

细菌素Plantarum C010在冷却猪肉及果蔬防腐保鲜中的应用

王竞虎¹, 姚明印², 张漫敏³, 贺梁¹, 刘豫¹, 程新¹, 黄林^{1,2*}

(1. 江西农业大学生物科学与工程学院, 江西省农业微生物资源开发与利用工程实验室, 江西农业大学应用微生物研究所, 江西南昌 330045) (2. 江西农业大学工学院, 江西省现代农业装备重点实验, 江西南昌 330045) (3. 嘉应学院生命科学学院, 广东梅州 514015)

摘要: 针对冷却猪肉及果蔬贮藏过程中易腐败变质导致损耗危害等问题。试验以细菌素 Plantarum C010 与乳酸链球菌素 (Nisin) 比对, 探究其对冷却猪肉、葡萄、芒果、黄瓜及线椒的防腐保鲜作用。结果表明, 细菌素 Plantarum C010 以 12.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 处理冷却猪肉在 4 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏 9 d 时, 其 TVB-N、TVC、尸胺、腐胺、组胺含量分别为 14.37 mg/100 g、6.70 lg CFU/g、10.02、12.87、0.67 mg/kg。货架期较 CK 组和 2 mg/mL Nisin 处理组分别延长了 6 d 和 4 d; 同时, 当细菌素 Plantarum C010 以 6.25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 处理葡萄和芒果、12.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 处理黄瓜、3.125 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 处理线椒时, 其保鲜效果最好。在贮藏至 16 d 时, 其腐败指数分别为 4.69%、43.84%、16.77% 和 10.80%, 较 CK 和 Nisin 处理组分别下降了 30.72%、47.33%、57.80%、26.53% 和 55.50%、32.41%、62.63%、38.32%, 且较好的维持四种果蔬的硬度, 减缓失重率。综上所述, 细菌素 Plantarum C010 不仅对冷却猪肉具有较好的保鲜效果, 也能有效减少 4 种果蔬 (黄瓜、葡萄、芒果、线椒) 水分的流失、延缓果蔬腐败。该结果为食品防腐保鲜领域提供了一个新的、天然的解决方案。

关键词: 细菌素 Plantarum C010; 冷却猪肉; 果蔬; 保鲜作用

文章编号: 1673-9078(2025)02-124-133

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.2.0006

Application of *Lactobacillus plantarum* C010 Bacteriocin in the Preservation of Chilled Pork and Fruits and Vegetables

WANG Jinghu¹, YAO Mingyin², ZHANG Manmin³, HE Liang¹, LIU Yu¹, CHENG Xin¹, HUANG Lin^{1,2*}

(1.College of Biological Science and Engineering, Jiangxi Agricultural University, Jiangxi Engineering Laboratory for the Development and Utilization of Agricultural Microbial Resources, Institute of Applied Microbiology, Nanchang 330045, China)(2.College of Engineering, Jiangxi Agricultural University, Jiangxi Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment, Nanchang 330045, China)(3.School of Life Sciences, Jiaying University, Meizhou 514015, China)

引文格式:

王竞虎,姚明印,张漫敏,等.细菌素Plantarum C010在冷却猪肉及果蔬防腐保鲜中的应用[J].现代食品科技,2025, 41(2):124-133.

WANG Jinghu, YAO Mingyin, ZHANG Manmin, et al. Application of *Lactobacillus plantarum* C010 bacteriocin in the preservation of chilled pork and fruits and vegetables [J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(2): 124-133.

收稿日期: 2024-01-02

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目 (31560482); 江西省研究生创新专项资金项目 (YC2020-S250)

作者简介: 王竞虎 (1998-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品 / 农产品保鲜剂品质安全无损检测研究, E-mail: xywjh1998@126.com

通讯作者: 黄林 (1977-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品 / 农产品品质安全无损检测及微生物发酵调控研究, E-mail: huanglin213@126.com

Abstract: Chilled pork and fruits and vegetables are prone to spoilage during storage, leading to food losses and safety hazards. To address this challenge, the preservation effects of *Lactobacillus plantarum* C010 bacteriocin and nisin were compared in chilled pork, grapes, mangoes, cucumbers, and line peppers. The results showed that when chilled pork was treated with *L. plantarum* C010 bacteriocin at 12.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and stored at 4 $^{\circ}\text{C}$ for 9 days, the total volatile basic nitrogen content; total viable count; and contents of cadaverine, putrescine, and histamine were 14.37 mg/100 g, 6.70 lg-CFU/g, 10.02, 12.87, and 0.67 mg/kg, respectively. Additionally, the shelf life was extended by 6 and 4 days compared with those of the CK group and 2 mg/mL nisin treatment groups, respectively. The preservation effects on grapes, mangoes, cucumbers, and line peppers were superior following treatment with *L. plantarum* C010 bacteriocin at 6.25, 6.25, 12.50, and 3.125 $\mu\text{g}/\text{mL}$, respectively. After storage for 16 days, the decay indices of the fruits and vegetables were 4.69%, 43.84%, 16.77%, and 10.80%, respectively. These values decreased by 30.72%, 47.33%, 57.80%, and 26.53%, respectively, compared with those in the CK group. Similarly, they were 55.50%, 32.41%, 62.63%, and 38.32% smaller than the respective values in the nisin treatment group. Furthermore, *L. plantarum* C010 bacteriocin preserved the firmness of the four types of fruits and vegetables and slowed the weight loss rates. In summary, *L. plantarum* C010 bacteriocin not only exhibits good preservation effects on chilled pork but also reduces the water loss and decay of four types of fruits and vegetables (grapes, mangos, cucumbers, and line peppers). The results provide a natural solution for preserving foods.

Key words: *Lactobacillus plantarum* C010 bacteriocin; chilled pork; fruit and vegetable; preservation

猪肉、水果、蔬菜已经成为人们日常生活的必需品,但这些食品在贮藏过程中易腐败变质,变质猪肉、果蔬不但营养价值下降导致损耗,甚至具有毒性危及消费者的健康。目前,食品保鲜主要有化学保鲜法和物理保鲜法,但化学保鲜剂长期使用会引起食品微生物产生抗药性,且过量使用会导致食品药剂残留,对消费者健康造成潜在危害^[1]。物理保鲜法多采用低温冷藏、气调储藏、辐照保鲜等^[2],但由于成本高、冷害问题等限制了其工业化运用。因此为了延长猪肉及果蔬的货架期,提高其品质安全,寻找安全高效且无毒的保鲜剂及保鲜方式是研究者急需解决的问题^[3]。

