

保鲜剂对冻藏鱿鱼品质变化的影响

路钰希^{1,2}, 沈 萍¹, 李学英¹, 杨宪时^{1,*}, 迟 海¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090;

2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘 要:选择 D-山梨醇、乳酸钠、三聚磷酸钠、混合磷酸盐和海藻糖 5 种保鲜剂, 控制 3 种添加浓度, 以持水力、盐溶性蛋白含量、活性硫基含量和 Ca^{2+} -ATPase 活性的变化为指标, 结合感官评价, 探讨了保鲜剂对冻藏条件 (-20 ± 0.1) $^{\circ}\text{C}$ 下鱿鱼品质变化的影响。实验结果表明, 浓度 II 组各保鲜剂的感官评分在 60d 时都达到 B; 各种不同浓度保鲜剂对冻藏鱿鱼的品质变化影响不同, 浓度 III 组各保鲜剂效果优于浓度 I 组和浓度 II 组, 海藻糖、混合磷酸盐和 D-山梨醇对提高鱿鱼持水力作用较好, 分别提高了 14.83%、13.63%、12.27%; 海藻糖、乳酸钠和混合磷酸盐对提高鱿鱼盐溶性蛋白含量、活性硫基含量和 Ca^{2+} -ATPase 活性作用较好, 盐溶性蛋白含量分别提高了 4.26、4.01、3.54mg/g, 活性硫基含量分别提高了 6.37×10^{-5} 、 5.27×10^{-5} 、 4.44×10^{-5} mol/g, Ca^{2+} -ATPase 活性分别提高了 0.72×10^{-2} 、 0.60×10^{-2} 、 0.50×10^{-2} $\mu\text{mol}/(\text{min} \cdot \text{mg})$ 。

关键词: 鱿鱼, 保鲜剂, 品质变化

Influence of preservative on squid quality changes during frozen

LU Yu-xi^{1,2}, SHEN Ping¹, LI Xue-ying¹, YANG Xian-shi^{1,*}, CHI Hai¹

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. Shanghai Ocean University, College of Food Science and Technology, Shanghai 201306, China)

Abstract: Influences of D-sorbitol, sodium lactate, sodium tripolyphosphate, mixed phosphates and trehalose on quality changes of squid were investigated by testing the indexes of sensory evaluation, hold water, salt soluble protein content, active sulphur content and Ca^{2+} -ATPase activity under the condition of (-20 ± 0.1) $^{\circ}\text{C}$ in this research. The results indicated that the sensory score of Concentration II groups were to B at 60d. The tested food additives showed different effects on quality changes of squid. Concentration III group was better than the concentration of the preservative I and concentration II group. The effect of trehalose, mixed phosphates and D-sorbitol to improve squid water retention was better, increased by 14.83%, 13.63% and 12.27% respectively. Trehalose, sodium lactate and mixed phosphates on raising the squid salt soluble protein content and Ca^{2+} -ATPase activity, active sulphur content was better. Salt soluble protein content increased 4.26mg/g, 4.01mg/g and 3.54mg/g, active sulphur content increased 6.37×10^{-5} , 5.27×10^{-5} and 4.44×10^{-5} mol/g, Ca^{2+} -ATPase activity increased by 0.72×10^{-2} , 0.60×10^{-2} and 0.50×10^{-2} $\mu\text{mol}/(\text{min} \cdot \text{mg})$.

Key words: squid; additive; quality change

中图分类号: TS202

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)19-0274-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.19.050

目前世界鱿鱼产量约 230 万 t, 我国每年加工的鱿鱼原料达数万吨之多。鱿鱼的可食部分占 80% 以上, 几种远洋鱿鱼的一般成分(干基含量)大约为: 粗蛋白占 18%~20%, 粗脂肪占 1.6%~2.0%, 粗灰分占 1.5%~1.7%^[1]。鱿鱼富含人体必需的多种氨基酸, 是一种营养保健型且风味良好的水产品资源^[2]。

冷冻保藏在长期贮藏中能够极大的保持鱿鱼的品质, 一方面可以降低鱿鱼蛋白内部自身的各类生化反应速率, 另一方面也可以降低微生物的繁殖速率。但是由于冰晶形成和肌肉组织中水分的重结晶, 蛋白在冻藏过程中不可避免地发生冷冻变性, 从而导致各项理化指标的变化, 最终影响产品的综合品质^[3]。因此, 为增加产品的附加值, 提供优质鲜美的鱼品, 有必要研究常用保鲜剂对鱿鱼保水性以及蛋白质变性的影响, 通过添加保鲜剂以防止鱿鱼蛋白冷冻变性, 提高鱿鱼的品质。目前保鲜剂对冻藏鱿鱼品质变化的研究甚少, 李芳斐等^[4]在壳聚糖对腌制鱿鱼防腐作用研究中指出, 经过壳聚糖涂膜处理的腌制鱿鱼比未经壳聚糖涂膜处理的有一定的防腐抗菌作用。吴金龙等^[5]使用从乌贼墨中提取的活性

收稿日期: 2013-12-26

作者简介: 路钰希(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学与工程。

* 通讯作者: 杨宪时(1954-), 男, 本科, 研究员, 从事水产品贮藏加工和品质保障技术研究。

基金项目: 国家 863 计划(2012AA092303); 农业部 948 计划(2011-Z12)。

表2 鱿鱼冻藏中感官评分规则
Table 2 Rules of sensory evaluation on the storage of squid

指标	E	A	B	C
表皮	非常新鲜,白色	新鲜,白色有些暗淡	颜色暗淡	颜色暗淡,发淡黄色
气味	正常海产品味道	略微腥味	微腥味	有腥味
粘液	透明的,水质的	微黏,微透明	黏着,微透明	黏着,乳白色
弹性	坚固,有弹性	拉扯后有一点皱纹	拉扯后有皱纹,易恢复	拉扯后有皱纹,不易恢复

