

透明质酸涂膜对鲫鱼微冻贮藏保鲜效果的影响

Effect of hyaluronic acid coating on fresh quality of crucian carp
(*Carassius auratus*) during the partial-freezing storage

郭 丽 王 鹏 姜 喆 郭艳利 周凤超 柴云雷

GUO Li WANG Peng JIANG Zhe GUO Yan-li ZHOU Feng-chao CHAI Yun-lei

(绥化学院食品与制药工程学院, 黑龙江 绥化 152061)

(College of Food and Pharmaceutical Engineering, Suihua University, Suihua, Heilongjiang 152061, China)

摘要:将鲫鱼肉表面涂抹不同浓度的透明质酸(HA)后在 -3°C 的微冻环境中进行贮藏,并分析其挥发性盐基氮(TVB-N)、pH值、电导率、硫代巴比妥酸(TBA)、持水力、色差和质构的变化规律。结果表明,HA结合微冻贮藏能延缓鲫鱼肉质下降的速度,经0.9% HA处理后鲫鱼肉的保鲜效果较好,TVB-N、TBA、电导率与未经HA处理鱼肉样品相比增幅较小($P<0.05$),持水力降幅较小($P<0.05$);贮藏24 d时,TVB-N为9.64 mg/100 g, TBA为0.15 mg/kg,电导率为847 $\mu\text{S}/\text{cm}$,色泽和质构变化较小。

关键词:鲫鱼;透明质酸;微冻;品质

Abstract: The surface of Crucian carp (*Carassius auratus*) meat was coated with different concentrations of hyaluronic acid (HA) and stored at partial-freezing condition (-3°C) to study the effect of hyaluronic acid on its freshness preservation. The total volatile base-nitrogen (TVB-N), pH value, conductivity, thiobarbituric acid (TBA), water holding capacity, color and texture were measured as quality indexes to analyze the change of fish meat. The results showed that the meat quality of Crucian carp decreased slowly by combination of HA coating during the partial-freezing storage. The fish meat with 0.9% HA coating maintained its fresh quality on TVB-N (9.64 mg/100 g), TBA (0.15 mg/kg), conductivity (847 $\mu\text{S}/\text{cm}$), color and texture during 24 d partial-freezing storage, compared with indexes of untreated fish ($P<0.05$).

Keywords: Crucian carp; hyaluronic acid; partial-freezing; fresh quality

随着冷链技术和超市零售业的快速发展,生鲜净鱼的低温销售克服了传统活鱼销售模式中运输难、损耗大、生鲜垃圾多等缺点,方便了现代快节奏生活的消费者需求,逐渐成为行业趋势。鲫鱼在中国各地均有养殖,其鱼肉营养丰富,

结缔组织少,水分含量高,组织酶类活性高,很难长时间保持新鲜^[1-3]。为了有效提高生鲜净鱼贮藏品质,有研究人员^[4-6]采用低温与壳聚糖、海藻酸钠等大分子物质形成的凝胶体涂膜保鲜鱼肉,减缓鱼体内水分蒸发与汁液流失,并具有较好的隔氧、抑菌作用。但壳聚糖存在溶解性差、对pH的依赖性强和机械性能不佳,离子交联型海藻酸钙水凝胶在生理条件下无法长期保持稳定等缺点。因此,开发天然、安全、高效的生物保鲜剂具有重要的研究价值。

透明质酸(Hyaluronic acid, HA)作为动物细胞基质的主要成分显示出多种重要生理功能,如保水性、抗菌性、清除自由基、黏弹性、润滑性、成膜性、调节细胞功能、促进伤口愈合、生物相容性等^[7-8],自2008年卫生部公布HA作为新资源食品后,已应用于果汁、豆奶、果冻等食品中^[9],而将透明质酸作为天然涂膜材料应用于水产品贮藏的研究还未见报道。本研究拟采用不同浓度的HA涂膜与微冻技术结合应用于鲫鱼的贮藏保鲜,分析HA涂膜对鲫鱼肉TVB-N、TBA、电导率、pH值、持水力、色度和质构等指标的影响,为开发新型、安全的鱼肉保鲜方法提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

