

DOI: 10.3969/j.issn.1007-9580.2019.04.012

冰衣结合保鲜剂处理对冻藏鱿鱼品质的影响

谭明堂¹,王金锋^{1,2},余文晖¹,周鹏程¹,谢晶^{1,2,3}

(1 上海海洋大学食品学院,上海冷链装备性能与节能评价专业技术服务平台,上海 201306;

2 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心,上海 201306;

3 食品科学与工程国家级实验教学示范中心(上海海洋大学),上海 201306)

摘要:为研究冰衣对鱿鱼品质的影响,在鱿鱼冻藏过程中,以未镀冰衣的样品为对照组,对比纯水冰衣组及冰衣中分别添加聚丙烯酸钠、迷迭香酸、异抗坏血酸钠及其复配组,分析鱿鱼在-18℃下冻藏6个月的持水力、色泽、pH、质构、丙二醛、巯基含量、水分含量和游离氨基酸的变化。结果显示:鱿鱼冻藏过程中品质显著下降,镀冰衣处理能明显延缓质量损失、脂质氧化和蛋白质降解;含有聚丙烯酸钠的冰衣不易破裂,可有效维持鱿鱼的品质;冰衣中加入异抗坏血酸钠的比加入迷迭香酸有更好的保鲜效果;异抗坏血酸钠/聚丙烯酸钠复配冰衣可有效延缓冻藏期间鱿鱼品质下降,且能延长货架期。

关键词:鱿鱼;冻藏;镀冰衣;聚丙烯酸钠;异抗坏血酸钠;鱼品品质

中图分类号:S983

文献标志码:A

文章编号:1007-9580(2019)04-073-08

鱿鱼是一种高蛋白、低脂肪的水产品,深受人们喜爱^[1]。鱿鱼主要来源于远洋捕捞,捕后一般对其进行冻结,然后冻藏保鲜。水产品在冻藏前镀冰衣能够延缓因干耗、脂质和蛋白质氧化等造成的品质下降。有研究表明,冻藏的鲈鱼镀冰衣之后能明显抑制其脂质和蛋白质氧化,提高鲈鱼的保水性和质构特性等,有效延缓其变质^[2-3]。江艳华等^[4]对比10%、20%、30%和40%冰衣量,发现对虾的品质无明显影响,推荐冰衣量在10%~20%,而过度包冰衣会浪费能源,增加冻藏成本。然而,冻品的冰衣在冻藏过程中易龟裂脱落,研究发现在冰衣中添加聚丙烯酸钠(Sodium polyacrylate)、海藻酸钠等可以解决此问题^[5],前者的效果更佳^[6]。D-异抗坏血酸钠(D-sodium erythorbate)和迷迭香酸(Rosmarinic acid)作为抗氧化保鲜剂已被广泛用在生鲜水产品的涂膜等保鲜中,将其用于冰衣液中也同样可以起到抗氧化作用。Shi等^[7]用0.2%的迷迭香酸冰衣液镀在虾上,发现相比水冰衣,冻虾有较低的TVB-N、滴水损失、过氧化值、FFA,以及较高的脂质含量和感官评分。目前,GB2760-2014《食品添加剂

使用标准》^[8]许可聚丙烯酸钠、D-异抗坏血酸钠和迷迭香酸可在各类食品中根据需要适量添加。

本研究在冰衣中添加聚丙烯酸钠、迷迭香酸、异抗坏血酸钠及其复配保鲜剂,研究冰衣结合保鲜剂对冻藏鱿鱼品质的保持效果。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜的鱿鱼购自上海市浦东新区芦潮港水产批发市场,选取同一批次,规格为(410±20)g,运回实验室处理。

改良型Bradford法蛋白浓度测定试剂盒,生工生物工程(上海)股份有限公司;丙二醛(MDA)测试盒、微量总巯基测试盒,南京建成生物工程研究所;迷迭香酸(97%)、异抗坏血酸钠(98%),上海阿拉丁生化科技股份有限公司;聚丙烯酸钠(50%水溶液,Mw3000-5000),上海麦克林生化科技有限公司。

1.2 仪器与设备

紫外可见分光光度计(UV-1102型),上海

收稿日期:2019-04-14

基金项目:国家“十三五”重点研发项目(2018YFD0400605);农业农村部海水鱼产业体系(CARS-47);2019年上海市科技兴农重点攻关项目(2019-02-08-00-10-F01143);上海市科委能力建设项目(19DZ2284000);上海市科委公共服务平台建设项目(17DZ2293400)

作者简介:谭明堂(1996—),男,硕士研究生,研究方向:制冷工程。E-mail:478941685@qq.com

通信作者:谢晶(1968—),女,教授,研究方向:制冷工程。E-mail:jxie@shou.edu.cn

天美仪器有限公司; 台式高速冷冻离心机(H-2050R型), 湖南湘怡实验室仪器开发有限公司; 色彩色差计(CR-400型), 日本柯尼卡美能达公司; 质构仪(TMS-Pro型), 美国FTC公司; 多点温度采集仪(Fluke 2640A网络型), 美国福禄克电子仪器仪表公司; 氨基酸自动分析仪(L-8800), 日本日立公司; 超低温冷库速冻机, 江苏兆胜空调有限公司。