多糖对低温储藏的鱿鱼进行处理,结果表明乌贼墨多糖对冷冻鱿鱼有较好的防腐抗菌作用。本实验选择北太平洋鱿鱼,在-20℃下冻藏,添加 D-山梨醇、乳酸钠、三聚磷酸钠、混合磷酸盐和海藻糖,分析鱿鱼感官、持水力、盐溶性蛋白含量、活性巯基含量和Ca²⁺-ATPase 活性的变化,探讨不同保鲜剂对添加剂组鱿鱼和空白组鱿鱼品质变化的影响,分析不同添加剂的效果,旨在为鱿鱼生产及加工利用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

样品 捕捞船于 2012 年 12 月在赤道公海区域捕捞,船上冻结后-20℃贮藏运输至实验室,-80℃贮藏备用。

食品保鲜剂:D-山梨醇、乳酸钠、三聚磷酸钠、六偏磷酸钠、焦磷酸钠和海藻糖;考马斯亮蓝 G-250、5,5'-二硫代双(2-硝基苯甲酸)、三羟甲基氨基甲烷、腺苷-5'-三磷酸二钠盐·二水、钼酸铵、三氯乙酸、马来酸、抗坏血酸、无水乙醇,蒸馏水、氯化钾、氯化钙、氯化镁、浓硫酸等,以上药品纯度均为 AR。

JYL-350 型绞肉机 上海九阳股份有限公司;MPR-414F 型冰箱 Sanyo,日本;均质机 IUL 型 西班牙;高速冷冻离心机 5810R 型 Eppendorf,德国;质构仪 TMS-Pro 型 Food Technology Corporation 美国;Power Wave XS 型微孔板分光光度计 美国;YP200N 型电子天平 上海菁海仪器有限公司;DK-524 型水浴锅 上海晋理科学仪器有限公司。

1.2 样品处理方法和贮藏实验

对鱿鱼进行流水解冻,去头去皮去内脏,只保留胴体,切小块备用。每种保鲜剂选取 3 个不同浓度。保鲜剂溶液与鱿鱼比例为 2:1 (V/m),浸泡 10min 后^[6],沥干装袋密封,贮藏于(-20±0.1)℃冰箱中。共贮藏 60d,每隔 10d 取样进行感官评价,测定鱿鱼持水力、盐溶性蛋白含量、活性巯基含量和 Ca²⁺-ATPase 含量。

所有保鲜剂添加量的选择均参照 GB 2760-2011 食品保鲜剂使用标准添加,其中混合磷酸盐根据参考文献[7]由三聚磷酸钠:焦磷酸钠:六偏磷酸钠按照配比为 2:2:1 组成,总添加量参照 GB 2760-2011,其中说明可单独或混合使用,最大使用量以磷酸根(PO₄³⁻)计。食品保鲜剂使用标准参照确定添加水平如表 1 所示。

1.3 实验方法

1.3.1 感官评价 由于实验量过大,实验条件的限制,各指标实验的时间紧凑,无法对所有浓度进行感

官评价,仅选取由浓度 II 的各保鲜剂浸泡的鱿鱼进行感官评价。参考 A.Lugasi 等^[8]提出的感官评价方法并修改,由 10 名经过训练的评价员组成感官评价小组,评分规则为:最好品质(E);好品质(A);中等品质(B)和较差品质(C),评价内容包括表皮、气味、粘液、弹性等。评分细则详见表 2。

表1 保鲜剂的添加量(%)

浓度	混合磷酸盐	三聚磷酸钠	D-山梨醇	海藻糖	乳酸钠
I	0.3	0.3	0.5	1	4
II	0.4	0.4	1.0	3	5
III	0.5	0.5	1.5	5	6

1.3.2 持水力的测定 参考文献[9]但略作修改,利用 TMS-Pro 型质构仪,采用滤纸加压法(filter paper press method)进行测定。取完整肉块 10.0g 置于 10 层滤纸上,另取 10 片滤纸置于其上,定压 100N 压 5min,加压前后分别称重,记录加压前重量(W₁)和加压后重量(W₂),则加压条件下的持水力可以用加压失水率 X_p(pressing loss)表示:

$$X_p(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

式中:X_p-加压失水率,%;W₁-加压前鱿鱼重量,g;W₂-加压后鱿鱼重量,g。

1.3.3 盐溶性蛋白含量的测定 鱿鱼用搅拌机绞碎,取 5g 装入打浆袋中,并加入 100mL 冰冷的 0.6mol/L KCl 溶液,放入均质机内匀浆 2 次,4℃条件下提取 1.5h,最后 11000r/min 下低温(4℃)离心 10min,得到上清液即为实验用盐溶性蛋白溶液。采用考马斯亮蓝法测定蛋白质含量^[10],用牛血清蛋白做标准曲线,标准曲线为 y = 0.0055x + 0.0036 (R² = 0.9993),计算结果以 mg/g 表示,实验重复三次。

