

月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐复配保鲜剂对青椒保鲜效果的影响

李 阳¹, 邓伶俐², 徐晓卉³, 冯凤琴^{1,*}

(1. 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州 310058;

2. 湖北民族大学生物科学与技术学院, 湖北 恩施 445000; 3. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 为了研究月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐 (*N*^ε-lauroyl-*L*-arginate ethylester, LAE) 在青椒防腐保鲜中的应用效果, 将月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐与尼泊金甲酯钠及壳聚糖进行复配优化并应用于青椒防腐保鲜, 研究最优配方对青椒好果率、腐烂指数、质量损失率、硬度、抗坏血酸含量及叶绿素含量的影响。结果表明, 最优复配配方为LAE质量浓度700 μg/mL、尼泊金甲酯钠质量浓度100 μg/mL、壳聚糖质量浓度10 mg/mL。在贮藏期内, 最优复配配方能显著提高青椒的好果率、降低腐烂指数, 且能减少青椒的抗坏血酸及叶绿素损失。实验证明LAE复配保鲜剂对青椒具有较好的防腐保鲜效果。

关键词: 月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐; 青椒; 防腐保鲜

Effect of Compound *N*^ε-Lauroyl-*L*-Arginate Ethylester Preservative on the Preservation of Green Bell Pepper

LI Yang¹, DENG Lingli², XU Xiaohui³, FENG Fengqin^{1,*}

(1. College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

2. College of Biological Science and Technology, Hubei Minzu University, Enshi 445000, China;

3. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In order to study the application of *N*^ε-lauroyl-*L*-arginate ethylester (LAE) in the preservation of green bell pepper, compound preservatives containing LAE, sodium methylparaben and chitosan were formulated and optimized, and its preservation effect on green bell pepper was evaluated by determining the percentage of marketable fruit, decay index, mass loss rate, firmness, and the contents of ascorbic acid and chlorophyll. The results showed that the optimized formulation consisted of 700 μg/mL LAE, 100 μg/mL sodium methylparaben and 10 mg/mL chitosan. The compound preservative increased the percentage of marketable fruit, and decreased decay index and the loss of ascorbic acid and chlorophyll, thereby having a significant effect on preserving the quality of green bell pepper during postharvest storage.

Keywords: *N*^ε-lauroyl-*L*-arginate ethylester; green bell pepper; preservation

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190617-178

中图分类号: TS255.36

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2020) 11-0201-06

引文格式:

李阳, 邓伶俐, 徐晓卉, 等. 月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐复配保鲜剂对青椒保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(11): 201-206. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190617-178. <http://www.spkx.net.cn>

LI Yang, DENG Lingli, XU Xiaohui, et al. Effect of compound *N*^ε-lauroyl-*L*-arginate ethylester preservative on the preservation of green bell pepper[J]. Food Science, 2020, 41(11): 201-206. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190617-178. <http://www.spkx.net.cn>

青椒是中国主要消费的第二大类蔬菜^[1], 含有丰富的VC及抗氧化活性物质, 对保证人体健康有着重要

作用^[2-3]。目前青椒保藏最常用的方法是低温贮藏^[4], 但青椒属于冷敏性果蔬, 低温条件下易发生冷害导致其果

收稿日期: 2019-06-17

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划项目(2015BAD16B03)

第一作者简介: 李阳(1990—)(ORCID: 0000-0002-7433-4121), 男, 实验师, 硕士, 研究方向为食品加工技术、食品添加剂。

E-mail: ly3143@zju.edu.cn

*通信作者简介: 冯凤琴(1964—)(ORCID: 0000-0002-5528-9310), 女, 教授, 博士, 研究方向为新型食品添加剂及功能配料、食品生物技术。E-mail: fengfq@zju.edu.cn

实品质的下降,且低温贮藏对低温设备及贮藏空间的要求较高,因此亟需探索其他高效青椒保鲜技术。近年来,保鲜剂浸泡法因保鲜效果显著、适用性广泛等特点而受到广泛关注,被运用于青椒保鲜^[5-6]。张晓敏等^[7]将1-甲基环丙烯与二氧化氯结合浸泡青椒后,发现该方法能有效保持青椒的品质,延缓青椒的采后生理变化,抑制青椒腐烂,延缓叶绿素损失等。

