

运输振动对哈密瓜贮藏品质的影响

Effects of transport vibration on storage quality of Hami melon

曾媛媛 王锡昌 周然 宋喆文 谢晶 周研

ZENG Yuan-yuan WANG Xi-chang ZHOU Ran SONG Zhe-wen XIE Jing ZHOU Yan

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

摘要:为了研究运输过程中振动对哈密瓜贮藏品质的影响, 试验模拟半挂车运输振动环境, 比较经振动处理与未经振动处理哈密瓜在室温(23℃)贮藏期间(28 d)品质的变化情况。研究表明: 贮藏 28 d 时, 振动后的哈密瓜呼吸速率高于对照组, 说明振动会加快哈密瓜的呼吸速率及后熟作用, 加速衰老及硬度下降速率, 加快丙二醛产生及哈密瓜细胞膜脂的氧化, 从而破坏细胞膜完整性, 最终加快哈密瓜的衰老腐败。

关键词:哈密瓜; 运输振动; 贮藏; 呼吸速率

Abstract: In order to study the effect of transport vibration on storage quality of Hami melons (*Cucumis melo* var. *saccharinus*), transport vibration of semi-trailer was simulated. The melons treated by transport vibration was compared with the untreated melons while melons were stored 28 d at room temperature (23℃). The result showed that: when stored at 28 d, respiration rate of vibration-treated melons was higher than untreated, it was indicated that the transport vibration will accelerate respiration rate and after-ripening, accelerate aging, and the rate of decrease in hardness, speed up the generation of MDA and membrane lipid oxidation, thereby the integrity of the cell membrane was undermined, and ultimately accelerate the aging corruption of melons.

Keywords: Hami melon; transport vibration; storage; respiration rate

哈密瓜(*Cucumis melo* var. *Saccharinus*)原产自新疆, 是新疆地区特色农产品, 因其香甜可口、脆嫩多汁而广受消费者的喜爱。其主要销售地为北京、上海等^[1]。而运输过程中的逆环境会加速哈密瓜的衰老, 增加其腐烂率, 从而缩短哈密瓜的货架期, 造成经济损失^[2]。如运输中的振动会对哈

密瓜造成机械损伤, 加速其软化甚至造成品质劣变等严重后果, 故通过模拟运输振动, 研究振动对哈密瓜贮藏品质的影响十分必要。

前人研究了稳态振动以及随机振动对果品品质的影响。康维民等^[3]通过梨的稳态振动试验, 发现振动加速度越大, 梨越容易产生可见机械损伤; 在相同加速度条件下, 振动频率越小, 梨越容易产生损伤。Jarimopas 等^[4]发现: 沥青路、水泥路、土路对橘子的可见机械损伤程度依次加大, 且速度越高对水果的伤害越大。而有研究^[5-6]表明: 长期运输产生的振动也会对哈密瓜造成不可见的损伤, 影响其品质和经济价值。但前人对于长途运输振动对哈密瓜贮藏中生理生化品质影响的机理尚未见报道, 因而有必要研究振动对哈密瓜贮藏品质影响的机理, 为寻找减轻运输振动逆境对哈密瓜贮藏品质影响的新型方法提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验装置

在整个试验中, 使用华俊牌 20 t 位半挂车, 其装载量为 12.7 t。试验模拟从上海到山东潍坊的运输, 主要包括省道和国道, 整个过程长约 800 km。运输时, 在半挂车车厢后部安装一个距离车厢后板的最后端距离为 1 m 的加速度传感器。运输时每 3 min 采集一次振动数据。到达目的站后移除测试装备并将结果输入到电脑, 经处理后得加速度频谱图。再将测试采集的振动结果输入到振动台试验系统(图 1(a)), 以此来模拟运输过程产生的振动。振动加速度频谱见图 1(b)。

1.2 仪器与设备

振动台试验系统: MPA408/LS444M 型, 北京航天希尔测试技术有限公司;

气体分析仪: CNOT-201C 型, 天津森罗公司;

