

海带内生菌 DNN6 蛋白 对小黄鱼保鲜作用的研究

赵宇, 张付云*, 于清铭, 李振, 王维才, 徐卫杰
(大连海洋大学食品科学与工程学院, 辽宁大连 116023)

摘要:为了探究海带内生菌 DNN6 蛋白对水产品保鲜的效果, 本文利用 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的该蛋白对小黄鱼冷藏保鲜效果进行研究, 以感官评分、细菌总数(TVC)、pH、挥发性盐基氮(TVB-N)和硫代巴比妥酸(TBA)等为鲜度指标来测定小黄鱼在冷藏过程中各种品质的变化。结果表明, 在 4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏条件下, 当海带内生菌 DNN6 蛋白浓度为 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时, 具有良好的抑菌效果, 明显抑制细菌的生长繁殖, 延缓挥发性盐基氮和 TBA 值的上升, 延缓了小黄鱼的腐败。因此, 海带内生菌 DNN6 蛋白在水产品保鲜领域具有一定应用前景。

关键词:海带内生菌, DNN6 蛋白, 小黄鱼, 抑菌活性, 保鲜

Study on the effect of the protein from Kelp endophytes DNN6 on preservation of *Pseudosciaena polyactis*

ZHAO Yu, ZHANG Fu-yun*, YU Qing-ming, LI Zhen, WANG Wei-cai, XU Wei-jie

(College of Food Science and Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Abstract: To research the preservation effects of protein from Kelp endophytes DNN6 on aquatic products, the *Pseudosciaena polyactis* was treated with 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ of protein DNN6 respectively. The sensory score, total bacteria count, total volatile base nitrogen(TVB-N), pH value and the 2-thiobarbituric acid(TBA) were used to evaluate the fish quality during cold storage. Results showed that 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ protein could inhibit the increase of total bacteria count, TVB-N and TBA. The protein DNN6 can delay the corruption of *Pseudosciaena polyactis*, and have a good prospect in preservation of aquatic products.

Key words: Kelp of endophyte; protein DNN6; *Pseudosciaena polyactis*; antimicrobial activity; preservation

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)17-0321-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2014.17.063

小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*) 俗名小鲜, 脊椎动物, 鱼纲, 石首鱼科。主要分布在我国渤海、黄海和东海, 在中国传统海洋渔业上占有重要地位, 一度与大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea Richardson*)、墨鱼 (*Sepiella maindronide*)、带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 并称“四大海产”。上世纪 70 年代之后, 小黄鱼产量由于过度捕捞和环境恶化等因素而逐年减少; 80 年代实施的伏季休渔制度, 使小黄鱼资源量显著回升^[1]; 到 2008 年全世界小黄鱼的总产量已超过 38 万吨^[2]。小黄鱼具有丰富的营养和较高的药用价值, 深受国人的喜爱, 如何保持小黄鱼的鲜度和品质, 显得尤为重要。

生物保鲜剂是指从微生物和动、植物体中提取

的或利用生物工程技术改造获得的, 具有无毒、安全, 能抑制和杀灭腐败菌、霉菌等功效, 能延长食品货架期的物质^[3]。其特点是具有抑菌作用, 使保鲜效果更加明显, 从而延长其保鲜时间^[4], 如蓝藜青等^[5]研究表明茶多酚具有很强的保鲜效果, Jeon 等^[6]从雪蟹废弃物中提取的壳聚糖能较好地维持大西洋鲑鱼片和鲱鱼的鲜度, 但目前仍未有可广泛应用的生物保鲜剂, 因此, 开发新型保鲜剂对保持水产品品质具有深远意义。而植物内生菌能够独立产生丰富的代谢产物, 是天然产物的重要来源。本实验室前期研究发现海带内生菌 DNN6 产生的粗蛋白具有抑菌活性^[7], 因而进一步探讨该蛋白对小黄鱼的保鲜效果, 为该蛋白的抑菌保鲜应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

加冰贮藏出售的小黄鱼 (Little yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis*) 大商新玛特购物超市, 体长 16~20cm, 重量 160~190g; 海带内生菌 DNN6 由本实验室分离保存; 硫酸铵, 饱和碳酸钾, 硼酸, 三氯乙酸, 硫代巴比妥酸(TBA), 盐酸标准溶液, 甲基红, 甲