月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐(*N^α-lauroyl-L-arginate ethylester*, LAE)是一种阳离子型表面活性剂,对多种食源性病原菌有较高的抑制活性^[8]。LAE对人体和环境都有很高的安全性^[9],2005年,LAE于被美国食品药品监督管理局批准为GRAS(一般公认安全)类食品添加剂。目前,已有研究者将LAE应用于乳制品、肉制品的相关防腐保鲜研究^[10-12],但较少见将LAE应用于果蔬保鲜方面的报道。

LAE水溶性强,与其他水溶性防腐剂联用能达到较好的抑菌效果^[13-15],目前LAE售价较为昂贵,与其他防腐剂复配可以降低LAE用量和成本。本研究根据GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》^[16]筛选得到能在果蔬上使用的防腐剂——稳定态二氧化氯,并基于文献^[17]和前期实验结果^[18],将与LAE有协同抑菌作用的水溶性防腐剂尼泊金甲酯钠复配。同时,由于青椒表面有一层腊质,水溶性的防腐剂不易附着,考虑将壳聚糖^[19-20]作为成膜剂进行复配。壳聚糖是一种安全性高、生物相容性好、成膜性强的多糖,近年来将其作为可食性膜应用于食品防腐保鲜领域已成为研究的热点^[21-22]。

本实验将LAE与尼泊金甲酯钠进行复配,并以壳聚糖为成膜剂,得到用于青椒防腐保鲜的最优配方,同时测定贮藏期间该配方对青椒好果率、腐烂指数、质量损失率、硬度、抗坏血酸及叶绿素含量的影响,探究最优复配配方对青椒防腐保鲜的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

“洛椒一号”青椒(*Capsicum annuum* var. *grossum*)购于余杭南兜庄蔬菜批发市场,选择新鲜、大小均匀、无机械损伤及病害的果实用于实验。

LAE(纯度96.48%) 北京华威锐科化工有限公司;尼泊金甲酯钠(食品级,纯度99%) 绿森化工有限公司;壳聚糖(食品级,脱乙酰度不小于95%,黏度为20.0 mPa·s) 锐高生物科技有限公司;稳定态二氧化氯(食品级,有效成分质量分数≥2%) 天津张太科技发展有限公司;其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

TA-XT2i质构分析仪 英国Stable Micro Systems公司;BSA224S分析天平 赛多利斯科学仪器(北京)

有限公司;2WP-A1230恒温恒湿箱 上海智诚仪器公司;SP-756紫外-可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 防腐保鲜剂对青椒的处理

采用浸泡法^[23]将新鲜青椒分级清洗,在体积分数1%的NaClO溶液中浸泡1 min。将晾干后的果蔬在各质量浓度的壳聚糖、LAE、尼泊金甲酯钠和优化得到的复配防腐剂溶液中浸泡10 min,晾干。将果蔬装入聚乙烯袋中敞口放置,25℃、相对湿度80%贮藏一定时间后进行测定^[4]。以去离子水为空白对照,以经活化并稀释100倍的稳定态二氧化氯溶液(100 μg/mL)作为阳性对照。每个处理3次重复,每次处理包含30个果实。

1.3.2 防腐效果评价

防腐剂的防腐效果通过好果率和腐烂指数来表征^[24]。其中好果率表示没有发生任何腐烂的果实所占比率,是最能直接反映果蔬贮藏期品质的指标^[25],具体按式(1)计算。腐烂指数能表征果实在贮藏过程中腐烂的程度,加入该指标可以更加客观地反映防腐剂控制病斑的效果,腐烂分级标准:0级,无腐烂;1级,0<腐烂面积比例≤25%;2级,25%<腐烂面积比例≤50%;3级,50%<腐烂面积比例≤75%;4级,75%<腐烂面积比例≤100%。腐烂指数具体按式(2)计算。

$$\text{好果率}/\% = \frac{\text{无腐烂果数}}{\text{总果数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{腐烂指数}/\% = \frac{\sum(\text{腐烂级数} \times \text{该级别果数})}{\text{腐烂最高级别数} \times \text{总果数}} \times 100 \quad (2)$$