生鲜鲫鱼:黑龙江绥化市华晨超市;

透明质酸:分析纯,山东福瑞达生物化工有限公司;

2,6-二叔丁基对甲酚(BHT):分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

硫代巴比妥酸(TBA)、硼酸、甲基红、溴甲酚绿:分析纯,天津光复精细化工研究所;

三氯乙酸:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

电子天平:AB104-N型,上海第二天平仪器厂;

食品加工机: EFP307L型,伊莱克斯(中国)电器有限

基金项目:黑龙江省自然科学基金面上项目(编号:C2017070)

作者简介:郭丽(1979—),女,绥化学院副教授,博士。

E-mail: guoli2138@163.com

收稿日期:2017-06-13

公司;

pH 计:PB-10 型,德国赛多利斯集团;

紫外可见分光光度计:752 型,上海析谱仪器有限公司;

台式低速离心机:80-2B 型,湖南星科科学仪器有限公司;

高速冷冻离心机:GL-16G-II 型,上海市安亭科学仪器厂;

数字电导率仪:FE38-Meter 型,瑞士梅特勒-托利多国际贸易有限公司;

自动凯氏定氮仪:K9840 型,海能(济南)仪器有限公司;

色差计:CR-400/410 型,柯尼卡美能达控股株式会社;

质构仪:TA-XT.puls 型,英国 Stable Micro System 公司。

1.2 方法

1.2.1 试验内容 将购买的每条重量约为 700 g 的鲜活鲫鱼用装有冰块的泡沫箱在 1 h 内运至实验室,在碎冰上迅速进行分割,去头、去内脏、去尾、去皮,在躯干部从腹鳍向背鳍均匀分割为上下两部分,长约 12 cm,宽约 5~8 cm,流水快速冲洗干净后用滤纸吸干,涂抹不同浓度 HA,放置于装有 5% 冰盐混合液的套桶夹层中,于 -3 °C 的微冻环境中贮藏。试验分为 4 组,第 1 组为空白组,第 2~4 组分别涂抹浓度为 0.3%,0.6%,0.9% 的 HA 溶液,将不同浓度 HA 溶液完整均匀地涂抹于分割鱼肉表面,晾干后表面形成一层透明、光亮、均匀的保护膜。每隔 6 d 测定各指标。测定前,将鲫鱼肉用食品加工机均质为均匀肉糜,参数条件为 12 000 r/min,间歇式打磨 1 min,持水力、质构测定样品按需要切成大小不同的鲫鱼肉块。

1.2.2 TVB-N 的测定 按 GB 5009.228—2016 的自动凯氏定氮仪法执行,平行测定 3 次。

1.2.3 pH 值的测定 鲫鱼肉均质化后,按 GB 5009.237—2016 测定 pH 值,平行测定 3 次。

1.2.4 电导率的测定 校准电导率仪后,称取 3 g 均质样品,用去离子水配制成浓度为 10% 的溶液,用玻璃棒搅拌均匀,静置 30 min 后过滤,取滤液测定电导率值,平行测定 3 次。

1.2.5 TBA 的测定 参考文献[10],平行测定 3 次。

1.2.6 持水力的测定 参考文献[11],修改如下:称取 5 g 鲫鱼肉块(精确至 0.000 1 g),用滤纸包住,放入离心管中,3 000 r/min 离心 15 min,取出样品称重,按式(1)计算样品持水力。平行测定 3 次。

$$\text{持水力} = \frac{\text{离心后肉的质量}}{\text{离心前肉的质量}} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.7 色差的测定 取均质样品装于直径 6 cm,高度为 4 cm 的称量瓶,将色差仪垂直轻压在样品表面,接触面无空气,迅速测定 L^* 、 a^* 、 b^* 数值,做平行试验,测定 6 次。