收稿日期: 2014-01-13 * 通讯联系人

作者简介: 赵宇 (1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 海洋微生物资源综合利用。

基金项目: 辽大连市科学技术基金 (2010J21DW017); 大连海洋大学 2012 年校列科研项目 (2012HYDX15); 大学生创新创业训练项目 (201310158204)。

表1 感官评分表

Table 1 Index of organoleptic assessment for *Pseudosciaena polyactis*

指标	0分	1分	2分	3分	
体表	背部颜色	色泽明亮高度清晰	明亮较清晰	微暗低度清晰	暗淡
	腹部颜色	发光金黄色	发亮黄色	浅黄色	乳白色
	气味	清新、海藻味	较清新、海藻味变淡	海藻味消失、有腥臭味	强烈的臭味或氨味
眼睛	外形	明显凸起	无凸起、水平	轻微凹陷	明显下陷
	瞳孔	黑色	黑灰色	灰色	
	形态	致密完整、纹理清晰	紧密、纹理较清晰	不紧密、局部松散	松弛、纹理松散
肌肉组织	弹性	坚实富有弹性、手按之即弹	富有弹性、手按后恢复较慢	稍有弹性、手压后有凹陷	无弹性、手压后凹陷很深
	鳃	颜色	暗红色	粉红色	褐色、发白
	粘液	透明	轻微不透明	不透明且多	凝结

基蓝等试剂 均为分析纯,购自安泰生物工程股份有限公司;牛肉膏蛋白胨培养基 购自北京奥博星生物技术有限公司。

S.HS~1300 净化工作台 上海跃进医疗器械厂; YX280B 手提式不锈钢蒸汽消毒器 上海三申医疗器械有限公司;721S 分光光度仪 上海分析仪器总厂;PHS-3C 精密型 pH 计 上海安亭昌吉路雷磁仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 DNN6 具抑菌活性蛋白的制备 将 DNN6 菌株于牛肉膏蛋白胨液体培养基中,在 25℃ 振荡培养 6d。取发酵菌液,离心,收集发酵上清液。取上清液,加入硫酸铵至 90% 饱和度,4℃ 沉淀,过滤,收集沉淀,4℃ 透析,冷冻干燥,得 DNN6 蛋白。

1.2.2 样品预处理 配制浓度为 250μg/mL 和 500μg/mL 的蛋白溶液,将蛋白溶液喷洒于小黄鱼鱼体表面(空白对照不喷涂蛋白溶液),分别装袋于 4℃ 冷藏。分别在第 0、2、4、6、8d 取样进行细菌总数、pH、TBA、TVB-N 和感官评价的测定。

1.2.3 细菌总数 按 GB 4789.2-2010 操作^[8]。

1.2.4 pH 测定 参考 Arashisar^[9] 和马妍等^[10] 的方法,称取 5g 鱼肉样品于烧瓶中,加入煮沸冷却的蒸馏水 50mL,搅拌均匀后用 pH 计测其上清液 pH。

1.2.5 2-硫代巴比妥酸值(TBA)测定 参考 SIU GM^[11] 和张旭光等^[12] 方法测定 TBA,称取 10g 研磨后的鱼肉于烧杯中,加入 25mL 蒸馏水,充分均质后,再加入 5% 三氯乙酸(TCA) 25mL,搅拌均匀,静置 30min,过滤,再用 5% 三氯乙酸将滤液定容至 50mL。取 5mL 上清液,然后加入 5mL TBA 溶液(0.02mol/L)。将上述混合液在 80℃ 左右的恒温水浴加热 40min,冷却至室温后,在 532nm 测定吸光度。TBA 值用丙二酸的质量分数表示,单位为 mg/kg。

1.2.6 挥发性盐基氮(TVB-N)测定 根据仲济健和卢立新^[13] 的方法采用微量扩散法测定。结果按如下

公式计算: $X = \frac{(V_1 - V_2) \times C \times 14}{m \times \frac{1}{100}} \times 100$, 式中 X: 样品

中挥发性盐基氮的含量; V_1 : 测定样液消耗盐酸标准溶液体积; V_2 : 试剂空白消耗盐酸标准溶液体积; C: 盐酸标准溶液的摩尔浓度; m: 样品质量。

1.2.7 感官评定 感官评定由 6 名专业人员组成的感官评定小组进行,参考 Esteves^[14] 和蓝蔚青等^[5] 的缺点评分方法,从体表、眼睛、肌肉组织和鳃等方面来评定小黄鱼的感官指标,如表 1。

