

采前喷施保鲜剂对蓝莓贮藏品质的影响

Effects of preharvest different preservatives spraying on postharvest storage quality of blueberry

曹森^{1,2} 吉宁^{1,2} 巴良杰^{1,2} 马超^{1,2}

CAO Sen^{1,2} JI Ning^{1,2} BA Liang-jie^{1,2} MA Chao^{1,2}

王红¹ 姚秀单¹ 王瑞^{1,2}

WANG Hong¹ YAO Xiu-dan¹ WANG Rui^{1,2}

(1. 贵阳学院, 贵州 贵阳 550005; 2. 贵州省果品加工工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550005)

(1. Guiyang University, Guiyang, Guizhou 550005, China;

2. Guizhou Engineering Research Center for Fruit Processing, Guiyang, Guizhou 550005, China)

摘要:以粉蓝蓝莓为试验材料,通过采前喷施不同保鲜剂(800 mg/L 纳他霉素、1 000 mg/L ϵ -聚赖氨酸、800 mg/L 壳聚糖),采后于 $(0.5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 冷藏,研究蓝莓果实生理品质的变化。结果表明:采前不同保鲜剂处理均能降低蓝莓果实的腐烂率,延缓蓝莓鲜果的硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量及花色苷含量的降低,降低蓝莓鲜果呼吸强度及乙烯生成速率,维持较好的过氧化物酶、过氧化氢酶、脂氧合酶和抗坏血酸过氧化物酶活性,并有效降低蓝莓霉菌及酵母菌的菌落总数。采前喷施 800 mg/L 纳他霉素对蓝莓果实的贮藏效果最好,能有效抑制蓝莓的衰老进程,维持更好的贮藏效果。

关键词:蓝莓;采前;保鲜剂;贮藏品质

Abstract: Powderblue blueberry fruits were sprayed (800 mg/L Natamycin, 1 000 mg/L ϵ -Polylysine, 800 mg/L Chitosan) before harvest. The four groups of fruits were stored at low temperature $(0.5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ and the physiological indexes of the four groups were determined. The results showed that: compared with the control (CK), the different preservation could reduce the increase of fruit decay rate, delay the decrease of fruit firmness, soluble solids, titratable acid content and anthocyanin content, inhibit the respiration rate and ethylene production rate of fruit. The POD, CAT, LOX and APX were effectively maintained. The mold and yeast counts of blueberry were better reduced. The

effect of natamycin with 800 mg/L concentration was better than that with 1 000 mg/L ϵ -Polylysine and 800 mg/L Chitosan. The best preservation method is natamycin with 800 mg/L concentration, which can be used for blueberry fruits preservation.

Keywords: blueberry; preharvest; preservation; storage quality

蓝莓属于杜鹃花科越橘属,被誉为“浆果之王”,具有较高的营养价值^[1-2]。由于蓝莓果实皮薄、易受机械损伤,采后果实易变软,贮藏期出现霉变及腐烂等问题^[3-4]。

纳他霉素(Natamycin)可有效降低酵母菌和霉菌的生长速率,是一种广谱、安全、高效的新型生物防腐剂^[5-6]。宋秀香等^[7]发现 800 mg/L 纳他霉素能显著维持绿芦笋的贮藏品质。 ϵ -聚赖氨酸(ϵ -Polylysine)是一种白色链球菌的代谢产物,具有安全、抑菌效果好、抑菌谱广等特点,已广泛应用于果蔬保鲜方面^[8-9]。张鹏等^[10]发现 1 000 mg/L ϵ -聚赖氨酸结合 1-MCP 能更好地抑制富士苹果的采后衰老。壳聚糖是一种天然碱性多糖,具有天然、安全、抗菌等特点,可通过降低果蔬的呼吸强度延缓果蔬的生理代谢活动和抑制果蔬营养成分的下降,从而延长果蔬的贮藏期^[11]。上官新晨等^[12]发现 0.8% 壳聚糖能更好地延长金柑货架期。目前,纳他霉素、 ϵ -聚赖氨酸、壳聚糖处理果实的方法主要是采后浸泡,若不能及时晾干会影响果实的贮藏期,而采前喷施不同保鲜剂(纳他霉素、 ϵ -聚赖氨酸、壳聚糖)对果蔬保鲜的研究还未见报道。试验拟以蓝莓(粉蓝)为试验材料,研究采前喷施不同保鲜剂对蓝莓保鲜效果的影响,为提高蓝莓鲜果贮藏品质,延长鲜果贮藏期提供依据。

