

## 物流保鲜

## 鱿鱼保鲜技术的研究进展

李娜<sup>a,b</sup>, 谢晶<sup>a,b</sup>

(上海海洋大学 a.食品学院; b.上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306)

**摘要:** **目的** 保证鱿鱼在冷链流通过程中的品质。**方法** 概述鱿鱼腐败变质机理及表征其品质的参数, 重点从物理、化学、生物保鲜等 3 个视角分别综述鱿鱼的保鲜技术研究进展, 并分析现行鱿鱼保鲜技术存在的局限性, 提出未来鱿鱼保鲜技术的发展建议。**结论** 复合保鲜技术在鱿鱼保鲜中的应用已成为一种必然性趋势, 鱿鱼保鲜技术也倾向于采用生物保鲜技术。

**关键词:** 鱿鱼; 保鲜; 进展

**中图分类号:** TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)01-0040-07

## Research Progress of Preservation Technology of Squid

LI Na<sup>a,b</sup>, XIE Jing<sup>a,b</sup>

(Shanghai Ocean University a.College of Food Sciences and Technology;

b.Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product and Preservation, Shanghai 201306, China)

**ABSTRACT:** The work aims to ensure the quality of squid in the cold chain transportation. The deterioration mechanism of squid was summarized and its quality parameters were characterized. The research progress of the preservation technology of squid was summarized respectively from three aspects, such as physical preservation, chemical preservation and biological preservation, and the current limitation of preservation technology of squid was analyzed. The development suggestion of its future preservation technology was proposed. The application of compound technology in the preservation of squid has become an inevitable trend, and squid preservation technology also tends to adopt biological preservation technology.

**KEY WORDS:** squid; preservation; progress

鱿鱼是一种典型的头足类软体动物, 习惯上也被称为枪乌贼、柔鱼<sup>[1]</sup>, 具体而言, 枪乌贼躯干部肥硕, 而柔鱼躯干部纤细苗条。鱿鱼生产量从 20 世纪 60 年代开始呈现快速发展阶段, 新世纪以来产量维持稳定且资源分布呈现多元化趋势<sup>[1]</sup>。我国作为重要的鱿鱼生产国, 出口量在世界鱿鱼贸易中占据了重要份额, 大力发展的远洋鱿钓渔业也极大地推动了我国在世界鱿鱼市场的发展<sup>[2]</sup>。目前, 鱿鱼主要依靠海洋捕捞然后经远洋运输, 从捕捞到消费的整个过程中, 由于鱿鱼自身易腐败、运输条件难控制、环境污染等因素, 其保鲜技术的发展成为行业的客观性需求。

水产品保鲜技术通常从物理、化学和生物保鲜等

方面着手, 生物保鲜技术凭借其安全、天然、无毒的特性具有潜在的应用前景<sup>[3]</sup>。随着海产品捕捞量和人们消费中鱿鱼数量的不断增加, 鱿鱼保鲜技术的研究也成为国内外研究的热点, 文中将从鱿鱼的腐败机理、品质参数、保鲜方法等方面回顾近年来鱿鱼保鲜技术的研究进展。

## 1 鱿鱼捕后品质变化

## 1.1 鱿鱼腐败机理

鱿鱼中脂肪酸主要以多不饱和脂肪酸的形式存在, 也含有极丰富的蛋白质和活性肽, 因其氨基酸种

收稿日期: 2017-03-29

基金项目: 国家“十三五”重点研发项目课题(2016YFD0400106); 2016 年上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2016)第 1-1 号]; 上海市科委平台能力建设项目(16DZ2280300)

作者简介: 李娜(1993—), 女, 上海海洋大学硕士生, 主攻海产品保鲜。

通讯作者: 谢晶(1968—), 女, 博士, 上海海洋大学教授、博导, 主要研究方向为食品工程。

类多、比例协调, 极易被革兰氏阴性菌污染<sup>[4-5]</sup>, 这使鱿鱼鲜度下降迅速。鱿鱼腐败除感官有明显不良变化外, 还与油脂氧化, 蛋白质结构与组成改变, 微生物繁殖等密切相关, 经历僵硬、解僵、自溶和腐败4个阶段<sup>[6]</sup>。

在感官方面, 鱿鱼离水后会喷墨汁, 背部呈现黑褐色。死亡后, 肌肉逐渐变硬, 表皮长时间维持赤褐色, 这是由于体表干燥和色素细胞扩大共同作用所致<sup>[7]</sup>。在蛋白质方面, 鱿鱼僵硬期主要以肌动球蛋白的形式存在; 解僵期, 肌肉蛋白变性使肉质变软; 然后蛋白质降解, 即进入自溶阶段, 蛋白质被分解为肌源性氮、短肽和氨基酸, 理化功能特性改变<sup>[8]</sup>。之后, 鱿鱼鲜度因腐败菌繁殖而快速下降。油脂氧化也是其腐败变质的重要原因, 与其他鱼类相比, 由微生物繁殖引起的鱿鱼品质劣变更晚<sup>[9]</sup>, 具体机理尚不明确, 可能是因鱿鱼表皮薄且脆弱, 营养组合物更有利于酶降解, 初始自溶降解时间更长。在腐败期, 优势腐败菌利用蛋白质等分解产物大量繁殖, 鱿鱼失去食用价值。

