

杨海燕,董珊珊,黄正金,等. 采后热激处理对蓝莓鲜果品质与生理的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(15):233-236.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.054

采后热激处理对蓝莓鲜果品质与生理的影响

杨海燕,董珊珊,黄正金,吴文龙,阎连飞

(江苏省中国科学院植物研究所,江苏南京 210014)

摘要:为了探索提高蓝莓鲜果贮藏品质的有效方法,以灿烂、巨蓝 2 个品种的蓝莓为试验材料,研究不同温度的热激处理对蓝莓鲜果在贮藏过程中品质与生理变化的影响。结果表明,与对照相比,在 35 ℃ 热激处理条件下,灿烂蓝莓的过氧化氢(H_2O_2)、丙二醛(MDA)含量较低,超氧化物歧化酶(SOD)活性较高,过氧化物酶(POD)活性较低,并有效地抑制了可溶性固形物(TSS)、花色苷含量的上升及可滴定酸(TA)含量的下降,对多酚含量的影响不显著;巨蓝蓝莓在 45、55 ℃ 热激处理条件下, H_2O_2 、MDA 含量有所下降,但 MDA 含量仍高于对照,SOD 活性在 35 ℃ 处理下有所上升,之后开始下降,POD 活性在 35 ℃ 处理下有所下降,之后开始上升,不同热处理下巨蓝蓝莓品种的 TSS、花色苷和多酚含量均有不同程度的上升,TA 含量有一定程度的下降。由结果可知,35 ℃ 热激处理对灿烂蓝莓鲜果贮藏效果较显著,不同温度处理对巨蓝蓝莓保鲜效果的影响不显著。

关键词:热激;蓝莓;果实品质;SOD;MDA;POD

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)15-0233-03

蓝莓(*Vaccinium* spp.)又称越橘、蓝浆果,为杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium* L.)多年生落叶或常绿灌木状果树,是具有较高经济价值的树种^[1]。蓝莓果实具有丰富的营养成分,富含花青素、黄酮等多种多酚类生理活性成分,使其具有很强的抗氧化性,并具有防止脑神经老化、提高视力、增强人体免疫力、预防癌症等多种生理功能^[2]。然而蓝莓属于浆果,其外果皮、中果皮、内果皮均肉质化,受其自身生物学特性的限制,其耐贮性和流通性远逊于苹果、梨、柑橘等水果品种。此外,多数蓝莓品种果实的成熟时间为 6—8 月,正值夏季高温,采后果实呼吸作用旺盛,各种生理代谢加快,耐贮性低,因此生产中急需开展蓝莓贮藏保鲜技术的研究。

热激处理的原理是在果实采摘后以高于果实成熟季节的温度(一般在 35~50 ℃)处理果实,杀死或抑制病原菌,改变酶活性,调节果实生理生化代谢,诱导果实产生抗逆性,从而达到贮藏保鲜的效果^[3]。这是一种无化学残留、安全性高、简单有效的物理保鲜方法。在桃的研究中,Lara 等报道,通过 39 ℃ 热空气处理 3 d,可以提高桃果实中的果糖含量并降低有机酸含量^[4]。用 40 ℃ 热空气处理可以明显抑制草莓贮藏期间果实花青素的积累,延缓果实可溶性固形物、可滴定酸含量和硬度的下降^[5]。近年来,通过代谢组学研究发现,热处理可以激活次级代谢反应,通过生产更多的次级代谢产物达到提高果实抗性的目的^[6]。

本研究以果实品质优良、成熟期在 6 月中下旬至 7 月中下旬、目前大面积推广的灿烂(Brightwell)和巨蓝(Prolific)2 个品种的蓝莓果实为试验材料,对其进行热激处理,研究不同热激温度对果实采后贮藏性的影响。本研究主要分析了不同温度处理对果实品质和生理变化的影响,初步探索了热激处理对蓝莓果实耐贮性、品质影响的内在机制,旨在为蓝莓果实采后保鲜提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验以灿烂和巨蓝 2 个品种的蓝莓为材料。供试品种于 2017 年 6 月 24 日采自江苏省中国科学院植物研究所位于南京溧水白马的科研基地。采摘八至九成成熟、大小相对一致、无病虫害、无机械损伤的果实,将样品运回江苏省中国科学院植物研究所实验室的当天立即进行热激处理。

1.2 方法

1.2.1 热激处理 将蓝莓果实平铺于白色瓷托盘中,置于电热培养箱内,用不同温度(35、45、55 ℃)处理 2 min 后取出,于阴凉处冷却。每个处理设 3 个重复,每个重复 200 g 果实。