基金项目:贵州省科技计划项目(编号:黔科合成果[2019]4221号);贵州省普通本科高等学校服务农村产业革命战略行动计划项目(编号:黔教合 KY 字[2018]090)

作者简介:曹森,男,贵阳学院副教授,硕士。

通信作者:王瑞(1979—),男,贵阳学院教授,博士。

E-mail: wangrui060729@126.com

收稿日期:2020-01-10

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

蓝莓(粉蓝):贵州省麻江县实验基地;

纳他霉素(有效成分含量 50%)、 ϵ -聚赖氨酸(有效成分含量 $\geq 98\%$):浙江新银象生物工程有限公司;

壳聚糖(相对分子量 ≥ 20 万,脱乙酰度 $\geq 90\%$):上海国药集团化学试剂有限公司;

质构仪:TA.XT.Plus 型,英国 SMS 公司;

气相色谱仪:GC-14 型,日本 Shimadzu 公司;

紫外分光光度计:UV-2550 型,日本 Shimadzu 公司;

便携式残氧仪:CheckPoint II,丹麦 Dansensor 公司;

迷你数显折射计:PAL-1 型,日本 ATAGO 公司;

台式高速冷冻离心机:TGL-16A 型,长沙平凡仪器仪表有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 选择八九成熟、萼片未倒伏的健康蓝莓,分别用 800 mg/L 纳他霉素、1 000 mg/L ϵ -聚赖氨酸、800 mg/L 壳聚糖对蓝莓进行采前处理,通过手持喷雾器均匀喷布于果实表面以蓝莓表面均着药液、开始滴液即可,对照组(CK)喷洒相同量的蒸馏水,自然晒干,6 h 后对处理的果实进行采摘,并立刻运回研究室,挑选无机械损伤、无病虫害、果蒂颜色一致的蓝莓分装于带孔聚乙烯塑料盒内,用厚度为 20 μm 的 PE 保鲜膜进行装袋(每袋 12 盒),分装后的蓝莓鲜果摆放于 $(0.5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 冷库中,预冷 24 h 后扎袋进行鲜果长期贮藏。贮藏期间,每隔 20 d 对各组蓝莓鲜果进行指标分析检测,共测 80 d。

1.2.2 测定方法

(1) 腐烂率:采用计数法测定。

(2) 硬度:通过 P/2 探头的质构仪测定,鲜果穿刺深度 6 mm,测前及测后速度均为 2 mm/s,测中速度 1 mm/s。

(3) 呼吸强度及乙烯生成速率:参考文献[13]。

(4) 可溶性固形物含量:采用迷你数显折射仪测定。

(5) 可滴定酸含量:按 GB/T 12456—2008 执行。

(6) 花色苷含量:参照 Moyer 等^[14]的 pH 示差法。

(7) 果实中过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、脂氧合酶(LOX)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)含量:参照曹建康^[15]的方法。

(8) 微生物菌落总数:参照 Lacombe 等^[16]的方法略作修改:每组取 20 个蓝莓果实于 250 mL 锥形瓶中,加入 50 mL 无菌生理盐水,用漩涡仪振荡 2 min 制成样品液,设置 5 个稀释度,分别吸取 0.1 mL 样品稀释液于平板计数马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基上,涂布均匀,于 28 $^\circ\text{C}$ 培养 5~7 d,计数霉菌及酵母菌菌落总数。

1.3 数据处理

采用 OriginPro 2017 软件进行数理统计分析,采用

SPSS 19.0 软件的 Duncan 氏新复极差法进行数据差异显著性分析($P < 0.05$ 为差异显著, $P > 0.05$ 为差异不显著)