1.3 方法

1.3.1 原料预处理

鱿鱼放在薄膜上沥干水分后放至托盘中, 用速冻库冻结鱿鱼至中心温度 -18°C , 然后取出并随机分成5组进行镀冰衣。所有冰衣液的温度控制在 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$, 浸泡时间 $20\sim 25\text{ s}$, 冰衣量控制在 $10\% \pm 1\%$ 。镀好后的鱿鱼分别装入标记好的自封袋中, 全部放入 -18°C 冰箱中冻藏6个月, 贮藏期间每个月随机选取样品, 流水解冻后取去皮后的鱿鱼胴体进行品质指标测定。

处理组分别为: 水冰衣组(IG); 迷迭香酸冰衣组(IG-RO): 样品用质量浓度 0.1% 迷迭香酸溶液包冰衣; 迷迭香酸/聚丙烯酸钠复配组(SG-RO): 样品用聚丙烯酸钠质量浓度 0.1% 、迷迭香酸质量浓度 0.1% 复配溶液处理; 异抗坏血酸钠/聚丙烯酸钠复配组(SG-DEC): 样品用聚丙烯酸钠质量浓度 0.1% 、异抗坏血酸钠质量浓度 0.1% 的复配溶液处理。不镀冰衣组作为对照组(CK)。

1.3.2 持水力和pH测定

称量解冻后的鱿鱼块 2 g 左右(W_1), 用两层滤纸包裹, 测量 $5\ 000\text{ r/min}$ 、 4°C 离心 10 min 后肉块的质量(W_2), 按照式(1)来计算, 每组样品重复3次。

$$W_{\text{HC}} = 100\% \times W_1 / W_2 \quad (1)$$

式中: W_{HC} —持水力; W_1 —离心前鱿鱼的质量, g ; W_2 —离心后鱿鱼的质量, g 。

准确称取 2 g 鱿鱼样品, 加入 18 mL 蒸馏水后机械匀浆, 然后在 $1\ 000\text{ r/min}$ 下离心 10 min , 用pH计测定上清液, 每组重复3次取平均值。

1.3.3 色泽测定

用色差计测定解冻后鱿鱼的色差值 L^* 、 a^* 和 b^* 在鱼品测定前进行白板校正。每组重复3次取平均值。再根据式(2)计算白度值。

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式中: W —白度值; L^* —亮度; a^* —红绿指标; b^* —黄蓝指标。

1.3.4 质构和低场核磁共振实验测定

取解冻后的鱿鱼肉, 切成 $2.0\text{ cm} \times 2.0\text{ cm} \times 1.0\text{ cm}$, 测定鱿鱼质构, 参考刘妙等^[9]方法, 形变量 60% 。低场核磁共振实验参考王硕等^[10]的方法。

1.3.5 丙二醛(MDA)和总巯基测定

用改良型Bradford法蛋白浓度测定试剂盒测定采用Benjakul^[11]方法提取的肌原纤维蛋白。丙二醛(MDA)和总巯基的测定均采用南京建成的丙二醛(MDA)测试盒和微量总巯基测试盒。

1.3.6 游离氨基酸(FAA)测定

准确称取 2.0 g 鱼样(精确到 0.001 g), 加入 10 mL 5% 的三氯乙酸(TCA), 匀浆, 并以 $8\ 000\text{ r/min}$ 离心 10 min , 重复提取和离心, 合并的上清液用超纯水稀释至 25 mL , 将 1 mL 提取物用 $0.22\ \mu\text{m}$ 的一次性过滤器过滤备用。测试参数设定参考谢晶等^[12]的方法。

1.4 数据处理

使用SPSS 19.0软件对试验结果进行统计分析, 各项指标均使用Origin 8.5软件进行处理及绘图。

2 结果与分析

2.1 鱿鱼持水力的变化

鱿鱼样品在 -18°C 贮藏期间的持水力变化见图1, 呈现先降低再上升的趋势, 与Zang等^[13]和Olsson等^[14]有关草鱼和鳊鱼持水力试验结果一致。因鱿鱼在冻藏一段时间后, 冰晶逐渐长大, 鱼肉的肌纤维间隙逐渐增大, 甚至组织结构会出现断裂等现象, 导致鱼肉持水能力的下降^[15-16]。与CK组相比, 处理组样品持水力下降缓慢, 表明样品镀冰衣后在提高持水能力上效果明显。不同冰衣组在前2个月的持水力差异性不明显, 且下降变化较缓慢。冰衣组在 $2\sim 4$ 个月时持水力下降较快, 可能是冻藏过程中冰衣出现破裂, 增加了与空气的接触面积, 鱼体干耗和氧化反应加速。持水力在冻藏后期出现上升, 可能是因为鱿鱼在冻藏过程中因发生干耗, 鱼体的水分向外蒸发, 导致鱼体内的含水量降低, 水分的析出能力减弱, 所以持水力在冻藏后期升高。