1.2.2 贮藏方法 将经热激处理的果实和未经处理的果实同时置于 4 ℃ 冰箱中贮藏,后者作为对照(CK)。30 d 后,即 7 月 25 日取样,测定各项指标。

1.2.3 果实硬度的测定 采用日本竹村 Cat No. 9300(KM-5)型果实硬度计测定果实最大直径处的硬度,探头直径为 5 mm,下压距离为 10 mm。用最大破裂的力计算硬度,重复 15 次,取平均值,单位为 kg/cm^2 。

1.2.4 果实主要品质指标的测定 固形物含量的测定采用 WYT-A 型手持糖度计;总花色苷含量的测定采用 pH 示差法^[7];多酚含量的测定采用 Folin-Ciocalteu 法^[8];可滴定酸(TA)含量的测定参照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》,以柠檬酸计。

收稿日期:2018-05-07

基金项目:江苏省南京市科技计划(编号:201608059);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(17)2011、CX(17)1004];江苏省农业三新工程(编号: SXGC[2017]309)。

作者简介:杨海燕(1983—),女,江苏常州人,博士,助理研究员,主要从事小浆果营养与栽培生理研究。E-mail: haiyanyang_025@126.com。

通信作者:吴文龙,研究员,主要从事小浆果栽培与育种研究。E-mail:1964wwl@163.com。

1.2.5 果实抗氧化系统相关指标的测定 过氧化氢(H_2O_2)含量的测定,采用南京建成生物工程研究所的 H_2O_2 测试盒进行测定;丙二醛(MDA)含量的测定,采用硫代巴比妥酸法^[9];可溶性蛋白含量的测定,采用考马斯亮蓝法^[10],以牛血清蛋白为标准蛋白;超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定参照Beyer等的黄嘌呤氧化酶法^[11];过氧化物酶(POD)活性的测定采用Maehly的愈创木酚法^[12]。

1.2.6 数据分析 采用Excel 2007 进行数据汇总、统计与分析,用DPS 7.05 进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 采后热激处理对蓝莓鲜果品质的影响

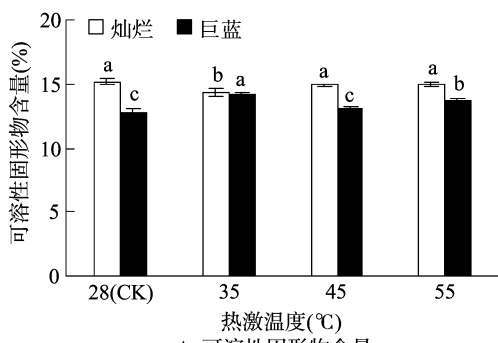
蓝莓中的可溶性固形物(TSS)含量对果实的风味和品质有很大影响,不同热处理后蓝莓果实中TSS含量的变化如图1-A所示,可以看出,热处理在一定程度上降低了灿烂蓝莓

TSS的含量,35℃处理下其含量下降为对照的94.06%;不同热处理下巨蓝蓝莓的TSS含量均有不同程度的上升,其中45℃热处理与对照无显著差异。

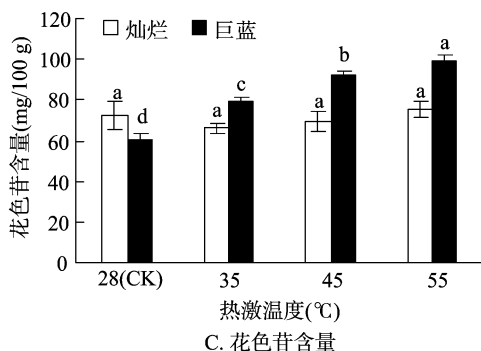
由图1-B可见,35、45℃热处理有效地抑制了灿烂蓝莓可滴定酸含量的下降,但热处理下巨蓝蓝莓的可滴定酸含量均有一定程度的下降,这可能与其TSS含量上升有关。

如图1-C所示,贮前热激处理后,灿烂蓝莓的花色苷积累受阻,且随着处理温度的升高,这种抑制效应并不明显,在35℃热处理下,其花色苷含量为对照的91.47%。此外,热激处理不能抑制巨蓝蓝莓花色苷的积累,相反,随着处理温度的升高,其花色苷含量呈现不断上升的趋势。

