

复合生物保鲜剂结合气调包装对海湾扇贝柱 冷藏保鲜效果的研究

齐凤生¹, 刘红英¹, 王颀²

(1. 河北农业大学海洋学院, 河北秦皇岛 066000) (2. 河北农业大学食品科技学院, 河北保定 071000)

摘要: 本文以海湾扇贝柱为对象, 采用复合生物保鲜剂及保鲜剂结合气调包装处理, 测定其在(0±1)℃冷藏过程中菌落总数、理化和感官等指标的变化, 评价复合生物保鲜剂结合气调包装的保鲜效果。结果表明: 各处理组的挥发性盐基氮、细菌总数、感官评分、pH、Ca²⁺-ATPase活性变化均与贮藏时间相关(P<0.05)。空气包装组海湾扇贝柱冷藏货架期为4d, 复合生物保鲜剂处理的货架期大约为9d; 生物保鲜剂结合气调包装能够显著延长冷藏扇贝货架期, 具有良好的抑菌保鲜作用, 高体积分数的CO₂抑菌效果较为明显, 但随CO₂浓度升高汁液流失严重; 生物保鲜剂结合80% CO₂+20% N₂气调包装组冷藏贮存10 d, 海湾扇贝柱的菌落总数为5.20 lg(cfu/g), TVB-N 值为0.12 mg/g, Ca²⁺-ATPase活性为0.0310 μmol Pi/(mg·h)。总体结果表明, 复合生物保鲜剂结合气调包装能有效延长冷藏海湾扇贝柱的货架期。

关键词: 海湾扇贝柱; 茶多酚; 羧甲基壳聚糖; 蜂胶; 气调包装; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2014)7-154-159

Effects of Compound Biological Preservative Combined with Modified Atmosphere Packaging on Fresh-keeping of *Argopectens irradians* in Cold Storage

QI Feng-sheng¹, LIU Hong-ying¹, WANG Jie²

(1. Ocean College of Hebei Agricultural University, Qinhuangdao 066000, China)

(2. College of Food Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

Abstract: This article attempts to evaluate the fresh-keeping effects on *Argopectens irradians*, which was treated with compound preservative combined with modified atmosphere packaging (MAP), and the changes of total bacteria count (TBC), physicochemical and sensory indexes during freezing (0±1)°C were measured. Results showed that total volatile base nitrogen (TVB-N), TBC, sensory evaluation, pH and Ca²⁺-ATPase activity were related to the processing period (p<0.05). The shelf-life of *Argopectens irradians* by air package was 4 d, while in biological fresh-keeping agents was 9 d. The combined preservative combined with modified atmosphere packaging remarkably extended its shelf period, and explored good fresh-keeping and antibacterial effects. High CO₂ MAP had better antimicrobial effect, but drip loss became more serious with increasing CO₂ concentration. After ten days of fresh-keeping with biological fresh-keeping agents combined with air-conditioned packing with 80% CO₂ and 20% N₂, total bacteria of *Argopectens irradians* turned out 5.20 lg(cfu/g) with TVB-N of 0.12 mg/g, and the activity of Ca²⁺-ATPase was 0.0310 μmol Pi/(mg·h). Thus, the combination of compound preservative and modified atmosphere packaging could effectively extend the shelf-life of *Argopectens irradians* during refrigerated storage.

Key words: *Argopectens irradians*; tea polyphenols; carboxy methyl chitosan; propolis; modified atmosphere packaging; preservation

海湾扇贝 (*Argopectens irradians*) 具有适应性强、生长快、养殖周期短、产量高等特点, 是我国北方海
收稿日期: 2014-1-30

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目 (201205031)

作者简介: 齐凤生 (1963-), 副教授, 从事水产品加工与贮藏方面教学与科研工作

通讯作者: 刘红英, 王颀

域广泛养殖的扇贝品种之一, 其肉味道鲜美, 营养丰富, 深受消费者的喜爱。但海湾扇贝死后由于其体内酶的作用和微生物的生长繁殖极易腐败变质, 造成重大经济损失, 其保鲜问题亟待解决。