通过对比 IG-RO 和 SG-RO 发现,冰衣液中加入聚丙烯酸钠能够更好地减缓鱿鱼的水分流失,这可能是因为含有聚丙烯酸钠的冰衣不易破裂,成膜性好,样品的水分不易蒸发且蛋白质变性程度低。在整个冻藏过程中,SG-DSE 组的持水力最好,表明含有异抗坏血酸钠比含有迷迭香酸的聚丙烯酸钠复配冰衣液对鱿鱼的持水效果更好。

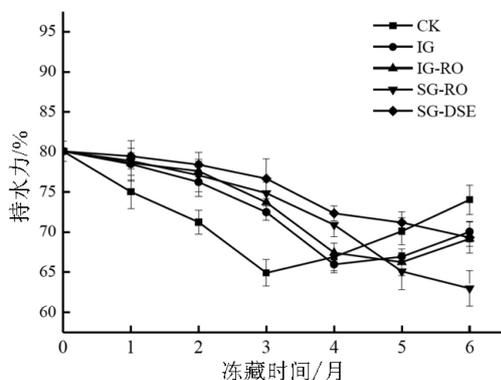


图1 冻藏鱿鱼的持水力变化

Fig. 1 Changes in water-holding capacity of squid during frozen storage

2.2 鱿鱼 pH 的变化

由图2可知,鱿鱼在冻藏6个月内pH呈现先下降再上升的趋势。pH的下降可能是因为酵母的发酵和糖原糖酵解产生的乳酸引起肌肉的酸化。随着贮藏时间的延长,鱿鱼中组织蛋白酶和碱化细菌产生的碱性化合物(氨化合物和三甲胺等)的积累,使pH随之升高^[17-18]。

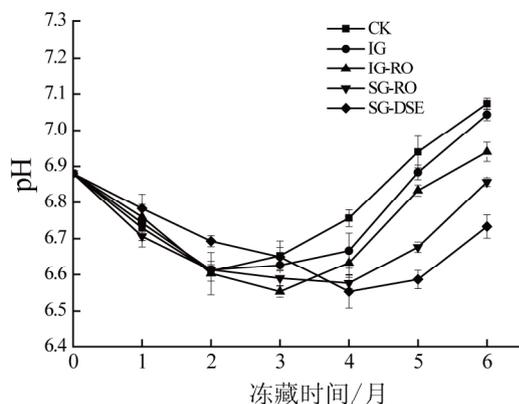


图2 冻藏鱿鱼的 pH 变化

Fig. 2 Changes in pH of squid during frozen storage

IG-RO 和 SG-RO 的 pH 较低,这可能是因为迷迭香酸是一种含多酚羟基的酸,使用中会引

起样品肌肉 pH 的降低^[19]。SG-DSE 组的 pH 下降缓慢,且 1% D-异抗坏血酸钠的水溶液 pH 为 6.5~8.0,对样品本身的酸碱性影响不大。所以,SG-DSE 组能够有效延缓蛋白质的分解和碱性化合物的产生。

2.3 鱿鱼色泽的变化

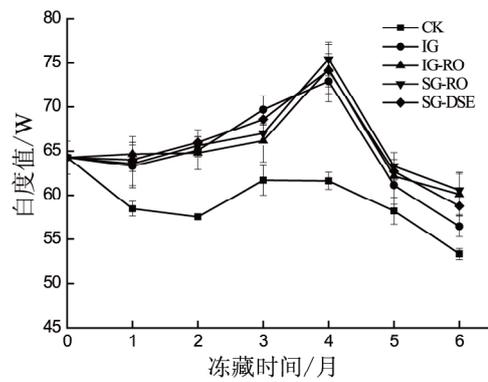
消费者在挑选水产品时,产品的色泽是最直观的因素之一。在试验过程中获得的亮度(L^*)、红绿指标(a^*)和黄蓝指标(b^*)的结果没有显示出显著的变化趋势,但是鱿鱼白度值(W)有一定的变化趋势。图3a显示鱿鱼在冻藏期间白度值的变化。CK组在冻藏期间的白度值明显比镀冰衣组低。这可能是由于冻藏期间CK组水分蒸发导致样品的含水量降低,降低了光的反射程度,鱼样表面颜色变深^[20]。图3b显示第6个月CK组鱿鱼因失水过多,鱼肉表面变得皱且色暗。

镀冰衣组在白度值上呈现先上升再降低的趋势。汪兰等^[21]在研究冻藏温度对海鲈鱼品质变化时发现随冻藏时间的延长,白度值上升的趋势是先加速再变缓慢。鱿鱼冻藏后期白度值下降,可能是由于镀冰衣组的含水量下降造成的。不同镀冰衣组之间的白度值没有呈现显著差异,表明样品的色泽不受抗氧化剂迷迭香酸和异抗坏血酸钠的影响。