1.3.4 肌动球蛋白的提取 鱿鱼绞碎后取 5g,加入 50mL 冰冷的 0.6mol/L KCl (4℃),匀浆 1 次,放入 4℃冰箱中提取 1.5h,然后离心(5000r/min, 30min, 0℃),取 10mL 上清液加入 30mL 冰冷的去离子水稀释沉淀肌动球蛋白,离心(5000r/min, 20min, 0℃),所得沉淀加入 30mL 冰冷的 1.2mol/L KCl 溶液,在 0℃搅拌 30min,不溶部分再次离心(5000r/min, 20min, 0℃)^[11]。所得肌动球蛋白溶液用 0.6mol/L KCl 调节浓度在 4~6mg/mL。所得溶液备用,以测定活性巯基和 Ca²⁺-ATPase 的含量。

1.3.5 活性巯基含量的测定 1mL 肌动球蛋白中加

入 9mL 0.2mol/L Tris-HCl 缓冲液 (pH6.8)。混合均匀后取 4mL 混合溶液,加入 0.4mL 0.1% 5,5' 二硫代双(2-硝基苯甲酸)溶液,在 40℃ 下反应 25min,溶液在 412nm 下测定吸光值。空白用 0.6mol/L KCl 溶液代替^[11-12]。计算结果以 10^{-5} mol/g 表示,实验重复二次。

1.3.6 Ca^{2+} -ATPase 活性的测定 参考万建荣法^[13]以及文献[14]测定 Ca^{2+} -ATPase 活性。酶反应混合液组成如表 3。

表 3 Ca^{2+} -ATPase 活性测定酶反应混合液组成

Table 3 An enzyme reaction mixture for investigating activity of Ca^{2+} -ATPase

组成溶液	加入量 (mL)	最终浓度 (mmol/L)
0.50 mol/L Tris-马来酸 (pH7.0)	0.50	25
0.10 mol/L CaCl_2	0.50	5
肌动球蛋白	1.00	60 (KCl)
H_2O	7.50	
20 mmol/L ATP (pH7.0)	0.50	1
总计	10.00	

进行反应时,按表中混合液组成的配方,在试管中先将除 ATP 以外的其他成分混合好,将反应混合物放于 25℃ 水浴中,待 ATP 溶液最后加入时,反应即开始,反应 3min,加入 3mL 15% TCA 使反应停止,然后 11000r/min 离心 2min,取离心液 4mL 加入试管中,加入 3mL Tris- MgCl_2 缓冲液 (pH7.5),摇匀后再加入 3mL 定磷试剂 (20% V_C :3mol/L H_2SO_4 :3% 钼酸铵以等体积混合),然后在 45℃ 恒温水浴锅中反应 30min,在 640nm 下测其吸光度。空白组用 15% TCA 代替。标准曲线用预先在 100℃ 干燥 1h 后置于干燥器中干燥冷却的 KH_2PO_4 ,配制成 0.5mmol/L 的溶液制作,标准曲线为 $y = 0.9193x + 0.0111$ ($R^2 = 0.9998$)。计算结果以 1mg 酶蛋白在 1min 内生成的无机磷酸量 μmol 表示,即 $\mu\text{mol}/(\text{min}\cdot\text{mg})$,实验重复三次。

1.4 数据处理

实验数据采用 Microsoft Excel 2003 进行统计分析。用 SPSS 19.0 进行方差分析 ($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 保鲜剂对鱿鱼感官变化的影响

表 4 是各种保鲜剂添加浓度 II 组的鱿鱼感官评分结果。从表 4 中可以看出,鱿鱼的感官评分指标中最先出现变化的是粘液,其次是气味,表皮和弹性的变化相当。鱿鱼的品质初始点均为最好,随着冻藏时间的延长,感官评价逐渐下降,对照组在 10d 以后就失去最好品质,各保鲜剂组均在 20d 后失去最好品质,其中海藻糖组和乳酸钠组在 30d 之后才失去最好品质,且海藻糖组的整体效果优于乳酸钠组。在 60d 时,对照组的各项指标评分均为较差,而各保鲜剂组在 60d 时都保持了中等品质,说明各保鲜剂均对鱿鱼的品质有提高作用。

表 4 各种保鲜剂对冻藏鱿鱼的感官变化的影响

Table 4 The squid sensory score of adding different additives

保鲜剂	贮藏时间 (d)	表皮	气味	粘液	弹性
对照	0	E	E	E	E
	10	E	E	A	E
	20	A	A	A	A
	30	A	A	A	A
	40	A	B	B	B
	50	B	B	C	B
混合磷酸盐	60	C	C	C	C
	0	E	E	E	E
	10	E	E	E	E
	20	E	A	A	E
	30	A	A	A	A
	40	A	A	A	A
三聚磷酸钠	50	A	B	B	A
	60	A	B	A	A
	0	E	E	E	E
	10	E	E	E	E
	20	E	E	A	E
	30	E	A	A	A
D-山梨醇	40	A	A	A	A
	50	A	A	A	A
	60	B	B	B	B
	0	E	E	E	E
	10	E	E	E	E
	20	E	E	E	E
海藻糖	30	E	E	A	E
	40	A	A	A	A
	50	A	A	A	A
	60	A	A	A	A
	0	E	E	E	E
	10	E	E	E	E
乳酸钠	20	E	E	E	E
	30	E	E	A	E
	40	A	A	A	A
	50	A	A	A	A
	60	A	B	B	A