1.3.3 品质测定

质量损失率的测定采用称质量法,按式(3)计算。

$$\text{质量损失率}/\% = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

式中: m_0 、 m_t 分别表示贮藏前、贮藏时间后的质量/g。

硬度测定参考Irfan等^[26]的方法,采用TA-XT2i物性仪穿刺法测定青椒中间部位的硬度,每个青椒中部等间距取3个点各测一次。测定的参数分别为:P5探头,触发为5 g,测定前速率为5 mm/s,测定速率为2 mm/s,测定后速率为5 mm/s,测定深度为10 mm,硬度用最大穿刺力表示。

抗坏血酸含量的测定采用GB/T 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》中的2,6-二氯酚滴定法^[27],结果以鲜质量计。

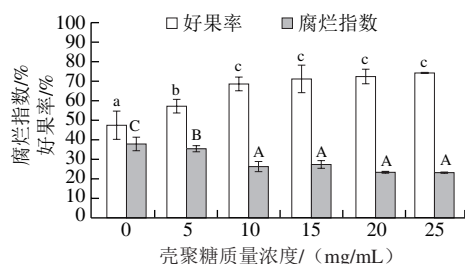
叶绿素含量的测定采用分光光度计法^[28],结果以鲜质量计。

1.4 数据统计与分析

实验数据均为3次独立实验的平均值,结果以平均值±标准差表示,使用SPSS 20.0软件进行数据分析(单因素方差分析、Tukey法), $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 成膜剂最适质量浓度的确定



小写字母不同表示好果率差异显著 ($P < 0.05$)；大写字母不同表示腐烂指数差异显著 ($P < 0.05$)。图2同。

图1 不同质量浓度的壳聚糖对青椒好果率和腐烂指数的影响

Fig. 1 Effect of chitosan concentration on percent marketable fruit and decay index of green bell pepper

将新鲜青椒经不同质量浓度的壳聚糖浸泡，在25℃下贮藏15 d后好果率和腐烂指数如图1所示。壳聚糖质量浓度从0增加到5 mg/mL时，好果率显著升高，腐烂指数显著降低 ($P < 0.05$)。壳聚糖质量浓度为10 mg/mL时，青椒好果率达到68.7%，腐烂指数为26.3%。壳聚糖质量浓度大于10 mg/mL后，防腐效果变化不显著 ($P > 0.05$)。因此，选择质量浓度为10 mg/mL的壳聚糖作为后续配方中的成膜剂。

Raymond^[20]将青椒用不同质量浓度壳聚糖处理，发现经壳聚糖处理的样品品质明显优于未经壳聚糖处理的空白样品，一定范围内随着壳聚糖质量浓度的升高，样品的菌落总数、呼吸强度及电解质渗透率均呈下降趋势，这一结果与本研究得到的趋势吻合。壳聚糖作为成膜剂不仅能为LAE等防腐剂用于青椒保鲜提供较好的附着效果，其自身也能发挥一定的防腐保鲜效果。

2.2 不同质量浓度LAE及尼泊金甲酯钠对青椒腐烂情况的影响

图2A为壳聚糖质量浓度为10 mg/mL时，不同质量浓度LAE及阳性对照（稳定态二氧化氯）对青椒贮藏15 d时的腐烂情况的影响。与空白对照组（去离子水）相比，200 μg/mL的LAE就能使青椒好果率显著提高，腐烂指数显著降低 ($P < 0.05$)。当LAE质量浓度升高至800 μg/mL时，LAE的防腐效果与稳定态二氧化氯无显著性差异 ($P > 0.05$)，此时，好果率达到90.3%，腐烂指数为7.3%。随着LAE质量浓度进一步提高，腐烂指数和好果率都没有显著性变化 ($P > 0.05$)。因此，对青椒进行浸泡时，要达到阳性对照的防腐效果，LAE单独使用时的最适质量浓度为800 μg/mL。此质量浓度低于实验室前期研究的LAE在金桔^[29]上单独使用时的最适质量浓度，说明LAE对青椒上主要的腐败菌胡萝卜软腐病细菌 (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*)^[30]