## 1.2 鱿鱼品质评价指标

鱿鱼感官评价通常采用评分制, 也可通过电子鼻、质量指数法<sup>[10]</sup>、模型数学综合评价法<sup>[11]</sup>等。理化指标可客观评价鱿鱼鲜度以预测其货架期, GB 2733—2015《食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品》中规定总挥发性盐基氮 TVB-N 值应低于 30 mg/100 g, 真空包装鱿鱼在货架期终点的 pH 可达 7.8, 尿素含量由最初的 14 mg/100 g 增加到 23 mg/100 g<sup>[12]</sup>, K 值、硫代巴比妥酸值 (TBA) 和三甲胺值 (TMA) 是衡量鱿鱼鲜度的重要指标, 滴水损失率和蒸煮损失率可很好地表征鱿鱼保水性<sup>[13]</sup>, 盐溶性蛋白含量、Ca<sup>2+</sup>-ATPase 活性、巯基含量变化等可评价蛋白质理化特性<sup>[14]</sup>。同时, 蛋白酶活性增强可加快鱿鱼内源性蛋白和微生物酶水解, 研究表明, 冻藏鱿鱼在贮藏 9 d 时总蛋白酶活性达到 1.24 U/g<sup>[15]</sup>。

卫生安全指标也是反映鱿鱼品质的重要内容, 包括微生物数量和甲醛、生物胺含量。沈萍<sup>[16]</sup>研究表明不同温度贮藏的鱿鱼在高品质期终点和货架期终点的总菌数均值分别为 (5.89±0.40) 和 (8.33±0.30) lg(CFU/g), 嗜冷菌数分别为 (5.61±0.50) 和 (8.36±0.23) lg(CFU/g), 鱿鱼在贮藏过程中会产生具有毒性效应的甲醛和生物胺<sup>[17-18]</sup>, 且含量会因贮藏温度、湿度等环境因素变化, 从而影响鱿鱼食用安全性。

## 2 鱿鱼保鲜技术现状

### 2.1 物理保鲜

#### 2.1.1 低温保鲜

低温保鲜是目前鱿鱼保鲜中应用最广、最成熟的

技术, 其中常用的是冰藏和冻藏保鲜。冰藏保鲜是以冰为媒介, 使鱿鱼温度接近冰点。Paulo<sup>[9]</sup>等从感官角度评价冰藏鱿鱼品质, 发现贮藏 9 d 后感官不可接受。近年来, 学者们致力于冰藏保鲜技术的改进, 其中流化冰与鱿鱼接触面积大, 可减少机械性损伤和汁液流失, 保持鱿鱼的营养物质<sup>[6]</sup>。袁鹏翔<sup>[6]</sup>研究了不同贮藏方式的鱿鱼品质, 发现贮藏 15 d 后, 动态流化冰组的鱿鱼水分质量分数达 87.12%, 菌落总数为 4.92 lg(CFU/g), 感官、理化和微生物分析都表明动态流化冰的保鲜效果明显优于其他实验组。Jeyasekaran<sup>[14]</sup>等对不同冰藏形式对鱿鱼鲜度进行了研究, 得出干冰 (100%) 比水冰法、干冰水冰结合法保藏的鱿鱼货架期长。Sungsriin<sup>[19]</sup>等利用不同的冰鱼比例保藏鱿鱼, 发现冰鱼质量比为 1:2 的鱿鱼 14 TVB-N, TMA 和氨含量的增加相对缓慢。Lapaguimaraes<sup>[20]</sup>等发现冰与鱿鱼是否直接接触并不会引起鱿鱼货架期的显著性差异, 接触冰、非接触式冰保存的鱿鱼贮藏 7 d 后感官品质都出现明显劣变, 16 d 后细菌数都低于 6 lg(CFU/g)。冻藏保鲜是将鱿鱼完全冻结, 我国要求的冻藏温度一般-18℃, 路钰希<sup>[21]</sup>等发现不同温度贮藏的鱿鱼其 pH 始终保持在 6.4~7.0 之间, 失水率、甲醛含量、TBARS 随着贮藏时间的增大均增加, SSP、活性巯基含量和 Ca<sup>2+</sup>-ATPase 活性随着时间延长和温度降低而降低, 蛋白质变性与贮藏温度差异显著, 因此降低温度可延长其货架期。秘鲁鱿鱼年产量巨大, 是当前鱿鱼丝生产的重要原料, 捕捞后立即进行去脏、蒸煮、烫漂、分割等处理, 保证大批量原料的新鲜度, 能提高冻藏的保鲜效果<sup>[22]</sup>。于涛<sup>[22]</sup>等采用蒸煮滚桶对秘鲁鱿鱼进行蒸煮处理, 结果表明在 90℃ 蒸煮 8 min, 滚桶转速为 20 r/min, 鱿鱼在外观组织、硬度和弹性等方面具有明显优势。冻藏会形成大冰晶, 造成细胞机械破坏, 贮藏过程中的温度波动则会加快鱿鱼油脂氧化、蛋白质结构改变<sup>[23]</sup>, 解冻过程又不可避免地造成部分营养物质的流失。

