

生物保鲜纸对李子贮藏期品质的影响

Effect of biological preservative paper on the storage quality of plum fruit

巴良杰 罗冬兰 吉宁 马超

BA Liang-jie LUO Dong-lan JI Ning MA Chao

王瑞 曹森 吴文能 雷霁卿

WANG Rui CAO Sen WU Wen-neng LEI Ji-qing

(贵阳学院, 贵州 贵阳 550005)

(Guiyang University, Guiyang, Guizhou 550005, China)

摘要:以李子为试验材料,研究纳他霉素和 ϵ -聚赖氨酸型保鲜纸对李子贮藏期腐烂率、失重率、呼吸强度、乙烯释放量、硬度、丙二醛含量、可溶性固形物含量、可滴定酸、 V_C 含量、霉菌和酵母总数等的影响。结果表明,与对照组相比,纳他霉素和 ϵ -聚赖氨酸保鲜纸均能显著抑制果实腐烂率、失重率、丙二醛含量的增加,降低果实呼吸强度、乙烯释放量、霉菌和酵母总数,较好地保持果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸和 V_C 含量。综合比较,纳他霉素处理的保鲜纸对李子果实贮藏保鲜的效果最佳,能保持较好的贮藏品质,延缓果实衰老。

关键词:李子; 纳他霉素; ϵ -聚赖氨酸; 保鲜纸; 贮藏品质

Abstract: Plum fruits was used to evaluate the effects of biological preservative paper, soaked with natamycin and ϵ -polylysine separately, on their storage quality at 20 °C. To reveal the mechanism, the decay ratio, weight loss rate, respiratory intensity, ethylene production rate, hardness, malondialdehyde, total soluble solids, titratable acid, V_C content, and number of mold and yeast colonies were measured during the plum storage. The results showed that comparing with control, natamycin and ϵ -polylysine preservative paper could obviously inhibit the increase of fruit decay ratio, weight loss rate, and malondialdehyde content, and reduce the respiratory intensity, ethylene production rate, and the number of mold and yeast colonies. Moreover, the treatments could also maintain the fruit hardness, total soluble solids, and the contents of titratable acids and V_C . In summary, the natamycin treatment was better than that of ϵ -polylysine, which could maintain good storage quality and delay plum fruit

senescence.

Keywords: plum; natamycin; ϵ -polylysine; preservative paper; storage quality

李子,蔷薇科李属,富含蛋白质、糖、钙、核黄素以及多种微量元素,酸甜可口,深受广大消费者喜爱^[1]。李子属于喜温性果实,多在6~8月间采收,采后温度高,果实呼吸作用强,内源乙烯释放加快,果胶质分解加速,软化加快,极易受到病原菌侵染和损伤,加速果实腐烂,造成严重的经济损失^[2]。目前,常用的李子贮藏方法主要有低温及间歇升温^[2-3]、气调^[4]、涂膜^[5]等,但李子种植地多为山区或农村偏远地,建设大型冷库、气调库、采后涂膜车间需要较高的经济成本。

纳他霉素(Natamycin)是一种无色无味的抗真菌剂,具有理化性质稳定,不致癌、不致突、不易被人吸收的特性^[6],在葡萄^[7]、西兰花^[8]等果蔬上得到较好的应用; ϵ -聚赖氨酸(ϵ -polylysine)是一种有抑菌效果的多肽物质,具有较高的热稳定性,对人体安全性高^[9],已应用于甘薯^[10]、葡萄^[7]等农产品保鲜。目前,果蔬保鲜剂多采用采摘前喷洒和采摘后浸泡处理方式,但是大规模采前喷洒容易出现不均匀、人工成本较高;采后浸泡容易浪费药剂,果实容易出现不易风干等情况。刘振通等^[7]研究表明保鲜纸可以有效地延缓葡萄果实衰老。而利用保鲜纸对李子果实进行保鲜的研究尚未见报道。试验拟将纳他霉素和 ϵ -聚赖氨酸制成生物保鲜纸,探究其对李子贮藏品质的影响,以期对李子贮藏期的延长及果实品质的保持,提供高效、安全、成本低的保鲜技术。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