的抑菌活性可能高于其对金桔上腐败菌意大利青霉 (*Penicillium italicum*) 和指状青霉 (*Penicillium digitatum*)^[23,31]的抑菌活性。该应用结果也与本实验室前期关于LAE对腐败菌的抑菌活性研究结果一致，LAE对青椒上的胡萝卜软腐病细菌的最低抑制质量浓度25 μg/mL小于其对金桔上的两种青霉的最低抑制质量浓度400 μg/mL^[18]。

图2B为壳聚糖质量浓度10 mg/mL时，尼泊金甲酯钠质量浓度变化对25℃下贮藏15 d的青椒好果率和腐烂指数的影响。当尼泊金甲酯钠质量浓度升高到1 500 μg/mL及2 000 μg/mL时，好果率和腐烂指数分别与空白对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。而要使好果率和腐烂指数与阳性对照间无显著差异 ($P > 0.05$)，单独使用尼泊金甲酯钠时的质量浓度分别需要达到2 000 μg/mL和2 500 μg/mL。

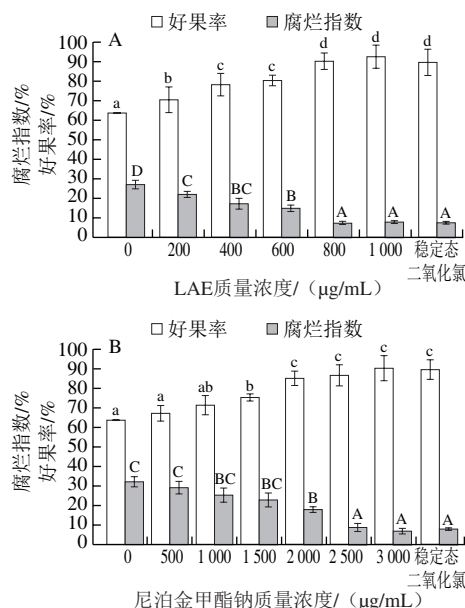


图2 不同质量浓度LAE (A) 及尼泊金甲酯钠 (B) 对青椒好果率和腐烂指数的影响

Fig. 2 Effect of LAE (A) and sodium methylparaben (B) concentration on percent marketable fruit and decay index of green bell pepper

综合比较图2A、B发现，与LAE相比，要达到相当的防腐效果时，尼泊金甲酯钠的使用质量浓度更高。综合比较图1和图2发现，将防腐剂LAE/尼泊金甲酯钠与成膜剂壳聚糖进行复配使用时，其防腐保鲜效果明显优于仅使用成膜剂时的效果。

2.3 复配配方的筛选

控制壳聚糖质量浓度为10 mg/mL、防腐剂（LAE+尼泊金甲酯钠）总质量浓度为800 μg/mL时，研究LAE的质量浓度变化对青椒好果率和腐烂指数的影响，结果如表1所示。当LAE质量浓度在700~800 μg/mL时，好果率与腐烂指数和阳性对照无显著性差异 ($P > 0.05$)。

若继续提高尼泊金甲酯钠的取代用量,其防腐效果有所下降。LAE质量浓度降至600 $\mu\text{g/mL}$ 后,好果率下降至79.3%,腐烂指数上升明显,均与阳性对照有显著性差异($P<0.05$),没有达到预定标准。因此,在能达到与阳性对照的防腐效果无显著性差异的前提下,优化得到的最优组合配方为:LAE质量浓度700 $\mu\text{g/mL}$ 、尼泊金甲酯钠质量浓度100 $\mu\text{g/mL}$ 、壳聚糖质量浓度10 mg/mL 。

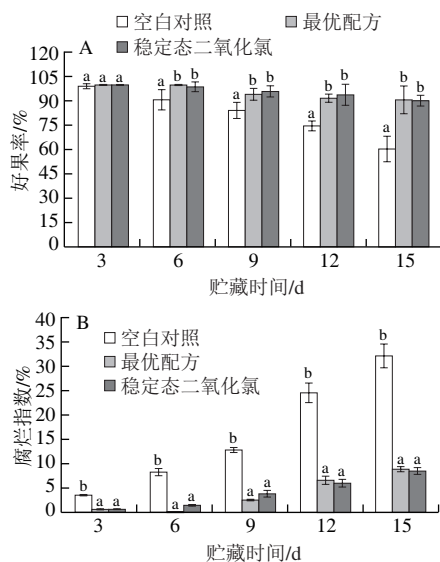
表1 LAE与尼泊金甲酯钠不同质量浓度组合对青椒好果率和腐烂指数影响

Table 1 Effect of LAE and sodium methylparaben concentration on percent marketable fruit and decay index of green bell pepper