1.2.8 质构的测定 沿肌纤维方向将鲫鱼肉分割为 2 cm×1 cm×1 cm 的肉块,并沿着垂直于肌纤维方向测定肉柱的剪切力值。测定参数:测定探头为 HDP/BSW,测试前和测试中的速度均为 1.5 mm/s,测试后速度 1 cm/s,下压距离

20 mm,数据获取率 200 pps,触发力 40 g,平行测定 6 次。

1.3 数据处理方法

采用 SPSS 19.0 统计软件进行组间的差异显著性分析, $P < 0.05$ 时为差异显著,具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 微冻贮藏过程中生化指标的变化

2.1.1 TVB-N 的变化 由图 1 可知,在微冻贮藏初期,未经 HA 处理和 0.3% HA 处理的鲫鱼肉 TVB-N 呈缓慢增加趋势,0.6% 和 0.9% HA 处理的鲫鱼肉 TVB-N 呈现下降趋势,原因是低温抑制了内源蛋白酶活性的增长和微生物的繁殖,使非蛋白氮物质氧化脱氨作用减弱,同时也抑制了微生物对鲫鱼中蛋白质的降解作用^[12-13]。在贮藏 12 d 后,鲫鱼肉中 TVB-N 增速变大,微生物生长繁殖代谢产生的外源蛋白酶作用于鱼体蛋白质,加速了蛋白质分解,最终导致 TVB-N 的含量不断增长^[14],与唐文艳等^[15]在 4 °C 下对鲫鱼进行异硫氰酸烯丙酯壳聚糖涂膜保鲜得到的结果一致。

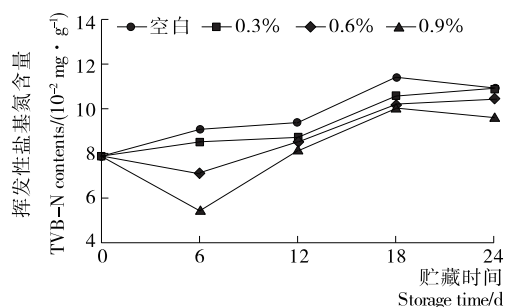


图 1 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中 TVB-N 含量的变化

Figure 1 Changes of TVB-N contents in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

在微冻贮藏期间,不同浓度 HA 处理的鲫鱼肉中 TVB-N ≤ 10.94 mg/100 g,符合 GB 2733—2015《鲜、冻动物性水产品》规定:TVB-N ≤ 20 mg/100 g。未经 HA 处理的鲫鱼肉 TVB-N 含量最高,贮藏 24 d 内,增加了 39.14%;涂抹 HA 的鲫鱼肉 TVB-N 含量增加较小,各处理之间差异显著 ($P < 0.05$),经 0.9% HA 处理的鲫鱼肉 TVB-N 含量增加最缓慢,可能是达到一定黏弹性的 HA 与细胞周基质(pericellular matrix, PCM)相互作用形成分子屏障,阻挡有害物质对细胞造成损伤^[16]。说明黏弹性相对较大的 HA 溶液(0.9%)能够较好地延缓鲫鱼蛋白质的降解速度。

2.1.2 pH 值的变化 微冻贮藏过程中鲫鱼肉的 pH 值呈先上升后下降的趋势,见图 2。贮藏初期,鲫鱼肉的 pH 值变化不明显,可能是鲫鱼肉发生了糖酵解反应,产生乳酸,中和了碱性的 TVB-N;在贮藏中期,随着 TVB-N 的不断增长,pH 值也逐渐增加,并随着 TVB-N 增加速度的加快而快速上升^[17],同时氨基酸等碱性物质分解,也会导致鲫鱼肉 pH 值升高;在贮藏后期,pH 值出现了下降趋势,原因是糖酵解反应生成的乳酸、ATP 和磷酸肌酸等物质分解为磷酸等酸性物质,导致鲫鱼肉的 pH 值降低^[18]。未经处理的鲫鱼肉 pH