李子:六月李,八成熟,2019年7月15日上午采摘,采后立即运至贵阳学院农产品贮藏保鲜实验室,贵州省

基金项目:贵阳市科技计划项目(编号:筑科合同[2019]5-2号)

作者简介:巴良杰,男,贵阳学院副教授,博士。

通信作者:雷霁卿(1985—),女,贵阳学院副教授,硕士。

E-mail: 2012444896@qq.com

收稿日期:2020-03-31

关岭自治县上关镇李子实验基地;

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;

保鲜纸、PE 20 μm 保鲜袋:国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津);

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:Check Piont II 型,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,长沙非凡仪器仪表有限公司;

恒温恒湿培养箱:HSX-250 型,上海岛韩实业有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 将保鲜纸(裁剪成 30 cm $\times$ 30 cm)分别于蒸馏水、500 mg/L 纳他霉素溶液、500 mg/L ϵ -聚赖氨酸溶液中浸泡 5 min,自然晾干,装入 PE 保鲜袋中,分别记为 CK、Nata、 ϵ -PL。挑选大小一致、无机械伤、无病虫害、颜色一致的李子随机分成 3 组,于(20 $\pm$ 1) $^{\circ}\text{C}$ 培养箱内预冷 12 h,装入保鲜袋中(每袋约 30 个果左右,重 2 kg)。扎口,于(20 $\pm$ 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏,每 2 d 取样进行指标测定,共测 8 d。

1.2.2 指标测定

- (1) 腐烂率:计数法^[11]。
- (2) 失重率:称重法^[12]。
- (3) 呼吸强度及乙烯生成速率:参照文献[13]。
- (4) 硬度:参照文献[14]。
- (5) 丙二醛:参照文献[15]。
- (6) 可溶性固形物、可滴定酸和 V_c 含量:参照文献[16]。
- (7) 霉菌和酵母总数:按 GB 4789.15—2016 执行。

1.3 数据处理

采用 Excel 2007 软件进行数据统计处理及作图,采用 SPSS 19.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 对李子贮藏期腐烂率和失重率的影响

2.1.1 腐烂率 由图 1 可知,腐烂率随贮藏时间的延长逐渐增加,CK 处理组的腐烂率均高于 Nata、 ϵ -PL 处理组。贮藏第 6 天,CK、Nata、 ϵ -PL 处理组的腐烂率分别为 9.1%、4.8%、6.7%,CK 处理组的腐烂率显著高于 Nata 和 ϵ -PL 处理组($P<0.05$)。贮藏第 8 天,CK 处理组的腐烂率增加到 14.6%,分别是 Nata、 ϵ -PL 处理组的 2.0、1.5 倍,各处理组间差异显著($P<0.05$)。综上,使用 Nata 和 ϵ -PL 生物保鲜纸可以有效抑制贮藏期李子果实腐烂

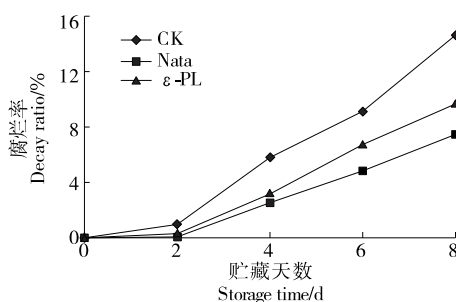


图 1 生物保鲜纸对李子贮藏期腐烂率的影响

Figure 1 Effect of biological preservative paper on decay ratio of plum fruits

率的增加,且 Nata 处理组的效果显著优于 ϵ -PL 处理组,与 Nata 保鲜纸可以抑制葡萄腐烂率增加的效果一致^[7]。2.1.2 失重率 由图 2 可知,失重率随贮藏时间的增加不断增大。贮藏第 8 天,CK、Nata、 ϵ -PL 处理组的失重率分别为 4.2%、2.5%、3.1%,CK 处理组的失重率分别是 Nata、 ϵ -PL 处理组的 1.68、1.36 倍,各处理组间差异显著($P<0.05$)。因此,Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸可以明显延缓李子贮藏期失重率的增加,较好地保持贮藏期果实的品质。其中,Nata 的效果优于 ϵ -PL。