2 结果与分析

2.1 蓝莓腐烂率的变化

由图 1 可知,贮藏 40 d 内,处理组的腐烂率均 $< 5\%$;而 CK 组的腐烂率随贮藏时间的延长快速上升,贮藏 40~80 d 时的腐烂率显著高于处理组的($P < 0.05$)。贮藏 40~80 d 时,纳他霉素组的果实腐烂率均低于其他处理组的;第 80 天纳他霉素组、 ϵ -聚赖氨酸组、壳聚糖组及 CK 组的果实腐烂率分别为 12.85%,16.46%,19.21%,26.13%,各组间差异显著($P < 0.05$)。因此,不同处理组均能更好地延缓蓝莓采后贮藏期间腐烂率的上升,其中采前喷施纳他霉素组对抑制果实腐烂率上升的效果最好,与纳他霉素能抑制草莓的腐烂率作用效果一致^[17]。

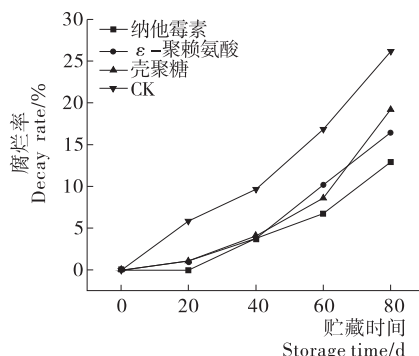


图 1 不同保鲜剂处理组的蓝莓腐烂率变化

Figure 1 Changes of different preservatives on decay rate of blueberry

2.2 蓝莓硬度的变化

由图 2 可知,刚采收的蓝莓硬度没有显著差异($P > 0.05$)。随着贮藏时间的延长,蓝莓硬度均下降。贮藏 40~80 d 时,蓝莓硬度大小关系均为纳他霉素组 $> \epsilon$ -聚赖氨酸组 $> 壳聚糖组 > CK$ 组;第 80 天纳他霉素组、 ϵ -聚赖

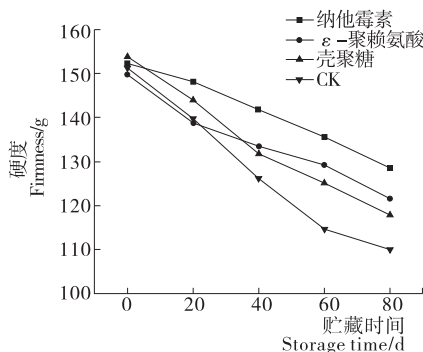


图 2 不同保鲜剂处理组的蓝莓硬度变化

Figure 2 Changes of different preservatives on firmness of blueberry

氨酸组、壳聚糖组及 CK 组的果实硬度分别为 128.55, 121.54, 117.85, 109.95 g, 各组间差异显著 ($P < 0.05$)。因此, 不同处理组均能更好地保持蓝莓采后的硬度, 其中纳他霉素组对果实硬度下降的抑制效果最好, 与姜爱丽等^[5]的研究结果一致。

2.3 蓝莓呼吸强度和乙烯生成速率的变化

由图 3 可知, 刚采收的果实呼吸强度没有显著差异。贮藏期间, 果实呼吸强度均呈下降趋势。贮藏 20~80 d 时, CK 组呼吸强度抑制高于其他组, 而纳他霉素组呼吸强

度一直低于其他组。第 80 天纳他霉素组、 ϵ -聚赖氨酸组、壳聚糖组的呼吸强度分别比 CK 组低 19.62%, 10.99%, 7.46%。贮藏期间, 乙烯生成速率呈先上升后下降趋势, CK 组和壳聚糖组在贮藏 40 d 时出现高峰, 而纳他霉素组和 ϵ -聚赖氨酸组在贮藏 60 d 时出现高峰; 当贮藏 80 d 时, 乙烯生成速率大小关系为 CK 组 > 壳聚糖组 > ϵ -聚赖氨酸组 > 纳他霉素组。因此, 处理组均能延缓采后果实呼吸强度和乙烯生成速率的上升, 而纳他霉素组作用效果更好, 该结论与纳他霉素能降低西兰花呼吸强度作用效果一致^[6]。