可见紫外分光光度计: UV2100 型, 上海尤尼柯仪器有限公司;

硬度计: CY-2 型, 河南华中化验仪器设备有限公司;

基金项目:国家自然科学基金(编号: 31201439); 上海高校一流学科建设项目资助(编号: B-5005-13-0002-4); 上海市科委工程中心建设项目(编号: 11DZ2280300); 上海海洋大学优秀青年学科骨干培养计划(海鸥计划)资助项目

作者简介: 曾媛媛, 女, 上海海洋大学在读硕士研究生。

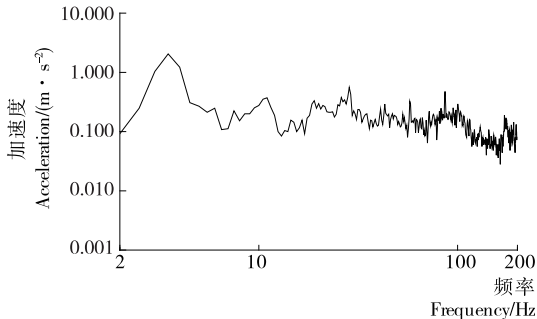
通讯作者: 周然(1977—), 男, 上海海洋大学副教授, 博士。

E-mail: rzhou@shou.edu.cn

收稿日期: 2015-11-05



(a) 振动台试验系统



(b) 振动加速度频谱

图1 运输过程中半挂车振动的振动台试验系统和加速度频谱

Figure 1 The vibration shaker and spectrum of acceleration from the semi-trailer

电子天平:JY30001 型,上海方瑞仪器有限公司;
电导率仪:DDB-6200 型,上海精密科学仪器有限公司。

1.3 材料处理

采购 90 个成熟度、颜色、大小一致,无机械损伤与病虫害感染的新鲜哈密瓜于上海浦东水果园。运输时根据实际运输包装,将哈密瓜用塑料网托包装好装进瓦楞纸箱。试验用哈密瓜分为两组,一组不作任何处理作为对照组,一组作为振动处理组,放在振动台上振动处理 52 h(模拟哈密瓜从新疆到上海的长途运输)。处理完后将所有哈密瓜放置在与销售环境相似的室温(23℃)条件下,每间隔 7 d 对哈密瓜品质进行一次检测,直至其失去商品价值。

1.4 测定项目及方法

- 1.4.1 呼吸速率 参照文献[1]。
- 1.4.2 丙二醛 参照文献[7]。
- 1.4.3 V_c 参照文献[8]³⁴⁻³⁷。
- 1.4.4 总酚 参照文献[8]⁴⁴⁻⁴⁶。
- 1.4.5 总还原力 参照文献[9]。
- 1.4.6 硬度 参照文献[10]。
- 1.4.7 失重率 随机取 3 个样品,记录原始重量,并于处理完成后,分别在贮藏 0,7,14,21,28 d 称重,按式(1)计算失重率:

失重率= $\frac{\text{初称重量}-\text{现称重量}}{\text{初称重量}} \times 100\%$ 。 (1)

- 1.4.8 相对电导率 参照文献[8]¹⁵²⁻¹⁵⁴。

1.5 数据处理方法

试验指标平行测定 3 次,数据间的差异性使用 Spss

20.0 中的 Duncan 法进行方差分析和多重比较,利用 Origin Pro V8.6 软件绘制曲线。

2 结果与分析

2.1 振动处理对哈密瓜呼吸速率的影响

图 2 中,哈密瓜呼吸速率呈先降低后上升的变化趋势,这是因为哈密瓜采摘后的贮藏温度低于采摘前的生长温度,而低温会抑制其呼吸作用^[11]。由图 2 可知,经过振动处理的哈密瓜的呼吸速率较强。贮藏 28 d 后,振动处理组哈密瓜的呼吸速率显著高于对照组哈密瓜($P<0.05$)。这一研究结果表明,运输振动会导致哈密瓜在贮藏过程呼吸速率的提高。其原因是果蔬会通过提高呼吸速率来防御逆境^[12]。而当呼吸速率提高到一定程度时,会导致活性氧自由基增加,从而对细胞膜造成伤害^[13]。同时,果蔬采后无法从外界获取营养物质,因此采后果蔬任何程度的呼吸作用必然会加速果蔬机体的营养物质损耗,进而降低采后果蔬质量,最终加速贮藏过程中哈密瓜的成熟和衰老^[14-15]。