指标	空白对照	LAE质量浓度/ $\mu\text{g/mL}$ + 尼泊金甲酯钠质量浓度/ $\mu\text{g/mL}$						稳定态 二氧化氯
		800+0	700+100	600+200	500+300	400+400	300+500	
好果率/%	60.3 \pm 0.0 ^d	90.3 \pm 2.0 ^d	89.7 \pm 1.6 ^d	79.3 \pm 2.6 ^c	78.0 \pm 8.7 ^c	76.7 \pm 2.9 ^{bc}	72.3 \pm 2.5 ^b	89.7 \pm 6.9 ^d
腐烂指数/%	30.7 \pm 2.3 ^d	7.3 \pm 2.3 ^a	8.3 \pm 1.3 ^a	13.3 \pm 0.8 ^b	18.3 \pm 1.3 ^c	19.3 \pm 2.8 ^c	22.7 \pm 0.7 ^c	7.3 \pm 3.9 ^a

注:同行小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.4 最优配方对贮藏期青椒腐烂情况的影响



同一贮藏时间小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。下同。

图3 青椒在贮藏过程中好果率(A)和腐烂指数(B)的变化

Fig. 3 Changes in percent marketable fruit (A) and decay index (B) of green bell pepper during storage

将新鲜青椒经上述最优配方处理后于25 $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏15 d,每3 d测定好果率和腐烂指数,对其防腐效果进行实验验证,结果如图3所示。在整个贮藏过程中,与空白对照相比,经最优配方处理的青椒好果率显著升高(除3 d外),腐烂指数显著降低($P<0.05$)。到贮藏末期第15天时,与空白对照相比,该配方将青椒的好果率从60.3%提高到90.7%,将腐烂指数从32.3%降低至8.7%,防腐效果明显。与阳性对照稳定态二氧化氯相比,最优配方的好果率和腐烂指数均与之无显著性差异($P>0.05$),说明优化得到的最优配方能达到与市售现有防腐剂一致的保鲜效果。

2.5 最优配方对贮藏期青椒质量损失率及硬度的影响

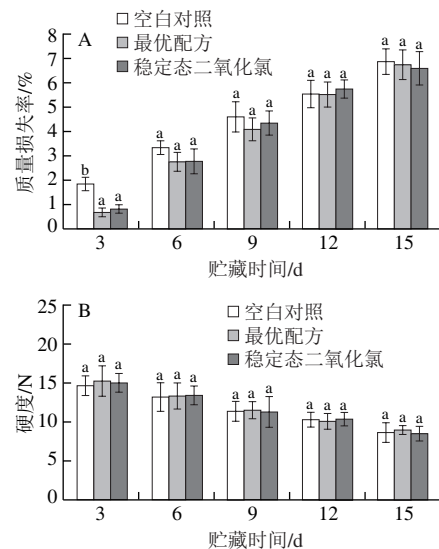


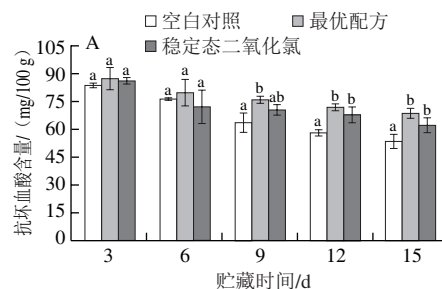
图4 青椒在贮藏过程中质量损失率(A)及硬度(B)的变化

Fig. 4 Changes in percent mass loss rate (A) and firmness (B) of green bell pepper during storage