新兴低温保鲜技术有冰温保鲜和微冻保鲜, 其在水产品保鲜中具有广阔的应用前景<sup>[24-25]</sup>, 但鱿鱼保鲜目前还没有太多报道, 加强鱿鱼冰温保鲜和微冻保鲜应用及理论研究, 是未来鱿鱼保鲜可关注的方面。

#### 2.1.2 气调包装

气调包装是一种调节海产品贮藏环境气体组成及比例的后处理技术, 可保持鱿鱼良好的感官特性和抑制腐败菌繁殖<sup>[26]</sup>。Bouletis<sup>[27]</sup>等对不同气调包装的鱿鱼品质进行了研究, 结果表明真空和气调包装都延长了鱿鱼货架期, 气调包装可更好保持组织完整性, 气调包装、真空包装的鱿鱼货架期分别为 10 d 和 6 d。同时, 作为一种特殊的气调包装, 真空包装也具有良好的保鲜效果, 刘思奇<sup>[28]</sup>分析表明真空包装鱿鱼在贮

藏过程中外观和口感都保持在较佳状态, TBA 值始终低于 0.7 mg/mL, 24 d 后才进入次鲜肉状态, 此时 pH 为 6.7, TVB-N 值为 11.5 mg/100 g。

气调包装应与鱿鱼前处理方式、包装材料选择相联系<sup>[29]</sup>。经过预处理的鱿鱼初始微生物数量降低到一定范围, 气调包装可防止二次污染, 再利用纳米等新型包装材料可最大限度地延缓鱿鱼品质劣变进程, 保持鱿鱼鲜度<sup>[30]</sup>。

### 2.1.3 冷杀菌保藏

冷杀菌可减少常规保鲜技术对食品组织结构、营养品质的破坏, 较好保留食品风味口感。目前, 用于鱿鱼保鲜的冷杀菌技术主要有臭氧、辐照和超高压保鲜。

臭氧具有广谱杀菌特性, 杀菌速度快, 对人体和环境的副作用小<sup>[31]</sup>。Yu<sup>[32]</sup>等将海水经超滤处理并结合臭氧用于鱿鱼保鲜, 发现在 4 °C, 0.30 mg/L 臭氧的鱿鱼货架期可达 7 d, 而臭氧自来水、未通入臭氧的海水、自来水处理的鱿鱼货架期分别只有 5~6 d, 4 d 和 3 d。臭氧对鱿鱼的杀菌效果会受臭氧浓度、处理时间和臭氧水浓度影响<sup>[33]</sup>, 其稳定性和保存率等研究也需要进一步完善。

辐照灭菌的保鲜效果因鱿鱼初始菌落数、辐照剂量、保存温度的不同而不同。研究发现, 10 kGy 电子束辐照后的鱿鱼在常温下可贮藏 60 d<sup>[34]</sup>。劳华均<sup>[35]</sup>等分析了辐照剂量对鱿鱼营养物质影响, 表明在保证鱿鱼良好品质的基础上, 辐照剂量应在 4~6 kGy, 这与李淑荣<sup>[36]</sup>等得出的结论一致。Alejandra<sup>[37]</sup>等采用  $\gamma$  射线辐照低温鱿鱼, 发现鱿鱼中嗜冷菌数明显降低, 经过 4, 8 kGy 辐照处理的鱿鱼货架期分别可达 27 d 和 64 d, 对照组只有 3 d, 辐照灭菌可大幅延缓鱿鱼腐败变质。

超高压保鲜可有效抑制食源性致病菌和病原菌繁殖, Gou<sup>[38]</sup>等通过 300 MPa 高压处理鱿鱼 20 min, 冻藏 12 d 后, 二甲胺含量迅速降低到 0.31  $\mu\text{mol/g}$ , 氧化三甲胺甲基化酶活性大幅下降, 需氧菌数量也保持在低水平。同时, 针对捕捞后立即进行分割、漂烫等预处理再进行冷链流通的鱿鱼, 超高压处理也具有明显的保鲜特效, 已有文献报道经过 90 °C 漂烫处理 10 min 的鱿鱼, 然后利用 400 MPa 高压处理 10 min, 可更好地保持鱿鱼良好感官特性, 达到完全灭菌, 延长鱿鱼货架期的目的<sup>[39-40]</sup>。作为一种新型保鲜技术, 超高压技术已受到食品工业界的重视, 但在鱿鱼保鲜中仍处于研究阶段, 特别是经超高压作用后鱿鱼质构变化需要进一步研究<sup>[41]</sup>。

不同物理保鲜技术的结合也一直受到国内外学者的关注, 杜文静<sup>[42]</sup>利用臭氧的抑菌性与冰藏相结合制备臭氧冰, 并将其应用于鱿鱼保鲜, 与普通冰相比,