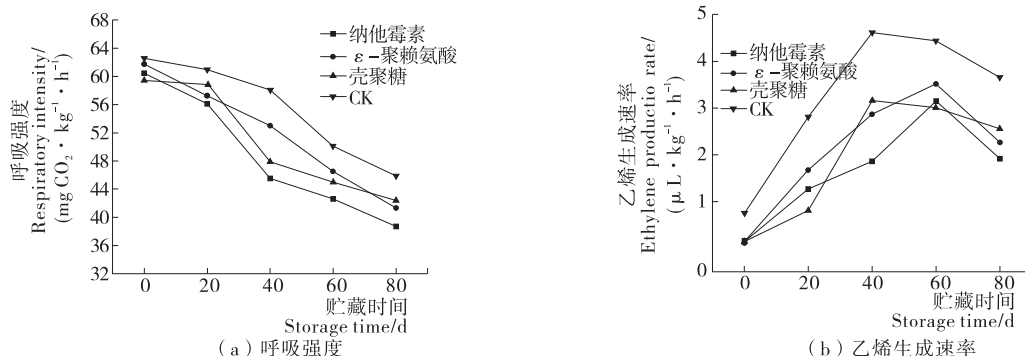


图 3 不同保鲜剂处理组的蓝莓呼吸强度和乙烯生成速率的变化

Figure 3 Changes of different preservatives on respiratory intensity and ethylene production rate of blueberry

2.4 蓝莓可溶性固形物含量和可滴定酸含量的变化

由图 4 可知, 贮藏期间, 蓝莓可溶性固形物含量呈下降趋势, 贮藏 20~80 d 时, 纳他霉素组及 ϵ -聚赖氨酸组的可溶性固形物含量均高于其他组; 第 80 天纳他霉素组、 ϵ -聚赖氨酸组、壳聚糖组及 CK 组的果实可溶性固形物含量分别为 11.78%, 11.50%, 10.90%, 10.98%, 且纳他霉素组及 ϵ -聚赖氨酸组均显著高于其他两组 ($P < 0.05$), 但纳他霉素组和 ϵ -聚赖氨酸组间无显著差异 ($P > 0.05$)。

贮藏期间, CK 组的可滴定酸含量一直低于其他组, 第 80 天纳他霉素组、 ϵ -聚赖氨酸组、壳聚糖组及 CK 组的果实可滴定酸含量分别为 1.16%, 1.13%, 1.10%, 0.96%, 且纳他霉素组、 ϵ -聚赖氨酸组及壳聚糖组均与 CK 组差异显著 ($P < 0.05$), 但 3 组间无显著差异 ($P > 0.05$)。因此, 采前喷施不同的保鲜剂均可较好地抑制蓝莓鲜果贮藏期的可溶性固形物含量和可滴定酸含量的下降, 与蓝莓鲜果的腐烂率结果一致。

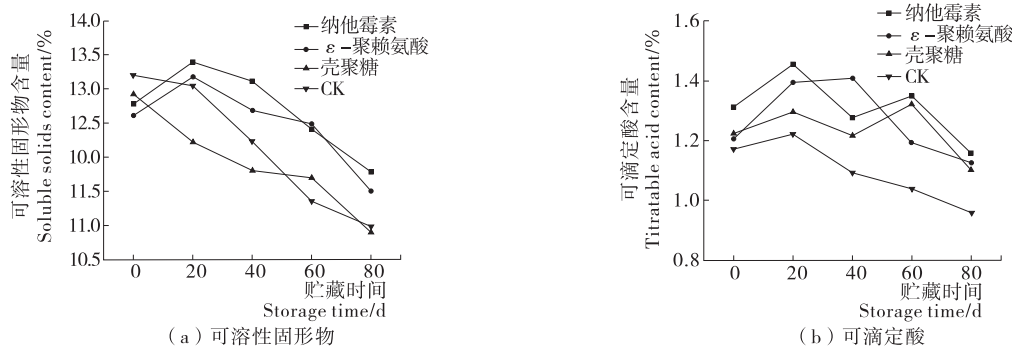


图 4 不同保鲜剂处理组的蓝莓可溶性固形物含量和可滴定酸含量的变化

Figure 4 Changes of different preservatives on total soluble solids content and titratable acid content of blueberry

