- [9] 高昕, 韩芳, 许加超, 等. 微冻贮藏条件下鲈鲜度和质构变化[J]. *水产学报*, 2010, 34(8): 1294–1302.  
Gao X, Han F, Xu JC, et al. Freshness and texture changes of *lateolabrax japonicus* meat during partially frozen storage[J]. *J Fish Sci China*, 2010, 34(8): 1294–1302.
- [10] Duun AS, Rustad T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets[J]. *Food Chem*, 2007, 105: 1067–1075.
- [11] 曹荣, 薛长湖, 刘淇, 等. 一种复合型生物保鲜剂在牡蛎保鲜中的应用研究[J]. *食品科学*, 2008, 29(11): 653–655.  
Cao R, Xue CH, Liu Q, et al. Application of a new compound biopreservative in storage of oyster[J]. *Food Sci*, 2008, 29(11): 653–655.
- [12] 顾仁勇. Nisin、溶菌酶用于斑点叉尾鲷鱼片保鲜的研究[J]. *食*

- 品科学, 2010, 31(14): 305–308.
- Gu RY. The combined use of nisin, lysozyme and vitamin c for the preservation of channel catfish (*Lctalurus punctatus*) fillets[J]. Food Sci, 2010, 31(14): 305–308.
- [13] Kuwano K, Tanaka N, Shimizu T, *et al.* Dual antibacterial mechanisms of nisin z against gram-positive and gram- negative bacteria[J]. Antimicrobial Agents, 2005(26): 396–402.
- [14] 张娟, 郭玉蓉, 陈玮琦, 等. 苹果枝条多酚对草鱼保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(3): 59–62.
- Zhang J, Guo YR, Chen WQ, *et al.* Preservative properties of apple branch extracts for Grass carp[J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(3): 59–62.
- [15] 熊青, 谢晶, 高志立, 等. 不同生物保鲜剂对冷藏南美白对虾的保鲜效果[J]. 食品工业科技, 2014, 35(1): 270–274.
- Xiong Q, Xie J, Gao ZL, *et al.* Effects of natural preservatives on shrimp( *Penaeus vannamei*) during cold storage[J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(1): 270–274.
- [16] 侯伟峰, 谢晶.  $\epsilon$ -聚赖氨酸、壳聚糖及植酸对南美白对虾的保鲜作用[J]. 食品科学, 2012, 33(8): 308–312.
- Huo WF, Xie J. Preservation effects of  $\epsilon$ -polylysine, chitosan and phytic acid on *penaeus vannamei*[J]. Food Sci, 2012, 33(8): 308–312.
- [17] 郝教敏, 马丽珍, 王如福. 多源复合天然保鲜剂对冷却猪肉的保鲜效果[J]. 中国食品学报, 2012, 12(6): 114–120.
- Hao JM, Ma LZ, Wang RF. Studies on the preservation of chilled pork by mixture natural preservatives solution[J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2012, 12(6): 114–120.
- [18] 谢晶, 杨胜平. 生物保鲜剂结合气调包装对带鱼冷藏货架期的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 376–382.
- Xie J, Yang SP. Effects of biopreservative combined with modified atmosphere packaging on shelf-life of *trichiurus haumela*-keeping[J]. Trans CSAE, 2011, 27(1): 376–382.
- [19] Mangalassary S, Han I, Rieck J, *et al.* Effect of combining nisin and/or lysozyme with in-package pasteurization for control of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat turkey bologna during refrigerage storage[J]. Food Microbiol, 2008, 25: 866–870.
- [20] 张进杰, 阙婷婷, 曹玉敏, 等. 壳聚糖、Nisin 涂膜在鲢鱼块冷藏保鲜中的应用[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 132–139.
- Zhang JJ, Que TT, Cao YM, *et al.* Effect of chitosan and nisin coatings on the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys Molitrix*)[J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2013, 13(8): 132–139.
- [21] 李婷婷, 励建荣, 胡文忠. 可食性壳聚糖涂膜保鲜大黄鱼品质控制研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(6): 147–152.
- Li TT, Li JR, Hu WZ. Effects of edible coatings chitosan on the shelf life of large yellow croaker (*Pseudosciaena Crocea*)[J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2013, 13(6): 147–152.
- [22] Chung W, Hancock REW. Action of lysozyme and nisin mixtures against lactic acid bacteria[J]. Int J Food Microbiol, 2000, 60(1): 25–32.
- [23] 张超, 励建荣, 李学鹏, 等. 臭氧杀菌结合气调包装对缙蛭的保鲜效果[J]. 水产学报, 2011, 35(3): 446–455.
- Zhang C, Li JR, Li XP, *et al.* Combined effects of ozone sterilization and modified atmosphere packaging on the qualities of *Sinonovacula constricta* Lamarck[J]. J Fish China, 2011, 35(3): 446–455.
- [24] Cobb BF. Effect of ice storage on microbiological changes in fish and melting ice in a model system[J]. Food Sci, 1976, 41(1): 29–32.
- [25] Benjakul S, Seymour S, Morrissey T, *et al.* Physicochemical changes in pacific whiting muscle proteins during iced storage[J]. J Food Sci, 1997, 62: 729–733.

(责任编辑: 邓伟)

## 作者简介



齐凤生, 硕士, 副教授, 主要研究方向为水产品加工与贮藏。  
E-mail: qifsh066003@163.com



刘红英, 博士, 教授, 主要研究方向为水产品加工与贮藏。  
E-mail: liu066000@sina.com