

采前喷施 LAE 提高蓝莓冷藏品质及其通径分析

孙志栋¹, 李共国², 王利平³, 沈颖³

(1.宁波市农业科学研究院, 浙江 宁波 315040; 2.浙江万里学院 生物与环境学院, 浙江 宁波 315100;
3.余姚市林业特产技术推广总站, 浙江 余姚 315400)

摘要: **目的** 探究 α -月桂酰-L-精氨酸乙酯盐酸盐 (α -lauroyl-L-arginine ethyl ester hydrochloride, LAE) 处理蓝莓影响冷藏好果率及其作用机制。**方法** 采用逐步多元回归和通径分析方法, 研究采前喷施 LAE (0, 30, 60, 90 mg/L) 对蓝莓冷藏期间果实品质理化指标的影响。**结果** LAE 处理的蓝莓在冷藏过程中还原糖的含量高峰比对照组推迟 10 d 以上, 有效地使贮藏前期果实保持了较高的硬度和 POD 活性。在整个冷藏期中, 30~60 mg/L LAE 处理蓝莓果实的 $\cdot\text{OH}$ 清除率与好果率之间呈极显著正相关关系 ($P<0.01$)。30 mg/L LAE 处理的蓝莓冷藏 15 d 后, 果实的硬度、可溶性固形物和还原糖含量分别比对照组高 45.27%, 23.81% 和 28.57%, 总酸含量下降 37.50%, 好果率 (86.8%) 比对照组高 16.04%。**结论** 采前喷施 30 mg/L LAE 能提高冷藏蓝莓的好果率, 果实的 $\cdot\text{OH}$ 清除率是影响好果率的决策因子, 果实硬度通过 $\cdot\text{OH}$ 清除率对蓝莓好果率产生了较大的间接正向作用。

关键词: 蓝莓果; 好果率; α -月桂酰-L-精氨酸乙酯盐酸盐; 通径分析

中图分类号: S663; S379 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2021)07-0028-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.07.004

Path Analysis of Improving Cold Storage Quality of Blueberry by Preharvest Spraying LAE

SUN Zhi-dong¹, LI Gong-guo², WANG Li-ping³, SHEN Ying³

(1.Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China; 2.College of Biological & Environmental Sciences, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China; 3.Yuyao Forestry Extension Station of Zhejiang, Yuyao 315400, China)

ABSTRACT: In order to explore the effect of α -lauroyl-L-arginine ethyl ester hydrochloride (LAE) treatment on the good fruit rate of cold storage blueberry and its mechanism of action, the effects of preharvest spraying LAE (0, 30, 60 and 90 mg/L) on the physicochemical quality indexes of blueberry fruits during cold storage were studied by stepwise multiple regression and path analysis. During the cold storage, the peaks of reducing sugar content of three concentration levels of LAE treated blueberries were delayed more than 10 days than that of the control, which effectively maintained the high firmness, $\cdot\text{OH}$ clearance rate and POD activity of blueberry fruits in the early stage of storage. During the whole cold storage period, there was a significant positive correlation between $\cdot\text{OH}$ clearance rate and good fruit rate of 30-60 mg/L LAE treated blueberry fruits ($P<0.01$). After 15 days of cold storage, the hardness, soluble solids and reducing sugar content of blueberry treated with 30 mg/L LAE were 45.27%, 23.81% and 28.57% higher than those of the control group,

收稿日期: 2020-07-08

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAD16B03); 宁波市公益类重大专项 (2016C11009)

作者简介: 孙志栋 (1962—), 男, 教授级高级工程师, 主要研究方向为果蔬贮藏保鲜与加工。

the total acid content decreased by 37.50%, and the good fruit rate was 16.04% higher than that of the control group. Preharvest spraying 30 mg/L LAE could improve the good fruit rate of cold storage blueberry, $\cdot\text{OH}$ clearance rate of the fruit was the decision factor that affected the good fruit rate, and the fruit hardness through $\cdot\text{OH}$ clearance rate also had an indirect positive effect on the good fruit rate of blueberry.

KEY WORDS: blueberry fruit; good fruit rate; $\text{N}\alpha$ -lauroyl-L-arginine ethyl ester hydrochloride; path analysis