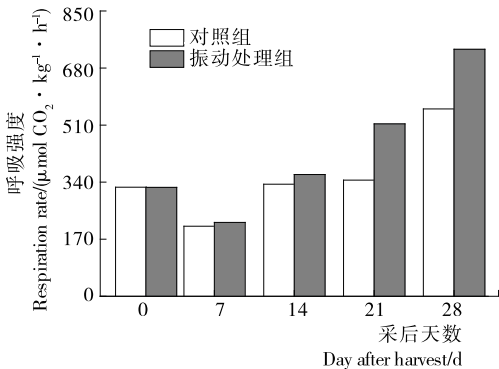


图2 振动处理对哈密瓜呼吸速率的影响

Figure 2 Effect of vibration treatment on respiration rate of Hami melon

2.2 振动处理对哈密瓜丙二醛的影响

由图 3 可知,贮藏过程中,哈密瓜的丙二醛含量逐渐上升。在贮藏 7 d 后,振动处理组哈密瓜的丙二醛含量显著高于对照组哈密瓜($P<0.05$)。而由脂质氧化产生的丙二醛,常用来作为植物细胞膜脂质过氧化的生化指标,它可以反映植物细胞膜结构的完整性^[16-17]。由此得出,振动后的哈密

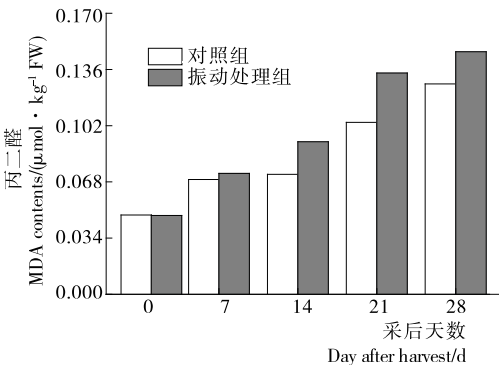


图3 振动处理对哈密瓜丙二醛的影响

Figure 3 Effect of vibration treatment on MDA contents of Hami melon

瓜在贮藏时,其组织会产生较多丙二醛,从而加速细胞膜脂质氧化,最终破坏细胞膜完整性。

2.3 振动处理对哈密瓜 V_C 的影响

V_C是哈密瓜最重要的营养指标之一。由图 4 可知,哈密瓜在贮藏过程中,随着贮藏时间的增长,V_C含量逐渐减少,其营养价值随之降低。而振动处理组哈密瓜的 V_C含量较对照组下降趋势大(P<0.05),这说明运输振动会加速哈密瓜营养价值的流失。

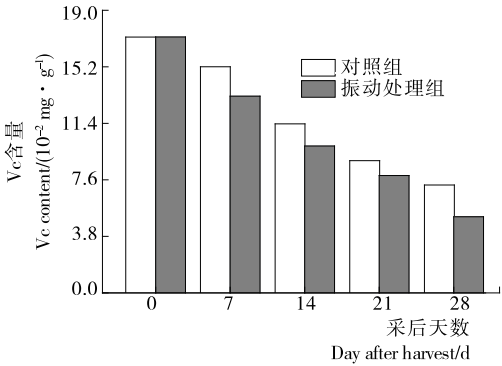


图 4 振动处理对哈密瓜 V_C 的影响

Figure 4 Effect of vibration treatment on V_C of Hami melon

2.4 振动处理对哈密瓜总酚的影响

酚类物质是植物体内重要的次生代谢物质,与果蔬品质密切相关^[18]。由图 5 可知,哈密瓜的总酚含量呈现先上升后下降的趋势,且在贮藏 14 d 时出现峰值。而总酚含量以及 V_C含量均与果蔬抗氧化能力有关^[19],图 5 中显示振动处理组哈密瓜的总酚含量整体低于对照组,且贮藏 28 d 后振动处理组哈密瓜的总酚含量明显低于对照组(P<0.05),说明振动会降低哈密瓜的抗氧化能力,从而加速其衰老。