2.2 对李子贮藏期呼吸强度和乙烯生成速率的影响

2.2.1 呼吸强度 由图 3 可知,呼吸强度随贮藏时间的延长先增加后降低。贮藏第 4 天,CK 处理组的呼吸强度达最大值 63.3 mg $\text{CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$;而 Nata 处理组和 ϵ -PL 处理组的呼吸强度高峰被延迟至第 6 天,分别为 47.8、48.3 mg $\text{CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$,低于 CK 处理组的。第 2~8 天,CK 处理组的呼吸强度显著高于 Nata、 ϵ -PL 处理组($P<0.05$),但 Nata、 ϵ -PL 处理组间差异不显著($P>0.05$)。表明 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸可以显著抑制李子贮藏期的呼吸强度,延缓呼吸高峰的出现,延长果实贮藏期。

2.2.2 乙烯生成速率 由图 4 可知,乙烯生成速率随贮藏时间的延长先增加后降低。贮藏第 4 天,CK 处理组的乙烯生成速率达最大值 16.2 $\mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$;而 Nata 和 ϵ -PL 处理组的乙烯生成高峰被推迟至第 6 天,分别为

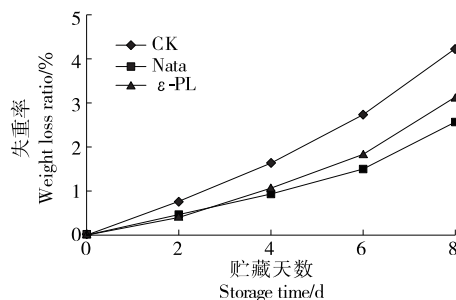


图 2 生物保鲜纸对李子贮藏期失重率的影响

Figure 2 Effect of biological preservative paper on weight loss ratio of plum fruits

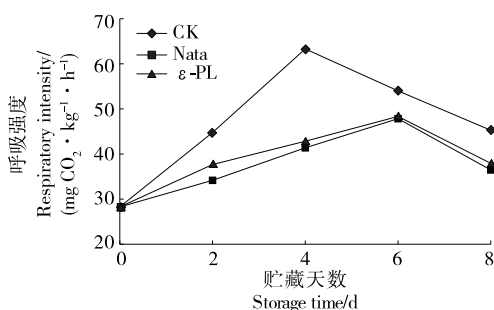


图 3 生物保鲜纸对李子贮藏期呼吸强度的影响

Figure 3 Effect of biological preservative paper on respiratory intensity of plum fruits

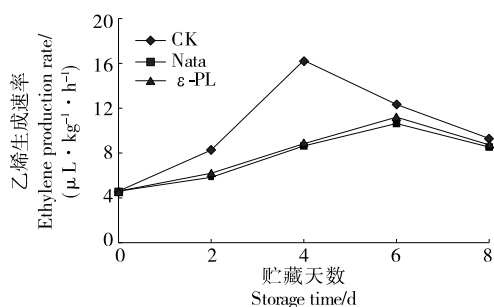


图 4 生物保鲜纸对李子贮藏期乙烯生成速率的影响

Figure 4 Effect of biological preservative paper on ethylene production rate of plum fruits

10.6, 11.2 $\mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$, 显著低于 CK 处理组 ($P < 0.05$)。贮藏第 8 天, 各处理组的乙烯生成速率无显著性差异 ($P > 0.05$)。综上, Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理可以明显地抑制乙烯的合成与释放, 推迟乙烯高峰的出现, 延缓果实衰老。