蓝莓属小浆果, 果实成熟时呈深蓝色或紫罗兰色, 果肉细软, 多浆汁, 口感佳, 具有独特的风味, 富含丰富的花青素、高纤维以及矿物质 K 元素, 抗氧化活性强, 能增强自身免疫力和记忆力, 延缓衰老, 去除自由基^[1-2], 还对抗炎、抗癌、高血糖、高血脂和高血压等多种慢性疾病有益, 具有较高的营养和保健功能^[3-5]。随着蓝莓受欢迎程度的提高, 生产规模不断扩大, 蓝莓销售难、易积压腐烂等问题凸显, 因而针对蓝莓的保鲜技术研究越来越受到重视。近年来研究表明, 对蓝莓果实采取杀菌保鲜措施可减少腐烂的发生, 减轻果实氧化伤害, 保持果实贮藏品质^[6]。由于蓝莓皮薄多汁, 且采后浸泡易产生机械损伤和费工, 采用采前均匀喷施的方式更为便捷及实用^[7-8]。 $\text{N}\alpha$ -月桂酰-L-精氨酸乙酯盐酸盐 (LAE) 呈白色粉末, 水溶性好, 是一种阳离子表面活性剂, 作用于微生物的细胞壁、细胞质膜及两者之间的中间层, 促使细胞膜结构发生改变, 故具有广谱的抑菌特性^[9-10]。由于 LAE 摄入人体后被迅速分解代谢为精氨酸、乙醇和月桂酸等 3 种在食物中存在的天然化合物, 作为一种新型、安全高效的食品添加剂已获得一些发达国家如美国食药监局 (FDA, 2005 年)、欧洲食品安全管理局 (EFSA, 2007 年)、联合国粮农组织和世卫组织 (FAO/WHO, 2009 年)、澳新食品标准局 (FSANZ, 2012 年) 的认证, 被广泛应用于食品^[11-16]和化妆品^[17]的防腐保鲜。国际上 LAE 作为肉制品、水产品的食品添加剂, 或作为食品消毒洗涤剂应用比较普遍^[18-20], 但在生鲜果蔬上作为采后保鲜剂应用, 尤其是果蔬采前品质提升和提高冷藏品质应用方面尚鲜有报导。文中实验对蓝莓进行不同浓度的 LAE 采前喷施处理, 考查蓝莓果实冷藏期好果率、理化品质指标, 通过逐步多元回归和通径分析方法, 解析蓝莓好果率与所考查多项指标间的有机联系, 揭示 LAE 对冷藏蓝莓的保鲜作用机理, 为解决蓝莓生产上贮藏保鲜难题提供新的思路。

1 实验

1.1 材料与设备

蓝莓采前喷施 LAE 试验于 2016 年在宁波市余姚梁弄百果园实施, 供试品种为兔眼蓝莓, LAE 药品由浙江大学实验室自制提供。其他分析用药品均购自国药集团 (上海) 化学试剂有限公司。实验在宁

波市农科院实验中心实施完成, 所用仪器设备与文献^[21]相同。

1.2 方法

蓝莓采前喷施 LAE 配制 4 个浓度梯度处理, 分别为 0 (对照组, CK 组), 30, 60, 90 mg/L。重复 5 次实验, 共 20 个。蓝莓进入成熟期后, 每行挂牌选择结果数量和植株大小一致的蓝莓植株 10 株为 1 个处理, 随机区组设计。采收前, 选择晴天上午, 对挂牌选定的处理行作相应浓度的 LAE 溶液喷施处理, 对照组喷清水, 喷施以喷雾均匀、湿果为标准, 喷后间隔 3 h, 待蓝莓果实表面水分蒸发完开始采摘, 果实选择健康、无病虫害, 成熟度一致, 每个处理采样 1 kg, 用干净蓝莓专用塑料筐盛装, 运回宁波市农科院保鲜冷库 4 °C 预冷, 然后于 2 °C 冷库冷藏 1 个月。整个实验流程如下: 采前 LAE 喷施→蓝莓采摘→分装于小框→4 °C 预冷 12 h→2 °C 冷藏 30 d (间隔 5 d 取样考查 1 次)→数据分析。

1.3 指标测定方法

蓝莓果实硬度 (Hardness, HN) 采用物性分析仪测定, 参照吴子健等^[22]方法。可溶性固形物 (Total soluble solids, TSS) 含量测定采用手持数显糖度计。可滴定酸 (Total acid, TA) 含量测定采用酸碱滴定法。还原糖 (Reducing sugar, RS) 含量测定, 采用费林试剂 (碱性酒石酸铜) 直接滴定法。果实褐变度 (Browning degree, BD) 参照韩春然等^[23]的方法。测定羟自由基 ($\cdot\text{OH}$) 清除率参照林建原等^[24]的方法。测定 1,1-二苯基-2-苦基肼自由基 (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 清除率参照杨雪梅等^[25]的方法。测定多酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, PPO) 和过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 活性均参考曹建康等^[26]的方法。蓝莓好果率计算: 硬度正常的健康果质量 / (软、烂、霉果质量 + 硬度正常的健康果质量) $\times 100\%$ 。