细菌素是由细菌通过核糖体途径合成的蛋白类抗菌物质^[4,5]。近年来,细菌素作为一种潜在的新型抗菌剂,受到了越来越多的研究和关注^[6]。细菌素已被应用于食品工业、临床医疗、兽医领域等^[7]。细菌素的应用已稳步向含细菌素粉末^[8]、产细菌素的菌株作为发酵启动培养物^[9],或包含细菌素的生物膜^[10]等方向扩散。目前研究产细菌素最多的是乳酸菌(Lactic Acid Bacteria, LABs)^[11],由LAB产生的细菌素被普遍认为是安全的(GRAS)^[12]。其中,由乳酸链球菌产生的乳酸链球菌素(Nisin)是目前许多国家批准允许使用的一类食品添加剂,但其抑菌谱较窄,只对革兰氏阳性细菌具有良好的抑菌效果。所以寻找抑菌谱广、保鲜效果更好的细菌素是有必要的。

植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)是自然界分布广泛且可以产细菌素的一种乳酸菌^[13],植物乳杆菌所产细菌素具有抑菌谱广和安全无毒而成为新型生物防腐剂研究的重点^[14]。课题组此前从新鲜牛粪中分离鉴定出*L. plantarum* C010^[15],并从其液体发酵液中分离纯化出的植物乳杆菌素命名为Plantarum C010,其对革兰氏阳性细菌、革兰氏阴性菌均具有较强抑制作用,且耐热性强、耐强酸,对氧化氢酶、脂肪酶、淀粉酶及蛋白酶等耐受性强,在前期研究中,其对特定猪肉致腐菌*P. koreensis* PS1和*B. fusiformis* J4抑菌圈直径分别为15.12和18.46 mm^[16]。在此基础上本研究进一步将细菌素Plantarum C010与Nisin对冷却猪肉、葡萄、芒果、黄瓜、线椒等进行保鲜试验,探究细菌素Plantarum C010的保鲜效果,为细菌素Plantarum C010的开发应用提供数据基础和理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜冷却里脊肉来自于不同的长白猪,黄瓜、芒果、线椒、葡萄均购于江西省南昌市经济技术开发区某超市。

细菌素Plantarum C010冻干粉,由课题组自行分离纯化制备;Nisin标准品(1 000 IU/mg),美国Sigma公司。

1.2 仪器设备

1260 高效液相色谱仪, 美国 Agilent 公司; SPX-250 恒温培养箱, 浙江宏泰医疗器械有限公司; DGL-50B 立式压力灭菌锅, 深圳三莉科技有限公司; SW-CJ-2G 超净工作台, 苏州净化设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 试剂的配制

细菌素 Plantarum C010: 选用对冷却猪肉特定优势致腐菌 *Pseudomonas koreensis* PS1^[17] 的最小抑菌浓度 12.50 μg/mL 作为试验的保鲜质量浓度, 同时选择 6.25、3.125 μg/mL 为试验梯度, 分别简称为 MIC、1/2MIC 及 1/4MIC。

对照组: 参照国家标准 GB 2760-2014^[18] 的添加剂量配制 2 mg/mL Nisin 溶液为阳性对照组 (简称 Nisin)。

空白对照组: 无菌生理盐水 (CK)。

1.3.2 肉样的处理

在严格的无菌条件下, 将新鲜冷却里脊肉去除筋、膜及脂肪, 切割成 10 cm×8 cm×1.5 cm 质量约 120 g 的肉块, 分为 6 组, 每组 20 个肉样, 分别在上述不同保鲜剂中浸泡 1 min, 取出沥干, 置于保鲜袋中 4 °C 冰箱中保藏。

1.3.3 果蔬的处理

选取质量、大小相近、表面完好无损的葡萄、芒果、黄瓜、线椒分别分为 6 组 (其中葡萄约 500 g 一份, 芒果、黄瓜、线椒五个一份), 每组三个重复。分别在上述不同保鲜剂中浸泡 5 min, 取出沥干, 放入 25 °C 环境中保存。

1.3.4 猪肉相关指标的测定

采用 GB 5009.228-2016^[19] 中凯氏定氮法测定总挥发性盐基氮 (TVB-N) 含量; 采用 GB/T 4789.2-2016^[20] 中的平板菌落计数法测定细菌总数; 参照张殿伟^[21] 的方法进行改进: 配制尸胺、组胺和腐胺的标准品, 分别测定各标品的浓度标准曲线及混标液相图, 用丹磺酰氯进行衍生化, 之后使用高效液相色谱仪测定生物胺含量。

1.3.5 果蔬相关指标的测定

1.3.5.1 腐败指数

根据果蔬腐败程度, 将其分为 4 个等级: 0 级: 完好无腐败; 1 级: 腐败面积占比少于 10%; 2 级: 腐败面积占比为 10%~30%; 3 级为腐败面积占比大

于 30%, 并以公式计算:

$$C = \sum \frac{L \times N_1}{L_m \times N_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

C —果蔬腐败指数, %;

L —腐败级别;

N_1 —该级果实数量;

L_m —最高腐败级别;

N_0 —总果实数。

1.3.5.2 失重率

每隔 3 d 取样测定样品质量, 并以如下公式计算其失重率:

$$W = \frac{m_0 - m_n}{m_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

W —处理第 n 天的失重率, %;

m_0 —原质量, g;

m_n —贮藏第 n 天的质量, g。

1.3.5.3 色泽

每隔 3 d 对样品色泽变化进行观察记录。

1.3.5.4 硬度

每隔 3 d 使用水果硬度计 (0.1 cm² 探针) 测量样品的硬度, 由于相同品种水果的初始值存在细微差异, 为了降低差异, 每个样品平行测定 8 次并以不同处理组的硬度值平均值作为测定值。

1.3.6 数据处理及分析

采用 SPSS 统计分析软件进行单因素方差分析及差异性显著分析, $P < 0.05$ 表示差异性显著; 使用 Origin 2021 软件进行绘图。

2 结果与讨论

2.1 肉样 TVB-N、TVC 含量测定结果

TVB-N 是肉品蛋白质分解生成氨及胺类等含氮物质的总和, 通常随着肉品贮藏时间的延长而增加^[22], TVB-N 含量越高, 则表示肉品腐败程度越大。图 1a 所示, 各肉样的 TVB-N 含量随着贮藏时间的延长, 均呈现递增趋势。依据国标 GB2707-2016^[23], 新鲜猪肉的 TVB-N ≤ 15 mg/100 g。至 3 d 时, CK 组肉样 TVB-N 含量为 14.64 mg/100 g, 接近国标要求的新鲜肉类临界值。5 d 后, MIC 处理组肉样 TVB-N 显著低于其他处理组 ($P < 0.05$), 至 9 d 时其 TVB-N 含量为 14.37 mg/100 g。由此可见, 随着细菌素 Plantarum C010 质量浓度的增加, 可以有

效延长猪肉的货架期。MIC 组比 CK 组延长 6 d, 比 Nisin 延长 4 d。Cai 等^[24]研究表明: 随着肉品贮藏时间的增加, 细菌大量繁殖, 部分微生物产生胞外蛋白酶, 造成肌肉蛋白质和非蛋白质含氮化合物发生分解, 就会产生肉中氨、二甲胺、三甲胺等物质。而 TVB-N 含量与这些物质的含量相关, 这与何叶子等^[25]研究的一致。