2.3 对李子贮藏期硬度和丙二醛含量的影响

2.3.1 硬度 由图 5 可知, 随着贮藏时间的延长, 果实衰老程度增加, 硬度降低。第 4~8 天, Nata 和 ϵ -PL 处理组的硬度显著高于 CK 处理组, 但二者之间的差异不显著。贮藏第 8 天, CK、Nata 和 ϵ -PL 处理组的硬度分别降至 2.3, 2.6, 2.5 kg/cm^2 , 说明 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理可以明显地抑制果实硬度的下降, 延缓果实软化程度, 与刘振通等^[7]的研究结果一致, 进一步证明了生物保鲜纸可以有效地延缓果实衰老。

2.3.2 丙二醛含量 由图 6 可知, 丙二醛含量随贮藏时间的延长逐渐增加。第 4~8 天, CK 处理组丙二醛含量的增加趋势显著大于 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组 ($P < 0.05$), 且两个处理组间的差异不明显 ($P > 0.05$)。贮藏第 8 天, 丙二醛含量大小依次为 CK 处理组 $> \epsilon$ -PL 处理组 $>$ Nata 处理组, 说明 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理可以有效地延缓果实丙二醛含量的增加, 抑制果实膜脂氧化程度, 延缓果实衰老程度, 其中 Nata 保鲜纸的效果优于 ϵ -PL 保鲜剂。

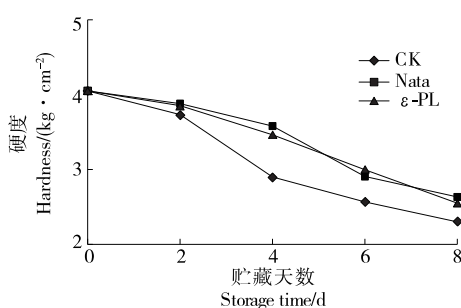


图 5 生物保鲜纸对李子贮藏期硬度的影响

Figure 5 Effect of biological preservative paper on hardness of plum fruits

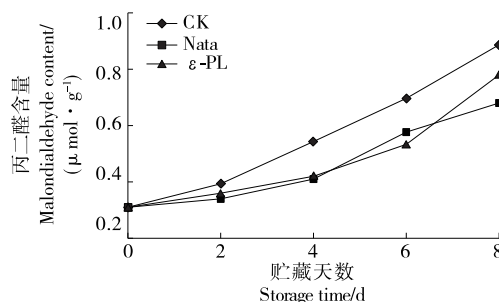


图 6 生物保鲜纸对李子贮藏期丙二醛含量的影响

Figure 6 Effect of biological preservative paper on malondialdehyde content of plum fruits

2.4 对李子贮藏期可溶性固形物、可滴定酸和 V_c 含量的影响

2.4.1 可溶性固形物含量 由图 7 可知, 可溶性固形物含量随贮藏时间的延长先缓慢上升后迅速下降, 可能是由于李子果实采后出现贮藏后熟现象。贮藏第 4 天, CK 处理组的可溶性固形物含量达最大值 12.9%; 而 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组的可溶性固形物含量峰值被推迟至第 6 天, 分别为 12.9%, 13.0%, 各处理组间无显著性差异 ($P > 0.05$)。贮藏第 8 天, CK、Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组的可溶性固形物含量分别为 12.1%, 12.5%, 12.4%, 说明 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理有效地抑制了可溶性固形物含量的下降, 较好地保持了果实的贮藏品质。

2.4.2 可滴定酸含量 由图 8 可知, 可滴定酸含量随贮藏时间的延长逐渐降低。贮藏第 8 天, CK 处理组的可滴定酸含量降至 0.46%, 而 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组的可滴定酸含量分别比 CK 组高 21.4%, 11.4%。说明 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组均不同程度地延缓了可滴定酸含量的降低, 有效地保持果实的风味品质, 且 Nata 保鲜纸的效果优于 ϵ -PL, 与刘振通等^[7]的结果相吻合, 进一步证明了生物保鲜纸处理可以有效地保持果实贮藏期品质。