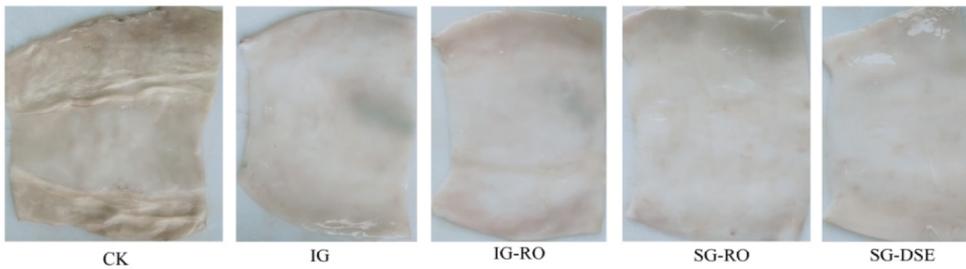
2.4 鱿水质构的变化

质构特性是一种用来评价水产品品质好坏的指标^[2,18]。图4是质构仪得到的鱿鱼的硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性。随着冻藏时间的延长,鱿鱼的硬度、胶黏性和咀嚼性呈现先增加后下降,而弹性显著下降。Gokoglu等^[15]对鱿鱼冻藏1个月后发现硬度和咀嚼性增加;刘小莉等^[18]发现随冻藏时间的延长,鱿鱼的硬度、弹性和咀嚼性均降低。一般鱼死后会进入僵直期,肌肉收缩,鱼肉的硬度、胶黏性和咀嚼性升高,冻藏使僵直期延长。冻藏一段时间后,由于蛋白质结构改变、脂质氧化、酶活性下降和水分流失等原因,导致鱼肉的质地变差^[21-22]。

由图4可知,与CK组相比,镀冰衣的鱿鱼能明显抑制质构的变化。与IG-RO相比,SG-RO在维持质构上效果更佳,表明含有聚丙烯酸钠的冰衣有助于维持鱿鱼的品质。SG-DSE组在硬度、弹性和咀嚼性上显示出最佳的质构特性。



(a) 鱿鱼冻藏6个月期间的白度值图



(b) 冻藏6个月后鱿鱼去皮图像

图3 冻藏鱿鱼的色泽变化

Fig. 3 Changes in colour of squid during frozen storage

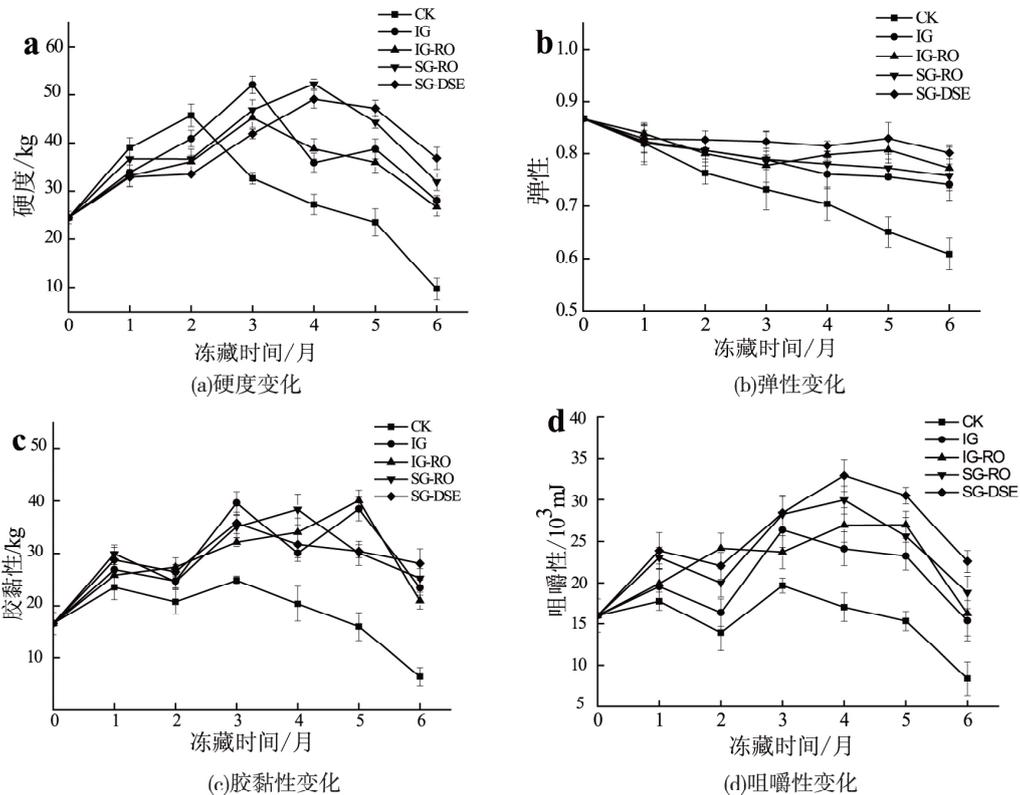


图4 冻藏鱿鱼的质构变化

Fig. 4 Changes in texture of squid during frozen storage

2.5 鱿鱼脂质氧化的变化

不饱和脂肪酸的次级氧化产物 MDA 可以用来评价水产品腐败情况^[23]。图 5 显示了鱿鱼在冻藏期间 MDA 含量随着时间的延长逐渐上升,这与路钰希等^[24]关于冻藏鱿鱼 MDA 含量变化趋势结果一致。MDA 含量的增加可能是鱼体内脂质的脱水和饱和脂肪酸氧化造成的^[23]。鱿鱼是一种低脂肪的水产品^[1],100 g 鱼肉中大概有 1.6 g 的脂肪,比大多数鱼类的脂肪都要低,因而 MDA 值较低。由图 5 可知,与 CK 组相比,镀冰衣组能够隔绝空气、抑制脂质的氧化,延缓 MDA 含量的上升。与水冰衣 IG 组相比,在冰衣液中加入聚丙烯酸钠和抗氧化剂能够抑制鱿鱼的脂质氧化。聚丙烯酸钠的成膜性好,冰衣不易裂开,与空气接触少,同时冰衣中含有抗氧化剂,能加强对脂质氧化的抑制作用。其中 SG-DSE 组的 MDA 含量最少,抑制脂质氧化效果最好,保鲜效果最佳。