3.53 mg/kg 的臭氧水制备成冰, 可使鱿鱼 TVB-N 值增长减缓, 抑制 pH 值回升, 鱿鱼在 2 °C 贮藏 12 d 后仍可保持新鲜品质, 贮藏期可延长 4~5 d。Paarup<sup>[12]</sup>等对真空结合超高压作用后鱿鱼品质进行了研究, 表明超高压处理的真空包装鱿鱼在 4 °C 环境中货架期为 28 d, 比只经真空包装的鱿鱼货架期提高了 3 倍。通过多种效应的结合可通过不同的保鲜机理延缓鱿鱼品质劣变速率, 保鲜效果明显提高。

## 2.2 化学保鲜

鱿鱼化学保鲜技术研究相对成熟, 具有由单一保鲜剂到复配保鲜剂的发展趋势。Sungsri-In<sup>[43]</sup>等对  $\text{NaN}_3$  处理的鱿鱼中微生物数量的研究表明, 采用 0.1 g/100 mL  $\text{NaN}_3$  处理的鱿鱼冻藏 16 d 后嗜冷菌数为 1.47 lg(CFU/g), 而对照组达到 7.03 lg(CFU/g), 保鲜效果优良。无磷品质改良剂可降低传统磷酸盐保鲜剂造成人体钙磷失衡的危害, 在鱿鱼保鲜中优势明显, 吴燕燕<sup>[13]</sup>等将无磷保水剂应用于鱿鱼保鲜的研究表明, 在 -18 °C 冻藏鱿鱼 20 d 后, 与含磷保水剂相比, 无磷保水剂对降低鱿鱼滴水损失和蒸煮损失均具有积极作用, 且 SSP 减少率和  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP 酶活性损失率分别降低 6% 和 5%, TVB-N 含量始终低于 30 mg/100 g。目前, 用于鱿鱼保鲜的多糖类物质包括变性淀粉、乳糖、低聚果糖等, 可提高鱿鱼保水性能。

复配保鲜剂可更有效地提高鱿鱼品质, 且每一种保鲜剂的相对使用量低, 降低了化学污染, 王雅楠<sup>[44]</sup>对钠盐、磷酸盐分别作为鱿鱼脱酸剂、保水剂的研究表明, 复配脱酸剂、保水剂可大幅度提高鱿鱼浸泡增重率、解冻损失率和蒸煮损失率。刘妙<sup>[45]</sup>等采用海藻糖、乳酸钠、混合磷酸盐制得复配保鲜剂并对鱿鱼保鲜效果进行了研究, 发现最佳质量分数为 5% 海藻糖、6% 乳酸钠和 0.5% 混合磷酸盐, 复合保鲜剂处理的鱿鱼在 -20 °C 冻藏 60 d 后, WHC、SSP、活性巯基含量与对照组差异显著, 保鲜效果显著。化学保鲜剂虽成本低、操作简单, 但本身会通过生物富集作用, 威胁人体健康。

## 2.3 生物保鲜

### 2.3.1 植物源生物保鲜剂

植物源生物保鲜剂多为具有抑菌性的次级代谢物, 用于鱿鱼保鲜的植物源生物保鲜剂有茶多酚和海藻糖。Dong<sup>[46]</sup>等发现经茶多酚浸渍的鱿鱼水分损失、脂肪氧化得到了有效抑制, TMA, TVB-N 值上升缓慢, 路钰希<sup>[47]</sup>等对海藻糖用于冻藏鱿鱼保鲜的研究表明, 海藻糖处理的鱿鱼在贮藏 60 d 后持水力提高了 14.83%, SSP、活性巯基含量和  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 活性分别提高了 4.26 mg/g,  $6.37 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$  和  $0.72 \times 10^{-2} \mu\text{mol}/(\text{min} \cdot \text{mg})$ , 这与吴燕燕<sup>[13]</sup>、刘妙<sup>[45]</sup>的实验结果一致, 表明了海藻糖

对保持冻藏鱿鱼品质具有积极作用。

目前,植物源生物保鲜剂因较强的防腐和抗氧化性在鱿鱼等水产品保鲜中应用越来越广泛,且人们一直致力于研究更多种类的植物源生物保鲜剂。国内已有研究者从天然植物源调味料中制备防腐剂,如鱼鲜素、鱿鲜晶、鲜虾灵,研究发现,大葱、生姜、大蒜、陈醋制备提取液具有强抑菌作用<sup>[48]</sup>。