2.4.3 V_c 含量 由图 9 可知, V_c 含量随贮藏时间的延长逐渐降低。贮藏第 8 天, CK、Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组的 V_c 含量分别下降了 39.7%, 26.1%, 31.6%, 各处理组间差异显著 ($P < 0.05$)。表明 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组

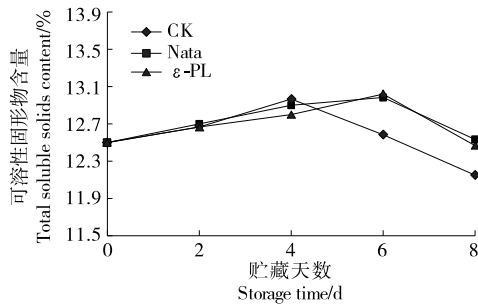


图7 生物保鲜纸对李子贮藏期可溶性固形物含量的影响

Figure 7 Effect of biological preservative paper on total soluble solids content of plum fruits

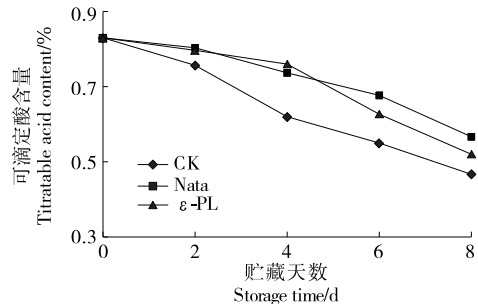


图8 生物保鲜纸对李子贮藏期可滴定酸含量的影响

Figure 8 Effect of biological preservative paper on titratable acid content of plum fruits

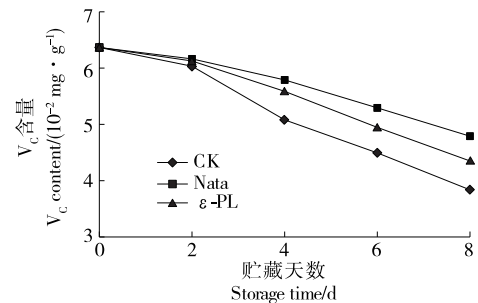


图9 生物保鲜纸对李子贮藏期 V_C 含量的影响

Figure 9 Effect of biological preservative paper on V_C content of plum fruits

可以有效抑制李子果实 V_C 含量的损失,保持较好的贮藏品质,其中 Nata 保鲜纸的效果最佳。

2.5 对李子贮藏期霉菌和酵母总数的影响

由图 10 可知,霉菌和酵母总数随贮藏时间的延长逐渐增加。贮藏前期(0~2 d),霉菌和酵母总数缓慢增加;贮藏后期(4~8 d),霉菌和酵母总数快速增加,且 Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理组的霉菌和酵母总数显著低于 CK 处理组。贮藏第 8 天,CK、Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理组的霉菌和酵母总数分别为 3.9、2.5、3.0 lg(CFU/g),各处理组间差异显著($P<0.05$)。说明 Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理组可以有效降低贮藏期李子果实的霉菌和酵母总数,延缓腐

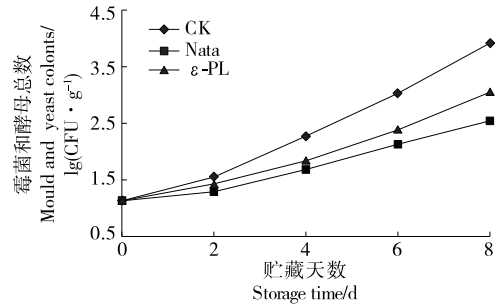


图10 生物保鲜纸对李子贮藏期霉菌和酵母总数的影响
Figure 10 Effect of biological preservative paper on mould and yeast colonies of plum fruits