1.4 数据处理

以蓝莓好果率 (Y) 作为因变量, 以 HN、TSS、TA、RS、BD、 $\cdot\text{OH}$ 、DPPH 清除率, POD 和 PPO 活性等理化指标为自变量, 开展逐步多元回归分析^[27], 考察冷藏果实好果率与所测得的各种指标之间的相互关系。对入选多元回归方程的自变量因子, 作进一步的通径分析, 即将自变量与因变量之间的相关系数

分解为直接途径系数和间接途径系数, 相关系数在数值上等于直接途径系数与间接途径系数之和, 通过对各因子途径系数绝对值的大小进行比较, 以确定各自变量对因变量贡献大小的主要作用次序^[28]。引入影响蓝莓好果率的决策系数(计算公式为: $2 \times \text{相关系数} \times \text{直接作用系数} - \text{直接作用系数的平方}$)概念, 通过计算各自变量对因变量作用的决策系数值, 确定影响因变量的主要决策变量(决策系数为最大正值), 以及引起因变量波动的限制变量(决策系数为最小负值)^[29]。以上计算均通过 DPS 数据操作系统进行分析, 用 Word 2013 直接绘图。

2 结果与分析

2.1 LAE 采前喷施蓝莓对冷藏期果实相关评价指标的影响

为便于对所测的各项指标进行数据分析, 将冷藏期间 CK 与 3 个 LAE 采前处理组蓝莓好果率、理化品质指标数据, 比较时均采用样本间的指标平均值。蓝莓果实平均好果率(图 1a)以 30 mg/L LAE 采前喷施组为最高, 5~30 d 平均好果率达 72.3%, 比 CK 组的 59.7% 高 21.11%; 其次为 90 mg/L LAE 采前喷施组(71.2%)和 60 mg/L LAE 采前喷施组(66.1%), 其中贮藏 15 d 时 30 mg/L 和 90 mg/L LAE 采前喷施组好果率分别为 86.8% 和 85%, 比 CK 的 74.8% 分别高 16.04% 和 13.64%。蓝莓果实平均 HN(图 1b)以 60 mg/L LAE 采前喷施组最大(269.2 g), 比 CK 的 222.1 g 高 21.2%, 其次为 30 mg/L LAE 采前喷施组(256.0 g)和 90 mg/L LAE 采前喷施组(247.9 g)。其他品质指标如果实的 TSS, TA 和 RS 含量, 以及 BD(图 1c—f)等, 不同浓度 LAE 采前喷施组与 CK 之间的平均值差异均较小。

2.2 不同浓度 LAE 采前喷施蓝莓组对冷藏期果实抗氧化性和酶活性的影响分析

果实平均·OH 清除率(图 1g)大小依次为 90 mg/L LAE 采前喷施组(51.0%)>CK(47.7%)>60 mg/L LAE 采前喷施组(44.6%)>30 mg/L LAE 采前喷施组(44.5%); 不同采前喷施组果实平均 DPPH 自由基清除率与 CK 差异不大(图 1h)。不同采前喷施组果实 POD(图 1i)平均活性大小依次为 30 mg/L LAE 喷施组(54.7 U/(min·g))>60 mg/L LAE 喷施组(52.6 U/(min·g))>90 mg/L LAE 喷施组(51.7 U/(min·g)), CK 最低(32.5 U/(min·g))。不同采前喷施组果实 PPO(图 1j)平均活性大小依次为 30 mg/L LAE 喷施组(62.0 U/(min·g))>90 mg/L LAE 喷施组(47.8 U/(min·g))>60 mg/L LAE 喷施组(42.7 U/(min·g)), CK 最低(38.1 U/(min·g))。不同浓度 LAE 采前喷施处理组蓝莓, POD 和 PPO 的平均活性均比 CK 明显增大。

2.3 LAE 采前喷施组蓝莓冷藏好果率与有关指标的相关分析

用逐步多元回归法分析蓝莓冷藏好果率(y)与果实理化指标(x)之间的关系, 见表 1。由表 1 可知, CK 仅 1 个变量(TSS)与蓝莓好果率有显著的负相关性($n=5$, $r=-0.816$, $P=0.0476$); 2 个不同浓度 LAE 采前喷施组的蓝莓好果率与所选指标之间的逐步多元回归方程均有效(复相关系数 $R \geq 0.9950$, $P \leq 0.0336$), 所选多元回归方程的 2 个指标分别为果实·OH 清除率和 POD 活性。再进一步途径分析, 通过比较变量因子之间的决策系数值大小, 发现影响 30 mg/L 和 60 mg/L LAE 采前喷施组蓝莓冷藏好果率的决策因子均为果实·OH 清除率, 构成蓝莓好果率波动的限制因子均为 POD 活性。