2.5 振动处理对哈密瓜总还原力的影响

结合图 5 及图 6 可知,哈密瓜的总酚含量和总还原力的变化趋势均为先上升后下降,这是由于果蔬总还原能力的大小是以总酚含量为依据的^[20]。由图 6 可知,振动会促使抗氧化能力降低,在贮藏 28 d 时,振动处理组哈密瓜的总还原力低于对照组(P<0.05)。而采后果蔬中与总还原力相关的

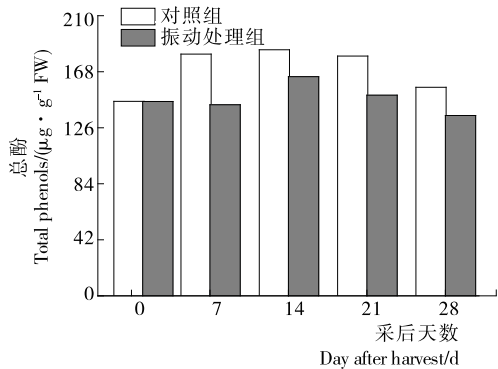


图 5 振动处理对哈密瓜总酚的影响

Figure 5 Effect of vibration treatment on total phenols of Hami melon

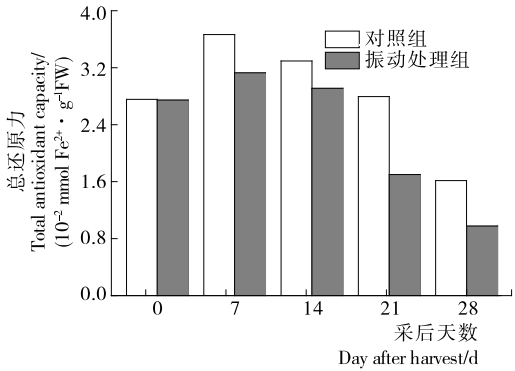


图 6 振动处理对哈密瓜总还原力的影响

Figure 6 Effect of vibration treatment on total antioxidant capacity of Hami melon

物质成分对保持其品质十分重要,其可以抑制贮藏过程中的氧化反应以及脂质的过氧化反应^[21]。因此,振动会加速哈密瓜在贮藏期间的脂质氧化,从而加速细胞膜氧化损伤。

2.6 振动处理对哈密瓜硬度的影响

硬度是体现哈密瓜口感和新鲜程度的重要指标之一。由图 7 可知,哈密瓜在贮藏期间的硬度整体呈下降趋势,且随着贮藏时间的增加下降速度持续加快。这是因为采后哈密瓜的后熟作用,使其在代谢过程中降解了淀粉,对果胶物质进行了转化,从而果实发生软化。由图 7 可见,在贮藏过程中,振动处理组哈密瓜的硬度低于对照组(P<0.05),这说明振动会影响哈密瓜在贮藏过程中的硬度,从而加速降低哈密瓜的新鲜程度。