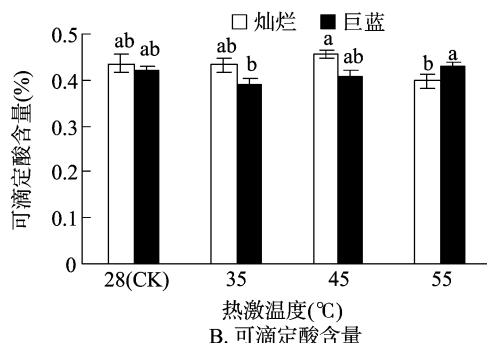
如图1-D所示,在整个贮藏期间,热激处理显著抑制了蓝莓果实多酚含量的下降,其中灿烂蓝莓果实 在 35、45℃热处理下,含量均高于对照,巨蓝蓝莓在 45、55℃热处理下,含量均高于对照,但是各处理之间差异不显著。



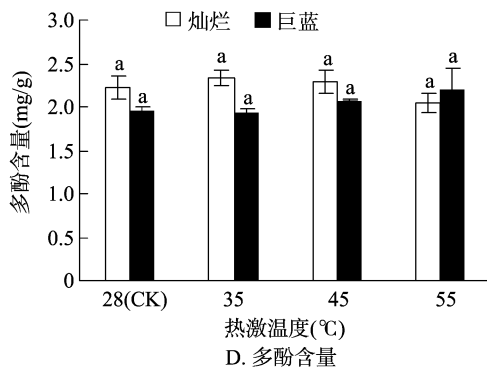
A. 可溶性固形物含量



C. 花色苷含量



B. 可滴定酸含量



D. 多酚含量

不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。下同

图1 采后热激处理对蓝莓鲜果可溶性固形物、可滴定酸、花色苷和多酚含量的影响

2.2 采后热激处理对蓝莓鲜果过氧化氢含量的影响

H_2O_2 是代谢过程中产生的主要活性氧自由基,对膜脂具有较强的氧化作用。如图2所示,热激处理后,灿烂蓝莓的 H_2O_2 显著下降,在35℃热处理下降为对照的74.42%,差异显著($P<0.05$);巨蓝蓝莓在35℃热处理下, H_2O_2 含量高于对照,而在其他2个温度处理下, H_2O_2 含量均低于对照,表明35℃热处理巨蓝蓝莓的效果较差。

2.3 采后热激处理对蓝莓鲜果MDA含量的影响

MDA是膜脂过氧化产物,是反映植物氧化伤害的指标。如图3所示,在35℃热激处理条件下,一定程度上降低了灿烂蓝莓的MDA含量,但在其他温度处理下并无降低效果;巨蓝蓝莓在各处理条件下,MDA含量均高于对照,其中在55℃热处理下,含量与对照的差异最小。