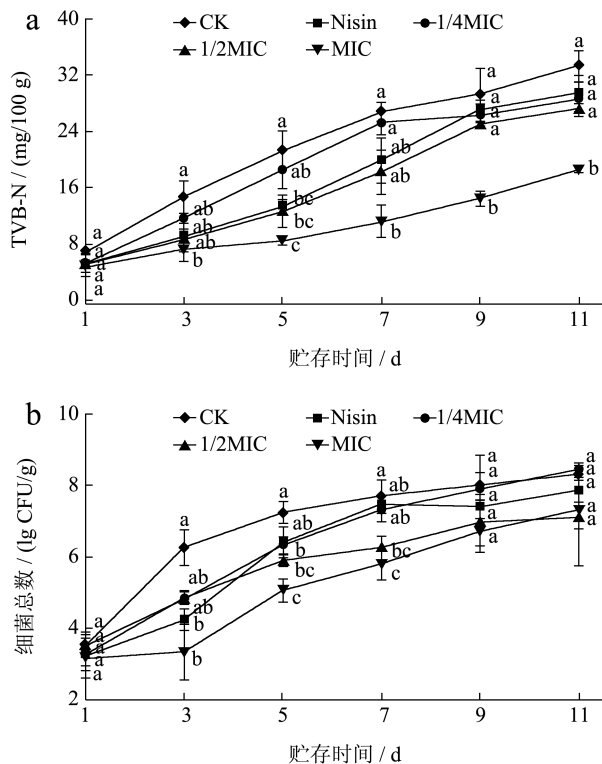


图 1 肉样 TVB-N、细菌总数含量随贮藏时间的变化

Fig.1 Changes of TVB-N and TVC value in pork samples with storage time

注: 小写字母不同表示同样贮藏时间数据差异显著 ($P < 0.05$)。

细菌总数是反映猪肉的新鲜度的重要指标。依据国家标准 GB/T9959.2-2008《分割 鲜冻猪瘦肉》^[26], 新鲜猪肉的细菌总数应小于 6.0 lg CFU/g。图 1b 所示, 至 3 d 时, CK 组肉样细菌总数达到 6.26 lg CFU/g, 而此时其他处理组肉样细菌总数显著低于 CK 对照组 ($P < 0.05$), 均在鲜肉等级, 说明细菌素 Plantarum C010 和 Nisin 处理对肉样均具有一定的保鲜作用。若以细菌总数 6 lg CFU/g 为指标, CK、Nisin、1/4MIC、1/2MIC、MIC 等处理组对冷却猪肉货架期维持时间分别为 3、5、5、7、9 d, 这与 TVB-N 的结果一致, 何叶子等^[25]也有相似结果。Zhao 等^[27]研究结果表明, 猪肉在 4 °C 贮藏过程中, 以假单胞菌为优势致腐菌, 芽孢杆菌、肠杆菌、热

杀索丝菌和不动杆菌也会不同程度的影响猪肉腐败。Dai 等^[15]研究结果表明, 细菌素 Plantarum C010 不仅对梭状芽孢杆菌 (*Bacillus fusiformis* J4) 等革兰氏阳性菌具有较强的抑菌能力, 并且对于大肠杆菌 (*Escherichia coli* ATC-1)、不动杆菌 (*Acinetobacter* Z3)、恶臭假单胞菌 (*Pseudomonas putida* BP-01)、沙雷氏菌 (*Serratia plymuthica* Z2) 等革兰氏阴性菌也具有较强的抑菌能力。此外, 猪肉在贮藏过程中会受到蛋白酶和脂肪酶的影响^[28], 经过这两种物质处理过的细菌素 Plantarum C010 对 *P. kereensis* PS1 和 *B. fusiformis* J4 依然具有较强的抑菌活性, 而 Nisin 无法较好的抑制革兰氏阴性菌。因此, MIC 组相比于 Nisin 组可以有效延长猪肉的贮藏时间。

2.2 肉样生物胺测定结果

生物胺是一种带有单胺或多胺基团的低分子生物源物质, 尽管低浓度的生物胺在人体的大脑系统中发挥着神经递质的作用, 然而过量摄入生物胺会导致头痛、消化紊乱及食物中毒等健康问题^[29]。因此试验选取毒性较强的腐胺、尸胺和组胺为代表反映肉品的腐败危害程度。表 1 所示, 在 1 d 时, 各处理组肉样的生物胺含量无显著差异 ($P > 0.05$), 贮藏至 11 d 时, Nisin、1/2MIC 和 MIC 等处理组的腐胺、尸胺、组胺均与 CK 组有显著差异 ($P < 0.05$)。其中 MIC 组肉样中腐胺、尸胺、组胺含量分别为 15.66、15.88 和 1.54 mg/kg, 相比于 CK 组分别降低了 33.76%、19.72%、60.61%, 较 Nisin 处理组降低了 22.90%、20.56%、41.22%。可见, 细菌素 Plantarum C010 可以较好的延缓冷却猪肉贮藏过程中生物胺含量的增长。在温度较低条件下, 猪肉中的腐胺、尸胺、组胺含量会随着贮藏时间的延长而增加, 并与细菌总数呈良好的正相关性, 这与赵红波等^[30]研究的一致。Nisin 的抗菌机理在于它可以破坏菌体细胞膜的完整性, 影响其细胞超微结构, 包括表面起皱, 细胞裂解。此外, Nisin 能以浓度依赖性抑制菌体形成的生物膜, 对已形成的生物膜表现出较强的降解活性^[31], 因此其抗菌效果与剂量相关。Gálvez 等^[32]研究也表明: 将在培养基获得数据与食品系统中获得的数据对比发现, 细菌素在食品系统的功效通常低很多, 有时, 必须添加至少十倍质量浓度的细菌素, 才可能达到理想的效果。细菌素 Plantarum C010 和 Nisin 同属 I 类细菌素, 这可能是导致高质量浓度的 MIC 组细菌素对猪肉的保鲜效果高于 1/4MIC 和 1/2MIC 的原因。

表 1 不同处理肉样生物胺含量随贮藏时间的变化 (mg/kg)