败菌的增长,保持较高的果实品质。

3 结论

试验表明,纳他霉素和 ε-聚赖氨酸处理的保鲜纸均能有效抑制李子果实腐烂率、失重率、丙二醛含量的增加,降低果实的呼吸强度、乙烯释放及霉菌和酵母总数,较好地保持果实硬度、可溶性固形物、可滴定酸和 V_C 含量。其中,纳他霉素处理的保鲜纸对李子果实贮藏保鲜的效果优于 ε-聚赖氨酸,能保持较好的贮藏品质。关于纳他霉素处理的生物保鲜纸结合其他物理、化学、生物等保鲜技术在李子贮藏保鲜上的应用有待进一步研究。

参考文献

- [1] 成策,陆俊,韩文琪,等. 李子果粒果汁饮料加工工艺研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 225-228.
- [2] 王艳颖,胡文忠,姜爱丽,等. 氯化钙处理对李果实贮藏冷害及营养品质的影响[J]. 食品科技, 2011, 36(1): 53-57.
- [3] 梁洁玉,朱丹实,赵丽红,等. 低温贮藏李子细胞壁酶活性变化对果胶降解的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(5): 212-218.
- [4] 王华瑞,赵迎丽,王春生,等. 不同气体成分对“黑宝石”李果实贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(6): 304-307.
- [5] 吴瑕,刘芳,蔡丽丽. 不同浓度钙处理对李子贮藏期果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2013(18): 126-129.
- [6] BIERHALZ A C K, SILVA M A D, KIECKBUSCH T G. Natamycin release from alginate/pectin films for food packaging applications[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 110(1): 18-25.
- [7] 刘振通,张鹏,李江阔,等. 生物保鲜纸对无核寒香蜜葡萄不同冷藏期的货架品质及风味物质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(7): 246-254.
- [8] 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): 186-190.
- [9] ALEMAN A, MASTROGIACOMO I, LOPEZ-CABALLERO M E, et al. A novel functional wrapping design by complexation of ε-polylysine with liposomes entrapping bioactive peptides[J]. Food and Bioprocess Technology, 2016, 9(7): 1-12.

(下转第 226 页)

2020, 102: 105615.

- [41] AHMED A B A, TAHA R M, MOHAJER S, et al. Preparation, properties and biological applications of water soluble chitin oligosaccharides from marine organisms[J]. Russian Journal of Marine Biology, 2012, 38(4): 351-358.
- [42] RAMIREZ-COUTIRIO L, DEL CARMEN MARIN-CERVANTES M, HUERTA S, et al. Enzymatic hydrolysis of chitin in the production of oligosaccharides using *Lecanicillium fungicola* chitinases[J]. Process Biochemistry, 2006, 41(5): 1106-1110.
- [43] HUSSON E, HADAD C, HUET G, et al. The effect of room temperature ionic liquids on the selective biocatalytic hydrolysis of chitin via sequential or simultaneous strategies[J]. Green Chemistry, 2017, 19(17): 4122-4131.

- [44] VILLA-LERMA G, GONZÁLEZ-MÁRQUEZ H, GIMENO M, et al. Ultrasonication and steam-explosion as chitin pretreatments for chitin oligosaccharide production by chitinases of *Lecanicillium lecanii* [J]. Bioresource Technology, 2013, 146: 794-798.
- [45] ZHANG A-lei, WEI Guo-guang, MO Xiao-fang, et al. Enzymatic hydrolysis of chitin pretreated by bacterial fermentation to obtain pure *N*-acetyl-*D*-glucosamine [J]. Green Chemistry, 2018, 20(10): 2320-2327.
- [46] MARGOUTIDIS G, PARSONS V H, BOTTARO C S, et al. Mechanochemical amorphization of α -chitin and conversion into oligomers of *N*-acetyl-*D*-glucosamine [J]. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2018, 6(2): 1662-1669.