2.4 LAE 采前喷施组蓝莓冷藏好果率的途径分析

为分析决策因子和限制因子对蓝莓好果率的影响机制, 作进一步途径分析见表 2, 30 mg/L LAE 采前喷施组蓝莓影响好果率最大的直接作用因子是·OH 清除率, 作用系数为 0.696。通过果实 HN 对蓝莓好果率产生较大的间接正向作用, 致使·OH 清除率对蓝莓好果率的综合作用最大, 两者之间的相关系数达到 0.968; 同时, 果实 HN 通过·OH 清除率对蓝莓好果率也产生较大的间接正向作用达 0.508。影响蓝莓好果率最大的间接作用因子是 POD 活性, 作用系数总和为-0.512, 主要通过果实 HN 和·OH 清除率产生一定的间接负向作用。根据决策系数值大小和偏相关系数达到的显著性, 果实·OH 清除率成为影响蓝莓好果率 $[r(y, x(\cdot\text{OH}))=0.9761$, $P=0.0239]$ 的主要决策因子; 而 POD 活性与蓝莓好果率的偏相关系数 $[r(y, x(\text{POD}))=0.7825$, $P=0.2175]$ 未达到显著水平, 不构成影响好果率波动的限制因子。

60 mg/L LAE 采前喷施组蓝莓影响好果率最大的直接作用因子也是·OH 清除率, 见表 3。由表 3 可知, 作用系数达 1.584 时, 果实 POD 活性对蓝莓好果率产生较大的间接负向作用, 作用系数为-0.820, ·OH 清除率对蓝莓好果率的综合作用依然最大, 两者之间的相关系数达 0.957。影响蓝莓好果率最大的间接作用因子也是 POD 活性, 作用系数总和达-1.926, 但与 30 mg/L LAE 采前喷施组蓝莓不同的是, 其主要通过果实·OH 清除率和 RS 含量产生较大的间接负向作用。根据决策系数值大小和偏相关系数达到的显著性, 果实·OH 清除率成为影响蓝莓好果率 $[r(y, x(\cdot\text{OH}))=0.9992$, $P=0.0259]$ 的主要决策因子; POD 活性与蓝莓好果率的偏相关系数 $[r(y, x(\text{POD}))=0.9954$, $P=0.0612]$ 未达到显著水平, 同样不构成影响好果率波动的限制因子。