将青椒经最优配方处理后于25 $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏15 d,每3 d测定一次质量损失率及硬度。从图4A、B可知,在整个贮藏期间,最优配方与空白对照、阳性对照的质量损失率及硬度之间基本上无显著性差异($P>0.05$)。果蔬质量损失主要由蒸腾失水和呼吸消耗引起,主要表现为水分的散失^[32],通过在果蔬表面涂膜来降低质量损失率是现在较常用的手段^[33]。由图4A可知,该最优配方并未表现出出色的保水能力。有文献表明,壳聚糖的保水能力与其分子质量、结构特性都有关系,经过电子束辐照处理后小分子质量的壳聚糖有更好的保水性能^[34]。因此要使复配防腐剂达到全面的保鲜效果,可能还需要对壳聚糖进一步筛选和改性^[35]。

果实硬度主要受果实中果胶水解酶和代谢活动强弱的影响,果蔬硬度随着果蔬的成熟和衰老逐渐降低^[36]。由图4B可知,该最优配方并未表现出有效延缓青椒硬度下降的作用。因此需要进一步研究LAE的抑菌机理,明确LAE对病原菌侵染青椒的实际抑制作用,减缓青椒细胞壁纤维素和半纤维素的降解。

2.6 最优配方对贮藏期青椒中抗坏血酸及叶绿素含量的影响



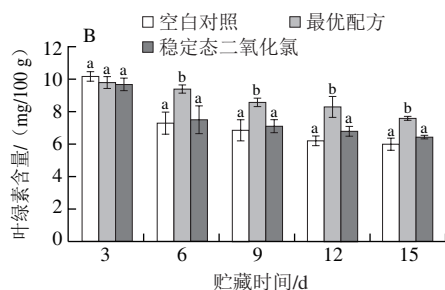


图5 青椒在贮藏过程中抗坏血酸(A)及叶绿素(B)含量的变化
Fig. 5 Changes in the contents of ascorbic acid (A) and chlorophyll (B) in green bell pepper during storage

将青椒经最优配方处理后于25℃下贮藏15 d, 每3 d测定一次抗坏血酸含量及叶绿素含量。青椒中的抗坏血酸很丰富, 但在贮藏期间性质不稳定, 易氧化分解, 抗坏血酸含量的变化能客观反映青椒新鲜度的变化^[37]。本研究中采用的青椒的初始抗坏血酸含量为95.53 mg/100 g。从图5A可以发现, 在贮藏的前6 d, 经最优配方处理后的抗坏血酸含量与空白对照并没有显著性差异 ($P>0.05$), 此时, 阳性对照也没有延缓抗坏血酸含量下降的作用。从第9天开始到贮藏末期, 最优配方处理组的抗坏血酸含量均显著高于空白对照 ($P<0.05$), 且与阳性对照无显著性差异 ($P>0.05$)。以上结果表明, 最优配方对青椒抗坏血酸含量的下降有显著延缓作用 ($P<0.05$), 将贮藏15 d的损失率从44.1% (空白对照组) 降低至28.5%。

青椒中叶绿素丰富, 但是离体器官中的叶绿素很不稳定, 对光、热都敏感。青椒采摘后, 随着贮藏时间的延长, 青椒内部叶绿素在相关酶的作用下逐渐分解含量下降, 叶绿素含量能反映青椒在贮藏过程中的新鲜程度^[38]。本研究中采用的青椒的初始叶绿素含量为11.05 mg/100 g。从图5B中可以看出, 从第6天开始, 最优配方处理组的叶绿素含量显著高于空白对照组 ($P<0.05$), 整个贮藏过程中, 最优配方组叶绿素含量的损失率为31.4%, 与空白对照组 (45.8%) 相比降低。而阳性对照的叶绿素含量与空白对照组在整个贮藏过程中并无显著性差异 ($P>0.05$)。杜金华等^[39]的研究结果表明, 20 mg/L的二氧化氯气体直接处理青椒, 会对叶绿素造成一定的破坏。这也说明, 在维持叶绿素含量方面, 本研究筛选优化得到的最优配方优于部分含氯保鲜剂。

3 结论

将LAE与尼泊金甲酯钠复配, 并以壳聚糖为成膜剂, 筛选优化得到最优复配配方为: LAE质量浓度700 μg/mL、尼泊金甲酯钠质量浓度100 μg/mL、壳聚糖质量浓度10 mg/mL。实效验证表明, 与空白对照相比,