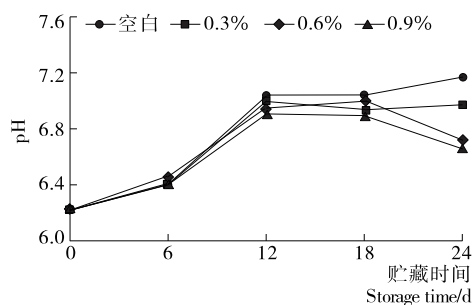


图 2 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中 pH 值的变化

Figure 2 Changes of pH in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

值变化幅度最大,与不同浓度 HA 处理的鲫鱼肉 pH 值变化差异显著($P<0.05$),与陆利霞等^[19]在 0 °C 温度下贮藏鲫鱼测得的 pH 值相近。

2.1.3 电导率的变化 鲫鱼在贮藏末期电导率呈增加趋势,见图 3。鲫鱼肉蛋白质、脂肪等被微生物分解成大量小分子物质,产生大量离子,从而使鱼肉浸出液的导电能力增强,随着贮藏时间的延长,鱼肉被分解的程度越来越高,分解产物逐渐增多,导电能力增强,导致鲫鱼肉新鲜度变差^[20]。本试验结果与何其等^[21]在 -5 °C 温度下对罗非鱼贮藏的结果相似。

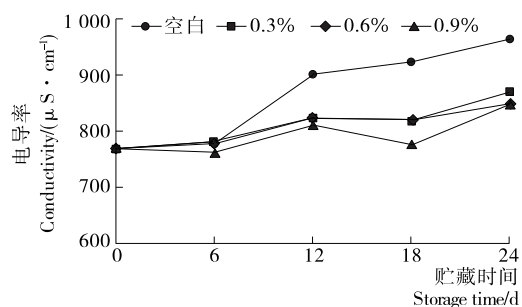


图 3 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中电导率的变化

Figure 3 Changes of conductivity in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

未经 HA 处理的鲫鱼肉电导率增加幅度最大,与经 HA 处理的鲫鱼肉电导率变化差异显著($P<0.05$),但 HA 处理之间差异不显著($P>0.05$)。说明 HA 涂抹于鲫鱼肉表面可延缓鲫鱼在微冻贮藏过程中品质的劣变。

2.1.4 TBA 的变化 鲫鱼肉中不饱和脂肪酸氧化产生丙二醛,进一步与 TBA 反应生成稳定的化合物,以此来反映肉类和水产品脂肪氧化程度。由图 4 可知,鲫鱼肉在微冻贮藏过程中丙二醛含量逐渐增加,贮藏初期增加较缓慢($P>0.05$),贮藏 12~24 d 时增幅明显变大($P<0.05$)。在微冻贮藏前期微生物和酶的作用受到抑制,随着贮藏时间的延长,冰晶对细胞破坏作用加快,鲫鱼肉脂肪更易发生氧化,同时鲫鱼肉中脂肪酸的双键易氧化成氢过氧化物,氢过氧化物不稳定又进一步分解产生醛、酮、醇、酸等小分子物质,导致鲫鱼肉中丙二醛的含量增加^[22]。

未经 HA 涂膜处理的鲫鱼肉丙二醛含量较高,从 0.038 mg/kg 增加到 0.290 mg/kg,与刘敏等^[23]将鲫鱼经壳

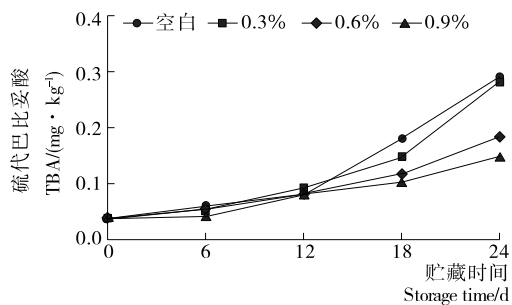


图 4 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中丙二醛含量的变化

Figure 4 Changes of malondialdehyde contents in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