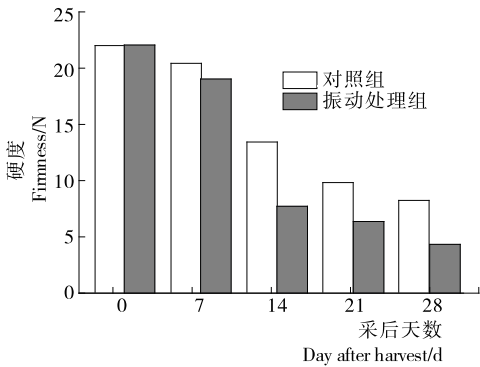


图 7 振动处理对哈密瓜硬度的影响

Figure 7 Effect of vibration treatment on firmness of Hami melon

2.7 振动处理对哈密瓜失重率的影响

果蔬中水分充足能够使其表现出脆嫩和饱满等新鲜的感官品质,而果蔬水分损失的直接表现即为失重率增高。由图 8 可知,贮藏过程中的哈密瓜失重率是逐渐增高的,说明其新鲜程度逐渐降低。并且振动处理组哈密瓜的失重率始终高于对照组的(P<0.05),这说明振动处理会加速贮藏过程中哈密瓜水分的损失。同时,有研究^[22]认为,失水造成的哈密瓜的萎缩不仅关系到感官品质,也关系到果蔬的呼吸速率、细胞膜结构以及乙烯生成速率等一系列生理代谢问题。

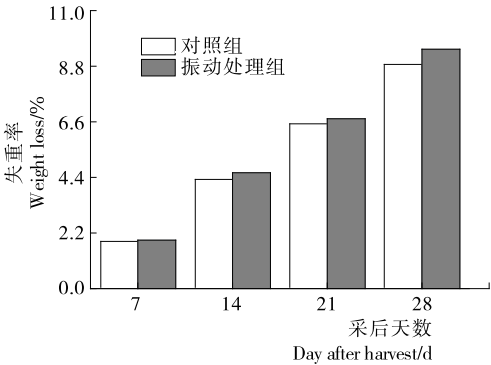


图 8 振动处理对哈密瓜失重率的影响

Figure 8 Effect of vibration treatment on weight loss of Hami melon

2.8 振动处理对哈密瓜相对电导率的影响

电导率是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^[24-25]。由图 9 可知,哈密瓜的电导率随贮藏时间的增加而逐渐增大,说明贮藏期间,哈密瓜的细胞膜完整性逐渐降低;而振动处理后哈密瓜的电导率上升速度较对照组的快($P<0.05$),且在贮藏 7 d 后,振动处理组哈密瓜的电导率均高于对照组的。结果表明,振动会导致哈密瓜电导率上升,即使在未发生可见机械损伤时,也会加速破坏细胞膜完整性,致使水果加速衰老。

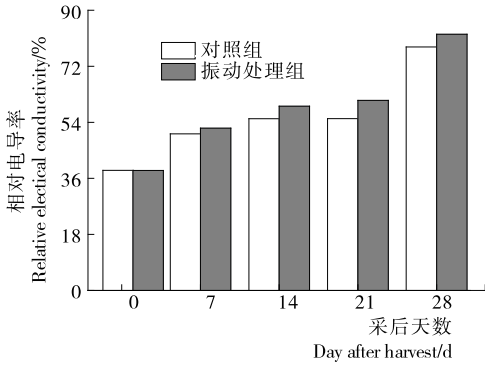


图 9 振动处理对哈密瓜相对电导率的影响

Figure 9 Effect of vibration treatment on relative electrical conductivity of Hami melon

3 结论

振动虽未对哈密瓜造成可见机械损伤,但是经振动处理后哈密瓜各的品质指标与对照组的均有所差异。振动会加快哈密瓜的呼吸速率,加快后熟作用,致使其硬度下降速率加快,活性氧自由基增加,总还原力和总酚含量降低,细胞膜脂质氧化程度加快,使得丙二醛含量增加,细胞膜完整性受到破坏,电解质外渗而使相对电导率上升,进而加速哈密瓜失重。以上种种情况不仅影响了哈密瓜的感官品质,更影响了其生理代谢,造成营养成分流失,最终降低哈密瓜的经济价值。对此,可通过采后运输前对哈密瓜进行热水处理^[1]、套袋处理以及冷链运输^[2]等方法,抑制哈密瓜的生理活性,从而降低运输振动对哈密瓜造成的损伤,减少哈密瓜

因运输振动造成的经济损失,提升其商业价值。

参考文献

[1] 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.

[2] 杨军, 廖新福, 沙勇龙, 等. 冷链运输对哈密瓜品质及腐烂率的影响[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(7): 1 277-1 282.

[3] 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.