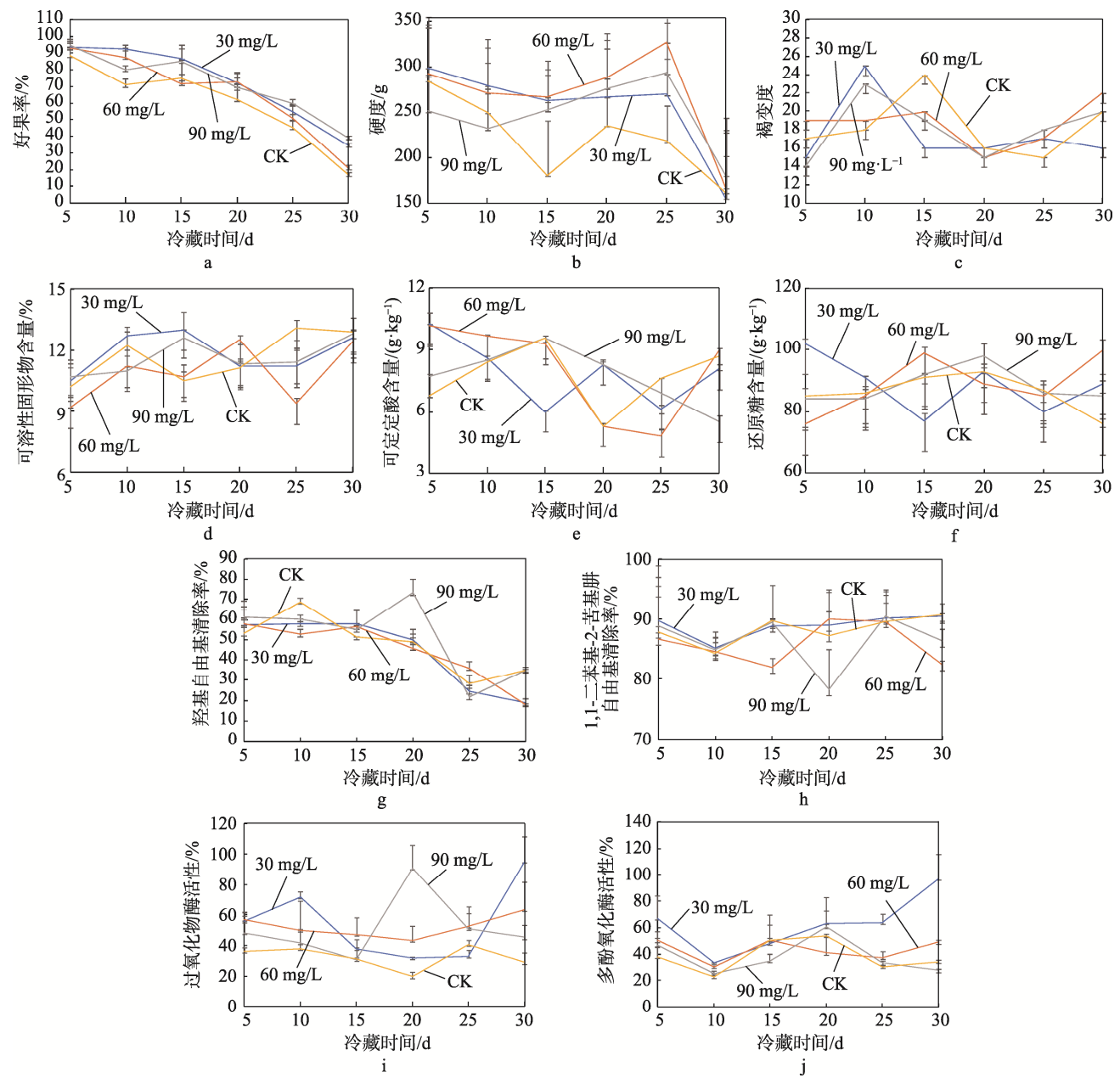


图 1 LAE 处理对冷藏蓝莓果实理化品质指标的影响
Fig.1 Effects of LAE treatment on fruit physicochemical quality indexes of cold storage blueberry

表 1 LAE 采前喷施蓝莓对冷藏期好果率 (Y) 与有关指标 (X) 之间的相关分析
Tab.1 Multiple stepwise regression equations of good fruit rate (Y) and fruit related indexes (X) on blueberry of LAE pre-treatment before-harvest in cold storage

处理浓度/ (mg·L ⁻¹)	多元回归方程	重要因子		R	P
		决策(系数)	限制(系数)		
0 (CK)	y= 254.9-16.7x(TSS)				
30	y=-31.1+0.2x(HN)+0.9x(·OH)+0.2x(POD)	·OH 清除率 (0.863)	POD(-0.151)	0.995	0.015
60	y=-607.1+43.8x(RS)+2.8x(·OH)+5.1x(POD)-2.4x(PPO)	·OH 清除率 (0.521)	POD(-3.412)	0.9998	0.0336
90	—				

表2 30 mg/L LAE 采前喷施组蓝莓冷藏好果率的通径分析

Tab.2 Path analysis of effect of 30 mg/L LAE pretreatment before-harvest on blueberry good fruit rate in cold storage

因子	相关系数	直接作用	间接作用总和	间接作用		
				→ HN	→ ·OH	→ POD
HN	0.839	0.448	0.391		0.508	-0.118
·OH	0.968	0.696	0.272	0.327		-0.055
POD	-0.334	0.178	-0.512	-0.296	-0.216	

注：决策系数·OH(0.863) > HN(0.551) > POD(-0.151)

表3 60 mg/L LAE 采前喷施组蓝莓冷藏好果率的通径分析

Tab.3 Path analysis of effect of 60 mg/L LAE pretreatment before-harvest on blueberry good fruit rate in cold storage

因子	相关系数	直接作用	间接作用总和	间接作用			
				→ RS	→ ·OH	→ POD	→ PPO
RS	0.083	0.930	-0.847		0.262	-1.034	-0.075
·OH	0.957	1.584	-0.628	0.154		-0.820	0.038
POD	-0.545	1.381	-1.926	-0.696	-0.941		-0.289
PPO	-0.209	-0.752	0.543	0.093	-0.081	0.531	

注：决策系数·OH(0.521) > PPO(-0.251) > RS(-0.711) > POD(-3.412)

3 讨论

果实生命活动所需的能量由机体的氧化过程提供，同时也伴随着各种氧自由基如羟自由基(·OH)、过氧化自由基(·O₂)等的产生，其中以·OH 自由基的活性最强，能对细胞质内组分产生影响，影响酶活性，导致过氧化脂质，对机体蛋白质、DNA 和脂质发生破坏性作用^[30]。LAE 具有广谱的抑菌特性，与温度、pH 等作用因子一样也会诱发微生物细胞产生应激状态，通过细胞壁结构干扰代谢，但 LAE 的作用具有时效性，随着时间的延长，细胞结构的应激状态就会消失，且 LAE 的抑菌效果与微生物种类和接触时间有关^[11]。由文中实验可见，蓝莓果实经 LAE 采前喷施处理后，在冷藏前期保持较高的·OH 清除率，与蓝莓好果率之间呈现极显著的正相关关系，如 30 mg/L LAE 采前喷施处理组冷藏 15 d 时的·OH 清除率为 58.1%，好果率达 86.8%，而在冷藏后期，果实的·OH 清除率和好果率均快速下降。这从贮藏过程中蓝莓果实的 RS 含量消长变化也得到证实，CK 蓝莓在贮藏 5 d 时的 RS 含量就达到了峰值，而 3 个不同浓度 LAE 采前喷施处理组蓝莓的 RS 含量均在 15 d 以后出现峰值。由此可见，经 LAE 处理的蓝莓，在冷藏前期果实体内的 RS 积累较少，即氧化消耗的有机物较少^[31]，由此产生的·OH 自由基数量也减少，果实对·OH 自由基有较高的清除率，好果率也随之提高；反之，在冷藏后期，随着 LAE 作用的失效，恢复原状的微生物诱导果实体内氧化有机物产生

