

运输振动降低蒜薹的贮藏品质

胡云峰, 杜威, 魏增宇

(天津科技大学食品营养与安全省部共建教育部重点实验室, 天津 300457)

摘要: 为探究不同振动频率对蒜薹贮藏品质的影响, 试验通过将蒜薹置于振动试验台并进行4种不同频率的振动处理。实验比较各种处理方式下蒜薹在20℃条件贮藏16d时的呼吸速率、可溶性固形物、相对电导率、过氧化物酶、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和丙二醛含量的变化情况。研究结果表明: 振动处理使得蒜薹在贮藏期间的品质不断下降。其中, 振动频率最低的处理组2(100 Hz)在贮藏到第16d时, 相较于未经振动处理的蒜薹, 呼吸速率上升了2.03倍, 可溶性固形物含量为对照组的89.66%, 过氧化物酶(POD)含量为对照组的1.88倍, 超氧化物歧化酶含量上升了1.33倍, 过氧化氢酶活性上升了1.88倍, 丙二醛(MDA)含量上升了1.07倍, 电导率提高了1.09倍。研究还表明蒜薹对振动影响的忍耐程度各不相同, 其品质下降的速度为: 处理组2(100 Hz) > 处理组3(50 Hz) > 处理组4(2 Hz) > 未处理组。其中, 振动频率最高的处理组2(100 Hz)使得蒜薹的品质严重下降($p < 0.05$)。

关键词: 蒜薹; 振动; 品质控制

文章编号: 1673-9078(2018)08-75-80

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.8.012

Transport Vibration Decreases the Storage Quality of Garlic Shoots

HU Yun-feng, DU Wei, WEI Zeng-yu

(State Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: In order to explore the effects of different vibration frequencies often encountered during road transport on the storage quality of garlic shoot, the garlic shoots were placed on the vibration test bench and subjected to treatments with four different vibration frequencies. Comparisons were made on the changes in respiratory rate, hardness, relative conductivity, peroxidase activity, superoxide dismutase activity, catalase activity, and malondialdehyde content of the garlic shoots that have been treated at the four vibration frequencies and then stored at 20℃. The obtained results showed that the vibration treatment caused an decrease in the storage quality of garlic shoots. Especially after the storage of 16 days, the treatment group 2 (at 100 Hz) had an increased respiration rate (by 2.03 times), decreased soluble solids content (by 10.34%), increased peroxidase activity (by 1.88 times), increased malondialdehyde content (by 1.07 times), increased superoxide dismutase content (by 1.33 times), increased catalase activity (by 1.88 times), and increased conductivity (by 1.09 times), compared to the untreated group (no vibration treatment). Results also showed that the endurance of garlic shoots to vibration at different frequencies varied, and the decreasing rate of quality followed this order: treatment group 2 (100 Hz) > treatment group 3 (50 Hz) > treatment group 4 (2 Hz) > untreated group. Among them, the treatment group 2 (which was exposed to the highest frequency, 100 Hz) caused significantly decreased quality of garlic shoots ($p < 0.05$).

Key words: garlic shoot; vibration; quality control

蒜薹(Garlic), 又名蒜苗或蒜毫, 是抽薹大蒜品种生长过程中抽出的花茎, 花茎长60~70 cm。花茎顶部有上尖下粗的总苞, 总苞内有花序, 总苞和花序部分总称为薹苞, 花梗部分称为薹梗。蒜薹鲜脆细嫩, 味道鲜美, 是一种优质高档蔬菜, 其所含营养成分较蒜头更高^[1-3]。

果实采后需要经过运输, 机械损伤主要发生在从果园到市场的运输过程中, 运输过程中的振动是造成

果蔬机械损伤的主要原因^[4-6]。运输过程中的振动胁迫产生的逆境会导致货物产生损伤, 甚至腐烂, 促使其货架期缩短, 带来严重的经济损失。目前, 国内外学者^[7]对于水果振动损伤的研究多以利用振动模型装置的手段为主, 即将果蔬样品置于振动试验台上, 通过对相关振动参数(例如, 振动加速度、振动频率和振幅等)的设置来进行研究。