[4] Arimopas B, Singh S P. Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit[J]. Packaging Technology and Science, 2005, 18: 179-188.

[5] 刘迎雪, 卢立新. 振动对小番茄生理特性的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 20-21.

[6] 刘峰娟, 秦宗权, 沈艾彬, 等. 振动胁迫对杏果实品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(10): 266-270.

[7] Wang Yi-fei, Tang Fei, Xia Jin-dan, et al. A combination of marine yeast and food additive enhances preventive effects on post-harvest decay of jujubes (*Zizyphus jujuba*)[J]. Food Chemistry, 2011, 125: 835-840.

[8] 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.

[9] 李念文, 谢晶, 周然, 等. 不同真空蒸汽解冻条件对金枪鱼感官的影响[J]. 制冷学报, 2014, 35(5): 76-82.

[10] 秦宗权, 沈艾彬, 刘峰娟, 等. 热水处理对哈密瓜采后品质影响的研究[J]. 食品工业, 2011(5): 23-26.

[11] 毛晓英, 吴庆智, 童军茂. 化学诱抗剂对新疆哈密瓜采后生理的影响[J]. 食品科技, 2008(5): 252-254.

[12] 刘迎雪, 卢立新. 振动对小番茄生理特性的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 20-21, 46.

[13] Duan Xue-wu, Liu Ting, Zhang Dan-dan, et al. Effect of pure oxygen atmosphere on antioxidant enzyme and antioxidant activity of harvested litchi fruit during storage[J]. Food Research International, 2011, 44(7): 1 905-1 911.

[14] Qin Guo, Wu Bin, Peng Xin-yuan, et al. Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylenesynthesis of postharvest tomato fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 93: 9-14.

[15] Sivakumar D, Korsten L. Fruit quality and physiological responses of litchi cultivar McLean's Red to 1-methylcyclopropene pre-treatment and controlled atmosphere storage conditions[J]. LWT - Food Science and Technology, 2010, 43: 942-948.

[16] Xing Ya-ge, Li Xi-hong, Xu Qing-lian, et al. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.)[J]. Food Chemistry, 2011, 124(4): 1 443-1 450.

[17] Yang Hu-qing, Wu Feng-hua, Cheng Ji-yu. Reduced chilling injury in cucumber by nitric oxide and the antioxidant response[J]. Food Chemistry, 2011, 127(3): 1 237-1 242.

[18] 乜兰春, 孙建设, 李明. 酚类物质与果蔬品质研究进展[J]. 中国食品学报, 2003, 3(4): 93-98.

[19] 曾献, 袁英姿, 曹清明, 等. 油茶籽多酚的提取研究[J]. 食品与机械, 2008, 24(4): 69-72.

表 1 3 种核桃 6 种不同物质在 9 月 1 日至 9 月 10 日间的相关性分析[†]

Table 1 Correlation analysis of six different substances of three walnuts from Sep 1st to 10th

组分	含水量	灰分	V _E	还原糖	脂肪	蛋白质
含水量						
灰分	-0.974					
V _E	-0.304	0.080				
还原糖	-0.875	-0.742	-0.728			
脂肪	-0.280	-0.055	-1.000 *	0.710		
蛋白质	-0.723	0.548	0.878	-0.967	-0.865	

† * V_E与脂肪含量间相关性,P<0.05。

表 2 3 种核桃 6 种不同物质在 9 月 30 日至 10 月 10 日间的相关性分析[†]

Table 2 Correlation analysis of six different substances of three walnuts from Sep 30th to Oct 10th

组分	含水量	灰分	V _E	还原糖	脂肪	蛋白质
含水量						
灰分	-0.999 *					
V _E	-0.769	-0.737				
还原糖	-0.918	0.936	-0.452			
脂肪	0.522	-0.563	-0.144	-0.817		
蛋白质	0.991	-0.984	0.846	-0.858	0.406	

† * 含水量与灰分含量间相关性,P<0.05。

3 结论

(1) 本研究结果符合核桃生长发育过程中营养物质的变化规律。相比脂肪、蛋白质和还原糖的含量变化,V_E在新疆核桃采摘期中起到了重要作用。

(2) 本研究结果发现,9 月 30 日为温 185、新 2、扎 343 3 个品种核桃的最佳采摘时期,过早的采摘导致各营养成分含量不足,过晚的采摘会大大降低 V_E的含量且水分严重不足。

参考文献

[1] 李超, 罗淑萍, 曾斌, 等. 新疆核桃种质资源遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(9): 1 871-1 879.