的·OH 自由基数量则增加，·OH 清除率下降。POD 是植物组织遭受病原菌侵害时诱导产生的清除活性氧酶系统的重要组成部分^[31]，LAE 采前喷施组的蓝莓果实冷藏过程中 POD 的平均活性明显高于 CK 组，说明采前喷施 LAE 能有效地提高清除自由基的能力，抑制采后蓝莓果实的成熟软化，这与采前喷施杀菌剂 ClO₂ 溶液^[7]和纳他霉素^[8]均能有效地抑制果实 POD 活性的下降，推迟蓝莓鲜果的硬度、可溶性固形物含量和可滴定酸含量的下降，抑制蓝莓果实腐烂率上升的机理相同；与作为天然抑菌剂的中药提取物保鲜采后水果的机理相似^[32-33]。综上所述，随着 LAE 处理浓度的提高，冷藏蓝莓的 POD 活性反而呈下降的趋势，且通过·OH 清除率和还原糖含量对蓝莓果实产生间接负向作用的程度逐渐增大，造成 60, 90 mg/L LAE 处理组冷藏蓝莓好果率有较大的波动性，因此，30 mg/L LAE 为最佳采前喷施浓度。

4 结语

采前喷施 LAE 能提高蓝莓冷藏期的好果率，减少冷藏前期果实体内有机物的氧化消耗，有效保持果实较高的 HN，·OH 自由基清除率和 POD 活性。LAE 最佳采前喷施浓度为 30 mg/L，蓝莓在 2 °C 冷藏 15 d 时的的好果率 86.8% 比 CK 高 16.04%，果实 HN 比 CK 高 45.27%，TA 下降 37.50%，TSS 和 RS 含量均达到峰值，处于最佳食用期。果实的·OH 自由基清除率是影响蓝莓好果率的主要决策因子，果实 HN 通过·OH 自由基清除率对蓝莓好果率产生较大的间接正向作

用。文中研究结果为采前喷施新型安全保鲜剂 LAE 提高蓝莓冷藏性能提供了新的思路。

参考文献:

- [1] ESPOSITO D, CHEN A, GRACE M H. Inhibitory Effects of Wild Blueberry Anthocyanins and Other Flavonoids on Biomarkers of Acute and Chronic Inflammation in Vitro[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 62(29): 7022—7028.
- [2] STRÖHER D J, ESCOBAR-PICCOLIICCOLI J D C, GÜLLICH A A D C, et al. 14 Days of Supplementation with Blueberry Extract Shows Anti-Atherogenic Properties and Improves Oxidative Parameters in Hypercholesterolemic Rats Model[J]. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2015, 66(5): 559—568.
- [3] KAMIMOTO M, SHIMAMOTO T, SIMAMOTO T, et al. Antimicrobial Effects of Blueberry, Raspberry, and Strawberry Aqueous Extracts and Their Effects on Virulence Gene Expression in *Vibrio Cholerae*[J]. *Phytother Res*, 2015, 29(11): 1791—1797.
- [4] LIU Y, ZHANG D, HU J, et al. Visible Light-Induced Lipid Peroxidation of Unsaturated Fatty Acids in the Retina and the Inhibitory Effects of Blueberry Polyphenols[J]. *J Agr Food Chem*, 2015, 63(42): 9295—9305.
- [5] LI D, LI B, MA Y, et al. Polyphenols, Anthocyanins and Flavonoids Contents and the Antioxidant Capacity of Various Cultivars of Highbush and Half-High Blueberries[J]. *J Food Compos Anal*, 2017, 62: 84—93.
- [6] 王卓. 低温等离子体、短波紫外、臭氧水对蓝莓杀菌和保鲜效果的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2018: 51—59.
WANG Zhuo. Inactivation and Preservation Effects of Cold Plasma on Blueberries, and Comparison with UV-C and Aqueous Ozone Treatments[J]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2018: 51—59.
- [7] 谢国芳, 王瑞, 刘晓燕. 采前喷施二氧化氯处理对蓝莓保鲜效果的影响[J]. *现代食品科技*, 2014, 30(6): 207—213.
XIE Guo-fang, WANG Rui, LIU Xiao-yan. Effect of Preharvest Sprayed Treatment with Chlorine Dioxide on Preservation of Blueberry During Storage[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(6): 207—213.
- [8] 曹森, 吉宁, 巴良杰, 等. 采前喷施保鲜剂对蓝莓贮藏品质的影响[J]. *食品与机械*, 2020, 36(5): 146—150.
CAO Sen, JI Ning, BA Liang-jie, et al. Effects of Preharvest Different Preservatives Spraying on Postharvest Storage Quality of Blueberry[J]. *Food & Aachinery*, 2020, 36(5): 146—150.
- [9] BECERRIL R, MANSO S, NERIN C R, et al. Antimicrobial Activity of Lauroyl Arginate Ethyl (LAE), Against Selected Food-Borne Bacteria[J]. *Food Control*, 2013, 32(2): 404—408.
- [10] SIMONE N, DARIA W, NADJA S, et al. Antimicrobial Effect of Lauroyl Arginate Ethyl on *Escherichia Coli* O157:H7 and *Listeria Monocytogenes* on Red Oak Leaf Lettuce[J]. *European Food Research and Technology*, 2017, 243(5): 879—887.
- [11] 张赛赛, 张璐, 沙莎, 等. 一种新型食品防腐剂—L-月桂酰精氨酸盐酸盐乙醇酯[J]. *食品工业科技*, 2009, 30(11): 357—359.
ZHANG Sai-sai, ZHANG Lu, SHA Sha, et al. A New Food Preservative—*N*-Lauroyl-L-Arginine Ethyl Ester Monohydrochloride[J]. *Science and Technology of Industry*, 2009, 30(11): 357—359.
- [12] SHEN Q, SONI K A, NANNAPANENI R. Stability of Sublethal Acid Stress Adaptation and Induced Cross Protection Against Lauric Arginate in *Listeria Monocytogenes*[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2015(203): 49—54.
- [13] PATTANAYAIYING R, H-KITTIKUN A, CUTTER CN. Incorporation of Nisin Z and Lauric Arginate Into Pullulan Films to Inhibit Foodborne Pathogens Associated with Fresh and Ready-to-Eat Muscle Foods[J]. *Int J Food Microbiol*, 2015(207): 77—82.
- [14] BECERRIL R, MANSO S, NERIN C, 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 Control*, 2013, 32(2): 404—408.
- [15] NURIA M, NINO T, MYRIAM L, et al. Influence of Fat Addition on the Antimicrobial Activity of Sodium Lactate, Lauric Arginate and Methylparaben in Minced Meat[J]. *International Journal of Food*, 2015(215): 86—94.
- [16] MA Q, ZHANG Y, CRITZER F, et al. Quality Attributes and Microbial Survival on Whole Cantaloupes with Antimicrobial Coatings Containing Chitosan, Lauric Arginate, Cinnamon Oil and Ethylenediaminetetraacetic Acid[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2016(235): 103—108.
- [17] 胡文静, 裴双秀. 新型化妆品用防腐剂月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐研究进展[J]. *北京日化*. 2015(2): 22—24.
HU Wen-jing. Research Progress of New Preservative Lauroyl Arginine Ethyl Ester Monohydrochloride for Cosmetics[J]. *Beijing Ri Hua*, 2015(2): 22—24.
- [18] ANURAJ T S, RAMA N, AARON K, et al. Reduction of *Salmonella* on Chicken Meat and Chicken Skin by Combined or Sequential Application of Lytic Bacteriophage with Chemical Antimicrobials[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2015(207): 8—15.
- [19] KANG J, STASIEWICZ M J, MURRAY D, et al. Optimization of Combinations of Bactericidal and Bacte-