随着人们食品安全意识的提高, 生物保鲜剂因其抑菌性强、安全性高, 在使用过程中不会改变食品原有的风味和品质, 开始越来越多地应用在水产品的保

鲜中。在生物保鲜剂中,壳聚糖具有安全无毒,易于生物降解、良好的生物相容性、成膜特性和较强的抗菌保鲜防腐能力,作为天然保鲜剂已应用于许多水产品的贮藏保鲜^[1-2],但壳聚糖只能溶于pH<6.5的酸性溶液中而限制了其应用,已有研究表明羧甲基壳聚糖的抗菌活性较壳聚糖强,能更好保持食品品质,因此,将其应用于食品保鲜已成为近年研究的热点。蜂胶是蜜蜂从植物幼芽及树干上采集的树脂,混入上颚腺的分泌物、蜂蜡等加工而成的一种具有芳香气味的不透明胶状固体,含有多种对人体有益的生物活性成分,并含有抑菌成分,具有高效、广谱的抑菌作用^[3],能有效阻止脂肪氧化和蛋白质酶解^[4]。茶多酚具有很强的抗氧化和清除自由基、抑制微生物生长、抑制肿瘤细胞生长等多种生理活性,对许多水产品的保鲜保质作用非常明显^[5]。但迄今为止没有任何一种保鲜剂能有效抑制和杀灭所有微生物,新型复合生物保鲜剂是当前保鲜剂研究的主要方向之一。

气调包装(Modified atmosphere packaging, MAP)是采用人工混合气体代替包装袋内的空气,改变食品贮藏环境,延长食品保鲜期的一种包装方法。CO₂是水产品MAP中起保鲜作用的主要气体,它对鱼类表面污染的细菌和真菌具有抑制性,能够抑制或影响腐败微生物的生长。研究表明,25%~100%体积分数的CO₂均可抑制水产品中的微生物^[6];作为一种新型的食品保鲜技术,在国内外已经被开发用于生鲜肉、水产品、凝乳、鲜奶酪、果蔬和即食食品^[7]。多数研究结果表明MAP与低温结合可以显著的延长水产品的货架期^[8-13]。

目前国内对海湾扇贝保鲜研究的还处于空白,本文研究了壳聚糖、茶多酚和蜂胶复合生物保鲜剂及其结合气调包装贮藏条件下海湾扇贝柱的微生物变化及相关质量指标的变化规律,旨在为海湾扇贝柱保鲜技术开发提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

试验材料:鲜活扇贝;包装材料,聚偏氯乙烯真空包装袋。

主要设备:H360气调包装机,苏州森瑞保鲜设备有限公司;组织捣碎机,江苏金坛市亿通电子有限公司;YLD-6000生化培养箱,江苏定坛市宏华仪器厂;pHS-3C酸度计,上海精密科学仪器有限公司;SW-CJ-2F无菌操作台,苏州安泰空气技术有限公司;YX-280D灭菌锅,合肥华泰医疗设备有限责任公司。

主要试剂:三氯乙酸、硼酸、碳酸钾、盐酸等药品均为分析纯;平板计数琼脂培养,北京陆桥技术有限公司;羧甲基壳聚糖,食品级,南京奥多福尼生物科技有限公司;茶多酚,纯度95%,杭州浙大茶叶科技有限公司;蜂胶,中国农科院蜜蜂研究所;Ca²⁺-ATPase测试盒,南京建成生物工程研究所。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺

新鲜扇贝→水洗→开壳取肉→去内脏及外套膜→清洗→沥干→复合生物保鲜剂浸泡5 min→沥干5 min→包装(每袋装200 g扇贝柱)→低温(0℃±1℃)贮藏→定期开封检验

1.2.2 包装分组

A组,根据前期正交保鲜试验结果,2.0%羧甲基壳聚糖+0.2%茶多酚+0.3%蜂胶;B组在A组基础上充入40%CO₂+60%N₂进行气调包装;C组在A组基础上充入60%CO₂+40%N₂进行气调包装;D组在A组基础上充入80%CO₂+20%N₂进行气调包装;K组为对照组,用无菌水代替保鲜剂进行普通包装。