### 2.3.2 动物源生物保鲜剂

动物源生物保鲜剂种类繁多,用于鱿鱼保鲜的主要有壳聚糖、蜂胶和乌贼墨多糖。壳聚糖兼具有絮凝、成膜和抗菌性,特别是壳聚糖复合保鲜膜具有明显的优势<sup>[49-50]</sup>。李芳斐<sup>[51]</sup>等将经不同浓度壳聚糖浸渍的腌制鱿鱼在室温贮藏 14 d, 数据表明质量分数 2%壳聚糖涂膜处理对鱿鱼的保鲜效果最优。蜂胶不仅能减缓油脂氧化和蛋白质降解,也可抑制鱿鱼贮藏早期革兰氏阴性菌的繁殖<sup>[52]</sup>。Yang<sup>[53]</sup>等用质量分数为 0.25%, 0.5%的蜂胶处理鱿鱼,发现贮藏 30 d 后,经蜂胶处理的鱿鱼不仅延缓了褐变速率,且 TBA 值增长缓慢、总细菌数明显降低。吴金龙<sup>[54]</sup>等研究了乌贼墨多糖对冻藏鱿鱼品质影响,发现在中性 pH 环境中,7 mg/mL 的乌贼墨多糖对鱿鱼保鲜作用最强,但相对弱于相同浓度山梨酸钾、壳聚糖的保鲜效果,这也为复合保鲜剂的相关研究提出了现实需求,且动物源生物保鲜剂的进一步提纯和分离以及保鲜机理的研究,对于今后鱿鱼保鲜技术的发展具有重要意义。

与化学保鲜剂相比,生物保鲜技术具有生物相容性、生物可降解性、低毒性等优势,但目前用于鱿鱼的保鲜剂种类少,且不同种类保鲜剂的保鲜原理尚不明确。研究表明,转谷氨酰胺酶与鱿鱼感官品质、凝胶强度和持水力紧密相关<sup>[55]</sup>,目前还没有谷氨酰胺转氨酶用于鱿鱼保鲜的报道。其他酶类在鱿鱼保鲜中的应用也很少,因此微生物源及酶类生物保鲜剂的相关研究需要进一步完善。

## 3 结语

随着人们对食品营养与安全性的日益关注,食品保鲜技术的改进已成为研究者、企业等多方面日益关注的话题。鱿鱼作为头足类动物中重要的经济鱼种,且需经远洋运输,其保鲜技术的研究对其他海产品保鲜具有重要借鉴意义。

国内鱿鱼贸易流通以低温保鲜为主要途径,但与渔业发达国家相比,我国海产品冷链运输技术相对落后,低温运输中的温度波动甚至冷链断裂等因素会加快鱿鱼品质劣变进程。生物保鲜技术应用于鱿鱼保鲜可长时间保持其鲜度。同时,更多特性优良、公认安全的食品成分(GRAS)及生物活性物质对鱿鱼的保鲜效果及其保鲜机理需要进一步深入研究。从实际出

发,物理保鲜技术与生物保鲜剂相结合的复合保鲜技术在鱿鱼保鲜中成为今后的发展趋势。不同技术的协同效应在保鲜效果上可达到“1+1>2”的特效,特别是复合生物保鲜剂与物理保鲜的结合,在鱿鱼商业化大规模贸易流通中极具发展前景。同时,捕捞后立即对鱿鱼进行去脏、漂烫等预处理,可使鱿鱼初始菌落数限制在一定范围,再利用低温保藏、超高压灭菌等可明显延长鱿鱼货架期,因此,不同预处理方式结合不同保鲜方法对鱿鱼的保鲜效果研究有待进一步深入。具有鱿鱼货架期模型的建立及在贸易流通中的可行性研究也是今后的研究方向。另一方面,生产企业等要将保鲜技术与 HACCP 技术、快速检测技术、微生物预报技术相联系,在特定的贮藏环境中确立关键控制点与关键限值,利用低场核磁共振技术、气质联用技术等快速检测鱿鱼品质情况的同时利用微生物预报技术研究菌相变化,延长货架期。

### 参考文献:

- [1] 孙琛, 吴燕. 世界鱿鱼市场分析[J]. 世界农业, 2013(12): 90—94.  
SUN Chen, WU Yan. Analysis of World Squid Market[J]. World Agriculture, 2013(12): 90—94.
- [2] 岳冬冬, 王鲁民, 郑汉丰, 等. 中国远洋鱿钓渔业发展现状与技术展望[J]. 资源科学, 2014(8): 1686—1694.  
YUE Dong-dong, WANG Lu-min, ZHENG Han-feng, et al. Development Status and Application Prospect of Chinese Ocean Squid Jigging Fisheries[J]. Resource Science, 2014(8): 1686—1694.
- [3] 王硕, 谢晶, 刘爱芳. 生物保鲜技术在海产品中的应用及展望[J]. 包装工程, 2017(1): 137—142.  
WANG Shuo, XIE Jing, LIU Ai-fang. Application of Bio-preservation Technology in Marine Products and the Prospects[J]. Packaging Engineering, 2017(1): 137—142.
- [4] TOMAC A, MASCHERONI R H, YEANNES M I. Modeling Total Volatile Basic Nitrogen Production as a Dose Function in Gamma Irradiated Refrigerated Squid Rings[J]. Lebensmittel-wissenschaft Und-technologie, 2014, 56(2): 533—536.
- [5] 杨宪时, 王丽丽, 李学英, 等. 秘鲁鱿鱼和日本海鱿鱼营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技, 2013(9): 2247—2251.  
YANG Xian-shi, WANG Li-li, LI Xue-ying, et al. Analysis and Evaluation of Nutritional Components of Peru Squid and Japanese Squid[J]. Modern Food science and Technology, 2013(9): 2247—2251.
- [6] 袁鹏翔. 流化冰对鱿鱼的保鲜研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2015.  
YUAN Peng-xiang. Study on Preservation of Squid by Fluidized Ice[D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2015.