- riostatic Treatments to Control *Listeria Monocytogenes* on Cold-Smoked Salmon[J]. *Int J Food Microbiol*, 2014(179): 1—9.
- [20] SIMONE N, DARIA W, NADJA S, et al. Antimicrobial Effect of Lauroyl Arginate Ethyl on *Escherichia Coli* O157:H7 And *Listeria Monocytogenes* on Red Oak Leaf Lettuce[J]. *European Food Research and Technology*, 2017, 243(5): 879—887.
- [21] 孙志栋, 焦云, 李共国, 等. 采前喷施纳米钛提升冷藏杨梅品质及其通径分析[J]. *核农学报*, 2020, 34(9): 2003—2010.
- SUN Zhi-dong, JIAO Yun, LI Gong-guo, et al. Path Analysis of Pre-Harvest Spraying Rutile TiO₂ to Enhance the Quality of Summer Storage *Myrica Rubra*[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2020, 34(9): 2003—2010.
- [22] 吴子健, 高佳乐, 李共国, 等. 1-MCP 影响冷藏期蓝莓好果率的通径分析[J]. *食品工业*, 2018, 39(6): 211—215.
- WU Zi-jian, GAO Jia-le, LI Gong-guo, et al. Path Analysis of Marketable Fruit Rate in Blueberry Regulated by 1-MCP during Cold Storage[J]. *Food industry*, 2018, 39(6): 211—215.
- [23] 韩春然, 吕海秀, 俞晓芸. 酶促褐变对贮藏期间蓝莓汁品质的影响[J]. *农产品加工(学刊)*, 2014 (20): 5—8.
- HAN Chun-ran, LYU Hai-xiu, YU Xiao-yun. Effect of Enzymatic Browning on the Quality of Blueberry Juice During Storage[J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2014(20): 5—8.
- [24] 林建原, 陶志华, 朱钊汕. 杨梅叶中总黄酮提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. *食品科学*, 2011, 32(20): 26—29.
- LIN Jian-yuan, TAO Zhi-hua, ZHU Shan-shan. Extraction and Antioxidant Activity Evaluation of Total Flavonoids from Bayberry (*Myrica Rubra* Sieb. et Zucc.) leaves[J]. *Food Science*, 2011, 32(20): 26—29.
- [25] 杨雪梅, 尹燕雷, 冯立娟, 等. 鲜切石榴籽粒冷藏效果及有机酸组分含量比较研究[J]. *山东农业科学*, 2016, 48(3): 114—119.
- YANG Xue-mei, YIN Yan-lei, FENG Li-juan, et al. Comparative Study of Cold Storage Effects and Organic Acid Component Contents in Fresh Cut Seeds of Different Pomegranate Varieties[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2016, 48(3): 114—119.
- [26] 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: 100—105.
- CAO Jiang-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Postharvest Physiological and Biochemical Experimental Guidance for Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 100—105.
- [27] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统—实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 636—644.
- TANG Qi-yi, FENG Ming-guang. DPS Data Processing System-Experimental Design, Statistical Analysis and Data Mining[M]. Beijing: Science Press, 2002: 636—644.
- [28] 陈鹏, 叶辉, 刘建宏. 云南瑞丽桔小实蝇成虫种群数量变动及其影响因子分析[J]. *生态学报*, 2006, 26(9): 2801—2809.
- CHEN Peng, YE Hui, LIU Jian-hong. Population Dynamics of *Bactrocera Dorsalis* (Diptera: Tephritidae) Along with Analysis on the Factors Influencing the Population in Ruili, Yunnan Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(9): 2801—2809.
- [29] 袁志发, 周静芋, 郭满才, 等. 决策系数——通径分析中的决策指标[J]. *西北农林科技大学学报*, 2001, 29(5): 131—133.
- YUAN Zhi-fa, ZHOU Jing-yu, GUO Man-cai, et al. Decision Coefficient the Decision Index of Path Analysis[J]. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry*, 2001, 29(5): 131—133.
- [30] 吴南, 任凤莲, 吴心传. H₂O₂-CO₂+产生的羟自由基的溴邻苯三酚红氧化法检测[J]. *分析测试学报*, 2001, 20(2): 52—55.
- WU Nan, REN Feng-lian, WU Xin-chuan. Assay of Hydroxyl Radical produced in H₂O₂-CO₂+ Reaction System by Spectrophotometry with Bromopyrogallol Red[J]. *Journal of Instrumental Analysis*, 2001, 20(2): 52—55.
- [31] 张恒, 许兆棠, 李文谦, 等. 还原糖及维生素 C 含量变化与香蕉霉变进程的关系[J]. *中国南方果树*, 2012, 41(2): 71—74.
- ZHANG Heng, XU Zhao-tang, LI Wen-qian, et al. The Relationship Between the Change of Reducing Sugar and Vitamin C Content and the Process of Banana Moulding[J]. *South China Fruits*, 2012, 41(2): 71—74.
- [32] 廖珏, 何军, 王永宏, 等. 不同中药提取物对番茄果实采后保鲜活性及适宜浓度筛选[J]. *西北植物学报*, 2013, 33(8): 1682—1690.
- LIAO Jue, HE Jun, WANG Yong-hong, et al. Evaluation of Fresh-Keeping Activity of Chinese Herbal Medicine Extracts and Optimal Concentrations Test on Postharvest Tomatoes Fruits[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2013, 33(8): 1682—1690.
- [33] 陈楚英, 陈明, 付永琦, 等. 丁香提取液可食性复合涂膜对新余蜜橘常温保鲜效果的影响[J]. *现代食品科技*, 2014, 30(2): 117—123.
- CHEN Chu-ying, CHEN Ming, FU Yong-qi, et al. Preservation of Postharvest Xinyu Tangerine Coated with Edible Compounds from Clove Extracts Under Ambient Temperature Storage[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(2): 117—123.