2.5 蓝莓花色苷含量的变化

由图 5 可知, 贮藏期间, 蓝莓花色苷含量呈先上升后下降趋势, 贮藏 20 d 时, 花色苷含量大小关系为纳他霉素组 > ϵ -聚赖氨酸组 > CK 组 > 壳聚糖组, 贮藏 20 d 后, CK

组花色苷含量开始快速下降, 当贮藏 40~80 d 时, CK 组显著低于其他组 ($P < 0.05$), 且纳他霉素组的花色苷含量一直高于其他组。贮藏第 80 天纳他霉素组、 ϵ -聚赖氨酸组、壳聚糖组的果实花色苷含量分别比 CK 组高 3.61%,

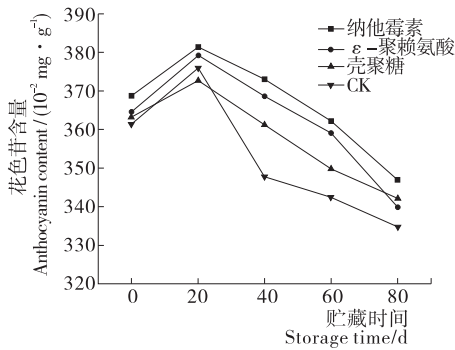


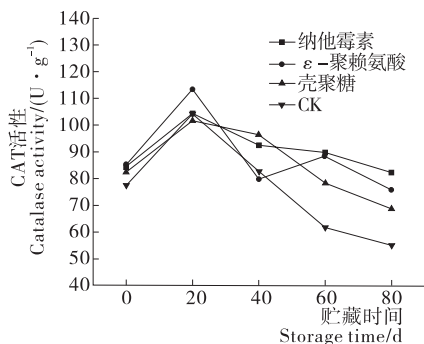
图5 不同保鲜剂处理组的蓝莓花色苷含量的变化

Figure 5 Changes of different preservatives on anthocyanin content of blueberry

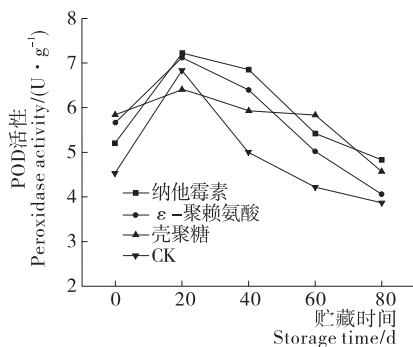
1.52%, 2.20%。因此,采前喷施纳他霉素能更好地保持果实的花色苷含量,与蓝莓鲜果的可溶性固形物和可滴定酸结果一致。

2.6 蓝莓 CAT 和 POD 活性的变化

由图6可知,贮藏期间,果实的CAT和POD活性呈先上升后下降趋势。贮藏初期,各组果实的CAT活性与CK组无显著差异($P>0.05$);贮藏60~80 d时,CAT活性大小关系为纳他霉素组>ε-聚赖氨酸组>壳聚糖组>CK组,第80天各组间均有显著差异($P<0.05$)。贮藏



(a) CAT活性



(b) POD活性

图6 不同保鲜剂处理组的蓝莓CAT活性和POD活性的变化

Figure 6 Changes of different preservatives on catalase activity and Peroxidase activity of blueberry