目前, 对于振动造成果蔬品质下降的研究已有很多。康维民等^[8]研究了振动加速度和振动频率对梨的影响, 发现振动加速度越大而振动频率越小对梨的损伤越大; 李正国等^[9]研究发现, 随着振动强度增加, 猕猴桃常温贮藏条件下果实软化速度加快, 细胞膜完

收稿日期: 2018-03-03

基金项目: 天津市林果现代农业产业技术体系创新团队任务书项目(ITTFPRS2018010); 天津市科技计划项目(16YFZCNC00680)

作者简介: 胡云峰(1966-), 女, 研究员研究方向: 农产品加工与贮藏

整性和细胞结构破坏程度增加,导致其衰老进程加速;曾媛媛等^[10]研究了不同等级道路运输的振动对哈密瓜品质的影响机理,发现三级公路及二级公路较高速公路和一级公路的模拟运输振动对哈密瓜品质的影响更为显著,振动加剧了其活性氧代谢进程,加速了膜质氧化进程。但是,振动频率对蒜薹在贮藏期间的品质变化影响的研究未见报道,因此本文以蒜薹为材料,通过设计不同的振动处理方式,研究振动对蒜薹在贮藏期间的品质变化影响,以期寻找降低蒜薹因运输振动造成经济损失的方法提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜蒜薹采购自河南中牟,当天运输至天津,入冷库备用。选择成熟度适宜、薹条均匀、无机械损伤和无老化的蒜薹进行试验。

PVC 保鲜袋,由国家农产品保鲜工程技术研究中心提供,大小 26.5 cm×23.5 cm,厚度 25 μm。

磷酸氢二钾(分析纯),天津市北辰区荣宏化工厂;磷酸二氢钾(分析纯),天津市北辰区荣宏化工厂;硫代巴比妥酸(分析纯),天津市河东区红岩试剂厂;愈创木酚(分析纯),天津市海信化工有限公司;过氧化氢(30%)(分析纯),天津政成化学制品有限公司;石英砂(化学纯),天津市瑞金特化学品有限公司;三氯乙酸(分析纯),天津市富宇精细化工有限公司;氮蓝四唑(生物试剂),Ruibio;核黄素(生物试剂),Ruibio。

1.2 仪器与设备

ZD-500CB-X-Z 型电磁振动试验机;PA S/L 型气体检测仪,德国 WITT GASETECHNIK 公司;FHR-5 型果实硬度计,日本竹村电机制作所;MP522 型精密 PH/电导率测量仪,上海三信仪表厂;TU-1810 型紫外分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;TGL-16M 台式高速冷冻离心机,长沙湘仪离心机仪器有限公司;MHP-250 型智能霉菌培养箱,上海鸿都电子科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 试验方案设计

按每组 500 g 对蒜薹进行分组,并按表 1 所示方法将蒜薹进行各种不同的振动处理,所有振动处理上下方向加速度为 4.9 m/s²,左右方向 1.96 m/s²,前后方向 1.96 m/s²,振幅为 2.8 cm。

表 1 试验方案设计

Table 1 Design of test scheme

编号	处理方法
1.1(ck)	不振动
1.2(处理组 1)	100 Hz 振动 3 h
1.3(处理组 2)	50 Hz 振动 3 h
1.4(处理组 3)	2 Hz 振动 3 h

处理结束后,将蒜薹放置于 20 ℃恒温设备中贮藏,每 4 d 测定一次指标,测定蒜薹在贮藏期间的品质变化。

1.3.2 指标检测

呼吸速率测定:参考周然等^[11]的方法,取适量蒜薹置于密闭玻璃罐,并存放于室温(20 ℃)下 4 h,再用气体分析测定仪测定罐内 CO₂ 含量变化。

可溶性固形物含量测定:采用数显式糖度仪测定。

细胞膜通透性测定:参考 Zhou 等^[12]的方法,采用电导率法进行测定。

过氧化物酶(POD)活性测定:采用愈创木酚法^[13]进行测定。

过氧化氢酶(CAT)活性测定:采用分光光度法^[14]进行测定。

超氧化物歧化酶(SOD)活性测定:采用氮蓝四唑^[14]法进行测定。

丙二醛:参考 Wang 等^[15]的方法,采用硫代巴比妥酸法测定。

1.3.3 数据处理方法

采用 SPSS 17.0 软件的 one-way ANOVA 对重复性试验数据进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 振动处理对蒜薹呼吸速率的影响