聚糖涂膜处理,贮藏 4 °C 温度下得到的结果一致,丙二醛含量的变化范围也相同。其中,涂抹 0.6%,0.9% HA 的鲫鱼肉丙二醛增加幅度小于 0.3% HA 处理和未经 HA 涂膜处理的($P<0.05$)。研究^[16]表明,高黏弹性的 HA 可使细胞免受氧衍生自由基的破坏,原因是高黏弹性的 HA 可在细胞周围形成屏障,阻止刺激因子与细胞的接触,从而抑制氧衍生自由基的产生;而低浓度的 HA 由于黏弹性降低,抑制氧衍生自由基的作用减弱。

2.2 微冻贮藏过程中物理指标的变化

2.2.1 持水力的变化 鲫鱼肉在微冻贮藏条件下的持水力总体呈下降趋势,见图 5。在贮藏过程中,细胞内外冰晶的形成对细胞内组织结构及蛋白活性产生了影响,导致鲫鱼肉的持水力降低。与 -20 °C 冻藏条件相比,微冻条件下鱼体内仅部分冻结,微生物和各种酶的作用受到抑制,同时这部分冰晶对鱼体内的组织结构损伤较小,因此微冻贮藏能较好地保持鱼肉的持水力^[24]。贮藏 24 d 时,未经 HA 涂膜处理的鲫鱼肉持水力降幅最大(下降了 19.1%),涂抹 0.9% HA 的持水力降幅最小(仅下降了 9.1%),未经 HA 涂膜处理与涂膜处理的鲫鱼肉持水力之间差异显著($P<0.05$)。

2.2.2 色差的变化 由图 6、7 可知,微冻贮藏过程中鲫鱼肉 L^* 值一直处于较平稳状态, a^* 值的变化趋势是先上升后下降。在贮藏前期肌球蛋白含量较低且变性不明显,导致贮藏 18 d 内 a^* 值上升幅度较小; a^* 值在贮藏末期下降幅度较大,可能是鱼肉的肌红蛋白在贮藏过程中氧化成高铁肌红蛋

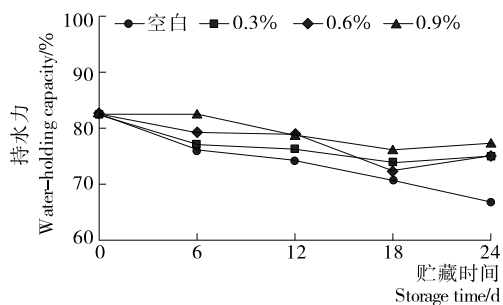


图 5 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中持水力的变化

Figure 5 Changes of water-holding capacity in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

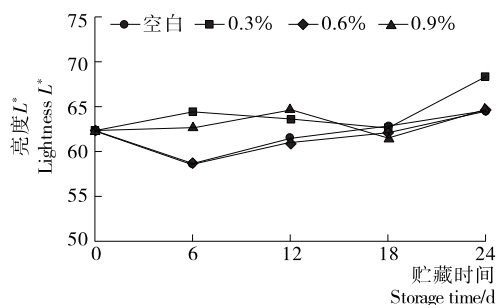


图 6 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中 L^* 值的变化

Figure 6 Changes of L^* value in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

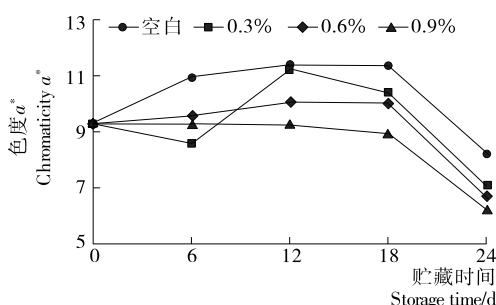


图 7 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中 a^* 值的变化

Figure 7 Changes of a^* value in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