- [7] 张玉秀. 鱿鱼的保鲜技术和加工利用[J]. 水产科技情报, 1993(1): 31—34.  
ZHANG Yu-xiu. Preservation Technology and Processing of Squid[J]. Fishery Science and Technology Information, 1993(1): 31—34.
- [8] ZAVADLAV S, JANJI T, LACKOVIC I, et al. Assessment of Storage Shelf Life of European Squid(Cephalopod: Loliginidae, Loligo vulgaris) by Bioelectrical Impedance Measurements[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 184: 44—52.
- [9] PAULO V P, PEDRO S, MICAELA M, et al. Sensory, Microbiological, Physical and Chemical Properties of Cuttlefish (*Sepia Officinalis*) and Broadtail Shortfin Squid (*Illex Coindetii*) Stored in Ice[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(9): 1655—1664.
- [10] VAZ-PIRES P, SEIXAS P. Development of New Quality Index Method (QIM) Schemes for Cuttlefish (*Sepia Officinalis*) and Broadtail Shortfin Squid (*Illex Coindetii*)[J]. Food Control, 2006, 17(12): 942—949.
- [11] 胡庆兰, 余海霞, 杨水兵, 等. 基于模糊数学法评价超高压处理后鱿鱼的品质[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2013(2): 133—140.  
HU Qing-lan, YU Hai-xia, YANG Shui-bing, et al. Quality Evaluation of Squid Processed by Ultra-high Pressure Based on Fuzzy Mathematics Method[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Science Edition), 2013(2): 133—140.
- [12] PAARUP T, SANCHEZ J A, PELAEZ C, et al. Sensory, Chemical and Bacteriological Changes in Vacuum-packed Pressurised Squid Mantle (*Todaropsis Eblanae*) Stored at 4 °C[J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 74(1/2): 1.
- [13] 吴燕燕, 游刚, 李来好, 等. 无磷品质改良剂对阿根廷鱿鱼冷冻变性的影响[J]. 南方水产科学, 2013, 9(5): 19—24.  
WU Yan-yan, YOU Gang, LI Lai-hao, et al. Effects of Phosphate Free Quality Improver on Frozen Denaturation of Argentina Squid[J]. Southern Fisheries Science, 2013, 9(5): 19—24.
- [14] JEYASEKARAN G, JEYAS R, SUKUMAR D, et al. Quality Changes in Squid(*Loligo Duvaucelli*) Tubes Chilled with Dry Ice and Water Ice[J]. Journal of Food Science and Technology, 2010, 47(4): 401—407.
- [15] RAMIREZ O R, ROUZAUD S O, HAARD N F, et al. Changes in Firmness and Thermal Behavior of Ice-stored Muscle of Jumbo Squid (*Dosidicus Gigas*) [J]. European Food Research and Technology, 2004, 219(4): 312—315.
- [16] 沈萍. 北太平洋鱿鱼腐败菌生长动力学和货架期预测[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.  
SHEN Ping. Shelf Life Prediction and Growth Kinetics of Spoilage Bacteria from Squid in the North Pacific [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2015.
- [17] 朱军莉, 励建荣. 鱿鱼及其制品加工贮存过程中甲醛的消长规律研究[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 14—17.  
ZHU Jun-li, LI Jian-rong. Study on the Growth and Decline of Formaldehyde in Squid and Its Products during Processing and Storage[J]. Food Science, 2010, 31(5): 14—17.
- [18] HU Y, HUANG Z, Li J, et al. Concentrations of Biogenic Amines in Fish, Squid and Octopus and Their Changes During Storage[J]. Food Chemistry, 2013, 135(4): 2604.
- [19] SUNGSRIIN R, BENJAKUL S, KIJROONGROJANA K. Pink Discoloration and Quality Changes of Squid During Iced Storage[J]. Lebensmittel-wissenschaft Und-technologie, 2011, 44(1): 206—213.
- [20] LAPAGUIMARAES J, PEDE F, ESC G. Chemical and Microbial Analyses of Squid Muscle (*Loligo Plei*) During Storage in Ice[J]. Food Chemistry, 2005, 91(3): 477—483.
- [21] 路钰希, 林玉海, 李学英, 等. 冻藏温度对鱿鱼品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015(3): 105—111.  
LU Yu-xi, LIN Yu-hai, LI Xue-ying. Effect of Frozen Storage Temperature on Quality of Squid [J]. Food and Fermentation Industry, 2015(3): 105—111.
- [22] 于涛, 陈小娥, 方旭波. 秘鲁鱿鱼船上蒸煮滚桶的研究[J]. 食品工业, 2014, 35(4): 129—132.  
YU tao, CHEN Xiao-e, FANG Xu-bo. Studies on Cooking Drums on Peruvian Squids[J]. Food Industry, 2014, 35(4): 129—132.
- [23] 姜晴晴, 李珊珊, 刘文娟, 等. 冻融循环对秘鲁鱿鱼蛋白及肌肉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(7): 171—178.  
JIANG Qing-qing, LI Shan-shan, et al. Effects of Freezing Thawing Cycles on Protein and Muscle Quality of Peru Squid[J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(7): 171—178.
- [24] 施建兵, 谢晶. 冰温保鲜技术在水产品中的应用[J]. 广东农业科学, 2012, 39(17): 96—99.  
SHI Jian-bing, XIE Jing. Application of Ice Temperature Preservation Technology in Aquatic Products[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2012, 39(17): 96—99.
- [25] 吴习宇, 赵国华, 李建光, 等. 冰温气调贮藏生鲜鲢鱼片的保鲜效果[J]. 包装工程, 2014, 35(13): 24—30.  
WU Xi-yu, ZHAO Guo-hua, LI Jian-guang, et al. The Effect of Ice Temperature Preservation on Modified Atmosphere Packaging Fresh Silver Carp Fillet[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(13): 24—30.
- [26] 王玮, 沈建, 丁建乐. 水产品保鲜技术研究进展[J]. 现代农业科技, 2009(24): 322—324.  
WANG Wei, SHEN Jian, DING Jian-le. Research Progress on Preservation Technology of Aquatic Products[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2009(24): 322—324.
- [27] BOULETIS A D, ARVANITOYANNIS I S, HADJICHRISTODOULOU C, et al. The Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Microbiologi-