呼吸强度是用来衡量呼吸作用强弱的一个指标,是评价新鲜果蔬贮藏寿命的一个重要标志,是果蔬最主要的生理特性。呼吸强度越大,生命周期越短;呼吸强度越小,生命周期越长,呼吸速率上升是果实对胁迫的应激反应,增强自身呼吸速率以抵抗外界逆境条件^[16]。如图 1 所示,贮藏前期蒜薹呼吸速率逐渐上升,第 8 d 达到呼吸峰值,而经振动处理的蒜薹呼吸速率远高于对照组,这与其他学者用桃子^[17]、杨梅^[18]和猕猴桃^[19]等的试验结果一致。其中,与对照组和处理组 1 相比,处理组 2 和处理组 3 呼吸速率明显上升,第 8 d 时,处理组 2 和处理组 3 呼吸速率分别为对照组的 1.80 倍和 2.03 倍。之后呼吸速率回落,其中振动处理组呼吸速率始终高于对照组。呼吸速率过高会促

进活性氧自由基生成,从而促进细胞膜氧化,破坏细胞完整性,加速果实衰老^[20]。而其中振动处理组之间差异的原因在于其振动强度不同,而振动强度越大则对果实的损伤越大,振动强度越大对果实的损伤越大^[18],使得蒜薹呼吸速率上升。

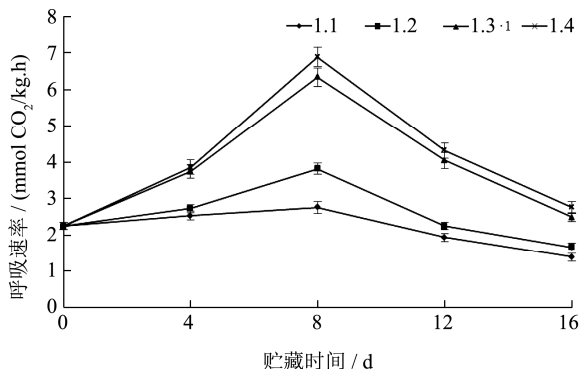


图1 振动处理对蒜薹呼吸速率的影响

Fig.1 The vibration treatment on respiration rate effects of garlic shoot

2.2 振动处理对蒜薹可溶性固形物含量的影响

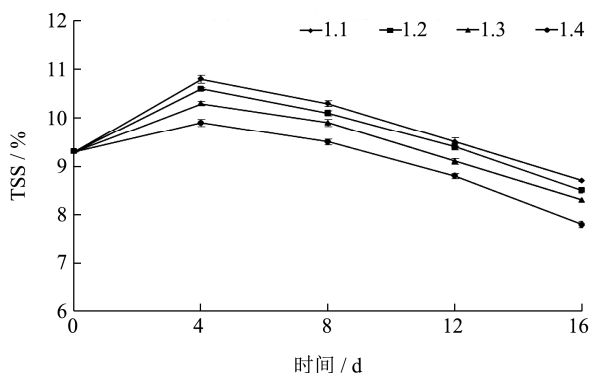


图2 振动处理对蒜薹可溶性固形物含量的影响

Fig.2 Effects of vibration on garlic shoot soluble solids content

可溶性固形物含量能直接反应果蔬的成熟程度和品质状况。果蔬采后由于自身消耗和淀粉酶活性等原因,可溶性固形物含量呈现上升或下降等不同趋势。一般来说,随着贮藏时间的延长,机体逐渐衰老,可溶性固形物含量都会降低^[21]。如图2所示,蒜薹贮藏期间可溶性固形物含量呈先上升后下降趋势;与对照组相比,振动处理组可溶性固形物含量低,且随着振动强度增加,可溶性固形物含量明显降低。在贮藏至第16 d时,处理组1,处理组2和处理组3可溶性固形物含量分别为对照组的97.7%,95.4%和89.6%,说明振动会加速蒜薹可溶性固形物含量的减少。