Table 1 Changes of biogenic amine content in meat samples with different treatment with storage time

| 生物胺种类 | 处理组 | 贮藏时间/d | | | | | |
|-------|--------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| 腐胺 | CK | 5.49 ± 0.54 ^a | 7.37 ± 0.26 ^a | 10.36 ± 0.21 ^a | 14.34 ± 0.21 ^a | 18.9 ± 0.79 ^a | 23.64 ± 0.37 ^a |
| | Nisin | 5.02 ± 0.22 ^b | 6.21 ± 0.13 ^b | 9.28 ± 0.13 ^{ab} | 13.33 ± 0.19 ^b | 16.66 ± 1.18 ^b | 20.31 ± 0.24 ^b |
| | 1/4MIC | 5.42 ± 0.16 ^a | 7.26 ± 0.10 ^a | 10.00 ± 0.27 ^a | 14.00 ± 0.17 ^a | 17.31 ± 0.14 ^a | 22.54 ± 0.91 ^a |
| | 1/2MIC | 4.76 ± 0.27 ^b | 5.98 ± 0.34 ^b | 8.62 ± 0.37 ^b | 12.56 ± 0.22 ^b | 14.77 ± 2.23 ^c | 18.98 ± 2.12 ^{bc} |
| | MIC | 4.37 ± 0.43 ^c | 5.34 ± 0.11 ^c | 7.36 ± 0.31 ^c | 9.73 ± 0.37 ^d | 10.02 ± 0.25 ^d | 15.66 ± 0.19 ^c |
| 尸胺 | CK | 8.39 ± 1.32 ^a | 9.96 ± 0.99 ^a | 12.65 ± 1.64 ^a | 13.71 ± 0.34 ^c | 16.88 ± 0.77 ^a | 19.78 ± 1.34 ^a |
| | Nisin | 8.10 ± 0.67 ^b | 8.97 ± 1.03 ^{ab} | 11.3 ± 2.10 ^{ab} | 16.35 ± 0.76 ^b | 16.79 ± 2.59 ^a | 19.99 ± 0.78 ^a |
| | 1/4MIC | 8.42 ± 0.38 ^a | 9.01 ± 1.79 ^a | 11.85 ± 0.22 ^{ab} | 11.69 ± 1.16 ^d | 16.32 ± 0.07 ^a | 18.10 ± 3.84 ^a |
| | 1/2MIC | 8.12 ± 2.07 ^b | 8.65 ± 0.88 ^{ab} | 10.79 ± 0.31 ^b | 10.38 ± 0.76 ^d | 14.25 ± 0.74 ^c | 16.31 ± 0.91 ^b |
| | MIC | 7.98 ± 1.20 ^c | 8.33 ± 2.00 ^a | 9.65 ± 1.02 ^c | 9.66 ± 2.17 ^d | 12.87 ± 3.74 ^d | 15.88 ± 0.66 ^b |
| 组胺 | CK | 0.36 ± 0.02 ^a | 0.65 ± 0.01 ^a | 1.01 ± 0.13 ^a | 1.94 ± 0.15 ^a | 2.87 ± 0.07 ^a | 3.91 ± 0.19 ^a |
| | Nisin | 0.30 ± 0.03 ^a | 0.32 ± 0.03 ^c | 0.69 ± 0.05 ^b | 0.89 ± 0.06 ^b | 1.52 ± 0.09 ^b | 2.62 ± 0.24 ^b |
| | 1/4MIC | 0.31 ± 0.01 ^a | 0.54 ± 0.05 ^b | 0.66 ± 0.01 ^b | 1.31 ± 0.14 ^a | 1.76 ± 0.04 ^b | 2.79 ± 0.12 ^b |
| | 1/2MIC | 0.30 ± 0.02 ^a | 0.34 ± 0.07 ^c | 0.51 ± 0.04 ^{bc} | 0.62 ± 0.05 ^c | 0.96 ± 0.01 ^d | 1.89 ± 0.31 ^c |
| | MIC | 0.30 ± 0.06 ^a | 0.30 ± 0.01 ^c | 0.40 ± 0.01 ^c | 0.55 ± 0.01 ^c | 0.67 ± 0.07 ^d | 1.54 ± 0.40 ^d |

注: 小写字母不同表示同样贮藏时间数据差异显著 ($P < 0.05$)。

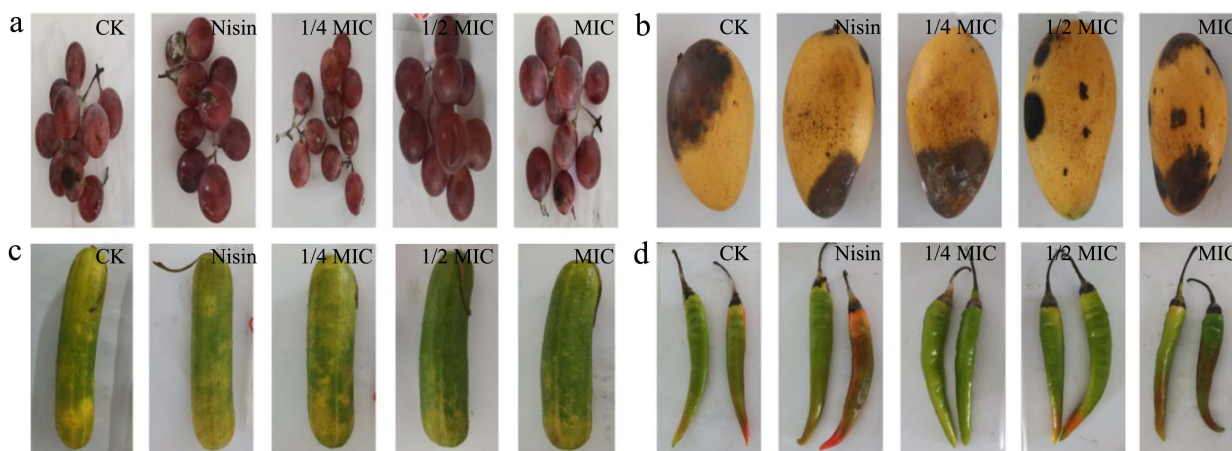


图 2 4 种果蔬贮藏期间色泽图

Fig.2 Color pictures of four fruits and vegetables during storage

注: a、b、d 为第 10 天, c 为第 16 天。

2.3 果蔬色泽和腐败指数的测定结果

水果和蔬菜采后贮藏就是一个不断衰老的过程, 其采后生理代谢受多种因素的影响, 且个体差异较大, 因此在贮藏期间, 果蔬的各指标呈现一定的波动^[33]。其中, 果蔬色泽能够反映其新鲜程度。图 2 可以看出, 在贮藏 10 d 时, 1/2MIC

处理组的葡萄 (图 2a)、芒果 (图 2b) 的色泽和果型均优于其他处理组; 线椒在 1/4MIC 处理组在贮藏 10 d 时仍为绿色, 而其他处理组线椒则变黄或红色 (图 2d); 黄瓜在 1/2MIC 处理组在贮藏 19 d 时仍为绿色, 其他处理组略有皱缩, 发黄 (图 2c)。