[2] 张垠, 肖千文, 黄丽媛, 等. 石棉核桃坚果品质指标相关性研究[J]. 北方园艺, 2011(20): 5-9.

[3] Abdallah Ikram Bou, Tlili Nizar, Martinez-Force Enrique, et al. Content of carotenoids, tocopherols, sterols, triterpenic and aliphatic alcohols, and volatile compounds in six walnuts (*Juglans regia* L.) [J]. Food Chemistry, 2015, 173: 972-978.

[4] 贾艳芳. 鲜食核桃成熟期与贮藏期主要营养物质含量变化的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2013: 1-4.

[5] 郑艳芳, 陆斌, 毛云玲, 等. 不同采收日期对三台核桃品质的影响[J]. 经济林研究, 2009, 27(1): 49-53.

[6] 陈运娣. 不同采摘期对早美酥梨果实品质的影响[J]. 河北林业科技, 2006(4): 11-12.

[7] 许如意, 罗丰, 袁延庆, 等. 不同采摘期对黄秋葵果实性状和品质的影响[J]. 长江蔬菜, 2011(2): 18-20.

[8] 牛俊莉, 刘茂秀, 彭秋梅. 不同采摘期杏李味厚品种理化指标主成分及聚类分析[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(1): 33-36.

[9] 杨武英, 丁菲, 李晶, 等. 八种野生壳斗科植物果实营养成分的分析研究[J]. 江西食品工业, 2006(3): 23-24.

[10] 孙翠, 李永涛, 王明林, 等. 核桃仁维生素 E 含量分析研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(6): 45-51.

[11] Jiang-Qing, Wong Jeffrey, Fyrst Henrik, et al. γ -Tocopherol or combinations of vitamin E forms induce cell death in human prostate cancer cells by interrupting sphingolipid synthesis[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004, 101(51): 17 825-17 830.

[12] Yu Wei-ping, Park S K, Li Jia, et al. RRR- γ -tocopherol induces human breast cancer cells to undergo apoptosis via death receptor 5 (DR5) - mediated apoptotic signaling[J]. Cancer Letters, 2008, 259(2): 165-176.

[13] 郑亚琴, 于军香, 刘兆洁, 等. 核桃油贮藏稳定性的研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(8): 257-258.

[14] Amaral Joana S, Casal Susana, Pereira Josea A, et al. Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in portugal[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(26): 7 698-7 702.

[15] 陈润政, 黄上志, 宋松泉, 等. 植物生理学[M]. 广州: 中山大学出版社, 1998: 266-267.

[16] 潘学军, 张文娥, 李琴琴, 等. 核桃感官和营养品质的主成分及聚类分析[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 195-198.

as biochemical markers for postharvest chilling stress in fruits and vegetables[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 160: 54-64.

[24] Zhou Ran, Zhang Gui-xiang, Hu Yun-sheng, 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.

[25] Sun Jian, Li Chang-bao, 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: 97-103.

(上接第 144 页)

[20] Remorini D, Tavarini S, Degl’Innocenti E, et al. Effect of root-stocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits[J]. Food Chemistry, 2008, 110: 361-367.

[21] Gonzalez-Aguilar G A, Villa-Rodriguez J A, Ayala-Zavala J F, et al. Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments [J]. Trends in Food Science & Technology, 2010, 21: 475-482.

[22] Ben-Yehoshua S, Shapiro B, Chen Z E, et al. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress[J]. Plant Physiol, 1983, 73: 87-93.

[23] Aghdam M S, Sevillano L, Flores F B, et al. Heat shock proteins