2.2 保鲜剂对鱿鱼持水力变化的影响

图 1 分别表示了浓度 I、II、III 组各保鲜剂对鱿鱼持水力的影响,鱿鱼持水力可以用失水率来表示,随着冻藏时间的延长,失水率越高,说明持水力越差,失水率越低,则持水力越强。从图中可以看出,

随着冻藏时间的延长,鱿鱼的持水力越来越差。各保鲜剂组与对照组相比差异性极显著($p < 0.01$),各保鲜剂对鱿鱼持水力影响程度由大到小排列分别为:海藻糖 > 混合磷酸盐 > D-山梨醇 > 乳酸钠 > 三聚磷酸钠,且浓度Ⅲ对持水力效果最好,浓度Ⅱ次之,浓度Ⅰ最小,海藻糖、混合磷酸盐和D-山梨醇对提高鱿鱼持水力作用较好,分别提高了14.83%、13.63%、12.27%。

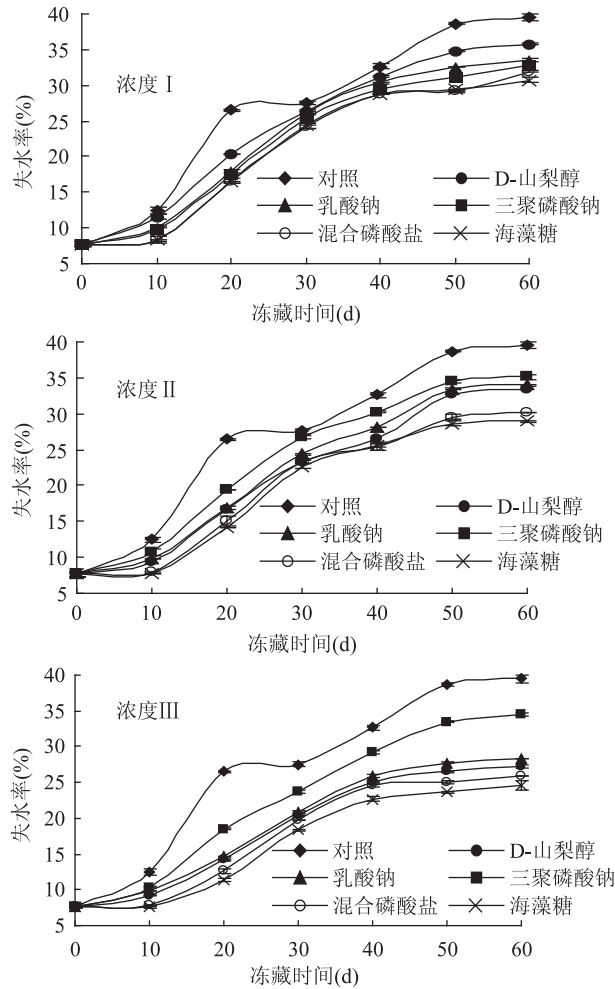


图1 各种不同浓度保鲜剂对鱿鱼持水力变化的影响
Fig.1 The effects of different concentration additives on squid water retention

肉的持水力即保水性、系水性,是指肌肉在受外力作用时,如加压、加热、切碎、冷冻、解冻、腌制等加工或贮藏条件下,保持其原有水分与添加水分的能力。肉的持水力的实质是肉的蛋白质形成网状结构,单位空间以物理状态所捕获的水分量的反映。捕获水量越多,则持水力越大。肉的持水力直接关系到肉制品的出品率、嫩度和风味,所以提高肉的持水力,在肉制品生产中具有十分重要的意义^[15]。混合磷酸盐是肉制品生产中使用较多的保水剂,能改变肌原纤维蛋白的热诱导凝胶流变特性,提高盐溶蛋白质热诱导凝胶保持水分和脂肪的能力,减少营养成分的损失,从而影响肉制品保水性、成品率^[16]。彭亚峰等^[17]指出海藻糖对生物抗脱水作用与它的玻璃态形成有关,玻璃态假说认为,当生物成分干燥

时,海藻糖紧密地包住相邻的分子,形成一种在结构上与玻璃状的冰相类似的碳水化合物玻璃体,其扩散系数很低,分子运动和分子变性非常微弱,能够使生物分子维持一定的空间结构。

2.3 保鲜剂对鱿鱼盐溶性蛋白含量变化的影响

图2分别表示了浓度Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组各保鲜剂对鱿鱼盐溶性蛋白含量的影响,随着冻藏时间的增加,盐溶性蛋白含量呈下降趋势。从图中可以看出,浓度Ⅲ组D-山梨醇、乳酸钠、三聚磷酸钠、混合磷酸盐、海藻糖的盐溶性蛋白含量分别为4.98、6.43、4.68、5.96、6.68mg/g,各保鲜剂组与对照组相比差异性极显著($p < 0.01$)。各保鲜剂对鱿鱼盐溶性蛋白含量影响程度由大到小排列分别为:海藻糖 > 乳酸钠 > 混合磷酸盐 > D-山梨醇 > 三聚磷酸钠,且添加浓度Ⅲ组的鱿鱼盐溶性蛋白含量最高,浓度Ⅱ次之,浓度Ⅰ最低。在整个冻藏过程中,添加浓度Ⅲ的海藻糖盐溶性蛋白含量下降了7.91mg/g,对照组下降了12.17mg/g,对照组的盐溶性蛋白含量减少值是浓度Ⅲ的海藻糖盐溶性蛋白含量减少值的1.5倍,海藻糖、乳酸钠和混合磷酸盐对提高鱿鱼盐溶性蛋白含量作用较好,分别提高了4.26、4.01、3.54mg/g。