1.3 数据统计分析

采用 mintab16.0 软件对数据进行方差分析。当 $p < 0.05$ 时,表示差异显著,当 $p > 0.05$ 时,表示差异不显著。所有实验重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 细菌总数

微生物是大多数水产品腐败的主要因素,细菌的菌落总数(TVC)作为水产品被微生物污染程度的重要指标,可以有效地判定水产品的鲜度^[15]。许多国家根据细菌菌落总数制定了水产品新鲜度标准,其中我国农牧渔业部部标准规定一级品细菌总数不超过 4lgcfu/g,二级品细菌总数不超过 5lgcfu/g。如图 1 所示,随着贮藏时间的增加,各组小黄鱼的细菌总数均有增加,但 500μg/mL 蛋白处理的小黄鱼 TVC 增加的幅度最缓慢,第 4d 时对照组的细菌菌落总数已超过一级品的细菌总数达到 4.56lgcfu/g,而 500μg/mL 处理的小黄鱼仍处于一级品状态,但 250μg/mL 处理组的 TVC 达到 4.32lgcfu/g 要高于 500μg/mL 处理组,由表 2 可知两组 TVC 值差异显著($p < 0.05$);第 6d 时对照组 TVC 值已超过二级品 5lgcfu/g,超过了鱼肉的可食用上限,500μg/mL 处理组处于二级品状态,如表 2,与对照组相比具有显著差异($p < 0.05$);从第 6d 到第 8d 时,250μg/mL 和 500μg/mL 处理组 TVC 迅速增加,超过了 5lgcfu/g,表 2 显示这两组 TVC 值差异却不显著($p > 0.05$),而 500μg/mL 组相对增长缓慢。这些结果均表明海带内生菌 DNN6 蛋白具有一定抑制小黄鱼中细菌繁殖的作用。

2.2 pH

鱼肉在贮藏期有各种变化,其中主要特征是 pH 变化。鱼类死后,在机体各种酶和外界微生物共同作用下,会出现僵硬、自溶和腐败变质等变化。在僵硬时,鱼体内糖原开始酵解产生大量乳酸,ATP 酶活性增强,使肌肉 pH 下降;而当鱼体肌肉中的 ATP 分解完后,鱼体开始软化,就会进入自溶和腐败阶段,

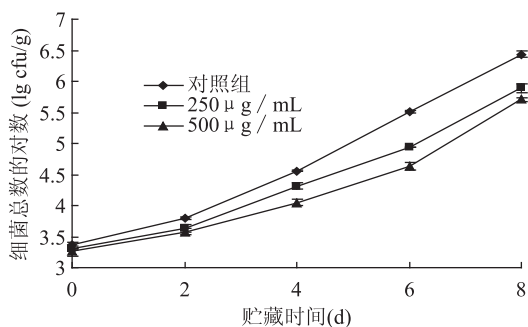


图1 小黄鱼在4°C贮藏过程中菌落总数的变化

Fig.1 Changes of total viable counts(TVC) in fish samples during storage at 4°C

蛋白质和其他含氮物质就会被分解为氨基酸、氨、三甲胺、吲哚等碱性物质,使鱼体 pH 回升^[16], pH 越大,说明该鱼体的腐败程度相对越高。因此鱼体死亡后 pH 呈先下降后上升的趋势,这种趋势与其品质变化相关^[17]。如图2所示,从第0d到第2d各组 pH 均下降,用海带内生菌 DNN6 蛋白处理组下降得较快,从表2可以看出对照组与处理组相比差异显著 ($p < 0.05$),而 250 μg/mL 和 500 μg/mL 处理组差异不显著 ($p > 0.05$);从第2d后开始各组 pH 均上升,用海带内生菌 DNN6 蛋白处理组上升得较慢,且 500 μg/mL 处理组的 pH 一直低于 250 μg/mL 处理组,间接地说明浓度为 500 μg/mL 组抑菌效果更好。