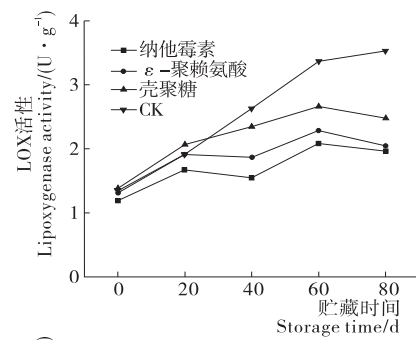
初期,果实的POD活性显著高于CK组($P<0.05$);贮藏40~80 d时,CK组的POD活性均小于其他组,第80天纳他霉素组、ε-聚赖氨酸组、壳聚糖组的POD活性分别比CK组高24.81%, 4.91%, 17.83%。综上,纳他霉素组对果实的CAT和POD活性下降的抑制效果更好,说明纳他霉素处理可提高蓝莓鲜果的CAT和POD活性,使更好的保持蓝莓鲜果自我防御功能^[18]。

2.7 蓝莓 LOX 和 APX 活性的变化

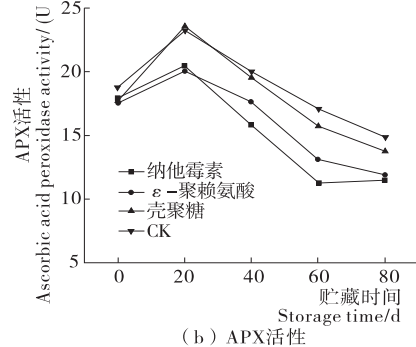
由图7可知,随着贮藏时间的延长,果实的LOX活性呈上升趋势。贮藏初期,各组果实的LOX活性无显著差异($P>0.05$);贮藏40~80 d时,果实LOX活性大小关系为CK组>壳聚糖组>ε-聚赖氨酸组>纳他霉素组;第80天ε-聚赖氨酸组与纳他霉素组均显著低于其他组($P<0.05$),但两组间无显著差异($P>0.05$)。贮藏期间,果实的APX活性呈先上升后下降趋势,贮藏20~80 d时,ε-聚赖氨酸组及纳他霉素组果实的APX活性均显著低于其他组($P<0.05$)。综上,纳他霉素组及ε-聚赖氨酸组均能更好地降低果实的LOX和APX活性,与蓝莓鲜果的CAT和POD活性结果一致。

2.8 蓝莓霉菌及酵母菌菌落总数的变化

由图8可知,贮藏期间,蓝莓霉菌及酵母菌的菌落总数呈上升趋势。贮藏初期,各组蓝莓霉菌及酵母菌的菌落



(a) LOX活性



(b) APX活性

图7 不同保鲜剂处理组的蓝莓LOX活性和APX活性的变化

Figure 7 Changes of different preservatives on lipoxigenase activity and Ascorbic acid peroxidase activity of blueberry

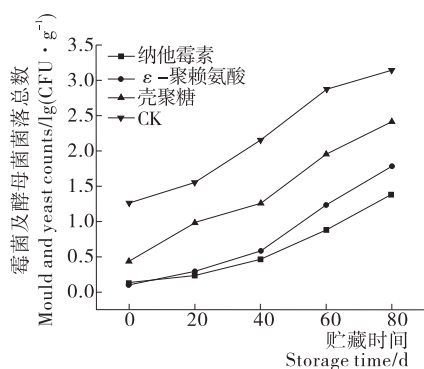


图 8 不同保鲜剂处理组的蓝莓霉菌及酵母菌的菌落总数的变化

Figure 8 Changes of different preservatives on mold and yeast counts of blueberry

总数均显著低于 CK 组 ($P < 0.05$), 说明采前喷施不同保鲜剂均能降低果实表面霉菌及酵母菌的菌落总数; 贮藏 20~80 d 时, 蓝莓霉菌及酵母菌菌落总数大小关系为 CK 组 > 壳聚糖组 > ϵ -聚赖氨酸组 > 纳他霉素组; 第 80 天纳他霉素组、 ϵ -聚赖氨酸组、壳聚糖组、CK 组的果实表面霉菌及酵母菌的菌落总数分别为 1.38, 1.78, 2.41, 3.14 CFU/g, 且各组间均有显著差异 ($P < 0.05$)。研究^[19]表明, 引起蓝莓采后腐烂的病原菌菌种类主要为灰葡萄孢菌 (*botrytis cinerea*)、青霉 (*Penicillium*) 和盘多毛孢属 (*Pestalotiopsis coculi*)。试验表明, 纳他霉素能更好地降低果实霉菌及酵母菌的菌落总数, 抑制果实腐烂率的上升, 保持果实更好的贮藏品质, 与周福慧等^[20]研究纳他霉素能更好地防治蓝莓果实灰霉病 (*botrytis cinerea*) 的结果一致。