2.3 振动处理对蒜薹过氧化物酶(POD)活性的影响

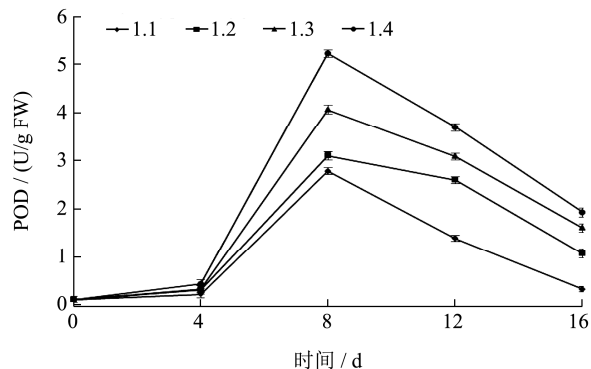


图3 振动处理对蒜薹过氧化物酶活性的影响

Fig.3 Effect of vibration treatment on the peroxidase activity of garlic shoot

过氧化物酶(POD)是活性较高的适应性酶,能够反映植物生长发育的特性、体内代谢状况以及对外界环境的适应性。逆境胁迫能诱导植物组织中过氧化物酶活性升高,这是植物对所有逆境胁迫的共同响应^[22]。如图3所示,在贮藏过程中,蒜薹过氧化物酶活性先上升后下降,与对照组相比,经振动处理的蒜薹过氧化物酶活性上升速度加快,在第8 d达到峰值,处理组1,处理组2和处理组3过氧化物酶活性分别为对照组的1.12倍,1.46倍和1.88倍,其中处理组2和处理组3显著高于对照组,且差异显著($p < 0.05$),这是由于振动处理促使蒜薹为抵御逆境而导致过氧化物酶活性升高,8 d后其活性降低,表现出对环境的适应,这与应铁进等^[17]研究结果一致,其中振动处理组过氧化物酶活性始终高于对照组,说明振动处理促进蒜薹过氧化物酶活性的升高,加快蒜薹品质的劣变。

2.4 振动处理对蒜薹超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

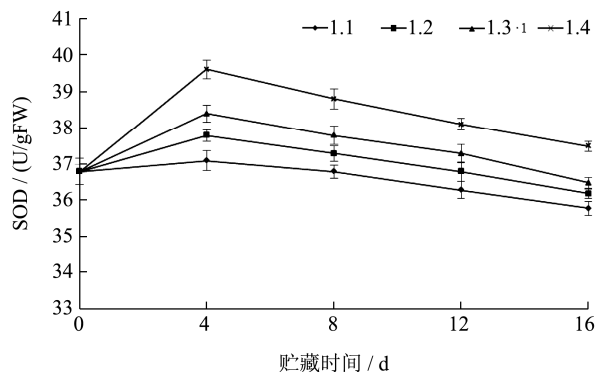


图4 振动处理对蒜薹超氧化物歧化酶活性的影响

Fig.4 Effect of vibration treatment on superoxide dismutase activity of garlic shoot

超氧化物歧化酶(SOD)在植物衰老过程中清除组织中的活性氧,维持活性氧的平衡,保护膜结构,因

而能延缓衰老;果实衰老时 SOD 活性下降,意味着体内清除活性氧能力的下降^[23]。由图 4 所示,随着贮藏时间的逐渐增加,超氧化物歧化酶也呈现出先逐渐上升然后缓慢下降的趋势,其活性在第 4 d 达到峰值,处理组 1,处理组 2 和处理组 3 过氧化物酶活性分别为对照组的 1.02 倍,1.04 倍和 1.07 倍,其中各个试验组的 SOD 活性显著高于对照组,且差异显著 ($p<0.05$),这说明振动胁迫使得果蔬组织产生了一系列抵御外界逆境的应激反应,但是在贮藏后期,由于振动损伤的进一步加剧,果蔬细胞逐渐衰老,使得 SOD 的活性逐渐下降。在整个贮存的过程中,对照组的 SOD 活性显著低于各个振动处理组,表明振动胁迫使得 SOD 的活性不断上升,使得蒜薹的品质在贮藏期间不断恶化。