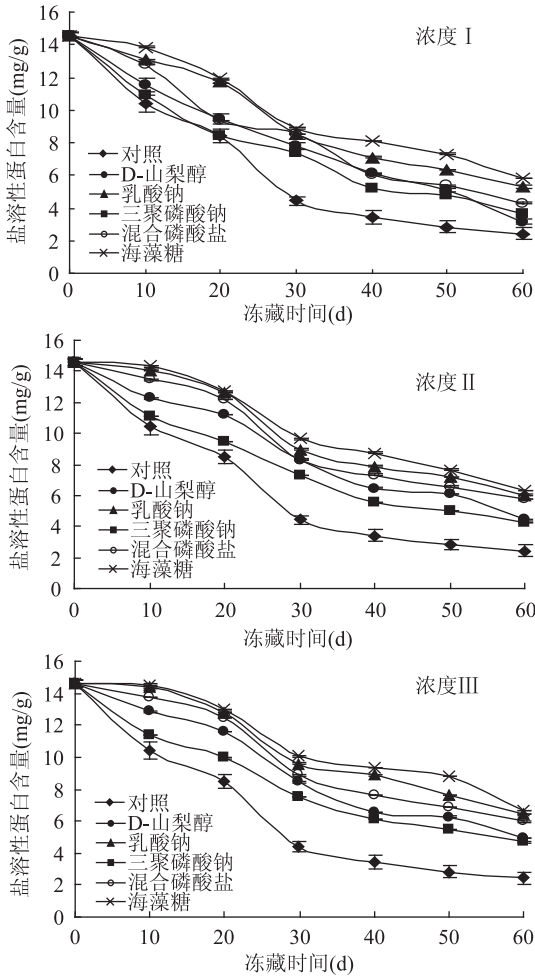


图2 各种不同浓度保鲜剂对鱿鱼盐溶性蛋白含量变化的影响
Fig.2 The effects of different concentration additives on squid salt soluble protein content

冻藏引起鱼肉肌动球蛋白(主要是肌球蛋白)的打开与伸展,暴露的非极性氨基酸与邻近的类似基团引起疏水相互作用,这个过程导致了蛋白质的变性。目前国内对于淡水鱼类蛋白冷冻变性的研究主要是通过对不同条件下鱼肉中的 Ca^{2+} -ATPase 活性、盐溶性蛋白含量以及巯基数量等指标的测定来分析淡水鱼蛋白质冷冻变性的程度^[18]。在冻藏过程中,巯基氧化形成的二硫键会导致肌球蛋白重链的聚合,从而降低其盐溶性。海藻糖抗冻机理可能与普通的糖类相似,但是海藻糖比一般的糖类具有更优越的生化保护作用和稳定性,因为海藻糖具有高的玻璃态转变温度(T_g),包括较小的自由体积、受限制的分子流动性和在贮存中抵抗相分离和结晶的能力。乳酸钠既没有甜味也无热值,是一种 GRAS 食品添加剂,被广泛用作防腐剂、水分保持剂等,刘欣^[19]等研究表明,海藻糖、乳酸钠的加入能较好地抑制冻藏鲮鱼鱼糜蛋白的冷冻变性,表现在这 2 种物质加入后,冻藏编鱼鱼糜的凝胶能力得到较好的维持,盐溶性蛋白含量、 Ca^{2+} -ATPase 活性和巯基含量的下降及表面疏水性的增加也得到很好的抑制,2 种物质的抗冻效果比传统商业抗冻剂(蔗糖、D-山梨醇)具有明显的优势。

2.4 保鲜剂对鱿鱼活性巯基含量变化的影响

巯基是蛋白质分子中最具反应活性的基团。图 3 分别表示了浓度 I、II、III 组各保鲜剂对鱿鱼活性巯基含量的影响,由图可知,随着冻藏时间的增加,鱿鱼中活性巯基含量呈下降趋势。下降的原因可能是冰晶的形成使得肌原纤维蛋白空间结构发生改变,使埋藏在分子内部的巯基活性基团暴露出来,导致活性巯基含量减少^[20]。活性巯基的减少意味着分子间或分子内的二硫键的形成,氢键和疏水键的形成掩盖了在肌动球蛋白分子内的活性巯基。从图中可以看出,各保鲜剂对鱿鱼活性巯基含量影响程度由大到小排列分别为:海藻糖>乳酸钠>混合磷酸盐>D-山梨醇>三聚磷酸钠,且添加浓度 III 组的鱿鱼活性巯基含量最高,浓度 I 最低,浓度 II 介于二者之间。在整个冻藏过程中,添加浓度 III 的海藻糖活性巯基含量下降了 $11.75 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$,对照组下降了 $18.12 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$,海藻糖、乳酸钠和混合磷酸盐对提高鱿鱼活性巯基含量作用较好,分别提高了 6.37×10^{-5} 、 5.27×10^{-5} 、 $4.44 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$ 。这些结果表明,保鲜剂的加入抑制了冻藏过程中蛋白质中巯基的氧化和二硫键的形成。

2.5 保鲜剂对鱿鱼 Ca^{2+} -ATPase 活性变化的影响

图 4 分别表示了浓度 I、II、III 组各保鲜剂对鱿鱼 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响,从图中可以看出,随着冻藏时间的延长,浓度 I、II、III 组的 Ca^{2+} -ATPase 活性均呈下降趋势。随着冷冻时间的延长,由于蛋白质分子与结合水的结合状态被破坏,蛋白质空间结构发生位移,蛋白质变性,ATPase 活性部位也发生变化,导致鱼肌动球蛋白 Ca^{2+} -ATPase 活性下降,所以肌动球蛋白 Ca^{2+} -ATPase 活性也被广泛用来作为鱼肉蛋白变性的指标。引起冻藏过程中鱼肉肌原纤维