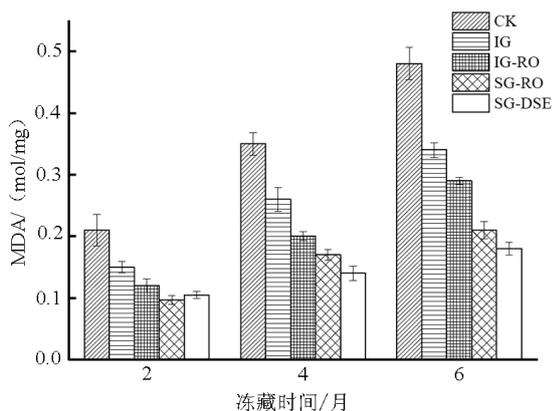


图 5 冻藏鱿鱼的 MDA 变化

Fig. 5 Changes in MDA of squid during frozen storage

2.6 鱿鱼蛋白质氧化的变化

巯基是蛋白质中重要的功能基团,其含量与蛋白质氧化程度相关^[25]。冻藏期间,肌原纤维蛋白由于冷冻变性,使蛋白空间结构发生改变,巯基被氧化成二硫键,导致总巯基含量呈现下降趋势^[7, 24]。鱿鱼肌原纤维蛋白总巯基(-SH)含量变化如图 6 所示,与 CK 组相比,冰衣覆盖在鱿鱼表面能有效抑制总巯基的降低。这可能是冰衣不仅能有效隔绝空气,还能避免样品因温度波动而使冰晶增大,减少组织细胞被破坏,使总巯基暴露出来被氧化。在冻藏前两个月,不同冰衣组之间的总巯基含量差异不明显,而在冻藏后期差异显著,

其中,SG-DSE 组在整个冻藏期间保持着最高的总巯基量,说明蛋白质氧化程度最低。

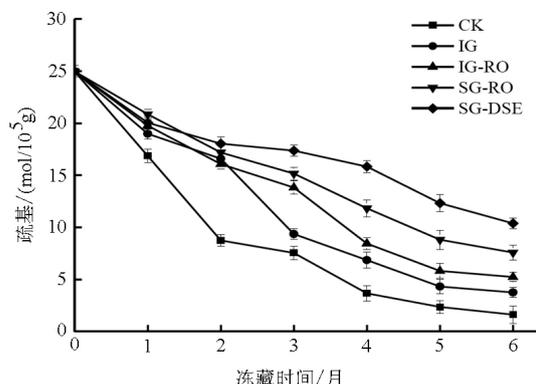
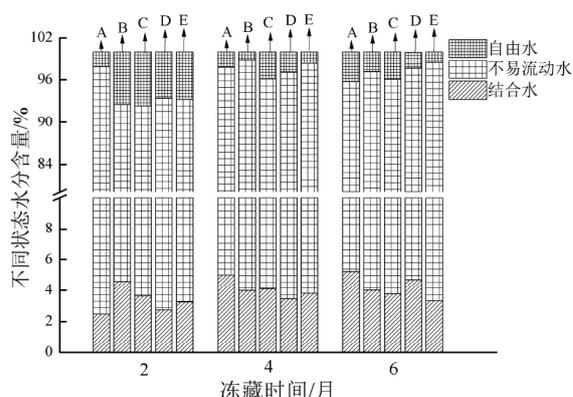


图 6 冻藏鱿鱼的巯基变化

Fig. 6 Changes in sulfhydryl content of squid during frozen storage

2.7 鱿鱼水分含量的变化

鱿鱼肌肉中的水分由 3 种不同的状态组成:自由水、不易流动水和结合水。图 7 表示的是鱿鱼在冻藏期间不同状态水分所占的百分含量。



注: A, CK组; B, IG组; C, IG-RO组; D, SG-RO组; E, SG-DSE组

图 7 冻藏鱿鱼的的不同状态水分含量变化

Fig. 7 Changes in moisture content of different status of squid during frozen storage

由图 7 可知,随着冻藏时间的延长,不易流动水的变化比结合水和自由水更明显。CK 组的不易流动水在 2~6 个月逐渐减少,而自由水和结合水逐渐增加。图 1 中 CK 组的持水力逐渐升高,表明在这一期间不易流动水逐渐向自由水方向迁移,这与相关的研究结论相似^[26-27]。在冻藏期间,IG 组和 IG-RO 组的持水力先下降后上升,自由水含量先下降后上升;SG-RO 组和 SG-DSE 组