2.5 振动处理对过氧化氢酶(CAT)活性的影响

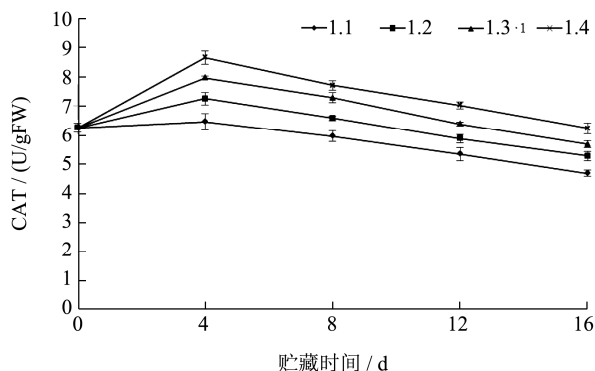


图 5 振动处理对蒜薹过氧化氢酶活性的影响

Fig.5 Effect of vibration treatment on catalase activity of garlic shoot

过氧化氢酶(Catalase, CAT)广泛存在于植物细胞,其功能是催化活性氧过氧化氢(H_2O_2)分解为 H_2O 和 O_2 ,防止或减轻 H_2O_2 的直接或间接损害^[23]。由图 5 可以看出,随着贮藏时间的逐渐增加,过氧化氢酶呈现出先逐渐上升然后缓慢下降的趋势,其活性在第 4 d 达到峰值,处理组 1,处理组 2 和处理组 3 过氧化物酶活性分别为对照组的 1.12 倍,1.23 倍和 1.34 倍,其中各个试验组的 CAT 活性显著高于对照组,且差异显著 ($p<0.05$),这说明振动胁迫使得果蔬组织产生了一系列抵御外界逆境的应激反应,但是在贮藏后期,由于振动损伤的进一步加剧,蒜薹的细胞组织产生了大量的 H_2O_2 ,对蒜薹的细胞组织造成了大量的破坏,使得 CAT 的活性逐渐下降。在整个贮存的过程中,对照组的 CAT 活性显著低于各个振动处理组,表明振动胁迫使得 CAT 的活性不断上升,并使得蒜薹的品质在贮藏期间不断衰老死亡。

2.6 振动处理对蒜薹丙二醛(MDA)含量的影响

响

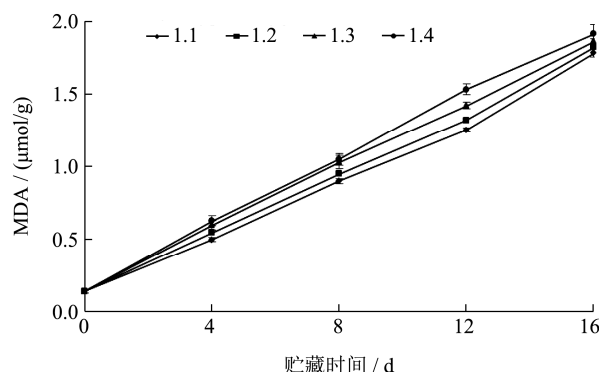


图 6 振动处理对蒜薹丙二醛含量的影响

Fig.6 The vibration effects on the MDA content of garlic shoot

丙二醛 (Malondialdehyde, MDA) 是植物衰老过程中由超氧自由基作用于植物体后引起膜系统脂质过氧化的产物,会造成植物体生物膜和大分子的损伤,常被用来评价脂质过氧化程度和细胞膜系统受伤害的程度^[16]。如图 6 所示,在贮藏过程中,蒜薹的丙二醛 (Malondialdehyde, MDA) 含量逐渐增加。和对照组相比,经振动处理的蒜薹丙二醛含量上升速度加快,贮藏 4 d 以后,经振动处理的蒜薹丙二醛含量高于对照组。16 d 时,处理组 1,处理组 2 和处理组 3 丙二醛含量分别为对照组的 1.02 倍,1.04 倍和 1.07 倍。上述结果表明经振动处理的蒜薹在贮藏过程中会产生了较多的丙二醛,说明振动会加速蒜薹细胞膜系统损伤,导致蒜薹细胞膜发生了破裂。