1.3 测定方法

1.3.1 pH值的测定

参照GB/T 5009.45-2003酸度计法进行测定。

1.3.2 菌落总数的测定

按照GB/T 4789.2-2008《食品卫生微生物学检验:菌落总数测定》进行测定。

1.3.3 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定

参照国家标准GB/T5009.44-2003进行测定。

1.3.4 感官指标测定

参照SC/T 3111-2006《冻扇贝》。由6人组成感官评定小组,按扇贝的感官鉴定标准(如表2),对各个处理组的组织形态、体表色泽、弹性和气味4方面进行综合评分,总分值在20分(极新鲜)和4分(完全腐败)之间,12分以下表明样品已不可食用。

1.3.5 汁液流失率的测定

取出带包装袋的样品称质量(W₁),打开包装,立即将包装内和样品表面的汁液用滤纸吸干,包装和样品也一起称质量(W₂),包装单独称质量(W₃)。

$$\text{汁液流失率} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_3} \times 100\%$$

1.3.6 Ca²⁺-ATPase活性的测定

按测试盒的测试方法进行测定。

1.4 数据处理

采用Excel进行绘图,利用SPSS 17.0进行相关性分

析, 显著性水平设置为 $P < 0.05$ 为显著。

表 1 海湾扇贝柱感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation of *Argopecten irradians*

项目	5分	4分	3分	2分	1分
色泽	色泽正常, 肌肉富有光泽	色泽正常, 肌肉有光泽	色泽稍暗淡, 肌肉稍有光泽	色泽较暗淡, 肌肉无光泽	色泽暗淡, 肌肉无光泽
组织形态	肌肉组织致密完整, 纹理很清晰	肌肉组织完整, 纹理清晰	肌肉组织不紧密, 但不松散	肌肉组织不紧密, 局部松散	肌肉组织不紧密, 松散
弹性	坚实富有弹性, 手指压后凹陷立即消失	较有弹性, 手指压后凹陷消失较慢	稍有弹性, 手指压后凹陷消失很慢	无弹性, 手指压后凹陷不消失	弹性完全丧失, 指压后凹陷明显存在
气味	扇贝固有的气味, 无任何异味	扇贝固有的气味变淡	有轻微的异味	有异味, 出现轻微腐败味	有较明显腐败味, 出现恶臭味

2 结果与分析

2.1 海湾扇贝柱冷藏期间感官品质的变化

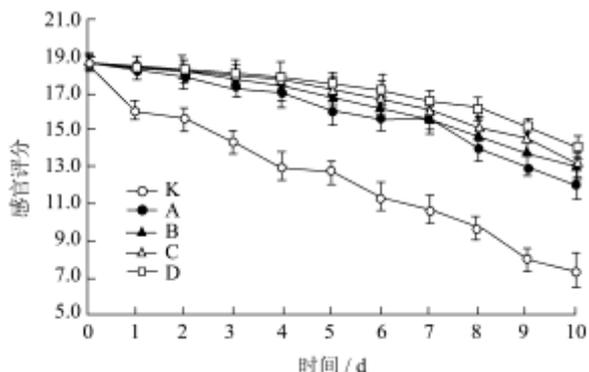


图 1 海湾扇贝柱 0 °C 冷藏过程中的感官品质变化

Fig.1 Changes of sensory evaluation score of *Argopectens irradians* during storage at 0 °C

海湾扇贝柱在贮藏过程中感官评定结果如图1, 由图可知, 整个过程中各实验组中海湾扇贝柱品质变化与贮藏时间显著相关 ($P < 0.05$), 随贮藏时间延长各实验组感官评分逐渐降低, 相对于其他实验组, 对照组的感官评分随贮藏时间下降最快 ($r = -0.992$), 在第5 d 已达到12.37, 已接近不可接受分值12分, 第6 d 为11.33分, 达到感官上不可接受地步。在0~4 d时, 复合保鲜剂处理组及其结合气调包装组评分差距并不明显, 可能是初期时各自的处理都一定程度上抑制了微生物的生长。随着贮藏期的延长, 包装袋内的各种微生物开始生长, 各实验组的感官评分也开始发生变化。图中显示: 无气调包装A组的感官评分下降比B组、C组、D组快, 表明复合保鲜剂处理结合气调包装海湾扇贝柱保鲜效果最好。其中D组评分下降最慢, 到第10 d时, 仍能达到14.18分。