- cal, Physical, Chemical and Sensory Characteristics of Broadtail Squid (*Illex Coindetii*)[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2014, 49(2): 329—336.
- [28] 刘思奇. 真空包装熏制鱿鱼储藏期间的品质研究[J]. *食品工业*, 2015, 36(6): 39—43.  
LIU Si-qi. Study on Quality of Vacuum Packed Smoked Squid During Storage[J]. *Food Industry*, 2015, 36(6): 39—43.
- [29] BELAY Z A, CALEB O J, OPARA U L. Modelling Approaches for Designing and Evaluating the Performance of Modified Atmosphere Packaging (MAP) Systems for Fresh Produce: A Review[J]. *Food Packaging & Shelf Life*, 2016, 10: 1—15.
- [30] 徐绍虎. 纳米材料在食品包装中的应用研究进展[J]. *包装工程*, 2011, 32(13): 108—111.  
XU Shao-hu. Application of Nano Materials in Food Packaging[J]. *Packaging Engineering*, 2011, 32(13): 108—111.
- [31] STEWART M E. Some Ozone Applications in Seafood[J]. *Ozone Science & Engineering*, 2011, 33(33): 368—373.
- [32] YU H X, REN X Y, YANG Z J, et al. The Quality of Squid Treated by Ultrafiltration and Ozone[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2014, 30(3): 163—168.
- [33] 方淑贞, 童国忠, 陈小娥, 等. 秘鲁鱿鱼臭氧杀菌技术的研究[J]. *科学养鱼*, 2014, 30(3): 77—80.  
FANG Shu-zhen, TONG Guo-zhong, CHEN Xiao-e, et al. Study on Ozone Sterilization Technology of Peru Squid[J]. *Scientific Fish Farming*, 2014, 30(3): 77—80.
- [34] 陈荣辉, 施惠栋, 邵丽春, 等. 熟鲜鱿鱼电子束辐照保鲜试验[J]. *商品储运与养护*, 2002, 24(5): 43—45.  
CHEN Rong-hui, SHI Hui-dong, SHAO Li-chun, et al. Study on Preservation of Cooked Fresh Squid by Electron Beam Irradiation[J]. *Commodity Storage and Maintenance*, 2002, 24(5): 43—45.
- [35] 劳华均, 傅俊杰. 辐照灭菌对鱿鱼品质的影响[J]. *核农学报*, 2004, 18(3): 225—227.  
LAO Hua-jun, FU Jun-jie. Effect of Irradiation Sterilization on Quality of Squid[J]. *Journal of Nuclear Agriculture*, 2004(3): 225—227.
- [36] 李淑荣, 哈益明, 张德权, 等. 冷冻水产品辐照杀菌工艺剂量的确定[J]. *核农学报*, 2006(6): 521—523.  
LI Shu-rong, HA Yi-ming, ZHANG De-quan, et al. Determination of Irradiation Sterilization Dose of Frozen Aquatic Products[J]. *Journal of Nuclear Agriculture*, 2006(6): 521—523.
- [37] TOMAC A, COVA M C, NARVAIZ P, et al. Sensory Acceptability Of Squid Rings Gamma Irradiated for Shelf-Life Extension[J]. *Radiation Physics & Chemistry*, 2016, 130: 359—361.
- [38] GOU J, HYEONYONG L, JUHEE A. Effect of High Pressure Processing on the Quality of Squid(*Todarodes Pacificus*)During Refrigerated Storage[J]. *Food Chemistry*, 2010, 119(2): 471—476.
- [39] 童立上, 马莉锋, 陈军, 等. 新鲜鱿鱼超高压杀菌工艺试验[J]. *轻工机械*, 2014, 32(3): 63—65.  
TONG Li-shang, MA Li-feng, CHEN Jun, et al. Experiment of Ultra-high Pressure Sterilization of Fresh Squid[J]. *Light Industry Machinery*, 2014, 32(3): 63—65.
- [40] 李艳萍. 蒸煮工序对秘鲁鱿鱼丝质量影响的探讨[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.  
LI Yan-ping. Discussion on the Influence of Cooking Procedure on the Quality of Peru Squid Silk[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014.
- [41] 巩雪, 常江, 李丹婷. 超高压保鲜包装技术的研究进展[J]. *包装工程*, 2014, 35(3): 97—101.  
GONG Xue, CHANG Jiang, LI Dan-ting. Development of Ultra High Pressure Fresh-keeping Packaging Technology[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(3): 97—101.
- [42] 杜文静. 臭氧冰的制备及其在鱿鱼保鲜中的应用[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.  
DU Wen-jing. Preparation of Ozone Ice and Its Application in Fresh Keeping of Squid[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture And Forestry University, 2013.
- [43] SUNGSRI-IN R, BENJAKUL S, KIJROONGROJANA K. Pink Discoloration and Quality Changes of Squid (*Loligo Formosana*) During Iced Storage[J]. *Food Science and Technology*, 2011, 44(1): 206—213.
- [44] 王雅楠. 钠盐对冷冻秘鲁鱿鱼片脱酸和保水性质的影响[D]. 大连: 大连海洋大学, 2014.  
WANG Ya-nan. Effects of Sodium Salts on Acid Removal and Water Holding Properties of Frozen Peru Squid Slices[D]. Dalian: Dalian Ocean University, 2014.
- [45] 刘妙, 杨宪时, 李学英, 等. 复配保鲜剂对冻藏鱿鱼品质变化的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(11): 192—197.  
LIU Miao, YANG Xian-shi, LI Xue-ying. Effect of Compound Preservatives on the Quality of Frozen Squid[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2015, 41(11): 192—197.
- [46] DONG L, ZHU J, LI X, et al. Effect of Tea Polyphenols on the Physical and Chemical Characteristics of Dried-seasoned Squid(*Dosidicus Gigas*)During Storage[J]. *Food Control*, 2013, 31(2): 586—592.
- [47] 路钰希, 沈萍, 李学英, 等. 保鲜剂对冻藏鱿鱼品质变化的影响[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(19): 274—279.  
LU Yu-xi, SHEN Ping, LI Xue-ying, et al. Effects of Preservatives on the Quality of Frozen Squid[J]. *Food Industry Technology*, 2014, 35(19): 274—279.
- [48] 陈婷婷, 王阳光, 宋茹. 天然调味料对鱿鱼腐败菌的抑菌作用研究[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2014(1): 47—52.  
CHEN Ting-ting, WANG Yang-guang, SONG Ru. Study on the Bacteriostatic Effect of Natural Seasoning