白导致的,本试验 a^* 值变化趋势与曹雷鹏等^[25]在 $(0.5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 温度下贮藏草鱼得到的结果相似。

微冻贮藏过程中鲫鱼肉中 b^* 值呈现逐渐增加的趋势,见图 8。随着脂肪氧化程度的加大,产生的羰基化合物增多,这些化合物能够与游离氨基酸或肽发生非酶促褐变反应,进而促进了 b^* 值的变化,在贮藏过程中, b^* 值是逐渐上升的,可能是随着贮藏时间的延长,蛋白质逐渐变性,引起鱼肉表面色泽的变化,导致 b^* 值上升。

未经 HA 涂膜处理的鲫鱼肉 a^* 、 b^* 值最高,变化幅度最大,涂抹 0.9% HA 的鲫鱼肉表面色泽要好于 0.3% 和 0.6% 处理的($P < 0.05$),因此,涂抹不同浓度的 HA 能在一定程度上对鲫鱼肉的颜色变化起到保护作用。

2.2.3 质构的变化 鲫鱼肉的剪切力随贮藏时间的延长呈下降趋势(图 9),原因是肌球蛋白分子聚集变形导致鲫鱼肉

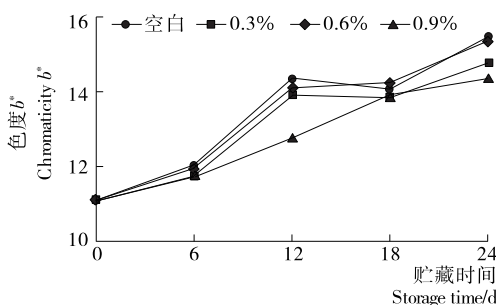


图 8 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中 b^* 值的变化

Figure 8 Changes of b^* value in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

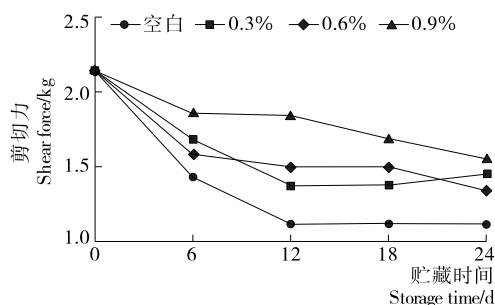


图 9 HA 涂膜处理鲫鱼肉在微冻贮藏中剪切力的变化

Figure 9 Changes of shear force in HA-coated meat of crucian carp during superchilling storage

内部组织结构发生变化,从而剪切力逐渐下降。在贮藏前期剪切力下降明显($P < 0.05$),在贮藏 12 d 后,剪切力变化差异不显著($P > 0.05$)。

未经 HA 处理的鲫鱼肉剪切力下降程度最大,试验结果与何其等^[21]将罗非鱼片在 -5°C 贮藏 60 d 得到的结果类似。经不同浓度 HA 处理的鲫鱼肉变化趋势较小,其中涂抹 0.9% HA 的鲫鱼肉的剪切力变化幅度最小,与其他各处理之间差异显著($P < 0.05$)。说明涂抹 HA 有利于维持鲫鱼肉的质构品质。

3 结论

(1) 不同浓度 HA 涂膜结合微冻贮藏处理延缓了鲫鱼肉 TVB-N、电导率和 TBA 的增加,持水力的下降,色泽和质构的降低。其中,涂抹 0.9% HA 对微冻鲫鱼肉保鲜效果最好,在贮藏 24 d 时,与未经 HA 处理样品相比,鲫鱼肉的 TVB-N、电导率和 TBA 分别下降了 16.5%,12.3%,368.6%,持水力增加了 12.9%,剪切力提高了 20.5%。

(2) HA 结合微冻技术可延缓鲫鱼肉质地的下降,使鲫鱼肉在 24 d 内保持较高新鲜度。后续可对透明质酸的抑菌作用、保鲜作用机制进行深入研究,以更好地为天然涂膜保鲜材料的研发提供理论依据。