2.2 海湾扇贝柱挥发性盐基氮 (TVB-N) 的变

化

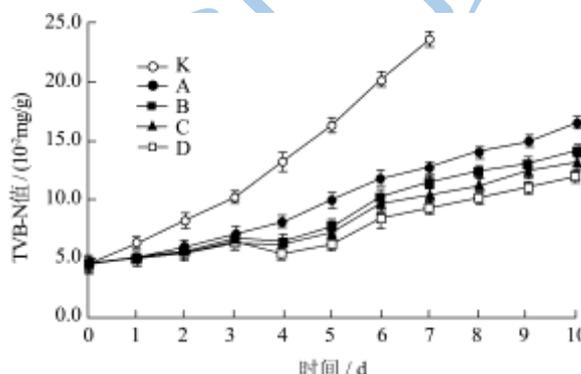


图 2 海湾扇贝柱 0 °C 冷藏过程中 TVB-N 的变化

Fig.2 Changes of total volatile basic nitrogen value of *Argopectens irradians* during storage at 0 °C

TVB-N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, 通常作为评价水产品鲜度的常用指标。海湾扇贝柱贮藏过程中TVB-N值的变化如图2所示, 各实验组TVB-N含量变化均与时间相关 ($P < 0.05$), 对照组TVB-N含量迅速上升, 第6 d时TVB-N含量为0.15 mg/g, 超过国标规定的0.15 mg/g。气调包装的B组、C组、D组TVB-N含量都有先上升后下降随即又上升的过程, 前期TVB-N上升可能是由于微生物在此阶段的生长分解产生胺类物质, 造成TVB-N值升高; 下降可能是由于气调包装抑制了微生物的代谢, 减少了TVB-N的生成, 并且气调包装中的 CO_2 溶于扇贝柱中形成酸性物质, 这些酸性物可能与代表TVB-N值的挥发性的氨和胺类碱性化合物发生反应, 同时这些碱性化合物也可能部分溶于物料流失的汁液中, 使检测到的TVB-N值下降; 后期继续上升可能是腐败微生物开始增加并产生胺类物质, 使得TVB-N含量随贮藏期延长而增加。经过复合保鲜剂处理组TVB-N含量低于对照组 ($P < 0.05$), 表明经复合保鲜剂处理后可以有效抑制产胺类微生物的生长, 降低

贮藏期内TVB-N含量。而经过复合保鲜剂处理结合气调包装的扇贝柱效果优于复合保鲜剂处理组,其中以D组包装的扇贝柱效果最好,到10 d时,该组TVB-N含量为0.12 mg/g,未超过国标规定0.15 mg/g。

2.3 海湾扇贝柱菌落总数 (TBC) 的变化

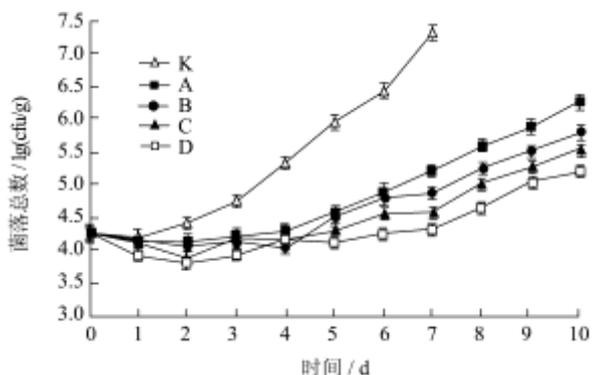


图3 海湾扇贝柱 0 °C 冷藏过程中菌落总数的变化

Fig.3 Changes of total bacterial count of *Argopectens irradians* during storage at 0 °C