3 结论

采前喷施 800 mg/L 纳他霉素能有效地抑制蓝莓果实腐烂率的上升, 推迟蓝莓鲜果的硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量及花色苷含量的下降, 并且抑制果实 POD 和 CAT 活性的下降, 明显延缓果实的呼吸强度、乙烯生成速率、LOX 和 APX 活性的升高, 保持蓝莓的贮藏品质。关于采前还是采后使用纳他霉素对果蔬保鲜的作用效果还需进一步研究。

参考文献

[1] ALEJANDRO D R C, EICHHOLZ I, ROHN S, et al. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening[J]. Food Chemistry, 2008, 109(3): 564-572.

[2] 沈春华, 李立, 杜云飞. PLA/PHA 活性抗菌薄膜对蓝莓低温保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 121-126.

[3] LOHACHOOMPOL V, MULHOLLAND M, SRZEDNICKI G, et al. Determination of anthocyanins in various cultivars of

highbush and rabbiteye blueberries[J]. Food Chemistry, 2008, 111(1): 249-254.

[4] ANGELETTI P, CASTAGNASSO H, MICELI E, et al. Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 58(2): 98-103.

[5] 姜爱丽, 胡文忠, 李慧, 等. 纳他霉素处理对采后甜樱桃生理代谢及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 351-356.

[6] 林本芳, 鲁晓翔, 李江阔, 等. 纳他霉素对西兰花的保鲜效果[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(9): 190-194.

[7] 宋秀香, 鲁晓翔, 陈绍慧, 等. 冰温结合纳他霉素对绿芦笋采后生理品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(24): 294-298.

[8] SHIMA S, MATSUOKA H, IWAMOTO T, et al. Antimicrobial action of *E*-Poly-L-Lysine[J]. Journal of Antibiotics, 1984, 37(11): 1 449-1 455.

[9] 刘硕, 王礼群, 张欣怡, 等. 抗坏血酸钙和 ϵ -聚赖氨酸对鲜切甘薯保鲜护色效果的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 132-136, 142.

[10] 张鹏, 秦骅, 李江阔, 等. 1-MCP 结合生物保鲜剂对富士苹果贮后货架品质和生理变化的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(19): 272-277.

[11] 刘嘉莉, 蓝蔚青, 刘大勇, 等. 壳聚糖在水产品保鲜中应用研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(3): 231-236.

[12] 上官新晨, 肖锡湘, 蒋艳, 等. 壳聚糖涂膜保鲜金柑的研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(4): 155-158.

[13] 张鹏, 李天元, 李江阔, 等. 微环境气体调控对精准相温贮藏期间柿果保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2018, 18(3): 180-187.

[14] MOYER R A, HUMMER K E, FINN C E, et al. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *rubus*, and *ribes*[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2002, 50(3): 519-25.

[15] 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, 2013: 101-132.

[16] LACOMBE A L, NIEMIRA B A, GURTLE J B, et al. Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes[J]. Food Microbiology, 2015, 46: 479-484.

[17] 吴文能, 雷霁卿, 李江阔, 等. 蓝莓采后病害病原菌分离鉴定及抑菌药剂筛选[J]. 北方园艺, 2019, 43(7): 64-70.

[18] 白丽娟. 冰温贮藏对红树莓品质影响的研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2013: 37-38.

[19] 姜爱丽, 胡文忠, 田密霞, 等. 纳他霉素在草莓保鲜中的应用研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 515-520.

[20] 周福慧, 姜爱丽, 姬亚茹, 等. 纳他霉素对采后蓝莓果实灰霉病 (*Botrytis cinerea*) 防治[J]. 食品工业科技, 2018, 39(8): 257-260.