的持水力逐渐下降,自由水含量逐渐降低,表明镀冰衣鱿鱼的持水力与不同状态水含量有相关性。肌肉对维持不易流动水的能力影响保水性^[26],SG-DSE组的不易流动水含量比SG-RO组高,说明SG-DSE组的保水性比SG-RO组好,这与持水力的变化一致。

2.8 鱿鱼游离氨基酸的变化

鱼肉中氨基酸大部分以蛋白质的形式存在,只有小部分是游离形式存在。蛋白质降解后生成游离氨基酸,FAA含量的变化可以反映蛋白质

降解的程度^[28]。表1是不同处理方式下鱿鱼在冻藏期间的FAA含量。鱿鱼在冻藏过程中,蛋白质冷冻变性,FAA的总含量逐渐增加^[29]。由表1可知,CK组的FAA总量大于各处理组,这表明镀冰衣的鱿鱼能够抑制蛋白质的降解,特别是SG-DSE组的FAA含量上升最慢。该结果与MDA和巯基的结果一致,表明镀冰衣鱿鱼在冻藏期间能有效维持其品质;SG-DSE组的FAA含量最低,表现出最佳的保鲜效果。在冻藏期间,脯氨酸为鱿鱼主要游离氨基酸,其次是丙氨酸和谷氨酸。

表1 冻藏鱿鱼的游离氨基酸含量变化
Tab.1 Changes in FAA content of squid during frozen storage

单位: mg/100 g

冻藏时间	组别	FAA									
		天冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	
0M	/	8.22±0.02	19.86±0.33	7.56±0.01	24.84±0.05	28.60±0.13	45.70±0.01	16.47±0.02	14.95±0.01	8.11±0.01	
	CK	37.73±0.32	36.80±0.42	28.16±0.45	81.65±0.23	38.96±0.81	114.44±2.14	34.61±0.19	34.91±0.24	27.21±0.19	
	IG	27.03±3.46	37.13±3.36	18.64±2.24	73.15±5.30	50.51±3.14	119.72±2.34	37.31±4.74	27.61±3.52	29.49±3.87	
3M	IG-RO	24.27±0.54	35.52±1.94	17.87±0.94	68.80±3.49	47.64±2.05	103.94±4.44	33.39±1.61	22.83±1.58	29.85±1.15	
	SG-RO	19.00±1.51	31.49±2.68	21.99±1.87	64.22±6.25	42.13±3.46	90.30±2.42	29.52±2.83	23.26±2.22	21.48±2.03	
	SG-DSE	13.33±2.52	26.18±4.77	20.03±3.73	41.10±7.77	47.01±3.35	85.05±15.36	22.02±4.15	17.67±3.39	16.02±3.00	
6M	CK	229.88±0.26	162.77±0.68	112.86±1.14	384.23±2.33	137.43±0.45	424.53±0.86	187.23±0.35	105.84±0.11	141.02±0.05	
	IG	74.68±2.25	52.49±3.88	41.52±1.19	113.13±4.62	48.12±0.15	135.36±1.46	53.36±2.77	36.07±2.04	43.88±1.31	
	IG-RO	104.56±1.52	85.05±2.56	45.28±0.50	124.68±4.58	86.25±2.13	108.64±3.06	73.50±2.77	33.19±1.71	58.03±2.32	
6M	SG-RO	62.59±1.86	29.34±1.04	40.89±0.63	81.44±2.74	50.64±1.25	104.22±2.48	55.01±1.33	24.33±0.84	29.01±1.22	
	SG-DSE	22.70±0.62	39.04±1.49	30.78±1.65	75.64±3.07	46.36±2.43	119.12±4.71	41.80±1.04	37.59±1.83	30.74±0.46	

冻藏时间	组别	FAA								氨基酸总量
		亮氨酸	酪氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸		
0M	/	23.91±0.02	14.13±0.07	24.27±0.23	8.26±0.01	4.03±0.01	37.40±0.45	94.88±1.47	381.20±1.89	
	CK	55.67±0.33	25.82±0.01	44.25±0.88	33.36±0.64	44.24±0.82	76.28±1.45	141.02±6.07	855.12±2.04	
	IG	54.23±6.98	22.29±3.00	38.31±5.17	40.01±5.01	35.13±5.00	40.92±5.64	147.92±13.04	799.43±31.09	
3M	IG-RO	47.01±2.12	17.58±0.93	31.36±1.43	35.19±1.93	31.53±1.49	36.60±1.45	131.25±3.78	714.63±13.50	
	SG-RO	40.42±3.95	19.44±1.99	29.10±3.11	28.8±3.64	26.53±3.31	70.14±6.12	123.02±12.4	680.78±22.87	
	SG-DSE	32.17±6.06	13.79±2.62	23.68±4.62	19.77±4.11	23.60±2.87	70.38±4.64	133.64±10.07	605.44±28.20	
6M	CK	225.2±0.47	126.56±0.46	213.82±2.13	316.22±0.83	96.92±0.34	135.82±1.59	185.10±2.46	3185.42±8.47	
	IG	80.61±3.87	37.12±0.64	62.64±2.05	63.20±0.99	49.88±1.12	59.44±3.45	110.79±4.06	1062.28±33.16	
	IG-RO	66.55±3.77	48.88±2.75	70.64±4.22	60.49±4.22	48.24±0.81	50.54±3.50	112.41±7.06	1176.92±28.45	
6M	SG-RO	52.58±2.89	22.87±1.47	59.35±2.16	32.77±1.95	48.84±0.46	58.81±3.27	176.80±4.56	909.48±20.23	
	SG-DSE	54.87±2.84	26.96±1.06	28.65±1.77	40.67±2.01	40.29±1.83	56.73±5.62	149.21±6.43	841.17±31.43	