参考文献

- [1] GALLART-JORNET L, RUSTAD T, BARAT J M, et al. Effect of superchilled storage on the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets[J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1 268-1 281.
- [2] KAALE L D, EIKEVIK T M. The influence of superchilling storage methods on the location/distribution of ice crystals during storage of Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Food Control, 2015, 52(6): 19-26.
- [3] KAALE L D, EIKEVIK T M, RUSTAD T, et al. Ice crystal development in pre-rigor Atlantic salmon fillets during superchilling process and following storage[J]. Food Control, 2013, 31(6): 491-498.
- [4] SOARES N M F, OLIVEIRA M S G, VICENTE A A. Effects of glazing and chitosan-based coating application on frozen salmon preservation during six-month storage in industrial freezing chambers[J]. LWT-Food Science and Technology,

- 2015, 61(5): 524-531.
- [5] HOZBOR M C, SAIZ A I, YEANNES M I, et al. Microbiological changes and its correlation with quality indices during aerobic iced storage of sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*) [J]. LWT-Food Science and Technology, 2006, 39(3): 99-104.
- [6] SATHIVEL S, LIN Quan, HUANG Jia-qi, et al. The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbusha*) fillets during frozen storage[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 81(12): 366-373.
- [7] MURADO M A, MONTEMAYOR M I, CABO M L, et al. Optimization of extraction and purification process of hyaluronic acid from fish eyeball[J]. Food and Bioproducts Processing, 2012, 90(7): 491-498.
- [8] SOON Sik Kwon, BONG Ju Kong, SOO Nam Park. Physico-chemical properties of pH-sensitive hydrogels based on hydroxyethyl cellulose-hyaluronic acid and for applications as transdermal delivery systems for skin lesions[J]. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2015, 92(5): 146-154.
- [9] 宋永民, 丁厚强, 郭学平. 透明质酸在食品中的应用[J]. 食品与药品, 2014, 16(4): 299-301.
- [10] ZHU Ying-chun, MA Li-zhen, YANG Hua, et al. Super-chilling (-0.7°C) with high- CO_2 packaging inhibits biochemical changes of microbial origin in catfish (*Clarias gariepinus*) muscle during storage [J]. Food Chemistry, 2016, 206: 182-190.
- [11] SÁNCHEZ-ALONSO I, CARECHE M, MORENO P, et al. Testing caffeic acid as a natural antioxidant in functional fish-fibre restructured products[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(4): 1 149-1 155.
- [12] LAN Yang, SHANG Yong-biao, SONG Ying, et al. Changes in the quality of superchilled rabbit meat stored at different temperatures[J]. Met Science, 2016, 117(7): 173-181.
- [13] 杨茜, 谢晶. 中间温度带理论在海产品贮藏保鲜中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 187-190.
- [14] MUELA E, SANUDO C, CAMPO M M, et al. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display[J]. Meat Science, 2010, 84(4): 662-669.
- [15] 唐文艳, 王苗丹. 异硫氢酸烯丙酯壳聚糖复合涂膜对鲫鱼保鲜作用研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(5): 241-243.
- [16] 凌沛学. 透明质酸[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 58.