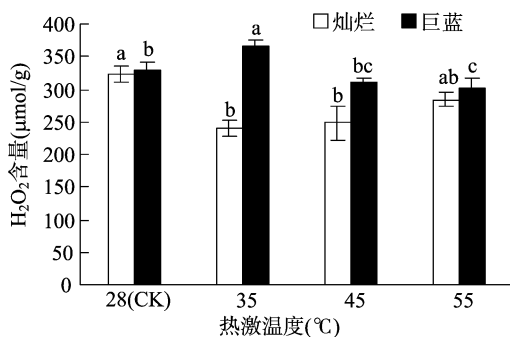


图2 采后热激处理对蓝莓鲜果过氧化氢含量的影响

2.4 采后热激处理对蓝莓鲜果SOD、POD活性的影响

SOD、POD是果实中活性氧代谢的关键酶类,其活性与果

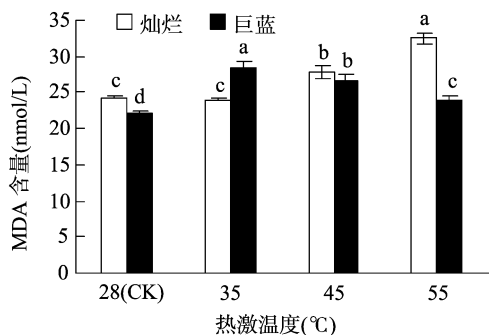


图3 采后热激处理对蓝莓鲜果 MDA 含量的影响

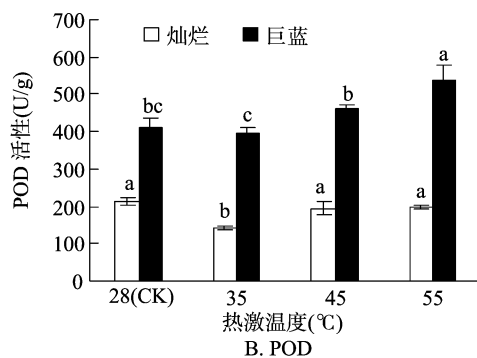
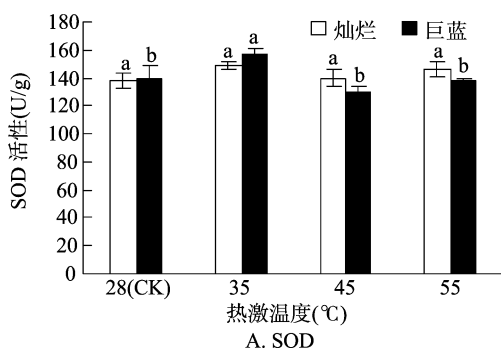


图4 采后热激处理对蓝莓鲜果 SOD、POD 活性的影响

3 结论与讨论

本研究表明,热激处理能够改变蓝莓果实贮藏期间的品质特性,恰当的热激处理可以使蓝莓在贮藏期间保持较好的果实品质。在本试验中,35 °C 热激处理 2 min 有效地抑制了灿烂蓝莓可溶性固形物含量的上升和可滴定酸含量的下降。TSS 是采后蓝莓呼吸作用的主要底物,是反映果实品质和成熟度的指标之一。随着贮藏时间的延长,大分子碳水化合物在相关酶的作用下被降解为可溶性固形物,导致其含量上升,热激处理可能抑制了果实的呼吸强度及相关酶活性的上升^[13]。TA 是衡量果实风味品质的重要指标之一^[13-14],热激处理可能降低了蓝莓果实在贮藏期间以 TA 作为呼吸底物和许多生化过程所需代谢物前体物质的消耗,从而保持了较稳定的 TA 含量。此外,35 °C 热激处理抑制了灿烂蓝莓品种花色苷的积累和多酚含量的下降,这些品质指标与果实的成熟衰老密切相关,这也与前人在鲜枣、枇杷和草莓等果实方面的研究结果相一致^[5,13-14]。

活性氧(ROS)作为一种次级胁迫,影响着植物的正常代谢,受到抗氧化系统的调节,其中 H₂O₂ 是植物光合、呼吸等代谢过程中产生的含活性氧自由基的物质。热激处理试验发现,恰当的热激温度能够有效地减少 H₂O₂ 的产生^[15],其中在 35、45 °C 热激处理下,灿烂蓝莓品种的 H₂O₂ 含量显著下降,这可能与抗氧化酶(如 SOD)活性的升高有关。但灿烂蓝莓的 POD 活性在热激过程中受到了抑制,这可能由于 POD 是果蔬体内的酚酶,可以促发果蔬的酶促褐变,而热激处理有效地降低了果实内部酚酶的活性,抑制了有害酚类物质的产生,从而延缓了果实的衰老^[16]。该结论同时也与本试验中较稳定的多酚含量相一致,表明酚酶活性的下降,减少了果实体内该反应以多酚物质作为底物的消耗。

实的自由基清除能力密切相关,能够影响果实的成熟衰老进程。如图 4-A 所示,热激处理在一定程度上提高了蓝莓果实的 SOD 活性,2 个品种的蓝莓在 35 °C 热处理下的 SOD 活性最高,其他 2 个热处理下的 SOD 活性略低于对照。如图 4-B 所示,热激处理对蓝莓果实内 POD 活性的增强有一定的抑制作用,其中在不同处理温度下,灿烂蓝莓的 POD 活性均低于对照,在 35 °C 热处理下,其 POD 活性最低,为对照的 66.25%,差异显著($P < 0.05$);巨蓝蓝莓的 POD 活性在 35 °C 热处理下也有所下降,但之后活性开始逐渐上升。

丙二醛是膜脂过氧化的主要产物,是判断植物衰老程度的指标之一。在果实采后贮运的过程中,MDA 含量是逐渐增加的,适当的热激处理可以减少 MDA 的积累。马素娟等研究发现,采后热空气处理可以抑制杨梅果实 MDA 含量的上升和相对电导率的升高,从而有效地延缓了果实衰老^[17]。巩惠芳等研究指出,40 °C 热空气处理可以抑制草莓果实 MDA 含量的上升,有利于延长果实的保鲜期^[5]。本试验中,在 35 °C 热激处理条件下,一定程度上降低了蓝莓的 MDA 含量,其中对灿烂品种的效果显著,对巨蓝品种的效果不显著,表明不同温度处理对于不同蓝莓品种的效果各不相同,适宜的热激温度还有待进一步研究。