表 2 不同处理果蔬贮藏期腐败指数变化

Table 2 Changes of spoilage index of different fruits and vegetables during storage

| 贮藏时间/d | 处理组 | 葡萄 | 芒果 | 黄瓜 | 线椒 |
|--------|--------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | CK | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Nisin | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/4MIC | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/2MIC | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | MIC | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | CK | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Nisin | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/4MIC | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/2MIC | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | MIC | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | CK | 1.74 ± 0.37 ^A | 16.32 ± 0.97 ^A | 0 ^A | 1.84 ± 0.34 ^A |
| | Nisin | 2.89 ± 0.48 ^{Ba} | 13.47 ± 2.34 ^{Ba} | 3.75 ± 1.12 ^{Ba} | 2.51 ± 0.11 ^{Aa} |
| | 1/4MIC | 1.32 ± 0.13 ^{Bb} | 12.33 ± 1.34 ^{Ba} | 0 ^{Ac} | 0 ^{Cc} |
| | 1/2MIC | 0 ^{Cc} | 0 ^{Dc} | 0 ^{Ac} | 1.32 ± 0.87 ^{Bb} |
| | MIC | 2.46 ± 0.67 ^{Ba} | 8.77 ± 2.33 ^{Cb} | 0 ^{Ac} | 2.57 ± 0.35 ^{Aa} |
| 10 | CK | 2.97 ± 0.87 ^A | 35.24 ± 0.76 ^A | 12.33 ± 4.68 ^A | 4.79 ± 0.54 ^A |
| | Nisin | 5.37 ± 0.46 ^{Ba} | 27.61 ± 1.33 ^{Ba} | 16.58 ± 2.54 ^{Ba} | 3.75 ± 0.94 ^{Bb} |
| | 1/4MIC | 2.38 ± 0.11 ^{Ac} | 20.58 ± 2.12 ^{Bb} | 9.78 ± 3.1 ^{Bb} | 0 ^{Cc} |
| | 1/2MIC | 1.98 ± 0.03 ^{Bd} | 7.64 ± 1.56 ^{Cc} | 6.78 ± 2.16 ^{Bb} | 3.74 ± 1.31 ^{Bb} |
| | MIC | 4.77 ± 0.62 ^{Ba} | 16.33 ± 3.33 ^{Bb} | 1.57 ± 0.57 ^{Cc} | 4.87 ± 1.04 ^{Ab} |
| 13 | CK | 4.45 ± 1.13 ^A | 57.33 ± 1.17 ^A | 16.97 ± 1.5 ^A | 7.54 ± 0.56 ^A |
| | Nisin | 7.31 ± 0.27 ^{Ba} | 44.87 ± 1.76 ^{Ba} | 27.61 ± 1.94 ^{Ba} | 6.87 ± 1.32 ^{Bb} |
| | 1/4MIC | 4.13 ± 0.64 ^{Ab} | 38.79 ± 2.37 ^{Bb} | 16.82 ± 4.59 ^{Ab} | 4.35 ± 1.62 ^{Cc} |
| | 1/2MIC | 2.75 ± 0.69 ^{Bc} | 25.66 ± 1.65 ^{Cc} | 11.24 ± 2.7 ^{Cc} | 6.78 ± 0.33 ^{Bb} |
| | MIC | 6.34 ± 0.98 ^{Ba} | 40.38 ± 1.78 ^{Bb} | 7.37 ± 1.1 ^{Dd} | 10.31 ± 0.49 ^{Da} |
| 16 | CK | 6.77 ± 1.68 ^A | 83.24 ± 5.34 ^A | 39.74 ± 3.47 ^A | 14.70 ± 0.69 ^A |
| | Nisin | 10.54 ± 1.55 ^{Ba} | 64.86 ± 3.74 ^{Ba} | 44.87 ± 2.77 ^{Ab} | 17.51 ± 0.74 ^{Ca} |
| | 1/4MIC | 5.87 ± 2.31 ^{Ac} | 57.33 ± 4.95 ^{Bb} | 34.29 ± 4.42 ^{Ac} | 10.80 ± 1.62 ^{Bc} |
| | 1/2MIC | 4.69 ± 1.48 ^{Bc} | 43.84 ± 1.33 ^{Cb} | 21.31 ± 5.67 ^{Bd} | 10.24 ± 0.22 ^{Bc} |
| | MIC | 8.74 ± 0.95 ^{Bb} | 55.27 ± 4.25 ^{Ba} | 16.77 ± 3.28 ^{Cd} | 14.37 ± 0.74 ^{Ab} |

注：大写字母是以 CK、Nisin、1/4MIC、1/2MIC 和 MIC 为一组，小写字母是以 Nisin、1/4MIC、1/2MIC 和 MIC 为一组，同样贮藏时间 4 种果蔬各自进行数据差异性分析 ($P < 0.05$)，下表同。

进一步分析 4 种果蔬的腐败指数 (表 2) 可以看出：在试验贮藏期间不同处理组葡萄、芒果、黄瓜和线椒的腐败指数均呈上升趋势，其中 1/2MIC 处理 (6.25 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 的葡萄、芒果腐败指数均显著低于 CK 组和 Nisin 处理组 ($P < 0.05$)，至 16 d 时，1/2MIC 处理组其腐败系数分别为 4.69%、43.84%，相较于 CK 组分别降低了 30.72%、47.33%，相比于 Nisin 组分别降低了 62.63%、32.41%，而 MIC 处理

组葡萄、芒果的腐败指数分别为 8.74%、55.27%，高于 1/2MIC 处理组；对黄瓜各处理中，细菌素 Plantarum C010 处理组均优于 CK 组和 Nisin 组，且随着细菌素 Plantarum C010 质量浓度的增加保鲜效果越好；线椒各处理在贮藏前 10 d 中，1/4MIC 组 (3.125 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 的腐败指数仍为 0，至 16 d 时其腐败指数仍显著低于 CK、Nisin 和 MIC 组 ($P < 0.05$)，此结果与色泽表现相似。