该最优复配配方能在贮藏期内将青椒的好果率从60.3%提高到90.7%, 将腐烂指数从32.3%降低至8.7%, 防腐效果明显。同时, 该复配配方也有效延缓了贮藏期内青椒抗坏血酸及叶绿素含量的下降, 将抗坏血酸含量损失率从44.1%降低至28.5%, 将叶绿素损失率从45.8%降低至31.4%, 有效保证了贮藏期内青椒的营养品质, 对青椒有较好的综合保鲜效果。

参考文献:

- [1] 马艳青. 我国辣椒产业形势分析[J]. 辣椒杂志, 2011, 9(1): 1-5. DOI:10.16847/j.cnki.issn.1672-4542.2011.01.001.
- [2] CARVALHO A V, MATTIETTO R D A, RIOS A D O, et al. Changes in bioactive compounds and antioxidant activity of peppers from the Amazon region[J]. Pesquisa Agropecuária Tropical, 2014, 44(4): 399-408. DOI:10.1590/S1983-40632014000400004.
- [3] ZHUANG Y L, CHEN L, SUN L P, et al. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers[J]. Journal of Functional Foods, 2012, 4(1): 331-338. DOI:10.1016/j.jff.2012.01.001.
- [4] 张洪磊. 青椒的保鲜储藏研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2013: 2-10.
- [5] 张誉丹, 牛晓峰, 王愈. 酸性功能水处理不同时间对青椒保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2016, 41(10): 46-51. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2016.10.013.
- [6] 陈莉, 杨双全, 张义明. 稳定性亚氯酸钠溶液对青椒的保鲜效果[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(8): 174-175; 178. DOI:10.3969/j.issn.1001-3601.2009.08.060.
- [7] 张晓敏, 李具鹏, 傅茂润, 等. 1-MCP结合二氧化氯处理对青椒货架期品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(13): 275-280. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2018.13.050.
- [8] BECERRIL R, MANSO S, NERIN C, et al. Antimicrobial activity of lauroyl arginate ethyl (LAE), against selected food-borne bacteria[J]. Food Control, 2013, 32(2): 404-408. DOI:10.1016/j.foodcont.2013.01.003.
- [9] RUCKMAN S A, ROCABAYERA X, BORZELLECA J F, et al. Toxicological and metabolic investigations of the safety of *N*-alpha-lauroyl-L-arginine ethyl ester monohydrochloride (LAE)[J]. Food and Chemical Toxicology, 2004, 42(2): 245-259. DOI:10.1016/j.fct.2003.08.022.
- [10] MURIEL-GALET V, LÓPEZ-CARBALLO G, GAVARA R, et al. Antimicrobial food packaging film based on the release of LAE from EVOH[J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 157(2): 239-244. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2012.05.009.
- [11] OTERO V, BECERRIL R, SANTOS J A, et al. Evaluation of two antimicrobial packaging films against *Escherichia coli* O157:H7 strains *in vitro* and during storage of a Spanish ripened sheep cheese (Zamorano)[J]. Food Control, 2014, 42: 296-302. DOI:10.1016/j.foodcont.2014.02.022.
- [12] MURIEL-GALET V, LOPEZ-CARBALLO G, GAVARA R, et al. Antimicrobial effectiveness of lauroyl arginate incorporated into ethylene vinyl alcohol copolymers to extend the shelf-life of chicken stock and surimi sticks[J]. Food and Bioprocess Technology, 2015, 8(1): 208-217. DOI:10.1007/s11947-014-1391-x.
- [13] MARTIN E M, GRIFFIS C L, VAUGHN K L S, et al. Control of listeria monocytogenes by lauric arginate on frankfurters formulated with or without lactate/diacetate[J]. Journal of Food Science, 2009, 74(6): M237-M241. DOI:10.1111/j.1750-3841.2009.01196.x.
- [14] PORTO-FETT A C S, CAMPANO S G, SMITH J L, et al. Control of *Listeria monocytogenes* on commercially-produced frankfurters