- on Spoilage Bacteria of Squid[J]. Journal of Zhejiang Ocean University(Natural Science Edition), 2014(1): 47—52.
- [49] SHEPHERD R, READER S, FALSHAW A. Chitosan Functional Properties[J]. Glycoconjugate Journal, 1997, 14(4): 535—542.
- [50] 赵素芬, 潘斌, 刘晓艳. 壳聚糖复合保鲜膜制备及其拉伸性能研究[J]. 包装工程, 2012, 33(1): 5—7.  
ZHAO Su-fen, PAN Bin, LIU Xiao-yan. Study on Preparation and Properties of Chitosan Composite Film[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(1): 5—7.
- [51] 李芳斐, 谢主兰, 潘江球, 等. 壳聚糖对腌制鱿鱼防腐作用研究[C]// “亚运食品安全与广东食品产业创新发展” 学术研讨会广东省食品学会年会论文集, 2009: 108—111.  
LI Fang-pei, XIE Zhu-lan, PAN Jiang-qiu, et al. Study on the Preservative Effect of Chitosan on Salted Squid [C]// "Asian Games Food Safety and Innovation and Development of Food Industry in Guangdong" Proceedings of the Annual Meeting of Guangdong Food Association, 2009: 108—111.
- [52] HAN S K, PARK H K. Effect of Ethanol Extracted Propolis on Fat Oxidation of Meat Products[J]. Korean Journal of Animal Science (Korea Republic), 1996, 38(1): 94—100.
- [53] YANG S Y, LEE N H, HONG S P, et al. Effects of Propolis Treatment on the Quality of Dried Squid[J]. Korean Journal of Food Science & Technology, 1999, 31(2): 356—360.
- [54] 吴金龙, 罗剑秋, 刘华忠, 等. 乌贼墨多糖对冷藏鱿鱼的防腐保鲜作用研究[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 304—307.  
WU Jin-long, LUO Jian-qiu, LIU Hua-zhong, et al. Study on the Preservative Effect of Squid Ink Polysaccharide on Frozen Squid[J]. Food Science, 2010, 31(10): 304—307.
- [55] PARK S H, CHO S Y, KIMURA M, et al. Effects of Microbial Transglutaminase and Starch on the Thermal Gelation of Salted Squid Muscle Paste[J]. Fisheries Science, 2005, 71(4): 896—903.