3 结论

研究了不同配方冰衣处理后的鱿鱼在冻藏期间的品质变化。冻藏6个月后,未镀冰衣的鱿鱼表现出明显的质量下降,例如持水力和pH先下降后

上升,而白度值、弹性、胶黏性和咀嚼性先上升后下降,弹性和巯基含量显著下降,丙二醛(MDA)含量显著上升;而镀了冰衣,能延缓水分迁移速度、减少水分蒸发、改善鱿鱼的色泽、降低脂质和蛋白质的氧化,鱿鱼的品质得到更好维持。在冰衣中加入迷

迭香酸(IG-RO)后,与水冰衣组(IG)相比,有明显的抗氧化效果,但在其他指标上与IG组差异性不明显。聚丙烯酸钠能够增强冰衣的附着性,冰衣不易开裂,有助于延缓品质下降。在一定浓度的聚丙烯酸钠中加入相同浓度的异抗坏血酸钠和迷迭香酸,结果发现前者在整体新鲜度指标上变化更小,能显著延缓鲑鱼品质的下降。□

参考文献

- [1] FUENTE G D L, FERNANDO G C, RAMÓN P A, et al. Effect of storage at 0°C on mantle proteins and functional properties of jumbo squid [J]. *International Journal of Food Science & Technology* 2010, 43(7): 1263–1270.
- [2] 赵启蒙, 许澄, 黄雯, 等. 不同冻藏温度下镀冰衣处理对鲑鱼品质的影响[J]. *食品工业科技* 2015, 36(12): 307–310.
- [3] 韩志慧, 侯柄妹, 马俪珍. 冷冻防护剂和镀冰衣处理对冷冻革胡子鲑鱼段的品质保护效果[J]. *山西农业科学* 2013, 41(4): 381–386.
- [4] 江艳华, 林才云, 朱文嘉, 等. 不同冰衣量对冻虾品质的影响[J]. *食品安全质量检测学报* 2018, 9(16): 4375–4380.
- [5] ZHOU Y G, FU G P. The character and applications of edible sodium polyacrylate [J]. *China Food Additives* 2009(1): 114–117.
- [6] 陈静静, 杨涛, 杨明阳. 聚丙烯酸钠在低温肉制品中的应用性研究[J]. *肉类工业* 2017(11): 34–36.
- [7] SHI J, LEI Y T, SHEN H X, et al. Effect of glazing and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on preservation of mud shrimp (*Solenoceramellantho*) during frozen storage [J]. *Food Chemistry*, 2019, 272: 604–612.
- [8] GB 2760—2014. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
- [9] 刘妙, 杨宪时, 张小伟, 等. 复配保鲜剂对反复冻融鲑鱼品质的影响[J]. *食品与发酵工业* 2016, 42(5): 140–145.
- [10] 王硕, 谢晶, 杨凯, 等. 三文鱼冷链流通过程中质构、鲜度及感官品质变化规律与水分迁移相关性[J]. *中国食品学报* 2018, 18(5): 173–184.
- [11] BENJAKUL S, SEYMOUR T A, MORRISSEY M T, et al. Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage [J]. *Journal of Food Science* 2010, 62(4): 729–733.
- [12] 谢晶, 程颖, 杨胜平, 等. 腐败希瓦氏菌对凡纳滨对虾氨基酸及生物胺含量的影响[J]. *中国食品学报* 2018, 18(1): 169–175.
- [13] ZANG J, XU Y, XIA W, et al. The impact of desmin on texture and water-holding capacity of ice-stored grass carp (*Ctenopharyngodonidella*) fillet [J]. *International Journal of Food Science & Technology* 2017, 52(2): 464–471.
- [14] OLSSON G B, SEPPOLA M A, OLSEN R L. Water-holding capacity of wild and farmed cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) muscle during ice storage [J]. *LWT - Food Science and Technology* 2007, 40(5): 793–799.
- [15] NALAN G, ÖSMAN K T, PINAR Y, et al. Effects of Freezing and Frozen Storage on Protein Functionality and Texture of Some Cephalopod Muscles [J]. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 2018, 27(4): 1–8.
- [16] 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.
- [17] XUAN X T, FAN Y F, LING J G, et al. Preservation of squid by slightly acidic electrolyzed water ice [J]. *Food Control* 2017, 73: 1483–1489.
- [18] 刘小莉, 彭欢欢, 李莹, 等. 冻藏温度对斑点叉尾鲷鱼片蛋白质特性和感官品质的影响[J]. *中国食品学报* 2019, 19(1): 141–147.
- [19] LARAM S, GUTIERREZ J I, TIMÓN M, et al. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP [J]. *Meat Science* 2011, 88(3): 481–488.
- [20] ZHANG MC, XIA X F, LIU Q, et al. Changes in microstructure, quality and water distribution of porcine longissimus muscles subjected to ultrasound-assisted immersion freezing during frozen storage [J]. *Meat Science* 2019, 151: 24–32.
- [21] 汪兰, 曾俊杰, 吴文锦, 等. 不同冻藏温度对鲈鱼品质的影响[J]. *食品工业科技* 2018, 39(21): 287–292.
- [22] ZHANG B, MA L K, DENG S G, et al. Shelf-life of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by weakly acidic electrolyzed water ice-glazing and modified atmosphere packaging [J]. *Food Control* 2015, 51: 114–121.
- [23] LI XP, ZHOU MY, LIU JF, et al. Shelf-life extension of chilled olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) using chitosan coatings containing clove oil [J]. *Journal of Food Processing and Preservation* 2017, 41(5): e13204.
- [24] 路钰舒, 林玉海, 李学英, 等. 冻藏温度对鲑鱼品质的影响[J]. *食品与发酵工业* 2015, 41(03): 105–111.
- [25] 谭明堂, 谢晶, 王金锋. 不同冻结方式对鲑鱼品质的影响[J]. *食品与发酵工业* 2019(11): 136–142.
- [26] 雷雨田, 石径, 桂萍, 等. 冰衣结合茶多酚对南美白对虾冻藏中品质变化的影响[J]. *中国农业大学学报* 2018, 23(06): 92–99.
- [27] 李春, 张录达, 任发政, 等. 利用低场核磁共振研究冷却条件对猪肉保水性的影响[J]. *农业工程学报* 2012, 28(23): 243–249.
- [28] 郝子娜, 李振兴, 王甜甜, 等. 一卤鲜鲈鱼加工过程中蛋白质降解的分析[J]. *食品工业科技* 2015, 36(19): 68–72.
- [29] SUN X Y, GUO X B, JI MY, et al. Preservative effects of fish gelatin coating enriched with CUR/ β CD emulsion on grass carp (*Ctenopharyngodonidella*) fillets during storage at 4°C [J]. *Food Chemistry* 2019, 272: 643–652.