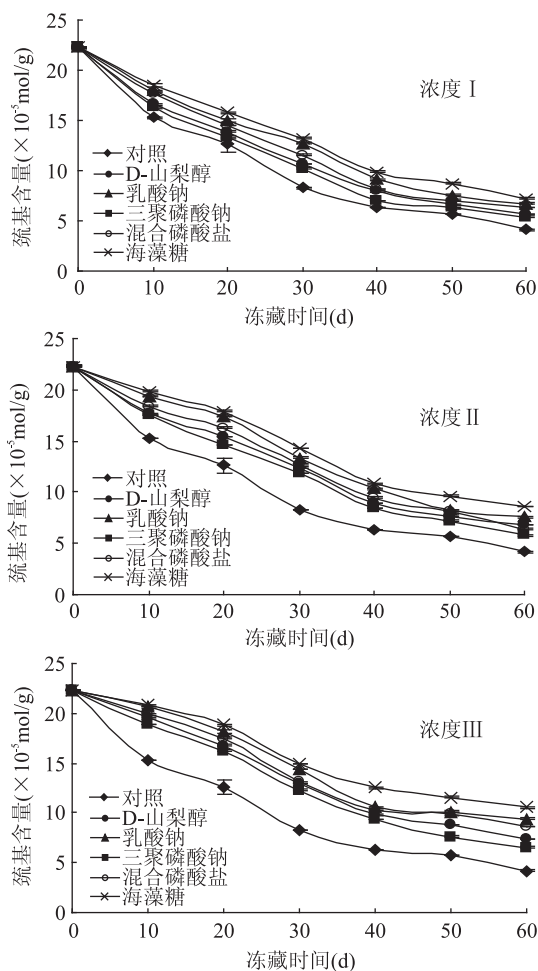


图3 各种不同浓度保鲜剂对鱿鱼活性巯基含量变化的影响

Fig.3 The effects of different concentration additives on squid active sulfhydryl content

蛋白质 Ca^{2+} -ATPase 活性下降的原因目前有以下几种:Lian 等认为是由于冰晶的机械作用引起的,也有很多研究认为是由 pH 下降引起的,还有更多的研究认为,由于巯基氧化形成二硫键导致分子聚合是 ATPase 活性下降的主要原因^[21]。各保鲜剂对鱿鱼 Ca^{2+} -ATPase 活性影响程度由大到小排列分别为:海藻糖>乳酸钠>混合磷酸盐>D-山梨醇>三聚磷酸钠,且添加浓度 III 组的鱿鱼 Ca^{2+} -ATPase 活性最高,浓度 I 最低,浓度 II 介于二者之间,海藻糖、乳酸钠和混合磷酸盐对提高鱿鱼 Ca^{2+} -ATPase 活性作用较好,分别提高了 0.72×10^{-2} 、 0.60×10^{-2} 、 $0.50 \times 10^{-2} \mu\text{mol}/(\text{min} \cdot \text{mg})$ 。实验结果表明保鲜剂的加入对 Ca^{2+} -ATPase 活性变化有影响。

2.6 各指标间的相关性分析

由上述结果进行进一步猜想与论证,发现除感官指标外,其他 4 个指标间存在较强的相关性。表 5 为海藻糖在浓度 III 条件下各指标间的相关系数矩阵。

由表 5 可知,各指标相关系数均大于 0.900 以上,且都为极显著相关性。同理可知,在其他实验条件下的各指标间均存在极显著性相关性,这可能与

表 5 冻藏鱿鱼在海藻糖(浓度Ⅲ)处理下各指标的相关性

Table 5 Correlation among parameters of the frozen squid with trehalose at Concentration Ⅲ

指标	持水力	盐溶性蛋白含量	活性巯基含量	Ca ²⁺ -ATPase 活性
持水力	1			
盐溶性蛋白含量	-0.951 *	1		
活性巯基含量	-0.986 *	0.959 *	1	
Ca ²⁺ -ATPase 活性	-0.928 *	0.902 *	0.958 *	1