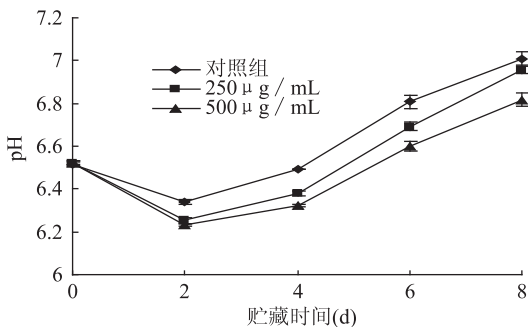


图2 小黄鱼在4°C贮藏过程中 pH 的变化

Fig.2 Changes of pH in fish samples during cold storage at 4°C

2.3 TBA

TBA 广泛用于肉类制品及水产品的脂肪氧化酸败程度的测定,是分析肉类制品中脂肪氧化酸败程度的良好指标,是评价水产品脂质氧化的简便有效方法^[18]。如图3所示,随着小黄鱼贮藏时间的延长,TBA 值逐渐增大,并且对照组增大幅度明显高于其它组;但是各组在几天的增长幅度没有一定的规律性;250 μg/mL 处理组的 TBA 增大且明显高于 500 μg/mL 组。结果说明 500 μg/mL 蛋白不仅具有抑菌活性,可能还有一定的抗氧化活性,能够减缓小黄鱼脂肪的氧化酸败。

2.4 TVB-N

动物性食品由于自身各种微生物和酶的作用,在腐败时能够产生氨、胺及胺类等碱性含氮物质,统称为挥发性盐基氮^[19](TVB-N)。这些物质具有挥发性,是国际上普遍采用的腐败程度指标。我国农

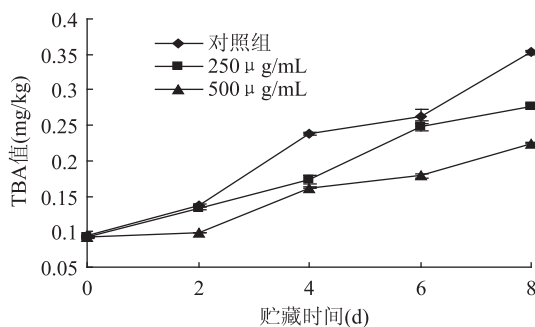


图3 小黄鱼在4°C贮藏过程中 TBA 值的变化

Fig.3 Changes of thiobarbituric acid(TBA) in fish samples during storage at 4°C

牧渔业部标准规定一级品的挥发性盐基氮值不超过 13mg/100g,二级品的挥发性盐基氮值不超过 30mg/100g,其中海水鱼的 TVB-N 值一般在 5~20mg/100g,可接受界限是 30~35mg/100g。如图4所示,TVB-N 含量随着贮藏时间的延长而上升,经海带内生菌 DNN6 蛋白处理过的小黄鱼 TVB-N 含量增长趋势均缓于对照组,其中 500 μg/mL 处理组在 0~6d 时相对于 250 μg/mL 组上升幅度更加缓慢。在第0d时 500 μg/mL 处理组 TVB-N 初始值为 11.10mg/100g,对照组为 11.52mg/100g,由表2知两组之间不具有显著差异 ($p > 0.05$)。到第6d时,500 μg/mL 处理组和 250 μg/mL 处理组的 TVB-N 含量分别为 22.00mg/100g 和 26.75mg/100g,仍处于二级鲜度,如表2两组之间具有显著差异 ($p < 0.05$);而对照组已超过 30mg/100g,可能是由于海带内生菌 DNN6 蛋白具有抑菌活性,从而使微生物产生的各种含氮物质质量相应减少,从表2可以看出浓度为 500 μg/mL 处理组与对照组差异显著 ($p < 0.05$),500 μg/mL 处理组保鲜效果更好。

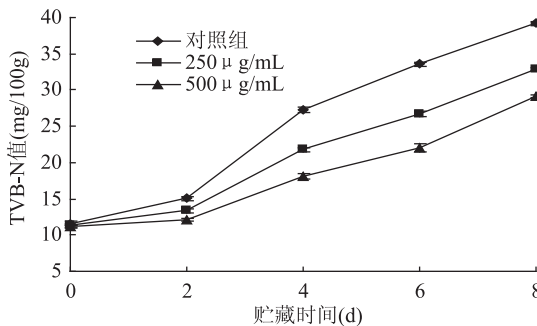


图4 小黄鱼在4°C贮藏过程中 TVB-N 值的变化

Fig.4 Changes of TVB-N in fish samples during storage at 4°C

2.5 感官分析

感官评分是评估鱼的质量的重要方法。图5显示了从0~8d之间,经过海带内生菌 DNN6 蛋白处理和对照组小黄鱼鲜度的缺点评分变化。从图中可以看出,在4°C下贮藏的小黄鱼随时间延长,缺点评分逐渐上升,经海带内生菌蛋白处理组的评分比对照组上升得慢;从第0d到第4d,处理组小黄鱼评分上升的幅度较缓慢,且 500 μg/mL 处理组比 250 μg/mL 处理组分数更低,第4d对照组的体表颜色已经不再