2.7 振动处理对蒜薹相对电导率的影响

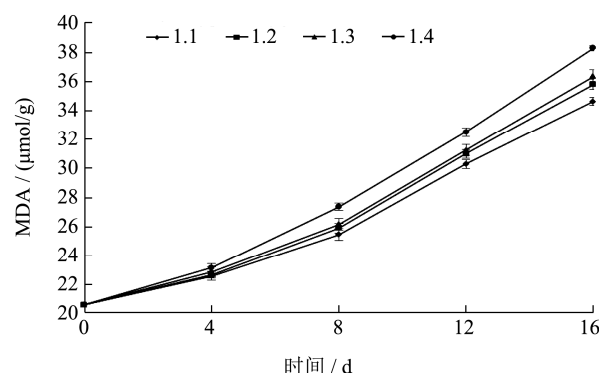


图 7 振动处理对蒜薹相对电导率的影响

Fig.7 The vibration effects on the relative conductivity of garlic

在贮藏过程中,受到伤害的首先是细胞膜系统。膜系统受到氧自由基攻击后透性增加,造成离子外渗,因此常将相对电导率作为评价细胞膜完整性的指标^[23]。当细胞膜完整性遭到破坏,会导致细胞破裂,破坏细胞的功能,致使水果衰老速度加快^[20,26,27]。蒜薹相对电导率的上升说明贮藏期间蒜薹细胞膜完整性逐

渐遭到破坏。如图 7 所示,随着贮藏时间的延长,蒜薹的相对电导率逐渐增大,这是由于细胞膜自由基链式反应加快,从而导致相对电导率上升速度加快^[27]。贮藏至 16 d 时,处理组 1,处理组 2 和处理组 3 相对电导率分别为对照组的 1.03 倍,1.05 倍和 1.11 倍,说明振动处理对蒜薹细胞膜损伤严重,在贮藏后期,处理组 3 对蒜薹细胞膜损伤更严重($p>0.05$)。

3 结论

3.1 研究结果表明振动处理使得蒜薹在贮藏期间的品质不断下降。其中,振动最剧烈的处理组 3 在贮藏到第 16 d 时,相较于未经振动处理的蒜薹,呼吸速率上升了 2.03 倍,可溶性固形物含量为对照组的 89.66%,过氧化物酶含量上升了 1.88 倍,超氧化物歧化酶酶含量上升了 1.33 倍,过氧化氢酶活性上升了 1.88 倍,丙二醛含量上升了 1.07 倍,电导率提高了 1.09 倍。研究还表明蒜薹对振动处理影响的忍耐程度各不相同,其品质下降的速度为:处理组 3>处理组 2>处理组 1>未处理组。其中,振动幅度最大的处理组 3 使得蒜薹的品质严重下降 ($p<0.05$)。

3.2 振动处理使得蒜薹的贮藏品质急剧下降。在贮藏期间,蒜薹的可溶性固形物呈现出下降的趋势;蒜薹的呼吸速率、过氧化物酶、超氧化物歧化酶和过氧化氢酶的活性均呈现出先上升后下降的趋势;细胞膜的通透性和 MDA 含量均呈现出上升趋势。大量的研究表明^[16-20],振动胁迫会使得果蔬的呼吸速率大幅度增加。