注：* 表示显著性水平为 0.01。

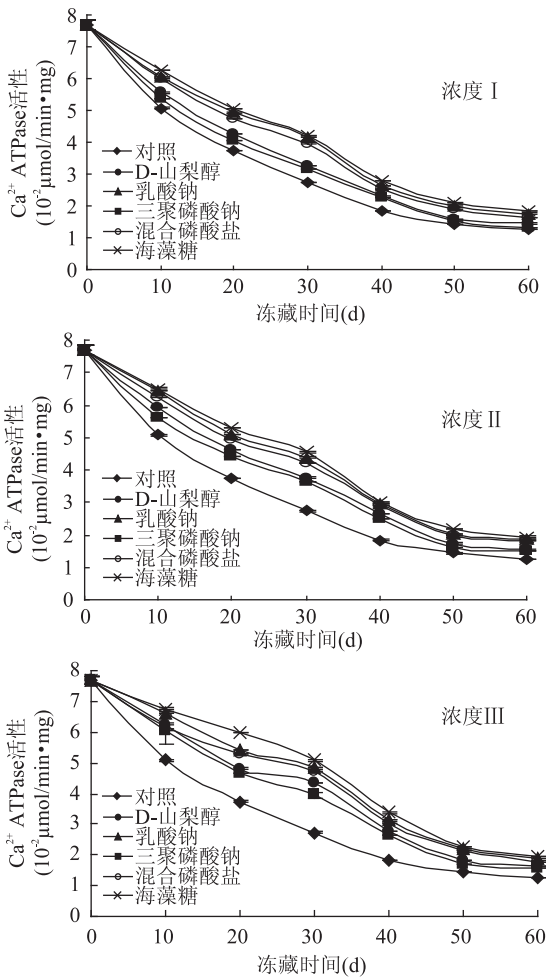


图 4 各种不同浓度保鲜剂
对鱿鱼 Ca²⁺-ATPase 活性变化的影响

Fig.4 The effects of different concentration additives
on squid Ca²⁺-ATPase activity

肌动蛋白和肌球蛋白发生冷冻变性引起结构改变有关。

3 结论

D-山梨醇、乳酸钠、三聚磷酸钠、混合磷酸盐、海藻糖对冻藏期间鱿鱼的持水力、盐溶性蛋白含量、活性巯基含量和 Ca²⁺-ATPase 活性均有提高作用,且浓度 I、II、III 组保鲜剂中,浓度 III 组作用效果最好,各保鲜剂组与对照组相比差异性极显著($p < 0.01$)。其中海藻糖、混合磷酸盐和 D-山梨醇对提高鱿鱼持水力作用较好,添加量分别为 5%、0.5%、1.5%;海藻糖、乳酸钠和混合磷酸盐对提高鱿鱼盐溶性蛋白含量、活性巯基含量和 Ca²⁺-ATPase 活性作用较好,添

加量分别为 5%、6%、0.5%。

海藻糖是由两个葡萄糖残基经 $\alpha-1,1$ 键接的非还原二糖,海藻糖结构稳定,化学惰性,无毒性,无色无臭,口感略带甜味,低热值,它具有不同于其它碳水化合物独特的生物学性质。乳酸钠既没有甜味也无热值。且这 2 种保鲜剂效果均由于 D-山梨醇,避免了“高糖、高热”的消费理念,有很重要的加工意义。

本次实验对鱿鱼保鲜剂验证温度、浓度仍单一,且单一保鲜剂难以实现对鱿鱼综合品质的保持,所以保鲜剂对不同贮藏温度、添加不同浓度保鲜剂条件下鱿鱼品质的影响以及复合保鲜剂的研制需要进一步的探讨。

参考文献

[1]Chen X J, Liu B L, Chen Y. A review of the development of Chinese distant - water squid jigging fisheries [J]. Fisheries Research, 2008, 89: 211-221.

[2]李桂芬. 鱿鱼的营养与开发利用 [J]. 科学养鱼, 2003 (7): 56.

[3]Soottawat B, Wonnop V, Chutima T, et al. Effect of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand [J]. Food Hydrocolloids, 2005, (19): 197-207.

[4]李芳斐, 谢主兰, 潘江球, 等. 壳聚糖对腌制鱿鱼防腐作用研究 [A]. 见: “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 [C]. 2009: 108-111.

[5]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.

[6]杨峰, 李学英, 杨究时, 等. 常用水产保鲜剂对南极磷虾品质的影响研究 [J]. 现代食品科技, 2012 (10): 1286-1289.

[7]汪学荣, 彭顺清. 复合磷酸盐对鱼糜制品的保水效果研究 [J]. 食品科技, 2002 (9): 41-43.

[8]A Lugasia, V Losadab, J Ho' va' ria, et al. Effect of pre-soaking whole pelagic fish in a plant extract on sensory and biochemical changes during subsequent frozen storage [J]. Food Science and Technology, 2007, 40: 930-936.

[9]夏列, 蒋爱民, 卢艳, 等. 不同冷冻方式下猪肉贮藏期持水力的变化研究 [J]. 食品与机械, 2013, 29 (2): 154-158.

[10]韩雅珊. 食品化学实验指导 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 38-39.

[11] Benjakul S, Seymour T A, Morrissey M T, et al. Physicochemical Changes in Pacific Whiting Muscle Proteins

(下转第 288 页)

的应用进展[J].食品工业科技,2012,23:374-378.

[7] Benady M, Simon J E, Charles D J, *et al.* Fruit ripeness determination by electronic sensing of aromatic volatiles [J].

Transactions of the ASAE,1995,38(1):251-257.

[8] 黄勇强,邹小波,赵杰文.电子鼻在香精识别中的应用研究[J].食品工业科技,2005,26(12):85-87.

[9] David C Lecy. Electronic nose: prospects for application in Australian industry [C]. 1998 Second International Conference on knowledge-Based Intelligent Electronic Systems, 21-23.

[10] Corrado Di Natale, Gudrun Olafsdottir, Sigor Dur Einarsson, *et al.* Comparison and integration of different electronic noses for freshness evaluation of cod-fish fillets [J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2001, 77(1-2): 572-578.

[11] 孟志娟,周宇芳,杨会成,等.基于电子鼻技术快速检测带鱼新鲜度的研究[J].食品工业科技,2012,33(24):49-54.

[12] O'Connell M, Valdora G, Peltzer G, *et al.* A practical approach for fish freshness determinations using a portable electronic nose [J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2001, 80: 149-154.

(上接第 279 页)

during Iced Storage [J]. Food Science, 1997, 62(4): 729-733.