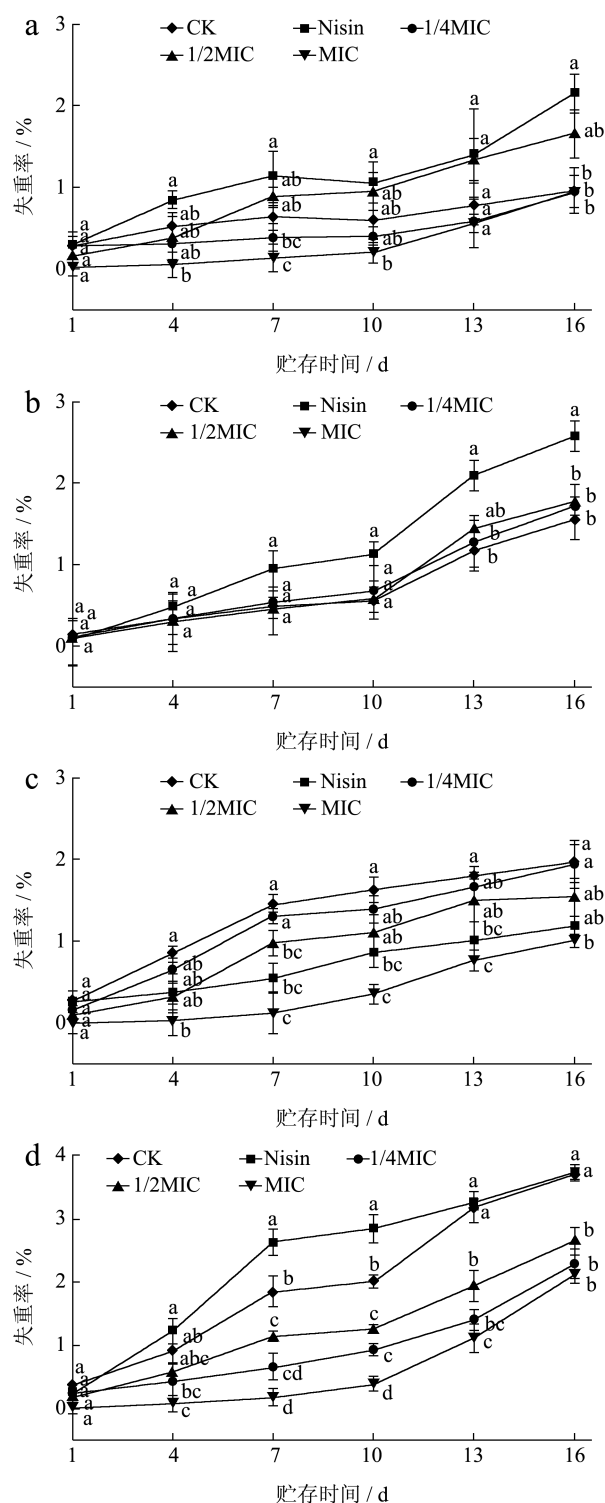


图3 不同处理果蔬失重率随贮藏时间的变化

Fig.3 Change of weight loss ratio of fruits and vegetables in different treatment groups with storage time

注: a~d 依次为葡萄、芒果、黄瓜、线椒。小写字母不同表示同样贮藏时间数据差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 果蔬失重率测定结果

在贮藏过程中, 果蔬会随着水分的蒸腾作用造成水分流失, 降低果蔬的口感和质量, 因此, 失重

率是判定果蔬失水情况的一个重要指标^[34]。图3所示, 在整个试验贮藏过程中各处理组葡萄、芒果、黄瓜、线椒的失重率均呈上升趋势, 其中, 相对CK处理组, Nisin仅能降低黄瓜的失重率; 而MIC对4种果蔬均具有较好的保水性, 其失重率显著低于其他处理组 ($P < 0.05$), 至16 d时, 其对葡萄、芒果、黄瓜、线椒的失重率分别仅为0.929%、1.327%、0.986%、2.139%。抑制果蔬采后腐烂发生是目前果蔬贮藏和运输过程急需解决的问题。Nisin处理组对四种果蔬的保鲜效果不佳, 这可能是因为在贮藏过程中, 极易受到微生物的侵染, 其中包括细菌、霉菌和酵母菌等, 而Nisin无法有效的抑制霉菌。试验表明, 细菌素Plantarum C010能够有效减少葡萄、芒果、黄瓜、线椒中水分流失, 维持其较好的品质。这与杨静^[35]在植物乳杆菌细菌素JL-A65对果蔬汁的防腐保鲜中研究结果相似。

2.5 果蔬硬度测定结果

果蔬硬度是鉴定其贮藏效果的重要指标之一^[36]。随着贮藏时间的推移果蔬失水量增多, 细胞膨胀压力降低, 果蔬的硬度也随之下降^[37]。表3可知, 在贮藏期间, 各处理葡萄、芒果、黄瓜和线椒的硬度均呈缓慢下降趋势, 相比于CK组, 在前13 d时Nisin和细菌素Plantarum C010处理对该4种果蔬硬度指数整体影响不大, 但至16 d时, 1/2MIC处理组的葡萄、芒果及MIC处理组的黄瓜和1/4MIC处理组的线椒, 其硬度分别为3.99、4.32、9.87和6.01 kg/cm², 显著高于其他处理组 ($P < 0.05$), 结合腐败指数和色泽测定结果, 表明1/2MIC (625 μg/mL) 处理葡萄和芒果、MIC (12.50 μg/mL) 处理黄瓜、1/4MIC (3.125 μg/mL) 处理线椒防腐保鲜效果最佳。研究表明: 黄瓜在贮藏过程中的生理变化会导致微生物的增长, 从而更容易感染采后病害^[38], 相比于真菌, 黄瓜更容易发生细菌性腐败, 因此, 高质量浓度的细菌素Plantarum C010对黄瓜的保鲜效果更好^[39]。芒果在贮藏过程中易受到真菌的感染, 例如球孢子菌、黄曲霉和黑曲霉^[40]。葡萄除了受到其表面灰霉菌的影响, 还会受到青霉和交链孢霉的影响^[41], 辣椒贮藏过程中也会受到真菌的影响。此外, 果蔬采前依附在果蔬上的细菌和酵母菌也会影响果蔬货架期。Dai等^[15]实验结果表明, 细菌素Plantarum C010对黑曲霉 (*Aspergillus niger* HQM-1)、意大利青霉 (*Penicillium italicum* ACCC 30399)、桔

青霉 (*Penicillium citrinum* PA-33) 有很好的抑制效果, 其对酵母菌没有抑制作用, 且细菌素本身呈酸性, 较高质量浓度的细菌素可能会破坏这三种果蔬

表面的酸碱平衡。因此在对这三种果蔬保鲜时, 不需要很高的质量浓度。

表 3 不同处理果蔬硬度指数随贮藏时间的变化 (kg/cm²)

Table 3 Hardness index change of different fruits and vegetables with storage time