细菌总数不仅可作为食品被微生物污染度指标,还可以预测食品的存放期。海湾扇贝柱在贮藏过程中细菌总数的变化如图3所示,新鲜扇贝柱的细菌总数初始值为 4.27 lg(CFU/g),各实验组菌落总数变化均与时间相关 ($P < 0.05$),对照组菌落总数随贮藏时间的延长持续增加 ($r = 0.963$),增长速度高于其他实验组,从第 2 d 开始,对照组菌落总数明显高于保鲜剂组 ($P < 0.05$),在第 5 d,对照组菌落总数为 5.97 lg(CFU/g),已接近 GB 18406.4 规定的鲜度上限。而保鲜剂组菌落总数有一个先上升后下降,其后继续上升的过程。单独采用复合保鲜剂处理组 A 效果优于对照组,到第 9 d 菌落总数为 5.87 lg(CFU/g);复合生物保鲜剂结合气调包装组与仅用生物保鲜剂组相比细菌总数上升较平缓,是因为除了复合生物保鲜剂的抑菌作用外,气调包装中的 CO_2 能抑制大多数细菌的生长;D 组相对于 B 组和 C 组表现出了最强的抑菌效果, D 组的强抑菌效果可能是由于 CO_2 含量高达 80%,高 CO_2 含量能够抑制大多数厌氧细菌、霉菌的生长。由此可见,以细菌总数作为评判标准,复合生物保鲜剂与气调包装协同作用,可明显延长新鲜海湾扇贝柱的货架期。

2.4 海湾扇贝柱 pH 值的变化

pH 值是判断水产品品质好坏的指标之一,海湾扇贝柱贮藏过程中 pH 值的变化如图4。各实验组 pH 变化均与时间显著相关 ($P < 0.05$),海湾扇贝柱初始 pH 值约为 6.59,接近于中性,随时间推移, pH 值都开始下降,

是由于海湾扇贝死亡后体内的糖原开始分解产生乳酸,使肌肉的 pH 值下降,对照组的 pH 值比复合保鲜剂组下降快速 ($P < 0.05$),可能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。而后其肌肉 pH 值又上升,这是由于扇贝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,复合经生物保鲜处理的海湾扇贝 pH 值在保藏后期上升趋势缓慢。与单独采用复合保鲜剂 A 组相比,复合保鲜剂结合气调包装的 B 组、C 组和 D 组扇贝柱的 pH 值有明显下降,可能由于气调包装中含有高浓度的 CO_2 ,一定程度上降低了 pH^[4],同时还可能因为 CO_2 抑制了扇贝中微生物的生长繁殖,从而减少了微生物利用底物产生的碱性物质含量。在贮藏后期 pH 值上升过程中,充入高 CO_2 的气体气调包装组 pH 值上升较缓慢 ($P < 0.05$),说明高体积分数 CO_2 能够有效抑制微生物分解蛋白质产生挥发性碱性气体,减缓 pH 值的下降。