[12] Ellman, G. L. Tissue sulfhydryl groups [J]. Archives of Biochemistry Biophysics, 1959, 82: 70-77.

[13] 万建荣,洪玉菁,奚印慈,等.水产食品化学分析手册[M].上海:上海科技出版社,1993,154-157.

[14] 潘锦锋,罗永康.鲢鱼鱼糜在冻藏过程中理化特性的变化[J].肉类研究,2008(9):45-49.

[15] 梁海燕.几种保鲜剂对肉制品保水性的影响[J].山西食品工业,2003(3):15-16.

[16] 李苗云,赵改名,张秋会.复合磷酸盐对肉制品加工中的保水性优化研究[J].食品科学,2009,30(8):80-85.

[17] 彭亚锋,周耀斌,李勤,等.海藻糖的特性及其应用[J].中

(上接第 283 页)

[2] Urmenyi AM, Franklin AW. Neonatal death from pigmented coliform infection [J]. Lancet, 1961, 1(7172): 313-315.

[3] Clark NC, Hill BC, O'Hara CM, *et al.* Epidemiologic typing of *Enterobacter sakazakii* in two neonatal nosocomial outbreaks [J]. Diagn Microb Infect Dis, 1990, 13(6): 467-472.

[4] Lehner A, Stephan R. Microbiological, epidemiological, and food safety aspects of *Enterobacter sakazakii* [J]. J Food Protect, 2004, 67(12): 2850-2857.

[5] Bowen AB, Braden CR. Invasive *Enterobacter sakazakii* disease in infants [J]. Emerging Infectious Diseases, 2006, 12(8): 1185-1189.

[6] Coburn B, Grassl GA, Finlay BB. *Salmonella*, the host and disease: a brief review [J]. Immunol Cell Biol, 2006, 85(2): 112-118.

[7] 牟成惠,陈淑云.一起饮食服务人员沙门菌携带率的调查[J].中国热带医学,2007,7(7):1231-1231.

[8] Hyeon J-Y, Park C, Choi I-S, *et al.* Development of multiplex

[13] 吴薇,顾赛麒,陶宁萍.熟制刀鱼肉挥发性风味轮廓研究[J].食品工业科技,2013,34(6):163-166.

[14] 李璇,邓尚贵,张宾,等.基于电子鼻的朱茭鱼肉鲜度及品质的评价[J].浙江海洋学院学报,2012,31(5):384-388.

[15] 喻勇新,刘源,孙晓红,等.基于电子鼻区分三种致病菌的研究[J].传感技术学报,2010,23(1):10-13.

[16] 邹慧琴,刘勇,林辉,等.电子鼻技术及应用研究进展[J].传感器世界,2011,11:6-11.

[17] 辛松林,杨妍.电子鼻的原理、应用现状及前景[J].四川烹饪高等专科学校学报,2011,1:23-25.

[18] 施文正,王锡昌,杨薇,等.基于电子鼻的养殖草鱼不同部位挥发性成分分析[J].江苏农业科学,2011,39(6):505-507.

[19] 杨毅,周少明,段振华,等.基于电子鼻快速检测罗非鱼新鲜度研究[J].食品科技,2011,36(8):255-258.

[20] 陈晓明,马明辉,李景明,等.电子鼻在天然苹果香精检测中的应用[J].食品科学,2007,28(3):261-265.

[21] 顾赛麒,王锡昌,刘源,等.电子鼻检测不同贮藏温度下猪肉新鲜度变化[J].食品科学,2010,31(6):172-176.

国食品添加剂,2009(1):65-69.

[18] 杨贤庆,宋莹,林婉玲.淡水鱼蛋白质冷冻变性的研究现状及前景[J].食品工业科技,2013,34(16):320-323.

[19] 刘欣,周爱梅,赵力超,等.海藻糖、乳酸钠对冻藏鳊鱼鱼糜蛋白抗冻效果的影响[J].食品与发酵工业,2007(8):60-64.

[20] Sompongse W, Itoh Y, Obatake A. Effect of cryoprotectants and a reducing reagent on the stability of actomyosin during ice storage [J]. Fisheries Science, 1996, 62(1): 73-79.

[21] 崔雁娜,戴志远,张志广,等.几种抗冻剂对养殖大黄花鱼蛋白质冷冻变性抑制作用的研究[J].食品工业科技,2009, (3):68-70, 187.

real-time PCR with Internal amplification control for simultaneous detection of *Salmonella* and *Cronobacter* in powdered infant formula [J]. Int J Food Microbiol, 2010, 144(1): 177-181.

[9] Ye Y, Wu Q, Zhang J, *et al.* Detection of Viable *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*) by One-Step RT-PCR in Dry Aquatic Product [J]. J Food Sci, 2012, 77(11): M616-M619.

[10] Alvarez J, Sota M, Vivanco AB, *et al.* Development of a multiplex PCR technique for detection and epidemiological typing of *Salmonella* in human clinical samples [J]. J Clin Microbiol, 2004, 42(4): 1734-1738.

[11] 董晓晖,吴清平,莫树平,等.克罗诺杆菌检测方法研究进展[J].华中农业大学学报,2013,31(1):130-136.

[12] 黎敏英,邓树轩,叶朗光,等.沙门氏菌检测方法研究进展[J].畜牧与饲料科学,2009,30(3):138-139.

[13] 宋艳,李建林,郑铁松,等.食源性致病菌 PCR 检测中常用的靶基因及其参考引物[J].食品工业科技,2011,32(1):371-376.