(上接第 139 页)

裂纹在背光透射照明下不易检出的缺陷。结果表明, 试验算法对鸡蛋网状裂纹、线形裂纹图像均能检测出裂纹, 并且裂纹边缘清晰, 明显的线形裂纹、网状裂纹正确检测率分别为 96.4%, 94.7%, 非明显的线形裂纹、网状裂纹正确检测率分别为 89.2%, 87.5%, 高于其他算法。试验只针对常见的鸡蛋裂纹进行识别, 后续将对复杂、多变、无规则的鸡蛋裂纹图像进行识别。

参考文献

- [1] 秦炎炎, 王树才, 李赛飞. 基于声波信号递归图的鸡蛋裂纹检测[J]. 华中农业大学学报, 2019, 38(2): 108-114.
- [2] 邢志中, 张海东, 王孟, 等. 基于计算机视觉和神经网络的鸡蛋新鲜度检测[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(11): 160-163.

- [3] 魏萱, 何金成, 郑书河, 等. 基于图像纹理特征的土鸡蛋微裂纹无损检测[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2017, 46(6): 716-720.
- [4] 张超, 卢伟, 丁天华, 等. 基于多尺度小波变换的鸡蛋散黄检测方法研究[J]. 食品与生物技术学报, 2016, 35(7): 709-713.
- [5] 房盟盟, 丁佳兴, 崔腾飞, 等. 基于高光谱成像技术的鸡蛋哈氏单位快速无损检测[J]. 食品工业科技, 2018, 39(2): 245-249.
- [6] 宋超, 秦永彬, 许道云. 基于 K-means 与 SVM 的鸡蛋特征检测[J]. 计算机与数字工程, 2017, 45(2): 382-386.
- [7] 郁志宏, 王春光, 张晓芳, 等. 改进的粒子群神经网络检测种蛋成活性[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(2): 185-187.
- [8] 徐一鸣, 彭勇, 郑楚红, 等. 基于改进粒子群算法的 WSNs 节点能量均衡覆盖策略[J]. 传感器与微系统, 2020, 39(2): 29-32.
- [9] 郭红山, 张慧宁. 基于萤火虫算法的农业遥感图像增强研究[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(6): 1076-1081.

(上接第 143 页)

- [10] 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.
- [11] 刘开华, 邢淑娟. 涂膜保鲜剂中添加茶多酚对黄花梨贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 213-215.
- [12] 祝美云, 李梅, 朱世明. 壳聚糖复合保鲜剂对鲜切李子品质的影响及其配方筛选[J]. 浙江农业学报, 2009, 21(4): 375-378.
- [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] 王艳颖, 胡文忠, 田密霞, 等. 贮前氯化钙处理对李果实冷害及生理生化的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(9): 310-313, 387.
- [15] 郝义, 韩英群, 郭丹, 等. 聪明鲜 TM 处理对美丽李采后生理和贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2011(1): 139-141.
- [16] 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: 21-40.

(上接第 180 页)

- [19] LEE Hee-hwan, LEE Jong-seok, CHO Jae-yeol, et al. Structural characteristics of immunostimulating polysaccharides from *Lentinus edodes* [J]. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2009, 19(5): 455-461.
- [20] 李诗雅, 韩青, 苏亚文, 等. 菲律宾蛤仔蒸煮液分级醇沉多糖的理化性质和抗氧化活性研究[J]. 大连海洋大学学报, 2018, 33(5): 110-117.
- [21] 杜宝香, 相美容, 付业佩, 等. 北沙参多糖的分离、纯化及其体外免疫活性考察[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(11): 27-31.

- [22] 任浩娜. 中药北沙参多糖与单糖组成和含量测定方法研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2008: 28-29.
- [23] 李红法, 郭松波, 满淑丽, 等. 乙醇分级沉淀提取黄芪多糖及其理化性质和抗氧化活性研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(11): 66-70.
- [24] 许海棠, 廖华珍, 赵彦芝, 等. 响应面法优化山豆根多糖提取工艺及其分级醇沉组分的抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(22): 157-162.