表2 数据统计分析表

Table 2 Data statistical analysis table

指标	处理	第0天	第2天	第4天	第6天	第8天
TVC	对照组	3.34 ± 0.05a	3.80 ± 0.02a	4.56 ± 0.01a	5.51 ± 0.02a	6.44 ± 0.05a
	250 μg/mL	3.30 ± 0.01a	3.64 ± 0.64ab	4.32 ± 0.05b	4.93 ± 0.00b	5.89 ± 0.07b
	500 μg/mL	3.27 ± 0.08a	3.58 ± 0.49b	4.05 ± 0.06c	4.64 ± 0.06c	5.71 ± 0.04b
pH	对照组	6.54 ± 0.02a	6.34 ± 0.01a	6.49 ± 0.00a	6.81 ± 0.03a	7.01 ± 0.03a
	250 μg/mL	6.52 ± 0.01a	6.25 ± 0.02b	6.38 ± 0.01b	6.69 ± 0.02b	6.96 ± 0.02a
	500 μg/mL	6.50 ± 0.02a	6.23 ± 0.01b	6.32 ± 0.01c	6.60 ± 0.02c	6.82 ± 0.03b
TBA	对照组	0.09 ± 0.02a	0.14 ± 0.02a	0.24 ± 0.03a	0.26 ± 0.01a	0.35 ± 0.03a
	250 μg/mL	0.09 ± 0.01a	0.13 ± 0.02a	0.17 ± 0.02b	0.25 ± 0.07a	0.28 ± 0.03b
	500 μg/mL	0.09 ± 0.02a	0.10 ± 0.01b	0.16 ± 0.01b	0.18 ± 0.03b	0.23 ± 0.00c
TVB-N	对照组	11.52 ± 0.42a	15.10 ± 0.28a	27.30 ± 0.42a	33.60 ± 0.28a	39.20 ± 0.28a
	250 μg/mL	11.23 ± 0.07a	13.40 ± 0.28b	22.20 ± 0.28b	26.75 ± 0.35b	32.85 ± 0.21b
	500 μg/mL	11.10 ± 0.14a	12.15 ± 0.21c	18.05 ± 0.35c	22.00 ± 0.57c	29.15 ± 0.21c
感官评分	对照组	1.33 ± 0.82a	4.17 ± 0.75a	9.33 ± 0.52a	15.50 ± 1.05a	22.83 ± 1.17a
	250 μg/mL	0.67 ± 0.81a	3.00 ± 0.89b	7.00 ± 0.63b	13.83 ± 0.75b	19.50 ± 1.05b
	500 μg/mL	0.33 ± 0.52a	2.33 ± 0.52b	4.83 ± 0.41c	10.50 ± 1.05c	16.67 ± 1.21c

注:各组数据表示为平均值 ± 标准差,不共享字母的表示具有显著差异($p < 0.05$)。

明亮且黄色也变淡,清晰度下降,海藻味消失并略有腥臭味,眼睛几乎水平或稍有凹陷,瞳孔发灰,肌肉也开始松散,弹性下降,鳃颜色变浅等,而 500 μg/mL 和 250 μg/mL 处理组并没有对照组腐败得那么严重,500 μg/mL 处理组评分为 4.83 分,250 μg/mL 处理组评分为 7.00 分,如表 2 对照组与处理组相比具有显著差异($p < 0.05$);第 8d 时,对照组小黄鱼体表已暗淡无光泽,具有强烈的腥臭味,眼睛也凹陷,肌肉松散,手按压后凹陷很深,鳃内粘液有凝结,评分达 22.83 分,而 250 μg/mL 处理组评分为 19.50 分,500 μg/mL 处理组评分为 16.67 分,由表 2 可知两处理组之间差异显著($p < 0.05$)。感官变化也说明 500 μg/mL 组的腐败程度相对较低,具有一定保鲜作用。