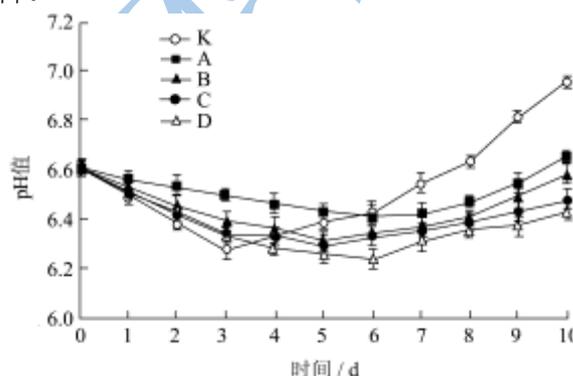


图4 海湾扇贝柱 0 °C 冷藏过程中 pH 的变化

Fig.4 Changes of pH of *Argopectens irradians* during storage at 0 °C

2.5 海湾扇贝柱汁液流失率的变化

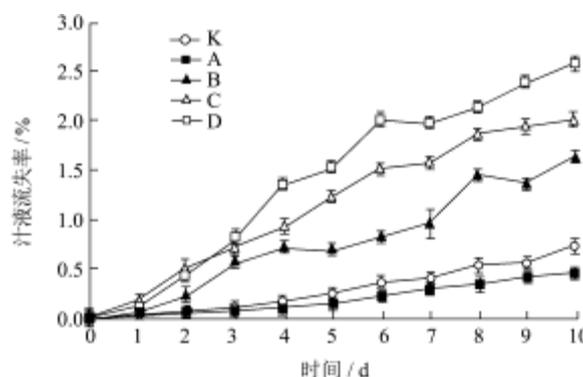


图5 海湾扇贝柱 0 °C 冷藏过程中 pH 的变化

Fig.5 Changes of drip loss of *Argopectens irradians* during storage at 0 °C

图5表示海湾扇贝柱贮藏过程中的汁液流失率变化情况,由图可以看出,空气包装组在贮藏期间汁液

流失不明显。而气调包装组汁液流失较为严重,且随CO₂体积分数的增加汁液流失加剧。在贮藏的第2 d含40% CO₂气调组与空气包装组差异不大,而60% CO₂组(C组)及80% CO₂组(D组)与其余两组(A组和K组)相比则显现出较为明显的汁液流失(P<0.05)。在贮藏过程中,高体积分CO₂促进了贝肉汁液的损失。这是因为CO₂气体能够减弱肉的持水能力^[15],因此在冷藏过程中,有大量的汁液从中渗出。CO₂浓度对样品液汁渗出率的影响显著,成正相关性,即CO₂浓度越高,液汁渗出率越大。

2.6 海湾扇贝柱Ca²⁺-ATPase活性的变化

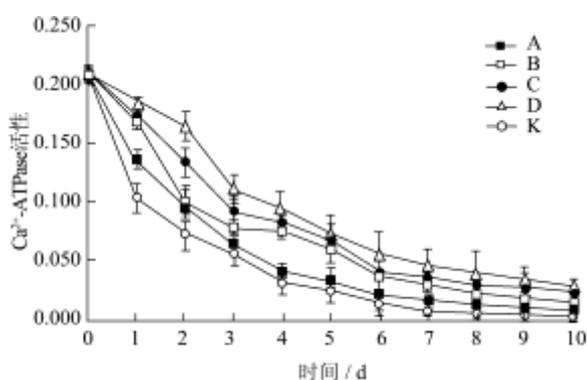


图6 海湾扇贝柱0 °C冷藏过程中Ca²⁺-ATPase的变化

Fig.6 Changes of Ca²⁺-ATPase activity of *Argopectens irradians* during storage at 0 °C

Ca²⁺-ATPase活性是反映肌球蛋白或肌动球蛋白中肌球蛋白部分结构完整性的重要指标,贮藏过程中肌球蛋白尤其是肌球蛋白头部的变性,会导致Ca²⁺-ATPase活性下降。海湾扇贝柱贮藏过程中Ca²⁺-ATPase活性变化如图6所示。从图可知,各实验组Ca²⁺-ATPase活性均与时间显著相关(P<0.05)。随着贮藏时间的延长,前期Ca²⁺-ATPase活性下降速度比较快,而5 d后下降速度趋于缓慢。对照组K保鲜贮藏到5 d后Ca²⁺-ATPase活性下降幅度为87.64%,10 d后仅为0.0028 μmol pi/(mg·h);而采用复合生物保鲜剂及其结合气调包装的样品Ca²⁺-ATPase活性虽然整体上也呈下降趋势,但下降幅度比对照组平缓,10 d时采用复合生物保鲜剂及其结合气调包装的A组、B组、C组和D组Ca²⁺-ATPase活性分别为0.0089、0.0144、0.0240和0.0310 μmol Pi/(mg·h),显著高于对照组(P<0.05)。可见采用复合生物保鲜剂及其结合气调包装处理能防止海湾扇贝柱Ca²⁺-ATPase活性下降,从而抑制其变性,其中复合生物保鲜剂与气调包装协同作用,能更好抑制Ca²⁺-ATPase活性下降,减缓蛋白质变性。

3 结论

3.1 在(0±1) °C冷藏条件下,2.0%羧甲基壳聚糖+0.2%茶多酚+0.3%蜂胶复合生物保鲜剂能够有效抑制冷藏过程中海湾扇贝柱细菌的增长繁殖,延缓挥发性盐基氮、pH值的上升,减缓蛋白质变性,有效保持其感官品质。