3.3 进而导致自身体内的营养物质被大量消耗用来抵御振动胁迫对果蔬造成的损伤。振动胁迫还会使得果蔬产生大量的有害物质,从而引起果蔬体内的防御机制做出一系列应答,使得果蔬的过氧化物酶、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶的活性发生一系列的变化,进而加剧了细胞膜的过氧化程度,导致其细胞膜完整性不断遭到破坏,使得蒜薹相对电导率不断升高,细胞加速衰老死亡。因此在安排运输路线时应尽量减少在二级公路和三级公路上的运输时长,以减少由于振动造成的蒜薹品质下降。

参考文献

- [1] 李丽,张华云,宋茂树,等.不同产地蒜薹在贮藏过程中理化性能的研究[J].中国果菜,2003,1:22
LI Li, ZHANG Hua-yun, SONG Mao-shu, et al. Study on physical and chemical properties of garlic crude in storage from different producing areas [J]. China Fruit and Vegetable, 2003, 1: 22
- [2] 李琴.NO 对蒜薹的保鲜作用研究[J].天津农业科学,2010,16(6):57-60
LI Qin. Study of NO on the preservation of garlic sprouts [J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2010, 16(6): 57-60
- [3] 邢亚阁,许青莲,车振明,等.壳聚糖肉桂油生物保鲜剂对蒜薹贮藏品质的影响[J].西华大学学报:自然科学版,2012,31(6):98-101
XING Ya-ge, XU Qing-lian, CHE Zhen-ming, et al. Effect of chitosan coating enriched with cinnamon oil on the quality of garlic sprouts during the storage time [J]. Journal of Xihua University, 2012, 31(6): 98-101
- [4] Remon S, Venturini M E, Lopez-Buesa P, et al. Burlat cherry quality after long range transport: optimization of packaging conditions [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2003, 4(4): 425-434
- [5] Peleg K, Hinga S. Simulation of vibration damage in produce transportation [J]. Transactions of the Asae, 1986, 29(2): 0633-0641
- [6] 卢立新,王志伟.果品运输中的机械损伤机理及减损包装研究进展[J].包装工程,2004,4(25):131-134
LU Li-xin, WANG Zhi-wei. Study of mechanisms of mechanical damage and transport packaging in fruits transportation [J]. Packaging Engineering, 2004, 4(25): 131-134
- [7] Bollen A F, Nguyen H X, Rue B T D. Comparison of methods for estimating the bruise volume of apples [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1999, 74(4): 325-330
- [8] 康维民,肖念新,蔡金星,等.稳定条件下梨的振动损伤研究[J].农业机械学报,2004,35(3):105-108
KANG Wei-min, XIAO Nian-xin, CAI Jin-xing, et al. Study on pear scathe under stationary vibration condition [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2004, 35(3): 105-108
- [9] 李正国,苏彩萍,王贵禧.振动胁迫对猕猴桃果实成熟衰老生理的影响[J].农业工程学报,2000,16(4):142-143
LI Zheng-guo, SU Cai-ping, WANG Gui-xi. Effects of vibration stress on the senescence and senescence of kiwifruit [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2000, 16(4): 142-143
- [10] 曾媛媛,周然,蒋春啟,等.不同等级道路运输振动对哈密瓜品质的影响[J].农业工程学报,2017,33(9):282-289
ZENG Yuan-yuan, ZHOU Ran, JIANG Chun-qi, et al. Influence of different levels of road transportation vibration