Effects of glazing with preservative treatment on the quality of squid during frozen storage

TAN Mingtang¹, WANG Jinfeng^{1,2}, YU Wenhui¹, ZHOU Pengcheng¹, XIE Jing^{1,2,3}

(1 College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University,

Shanghai Professional Technology Service Platform on Cold Chain Equipment Performance and Energy Saving Evaluation, Shanghai 201306, China;

2 Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China;

3 National Experimental Teaching Demonstration Center for Food Science and Engineering

(Shanghai Ocean University), Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to investigate the effects of glazing on the quality of squid, the unglazed samples as the control group (CK) were compared with the ice-glazing group (IG) and groups with sodium polyacrylate, rosmarinic acid, D-sodium erythorbate and their hybrid to analyze the changes in water-holding capacity, colour, pH, texture, MDA, sulfhydryl content, moisture content and FAA of squid during frozen storage at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 6 months. Results showed that squid exhibited significant quality decline during frozen storage. Glazing treatment significantly reduced quality loss, lipid oxidation and protein degradation. Glazing with sodium polyacrylate was not easy to be broken and could effectively maintain the quality of the squid. Glazing with D-sodium erythorbate exhibited better preservative effects than that with rosmarinic acid. Glazing with D-sodium erythorbate /sodium polyacrylate (SG-DSE) could significantly delay the decline of quality of the squid and extend its shelf life during frozen storage.

Key words: squid; frozen storage; glazing; sodium polyacrylate; D-sodium erythorbate; quality of fish

(上接第72页)

Preliminary study on ecological ice – temperature keep – alive technology of *Larimichthys crocea*

CAI Xiaofang¹, ZHANG Xiaolin¹, ZHOU Jianpin², ZHANG Dongling¹, LIU Xiande¹

(1 Fisheries College, Jimei University, Key Laboratory of Healthy Mariculture for the East China Sea, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xiamen 361021, Fujian, China

2 Navigation College, Jimei University, Xiamen 361021, Fujian, China)

Abstract: In order to optimize the live transport conditions of *Larimichthys crocea*, its ecological ice – temperature was explored, the effects of fish/water mass ratio and holding time on its keep – alive time was analyzed, and an orthogonal experiment of 3 factors and 3 levels was designed to find suitable conditions for keeping *Larimichthys crocea* alive. The results showed that the ecological ice – temperature of *Larimichthys crocea* was $-2\text{ }^{\circ}\text{C} - 7\text{ }^{\circ}\text{C}$; fish/water mass ratio and holding time had significant effects on the keep – alive time of *Larimichthys crocea* ($P < 0.05$); the keep – alive time could be over 19 h when the temperature was $5\text{ }^{\circ}\text{C} - 7\text{ }^{\circ}\text{C}$, the fish/water mass ratio was 1:4 and the holding time was 48 h. The results could provide references for live transport of *Larimichthys crocea*.

Key words: *Larimichthys crocea*; ecological ice – temperature; fish/water mass ratio; live transport