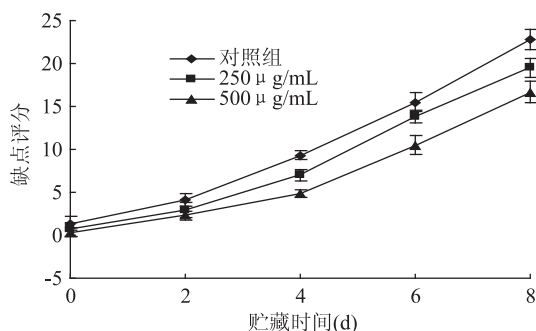


图5 小黄鱼在4℃贮藏过程中的感官评分

Fig.5 Organoleptic scores of fish samples during cold storage at 4°C

3 结论

在4℃冷藏条件下,经海带内生菌蛋白处理过的小黄鱼感官缺点评分上升较慢,细菌总数(TVC),TVB-N值,TBA值和pH都低于对照组。500 μg/mL处理组对小黄鱼的保鲜效果相对更好,可以有效抑制腐败细菌增长、减缓挥发性盐基氮的上升和鱼肉

脂肪氧化。目前的化学保鲜剂主要有山梨酸及其盐、苯甲酸及其盐、抗坏血酸及其盐类等,然而,这些物质虽有一定的保鲜效果,但毒副作用较大,对于食品安全具有潜在威胁^[20]。基于生物保鲜物质源于生物自身成分或代谢产物,对人体副作用较小,比较安全,较易降解,污染性小,已成为人们关注和研究的焦点。其中,微生物保鲜剂是指从微生物本身提取的天然的或利用生物技术改造的、安全的保鲜剂,以微生物的代谢产物等作为基本原料生产出的保鲜剂,或者经过进一步的提取、发酵等工艺而生产出的保鲜剂。目前,用于食品工业中的微生物源保鲜剂主要有纳他霉素(Natamycin)和乳酸链球菌素(Nisin)等^[21],但是价格昂贵影响了它们的应用,因此,对海带内生菌DNN6蛋白作为新型保鲜剂的探讨具有一定意义。

参考文献

- [1]郭旭鹏,金显仕,戴芳群.渤海小黄鱼生长特征的变化[J].中国水产科学,2006,13(2):243-249.
- [2]FAO.FIGIS-Web Site.Fisheries global information system (FIGIS)[R].FAO Fisheries and Aquaculture Department,Rome,2010.(2010-07-13)[2010-08-11].
- [3]马妍,谢晶,周然.海水鱼类保鲜技术的研究进展[J].山西农业科学,2011,39(6):624-628.
- [4]刘淑集,吴成业,刘智禹.水产品生物保鲜技术的应用及展望[J].天津农业科学,2012,18(5):46-50.
- [5]蓝蔚青,谢晶,赵海鹏,等.茶多酚对冷藏带鱼保鲜效果的比较研究[J].湖北农业科学,2010,49(1):159-162.
- [6]Jeon Y J,Kamil J Y,Shahidi F.Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and atlantic cod[J].Journal Agricultural Food Chemistry,2002,50(18):5167-5178.
- [7]张瑛.海带共附微生物的分离及活性研究[D].大连:大连海洋大学,2011.

(下转第328页)

度 85%~95% 条件下马铃薯的生理指标,结果表明,适当的 CO₂ 浓度(1.00%)能有效减缓马铃薯块茎淀粉的降解,抑制总酚含量的下降,保持贮藏期间较低的还原糖水平和较高的 POD 活性,抑制 PPO 酶活性,延长块茎的休眠及衰老,保持马铃薯加工品质。但 CO₂ 浓度过高(1.5% CO₂、2.0%),不利于块茎淀粉积累,使还原糖含量的增加,总酚含量降低,PPO 活性升高,在贮藏 120d 时部分块茎开始发芽。CO₂ 浓度为 1% 可延长块茎的休眠,利于马铃薯的贮藏,通过控制 CO₂ 浓度可以延长马铃薯的保鲜期,CO₂ 对马铃薯生理品质影响的机理有待进一步研究探讨。