- on the quality of hami melon [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(9): 282-289
- [11] 周然,王锡昌,谢晶,等.热水结合果蜡处理抑制振动引起哈密瓜衰老的机理[J].农业工程学报,2014,30(24):318-324
ZHOU Ran, WANG Xi-chang, XIE Jing, et al. Effects of combination of hot water and shellac on reducing ripening changes in hami melons (*Cucumis melo* var. *saccharinus*) induced by transport vibration and its mechanism [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(24): 318-324
- [12] Zhou R, Su S, Li Y. Effects of cushioning materials on the firmness of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Huanghua) during distribution and storage [J]. Packaging Technology & Science, 2008, 21(1): 1-11
- [13] 陈君然.充气包装对切分青椒品质的影响及其作用机理研究[D].天津:天津科技大学,2010
CHEN Jun-ran. Study on effect of modified atmosphere packaging on quality of fresh-cut green peppers and its mechanism [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2010
- [14] 曹健康,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
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Postharvest physiology and biochemistry experimental guidance for fruits and vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013
- [15] Wang Y, Tang F, Xia J, et al. A combination of marine yeast and food additive enhances preventive effects on postharvest decay of Jujubes (*Zizyphus jujuba*) [J]. Food Chemistry, 2011, 125(3): 835-840
- [16] 曾凯芳,肖丽娟,曾凡坤.振动胁迫对果品采后贮藏特性的影响[J].食品科技,2005,4:81-82
ZENG Kai-fang, XIAO Li-juan, ZENG Fan-kun. Effects of vibration stress on postharvest storage characteristics of fruit [J]. Food Science and Technology, 2005, 4: 81-82
- [17] 应铁进,郑永华.振动胁迫对桃果实衰老的影响[J].园艺学报,1997,2:137-140
YING Tie-jin, ZHENG Yong-hua. Effect of vibration stress on senescence of peach fruit [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1997, 2: 137-140
- [18] 应铁进,陈萃仁,席均芳,等.振动胁迫下杨梅果实的呼吸强度与质膜差别透性变化(简报)[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),1993,1:80-81
YING Tie-jin, CHEN Cui-ren, XI Yu-fang, et al. Respirational reaction and cell membrane permeability changes in red bayberry fruit under vibrational stress [J]. Journal of Zhejiang University, 1993, 1: 80-81
- [19] 李正国,苏彩萍,王贵禧.振动胁迫对猕猴桃果实成熟衰老生理的影响[J].农业工程学报,2000,16(4):142-143
LI Zheng-guo, SU Cai-ping, WANG Gui-xi. Effects of vibration stress on the senescence and senescence of kiwi fruit [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2000, 16(4): 142-143
- [20] Zhou R, Zhang G, Hu Y, et al. Reductions in flesh discolouration and internal morphological changes in Nanhui peaches (*Prunus Persica* (L.) Batsch, cv. Nanhui) by electrolysed water and 1-methylcyclopropene treatment during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2012, 135(3): 985-992
- [21] 袁树枝,丁薪源,王姣,等.采后果实组织结构抗病性研究进展[J].食品科学,2015,36(7):206-210
YUAN Shu-zhi, DING Xin-yuan, WANG Jiao, et al. Progress in studies on the structural resistance of fruit tissues after harvest [J]. Food Science, 2015, 36(7): 206-210
- [22] 何学利.植物体内的保护酶系统[J].现代农业科技,2010,10:37-38
HE Xue-li. Protective enzyme system in plants [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2010, 10: 37-38
- [23] Lin Y, Lin Y, Lin H, et al. Inhibitory effects of propyl gallate on browning and its relationship to active oxygen metabolism in pericarp of harvested longan fruit [J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 60(2): 1122-1128
- [24] Aghdam M S, Sevillano L, Flores F B, et al. Heat shock proteins as biochemical markers for postharvest chilling stress in fruits and vegetables [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 160(160): 54-64
- [25] 周然,李云飞.不同强度的运输振动对黄花梨的机械损伤及贮藏品质的影响[J].农业工程学报,2007,23(11):255-259
ZHOU Ran, LI Yun-fei. Effects of different vibration intensity on mechanical damage and storage quality of huanghua pear [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(11): 255-259
- [26] 潘俨,车凤斌,董成虎,等.模拟运输振动对新疆杏呼吸途径和品质的影响[J].农业工程学报,2015,31(3):325-331
PAN Yan, CHE Feng-bin, DONG Cheng-hu, et al. Effect of simulated transportation vibration on respiratory pathway and

quality of Xinjiang apricot [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(Transactions of the CSAE), 2015, 31(3): 325-331

[27] Sun J, Li C, Prasad K N, et al. Membrane deterioration,

enzymatic browning and oxidative stress in fresh fruits of three litchi cultivars during six-day storage [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 148(1): 97-103