- prepared with and without potassium lactate and sodium diacetate and surface treated with lauric arginate using the sprayed lethality in container (SLIC@) delivery method[J]. Meat Science, 2010, 85(2): 312-318. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.01.020.
- [15] STOPFORTH J D, VISSER D, ZUMBRINK R. Control of listeria monocytogenes on cooked cured ham by formulation with a lactate-diacetate blend and surface treatment with lauric arginate[J]. Journal of Food Protection, 2010, 73(3): 552-555. DOI:10.4315/0362-028X-73.3.552.
- [16] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014: 91.
- [17] ODDS F C. Synergy, antagonism, and what the chequerboard puts between them[J]. Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 2003, 52(1): 1. DOI:10.1093/jac/dkg301.
- [18] 李阳, 徐晓卉, 李杨, 等. N^{α} -月桂酰-L-精氨酸乙酯盐酸盐对5种果蔬腐败菌的抑菌活性[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 127-131; 193. DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2018.07.027.
- [19] 刘璐, 陶乐仁, 匡珍, 等. 马铃薯淀粉-壳聚糖复合保鲜膜对青椒保鲜效果研究[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(2): 15-19. DOI:10.3969/j.issn.1674-506X.2018.02-004.
- [20] RAYMOND L V. 加压惰性气体和壳聚糖涂膜处理对鲜切青椒保鲜的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2012: 4-7.
- [21] 蓝蔚青, 车旭, 谢晶, 等. 复合生物保鲜剂对荧光假单胞菌的抑菌活性及作用机理[J]. 中国食品学报, 2016, 16(8): 159-165. DOI:10.16429/j.1009-7848.2016.08.022.
- [22] 陈赛, 刘永乐, 俞健, 等. 壳聚糖复合保鲜对草鱼肌肉蛋白质变化的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 207-212. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190127-348.
- [23] 陈倩茹. 植物精油对樱桃番茄主要病原菌抑制效果的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014: 30-31.
- [24] 李鹏霞. 两种植物精油对采后水果的保鲜作用研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006: 25-26.
- [25] 崔志宽, 李阳, 李卉, 等. 常温下普鲁兰多糖涂膜处理对凤凰水蜜桃保鲜效果研究[J]. 天津农业科学, 2013(4): 6-10. DOI:10.3969/j.issn.1006-6500.2013.04.002.
- [26] IRFAN P K, VANJAKSHI V, PRAKASH M N K, et al. Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 82: 70-75. DOI:10.1016/j.postharvbio.2013.02.008.
- [27] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定: GB 5009.86—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 7-8.
- [28] 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: 32-34.
- [29] 徐晓卉, 冯凤琴, 卢蓉蓉. N^{α} -月桂酰-L-精氨酸乙酯盐酸盐在金桔防腐保鲜中的应用研究[EB/OL]. (2017-02-17)[2019-05-20]. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201702-101>.
- [30] 包英才, 王丹, 赵晓燕, 等. 鲜切青椒优势腐败菌的分离纯化及鉴定[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 332-334; 338. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.03.051.
- [31] 闵晓芳. 柑橘采后致病青霉的分离鉴定及其生物学特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007: 41-42.
- [32] 谢丹丹. 模拟运输振动对猕猴桃果实生理及品质的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2018: 26-27.
- [33] KERCH G. Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: a review[J]. Trends In Food Science & Technology, 2015, 46(2): 159-166. DOI:10.1016/j.tifs.2015.10.010.
- [34] 马菲. 樱桃番茄壳聚糖涂膜效果及改进研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013: 40-41.
- [35] 冯永巍. 壳聚糖的化学改性及其衍生物的抑菌活性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011: 4-6.
- [36] BOSE S K, HOWLADER P, JIA X C, et al. Alginate oligosaccharide postharvest treatment preserve fruit quality and increase storage life via abscisic acid signaling in strawberry[J]. Food Chemistry, 2019, 283: 665-674. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.01.060.
- [37] 陈翰, 罗安伟, 陈旭蕊, 等. 青椒新鲜度与其挥发性气味成分的关系[J]. 食品科学, 2016, 37(7): 66-71. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201607013.
- [38] 庞凌云, 李瑜, 詹丽娟, 等. 钙和热处理对青椒贮藏品质的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(1): 112-117. DOI:10.16429/j.1009-7848.2013.01.004.
- [39] 杜金华, 傅茂润, 李苗苗, 等. 二氧化氯对青椒采后生理和贮藏品质的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 6: 1215-1219.