| 贮藏时间/d | 处理组 | 葡萄 | 芒果 | 黄瓜 | 线椒 |
|--------|--------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | CK | 5.33 ± 0.98 ^A | 10.74 ± 0.82 ^A | 17.70 ± 0.69 ^A | 7.33 ± 0.35 ^A |
| | Nisin | 5.14 ± 0.43 ^{Ba} | 10.87 ± 2.39 ^{Aa} | 17.51 ± 0.74 ^{Aa} | 7.62 ± 1.11 ^{Ba} |
| | 1/4MIC | 5.24 ± 1.33 ^{Aa} | 10.20 ± 0.43 ^{Aa} | 17.80 ± 1.62 ^{Aa} | 7.46 ± 0.68 ^{Aa} |
| | 1/2MIC | 5.19 ± 1.06 ^{Ba} | 10.03 ± 1.79 ^{Aa} | 18.24 ± 0.22 ^{Ab} | 7.84 ± 0.77 ^{Bb} |
| | MIC | 5.37 ± 1.21 ^{Ab} | 10.77 ± 1.67 ^{Aa} | 17.37 ± 0.74 ^{Aa} | 7.37 ± 0.26 ^{Aa} |
| 4 | CK | 5.35 ± 1.34 ^A | 9.87 ± 1.04 ^A | 16.32 ± 0.97 ^A | 7.54 ± 0.34 ^A |
| | Nisin | 5.34 ± 0.79 ^{Aa} | 8.75 ± 0.94 ^{Bb} | 16.47 ± 2.34 ^{Aa} | 7.65 ± 0.89 ^{Aa} |
| | 1/4MIC | 5.69 ± 1.04 ^{Ab} | 8.79 ± 0.54 ^{Bb} | 15.33 ± 3.34 ^{Cb} | 7.55 ± 0.69 ^{Ab} |
| | 1/2MIC | 5.34 ± 0.79 ^{Aa} | 8.20 ± 0.43 ^{Bb} | 17.07 ± 1.84 ^{Ba} | 7.58 ± 1.03 ^{Ab} |
| | MIC | 5.21 ± 1.16 ^{Ac} | 9.74 ± 2.31 ^{Aa} | 16.86 ± 2.34 ^{Aa} | 7.69 ± 0.54 ^{Aa} |
| 7 | CK | 5.27 ± 0.62 ^A | 8.74 ± 0.37 ^A | 14.45 ± 1.13 ^A | 7.11 ± 0.65 ^A |
| | Nisin | 5.04 ± 0.47 ^{Ba} | 7.89 ± 0.48 ^{Ac} | 13.31 ± 0.27 ^{Ba} | 7.20 ± 0.33 ^{Aa} |
| | 1/4MIC | 5.24 ± 1.41 ^{Ab} | 8.32 ± 0.33 ^{Bb} | 14.13 ± 0.64 ^{Ab} | 6.87 ± 1.24 ^{Bb} |
| | 1/2MIC | 5.30 ± 0.8 ^{Ab} | 8.79 ± 0.54 ^{Aa} | 16.75 ± 0.69 ^{Bc} | 6.99 ± 0.57 ^{Bb} |
| | MIC | 5.11 ± 0.97 ^{Ba} | 8.96 ± 0.67 ^{Aa} | 15.34 ± 0.98 ^{Bc} | 7.33 ± 1.10 ^{Bb} |
| 10 | CK | 4.87 ± 0.32 ^A | 6.54 ± 0.56 ^A | 11.84 ± 0.34 ^A | 6.78 ± 0.33 ^A |
| | Nisin | 4.69 ± 1.1 ^{Ba} | 6.87 ± 1.32 ^{Ab} | 10.77 ± 1.33 ^{Ba} | 6.65 ± 0.74 ^{Aa} |
| | 1/4MIC | 4.66 ± 1.08 ^{Ba} | 7.35 ± 1.62 ^{Ba} | 10.34 ± 1.13 ^{Ba} | 6.33 ± 0.59 ^{Bb} |
| | 1/2MIC | 4.56 ± 0.47 ^{Ba} | 7.78 ± 1.33 ^{Ca} | 11.32 ± 0.87 ^{Ab} | 6.24 ± 0.38 ^{Bb} |
| | MIC | 4.37 ± 0.72 ^{Cb} | 7.31 ± 1.49 ^{Ba} | 12.57 ± 0.35 ^{Ac} | 6.57 ± 0.49 ^{Aa} |
| 13 | CK | 4.35 ± 0.49 ^A | 4.97 ± 1.04 ^A | 9.54 ± 0.56 ^A | 6.24 ± 0.34 ^A |
| | Nisin | 4.27 ± 0.37 ^{Ba} | 4.75 ± 0.94 ^{Aa} | 9.87 ± 1.32 ^{Aa} | 6.31 ± 0.29 ^{Aa} |
| | 1/4MIC | 4.54 ± 0.97 ^{Bb} | 5.09 ± 0.54 ^{Aa} | 10.35 ± 1.62 ^{Bb} | 6.22 ± 0.38 ^{Aa} |
| | 1/2MIC | 4.32 ± 0.34 ^{Aa} | 6.74 ± 1.31 ^{Cc} | 9.78 ± 0.33 ^{Aa} | 6.87 ± 1.09 ^{Bc} |
| | MIC | 4.30 ± 0.54 ^{Aa} | 5.97 ± 0.33 ^{Bb} | 10.31 ± 1.49 ^{Bb} | 6.46 ± 1.24 ^{Ab} |
| 16 | CK | 3.97 ± 0.11 ^A | 3.84 ± 0.34 ^A | 9.70 ± 0.79 ^A | 5.75 ± 0.79 ^A |
| | Nisin | 3.76 ± 0.37 ^{Ba} | 3.33 ± 0.22 ^{Ba} | 9.51 ± 0.8 ^{Aa} | 5.84 ± 1.41 ^{Ba} |
| | 1/4MIC | 3.67 ± 0.97 ^{Ba} | 3.79 ± 0.49 ^{Ab} | 9.80 ± 0.62 ^{Ab} | 6.01 ± 0.49 ^{Bb} |
| | 1/2MIC | 3.99 ± 0.44 ^{Ab} | 4.32 ± 0.87 ^{Bc} | 9.24 ± 0.32 ^{Ba} | 5.74 ± 0.84 ^{Aa} |
| | MIC | 3.72 ± 0.54 ^{Ba} | 4.07 ± 0.35 ^{Bb} | 9.87 ± 0.64 ^{Ba} | 5.21 ± 0.57 ^{Ca} |

3 结论

试验将课题组自行分离纯化的细菌素 Plantarum C010 与常用的保鲜剂 Nisin 比对, 探究其对冷却猪肉、葡萄、芒果、黄瓜及线椒的防腐保鲜效果。结果表明, 12.50 μg/mL 细菌素 Plantarum C010

比 2 mg/mL Nisin 处理后的冷却猪肉, 其 TVB-N、TVC、尸胺、组胺和腐胺等含量显著降低 ($P < 0.05$), 并可延长货架期 4 d。且细菌素 Plantarum C010 也在一定程度上保持了葡萄、芒果、黄瓜及线椒的色泽和硬度、减少水分流失、延缓其腐败。可见细菌素 Plantarum C010 作为自主开发的微生物源生物保