3.2 生物保鲜剂处理结合气调包装协同作用对冷藏海湾扇贝柱保鲜效果优于单独采用保鲜剂处理。

3.3 在本试验条件下,综合各项评判指标,对照组货架期约为4 d,经过复合生物保鲜剂涂膜处理的海湾扇贝柱货架期大约为10 d;生物保鲜剂结合气调包装能够显著延长冷藏扇贝柱货架期,但结合气调包装扇贝柱汁液流失比较严重,尤其是含80% CO₂组。本试验条件下,各实验组的保鲜效果好坏依次为:80% CO₂+20% N₂+保鲜剂>60% CO₂+40% N₂+保鲜剂>40% CO₂+60% N₂+保鲜剂>保鲜剂>空气包装。复合生物保鲜剂结合气调包装保鲜技术可以延长海湾扇贝柱的货架期,但本试验未对更多的气调包装气体比例做研究,仍需进一步研究。

参考文献

- [1] No HK, Meyers SP, Prinyawiwatkul W, et al. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review [J]. Journal of Food Science, 2007, 72 (5): 87-100
- [2] 王发祥,王满生,刘永乐,等.改良壳聚糖涂膜技术对草鱼肉抑菌保鲜效果的研究[J].现代食品科技,2013,29(8): 1816- 1819
WANG Fa-xiang, WANG Man-sheng, LIU Yong-le, et al. An improved chitosan coating method for bacteriostasis and preservation of grass carp during refrigerated storage [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(8): 1816-1819
- [3] 卢兆芸.蜂胶保鲜机理及其在食品保鲜中的应用[J].食品工业科技,2008,29(9):305-308
LU Zhao-yun. Reservation mechanisms of propolis and its application on food preservation [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(9): 305-308
- [4] Moreno M I, Isla MI, Sampietro A R, et al. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2000, 71(1~2): 109-114
- [5] 范文教,孙俊秀,陈云川,等.茶多酚对鲢鱼微冻冷藏保鲜的影响[J].农业工程学报,2009,25(2):294-297
FAN Wen-jiao, SUN Jun-xiu, CHEN Yun-chuan, et al. Effects of tea polyphenols on freshness-keeping of partial-frozen silver carp in cold storage [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(2): 294-297

- [6] Parry R T. Principles and applications of modified atmosphere packaging of food [M]. New York, USA: Blackie Academic And Professional, 1993
- [7] Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs [J]. LWT-Food Science and Technol., 2010, 43(3): 381-392
- [8] Lyhs U, Lahtinen J, Schelvis-Smit R. Microbiological quality of maatjes herring stored in air and under modified atmosphere at 4 and 10 °C [J]. Food Microbiol, 2007, 24: 508-516
- [9] Fernández K, Aspe E, Roeckel M. Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging [J]. Food Control, 2009, 20: 1036-1042
- [10] Goulas A E, Kontominas M G. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes [J]. Food Chemistry, 2007, 100 (1): 287-296
- [11] 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 Jin-jie, QUE Ting-ting, CAO Yu-min, 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
- [12] 张超, 励建荣, 李学鹏, 等. 臭氧杀菌结合气调包装对缢蛏的保鲜效果[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 954-960
ZHANG Chao, LI Jian-rong, LI Xue-peng, et al. Combined effects of ozone sterilization and modified atmosphere packaging on the qualities of *Sinonovacula constricta* Lamark [J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(6): 954-960
- [13] 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 Jing, YANG Sheng-ping. Effects of biopreservative combined with modified atmosphere packaging on shelf-life of *trichiurus haumela* [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(1): 376-382
- [14] Sivertsvik M, Rosnes J T, Jeksrud W K. Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non-respiring foods. Part 2: Raw fish fillets [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 63(4): 451-458
- [15] Rosnes J T, Kleiberg G H, Sivertsvik M, et al. Effect of modified atmosphere packaging and super chilled storage on the shelf-life of farmed ready-to-cook Spotted Wolf-fish (*Anarhichas minor*) [J]. Packaging Technology and Science, 2006, 19: 325-331