- [17] 张强. 罗非鱼片真空微冻保鲜工艺的研究[D]. 海口: 海南大学, 2011: 23.
- [18] 茅林春, 段道富, 许勇泉, 等. 茶多酚对微冻鲫鱼的保鲜作用[J]. 中国食品学报, 2006, 6(4): 106-110.
- [19] 陆利霞, 李霞, 孙荟, 等. 鲫鱼贮藏鲜度评价物理特性指标的研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(5): 162-165.
- [20] 胡玥, 杨水兵, 余海霞, 等. 微冻保鲜方法对带鱼品质及组织结构的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 290-297.
- [21] 何其, 王晶, 曹雪涛, 等. 基于质构变化的罗非鱼片冻藏保质期预测[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 241-245.
- [22] 高海, 蔡欢欢, 朱志伟. 光照和温度对草鱼和三文鱼鱼肉贮藏品质的比较研究[J]. 食品科学, 2017, 38(15): 244-249.
- [23] 刘敏, 包静, 刘均忠, 等. 壳寡糖抗氧化性及对鲫鱼保鲜性能的研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(20): 268-271.
- [24] 阙婷婷, 郑家闻, 陈士国, 等. 微冻保鲜与冻藏保鲜对乌鳢品质的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(6): 136-147.
- [25] 曹雷鹏, 牛丽红, 孙晓华. 草鱼冰藏期间新鲜度及热加工性质的变化[J]. 食品科学, 2016, 37(12): 267-272.
- (上接第 119 页)
- [5] MENDEZCASTILLO L, PRIETOCORREA E, JIMENEZJUNCA C. Identification of fungi isolated from banana rachis and characterization of their surface activity[J]. Letters in Applied Microbiology, 2017, 64(3): 246-251.
- [6] 程燕林, 梁军, 吕全, 等. 葡萄座腔菌科研究进展: 鉴定, 系统发育学和分子生态学[J]. 生态学报, 2011, 31(11): 3 197-3 207.
- [7] ZHANG Chuan-qing, XU Bing-cheng. First report of canker on Chinese hickory (*Carya cathayensis*) caused by *Botryosphaeria dothidea* in China [J]. Plant Disease, 2011, 95(10): 1 319.
- [8] 李诚, 蒋军喜, 冷建华, 等. 奉新县猕猴桃果实腐烂病原菌分离鉴定[J]. 江西农业大学学报, 2012, 34(2): 259-263.
- [9] 李诚, 蒋军喜, 冷建华, 等. 猕猴桃枝枯病病原菌鉴定[J]. 北方园艺, 2013(24): 130-133.
- [10] 韩青梅, 王婧群, 林月莉, 等. 葡萄座腔菌 *Botryosphaeria dothidea* 侵染及其对苹果果实影响的组织细胞学研究[J]. 菌物学报, 2014, 33(1): 36-46.
- [11] SLIPPERS B, CROUS P W, DENMAN S, et al. Combined multiple gene genealogies and phenotypic characters differentiate several species previously identified as *Botryosphaeria dothidea*[J]. Mycologia, 2004, 96(1): 83-101.
- [12] 秦瑞凤. 陕西省苹果和葡萄炭疽病原菌鉴定[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011, 24-25.
- [13] CUNNINGTON J H, PRIEST M J, POWNEY R A, et al. Diversity of *Botryosphaeria* species on horticultural plants in Victoria and new south wales[J]. Australasian Plant Pathology, 2007, 36(2): 157-159.
- [14] 杨锡洪, 解万翠, 吴海燕, 等. 快速发酵金线鱼挥发性风味成分的 SPME-GC-MS 检测 [J]. 食品与机械, 2009, 25(6): 103-105.
- [15] CHEN Juan, WANG Hui, GUO Shun-xing. Isolation and identification of endophytic and mycorrhizal fungi from seeds and roots of *Dendrobium* (Orchidaceae) [J]. Mycorrhiza, 2012, 22(4): 297-307.
- [16] SOUZA A R, BALDONI D B, PORTO V, et al. Selection, isolation, and identification of fungi for bioherbicide production [J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2016, 48(1): 101-108.
- [17] TRONCOSO E, BARAHONA S, CARRASCO M, et al. Identification and characterization of yeasts isolated from the South Shetland Islands and the Antarctic Peninsula[J]. Polar Biology, 2016, 40(3): 1-10.
- [18] 钱茜茜, 吴燕燕, 魏涯, 等. 海鲈鱼腌制过程中产胺菌的分离筛选与生物学特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 70-75.
- [19] 柴兆祥, 李金花, 辛剑锋. 砖红镰孢生物学特性研究[J]. 植物病理学报, 2004, 34(5): 409-413.