鲜剂在食品防腐保鲜中具有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 朱燕莉,王正莉,王卫,等.天然食品防腐剂的抑菌机理研究进展[J].中国调味品,2021,46(9):176-180.
- [2] 张艳慧,胡文忠,刘程惠,等.光电杀菌技术在鲜切果蔬保鲜中应用的研究进展[J].食品科学,2020,41(15):309-313.
- [3] 郑秋丽,王清,高丽朴,等.蔬菜保鲜包装技术的研究进展[J].食品科学,2018,39(3):317-323.
- [4] RENDUELES C, DUARTE A C, ESCOBEDO S, et al. Combined use of bacteriocins and bacteriophages as food biopreservatives. A review [J]. International Journal of Food Microbiology, 2022, 368: 109611.
- [5] NG Z J, ZARIN M A, LEE C K, et al. Application of bacteriocins in food preservation and infectious disease treatment for humans and livestock: a review [J]. RSC Advances, 2020, 10(64): 38937-38964.
- [6] WORKU A N, ANDUALEM B T. Current applications of bacteriocin [J]. International Journal of Microbiology, 2020, 2020: 4374891.
- [7] AHMAD V, KHAN M S, JAMAL Q M S, et al. Antimicrobial potential of bacteriocins: in therapy, agriculture and food preservation [J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 2017, 49(1): 1-11.
- [8] MORGAN S M, GALVIN M, ROSS R P, et al. Evaluation of a spray-dried lactacin 3147 powder for the control of *Listeria monocytogenes* and *Bacillus cereus* in a range of food systems [J]. Letters in Applied Microbiology, 2001, 33(5): 387-391.
- [9] DONG A, MALO A, LEONG M, et al. Control of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat ham and fresh cut iceberg lettuce using a nisin containing *Lactococcus lactis* fermentate [J]. Food Control, 2021, 119: 107420.
- [10] YU H H, KIM Y J, PARK Y J, et al. Application of mixed natural preservatives to improve the quality of vacuum skin packaged beef during refrigerated storage [J]. Meat Science, 2020, 169: 108219.
- [11] LÓPEZ-CUELLAR Ma D R, RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ A I, CHAVARRÍA-HERNÁNDEZ N. LAB bacteriocin applications in the last decade [J]. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2016, 30(6): 1039-1050.
- [12] SOBRINO-LÓPEZ A, MARTÍN-BELLOSO O. Use of nisin and other bacteriocins for preservation of dairy products [J]. International Dairy Journal, 2008, 18(4): 329-343.
- [13] SETTANNI L, CORSETTI A. Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation [J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 121(2): 123-138.
- [14] KUMARI A, JOSHUA R, KUMAR R, et al. Biopreservation of pineapple wine using immobilized and freeze dried microcapsules of bacteriocin producing *L. plantarum* [J]. Journal of Food Science and Technology, 2022, 59(2): 745-753.
- [15] DAI J Y, FANG L M, ZHANG M M, et al. Isolation and identification of new source of bacteriocin-producing *Lactobacillus plantarum* C010 and growth kinetics of its batch fermentation [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2022, 38(4): 67.
- [16] 张漫敏,曾祥益,方利敏,等.植物乳杆菌C010产细菌素的分离纯化及理化稳定性分析[J].食品与发酵工业,2023,49(3):31-37.
- [17] 黄林,陈全胜,张燕华,等.冷却猪肉优势腐败菌分离鉴定及致腐能力测定[J].食品科学,2013,34(1):205-209.
- [18] GB 2760-2014,食品安全国家标准食品添加剂使用标准[S].
- [19] GB 500922-2016,食品中挥发性盐基氮的测定[S].
- [20] GB/T 4789.2-2016,食品微生物学检验菌落总数测定[S].
- [21] 张殿伟,高月宇,王金菊,等.高效液相色谱法分析发酵肉制品中生物胺[J].食品与发酵工业,2019,45(9):256-261.
- [22] BEKHIT A E D A, HOLMAN B W B, GITERU S G, et al. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: a review [J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 109: 280-302.
- [23] GB 2707-2016 食品安全国家标准鲜(冻)畜、禽产品[S].
- [24] CAI J R, CHEN Q S, WAN X M, et al. Determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content and Warner-Bratzler shear force (WBSF) in pork using Fourier transform near infrared (FT-NIR) spectroscopy [J]. Food Chemistry, 2011, 126(3): 1354-1360.
- [25] 何叶子,徐丹,张春森,等.含壳聚糖和Nisin的复合衬垫对鲜肉的保鲜效果[J].食品科学,2019,40(1):286-291.
- [26] GB/T 9959.22008,分割鲜冻猪瘦肉[S].
- [27] ZHAO F, WEI Z Q, ZHOU G G, et al. Effects of different storage temperatures on bacterial communities and functional potential in pork meat [J]. Foods, 2022, 11(15): 2307.
- [28] 李丹丹,郑丽,刘雨晗,等.猪肉生物保鲜技术研究进展[J].肉类研究,2020,34(11):98-105.
- [29] CHO J, BARIDO F H, KIM H J, et al. Effect of calamansi pulp ethanol extracts on the meat quality and biogenic amine formation of pork patty during refrigerated storage [J]. Food Science of Animal Resources, 2023, 43(1): 25-45.
- [30] 赵红波,叶磊海,杨黎耀,等.冷鲜猪肉在贮藏过程中生物胺含量变化及不同包装方式对生物胺含量变化的影响研究[J].食品安全质量检测学报,2023,14(12):126-135.
- [31] ZHU H D, HAN L S, NI Y X, et al. *In vitro* and *in vivo*

- antibacterial effects of nisin against streptococcus suis [J]. Probiotics and Antimicrobial Proteins, 2021, 13(2): 598-610.
- [32] GÁLVEZ A, ABRIOUEL H, LÓPEZ R L, et al. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation [J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 120(1-2): 51-70.
- [33] 李保祥,余易琳,何悦,等.壳聚糖-纳米纤维素复合涂膜对砂糖橘贮藏保鲜效果的影响[J].食品科学,2021,42(13): 185-192.
- [34] 万璇,林欣,彭俊森,等.不同贮藏温度下李果实的品质比较[J].现代食品科技,2024,40(4):142-155.
- [35] 杨静.植物乳杆菌细菌素JL-A65在食品防腐中的应用研究[D].南京:南京农业大学,2019.
- [36] 普红梅,王海丹,杨芳,等.不同预处理的芒果保鲜效果比较[J].现代食品科技,2022,38(1):197-205.
- [37] 黄冰,王昆,李锡石,等.山药汁浸涂对黄瓜保鲜效果的影响[J].冷藏技术,2022,45(2):17-19,28.
- [38] BAN KOFFI L, MIREILLE ALLOUE-BORAUD W A, DADIE A T, et al. Enhancement of mango fruit preservation by using antimicrobial properties of *Bacillus subtilis* GA1 [J]. Cogent Food & Agriculture, 2017, 3(1): 1394249.
- [39] WENNEKER M, THOMMA B P H J. Latent postharvest pathogens of pome fruit and their management: from single measures to a systems intervention approach [J]. European Journal of Plant Pathology, 2020, 156(3): 663-681.
- [40] SALEH I, ABU-DIEYEH M. Evaluation of novel *Prosopis juliflora* water soluble leaf ethanolic extract as preservation coating material of cucumber [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2022, 46(3): e16352.
- [41] 李宝庆,梁欣,韦婉琪,等.葡萄物流及贮藏保鲜包装技术研究现状与展望[J].包装工程,2023,44(23):94-102.