参考文献

- [1] 雨华.世界甘薯加工利用新趋势[J].食品研究与开发,2003,24(5):5-6.
- [2] 马代夫.世界甘薯生产现状和发展预测[J].世界农业,2001(1):17-19.
- [3] 宋伯符,王胜武,谢开云,等.我国甘薯产业现状及发展趋势[J].中国农业科学,1997,30(6):43-48.
- [4] 王庭茂,李明明.我国马铃薯生产装备现状及发展趋势-我国马铃薯生产机械化专家杨德秋访谈录[J].农业机械,2011(10):56-62.
- [5] Pringle B, Bishop C, Clayton R. Potatoes Postharvest[M]. Wallingford: CABI, 2009: 69.
- [6] Mark S, Elmer E E. Temperature, cyanide and oxygen effects on the respiration, chip color, sugars and organic acids of stored potato tubers[J]. American Potato Journal, 1982, 59: 165-178.
- [7] Coleman W K, McNerney J. Enhanced dormancy release and emergence from potato tubers after exposure to a controlled atmosphere[J]. American Potato Journal, 1997, 74: 173-182.
- [8] 孟卫芹,王庆国.高二氧化碳处理对马铃薯绿变和龙葵素含量的影响[J].农学学报,2012,2(8):13-16.
- [9] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:79-81,59-62,101-103,103-105.
- [10] Lavanya R, Anna L, Hale J *et al.* Determination of phenolic content, composition and their contribution to antioxidant activity in specialty potato selections[J]. Amer J of Potato Res, 2007, 84: 275-282.
- [11] 成善汉,苏振洪,谢从华.淀粉-糖代谢酶活性变化对马铃薯块茎还原糖积累及加工品质的影响[J].中国农业科学,2004,37(2):1904-1910.
- [12] Harkett P J. The effect of oxygen concentration on the sugar content of potato tubers stored at low temperature [J]. Potato Research, 1971, 14: 305-311.
- [13] Reust W, Schwarz A, Aerny J. Essai de conservation des pommes de terre en atmosphere controlée [J]. Potato Research, 1984, 27: 75-87.
- [14] Mazza G, Siemens A J. Carbon dioxide concentration in commercial potato storages and its effect on quality of tubers for processing[J]. American Potato Journal, 1990, 67: 121-132.
- [15] Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance [J]. trends in Plant Science, 2002, 7(9): 405-410.
- [16] 刘喜平,陈彦云.外源钾对马铃薯块茎贮藏期间酶活性的影响[J].安徽农业科学,2011,39(28):17548-17550.
- [17] Voss R E. Potato [M]. University of California: Vegetable Crops Department, 2000.
- [18] Gökmen V, Akbudak B, Serpen A, *et al.* Effects of controlled atmosphere storage and low-dose irradiation on potato tuber components affecting acrylamide and color formations upon frying [J]. Eur Food Res Technol, 2007, 224: 681-687.
- [8] GB 4789.2-2010, 菌落总数测定食品安全国家标准[S].
- [9] Arashisar S, Hisar O, Kayb M, *et al.* Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets [J]. Food Microbiology, 2004(97): 209-214.
- [10] 马妍,谢晶,周然,等.冷藏温度对河豚鱼微生物及品质特性的影响[J].食品科学,2012,33(6):288-292.
- [11] SIU G M, DRAPER H. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish [J]. Journal of Food Science, 1978, 43(4): 1147-1149.
- [12] 张旭光,李婷婷,朱军莉,等.茶多酚处理对冷藏养殖大黄鱼品质的影响[J].茶叶科学,2011,31(2):105-111.
- [13] 仲济健,卢立新.真空包装淡腌白鱼的辐照保藏研究[J].食品工业科技,2012,33(13):336-338.
- [14] Esteves E, Anibal J. A sensory analysis-based method of determining fish quality [J]. Food Convention, 2006(11): 1-7.
- [15] 励建荣,李婷婷,李学鹏.水产品鲜度品质评价方法研究进展[J].北京工商大学学报:自然科学版,2010,128(16): 1-8.
- [16] 汪之和.水产品加工与利用[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [17] 兀征,王登临,董瑞鹏,等.LAL 实验快速检测肉品细菌污染程度及鲜度的研究[J].中国预防兽医学报,2002,24(4):308.
- [18] Jo C, Ahn D U. Volatiles and oxidatives changes in irradiated pork sausage with different fatty acid composition and tocopherol content [J]. Journal of Food Science, 2000, 65(2): 270-275.
- [19] Ruiz-Capillas C, Moral A. Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius merluccius*, L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index [J]. European Food Research and Technology, 2001, 212: 302-307.
- [20] 高华,刘坤,朱明.新型鱼类保鲜剂保鲜效果研究[J].青岛大学学报,2000,15(4):11-14.
- [21] 张旭光.茶多酚结合壳聚糖处理对冷藏养殖大黄鱼保鲜效果研究[D].杭州:浙江工商大学,2011.

(上接第 324 页)