综上所述,蓝莓采后生理代谢旺盛,不耐贮藏。通过对采后蓝莓果实进行不同热激温度处理的初步研究发现,35 °C 热激处理 2 min 可以有效降低灿烂蓝莓果实中的 H₂O₂、MDA 含量,并抑制其 TSS 含量的上升和 TA 含量的下降,在一定程度上延缓了果实的衰老,有利于其果实的贮藏保鲜,但不同热激温度对巨蓝品种的效果不显著,该品种具体的处理温度和时间还有待进一步研究和探讨。

参考文献:

- [1] Angeletti P, Castagnasso H, Miceli E, et al. Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 58(2): 98-103.
- [2] Neto C C. Cranberry and blueberry: evidence for protective effects against cancer and vascular diseases[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2007, 51(6): 652-664.
- [3] 孔祥佳,郑俊峰,林河通,等. 热处理对果蔬贮藏品质和采后生理的影响及应用[J]. 包装与食品机械, 2011(3): 34-39.
- [4] Lara M V, Borsani J, Budde C O, et al. Biochemical and proteomic

安 塞,沈彦俊,赵彦茜,等. 基于 NDVI 时间序列数据的冬小麦种植面积提取[J]. 江苏农业科学,2019,47(15):236-240.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.055

基于 NDVI 时间序列数据的冬小麦种植面积提取

安 塞^{1,2}, 沈彦俊², 赵彦茜³, 郭 英², 郭 硕¹, 肖捷颖¹

(1. 河北科技大学环境科学与工程学院,河北石家庄 050018; 2. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心/中国科学院农业水资源重点实验室,河北石家庄 050022; 3. 河北地质大学资源学院,河北石家庄 050031)

摘要:归一化植被指数(NDVI)是利用遥感技术提取作物信息的重要指标,其时序曲线能反映植被的生长变化,在农作物种植面积信息提取上有较大优势。以河北平原为研究区,利用空间分辨率 250 m 的 MODIS NDVI 数据提取 2011—2016 年冬小麦种植面积。首先利用 HANTS 滤波建立 NDVI 时序曲线,结合区域气候信息和种植模式,提取冬小麦种植像元。因 MODIS 影像空间分辨率较低,结果受混合像元影响大。运用像元二分模型分解混合像元,计算单一像元冬小麦覆盖度进而计算研究区冬小麦种植面积,并利用 Landsat 数据对结果进行验证。结果表明,利用时间序列谐波分析法(HANTS)滤波和像元二分模型相结合可提高冬小麦种植面积提取精度,总体分类精度达 90% 以上;2011—2016 年河北平原冬小麦种植面积总体减少,其中河北平原北部和山前平原冬小麦面积缩减,近海平原呈增长趋势。

关键词:冬小麦;种植面积;面积提取;河北平原;HANTS 滤波;NDVI 时序曲线;像元二分模型

中图分类号: TP79;S127 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)15-0236-05

河北平原是我国重要粮食产区之一,及时、准确获取河北平原冬小麦种植面积及变化信息意义重大。遥感是农业资源监测的重要手段之一^[1-2],能快速、准确获取作物种植面积,

可研究不同时空尺度农作物的分布及动态变化。冬小麦是我国北方的主要粮食作物^[3],尤其河北平原,及时获取种植面积及变化信息,不仅涉及国家粮食安全,还关系到京津冀及雄安新区的区域生态环境问题^[4]。20 世纪 70 年代,美国 LACIE 利用 Landsat 影像和航空影像,统计主要农作物面积^[5]。欧盟在 1987 年发起农业遥感监测,法国、加拿大追随其后^[6]。我国农业遥感监测始于 20 世纪 80 年代,集中在黄淮海平原^[7],包括作物种类、种植面积、空间分布等^[8]。

单一时相遥感数据仅能获得地表农作物某一时期光谱特征,而农作物在不同生长阶段有不同的光谱特征,多时相遥感数据可以反映同种农作物不同生长阶段的光谱特征,避免了同谱异物现象^[9-10]。因此,时间序列数据被广泛种植面积提取、农业遥感监测等方面。由于归一化植被指数(normalized

收稿日期:2018-04-25

基金项目:国家自然科学基金(编号:41471027);公益性行业(环保)科研专项(编号:201409004);河北省自然科学基金(编号:D2015208162);河北科技大学五大平台基金(编号:2015PT68);河北省自然科学基金面上项目(编号:D2015503009);中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室基金。

作者简介:安 塞(1992—),男,河北保定人,硕士研究生,主要从事环境遥感研究。E-mail:ansai@sjziam.ac.cn。

通信作者:肖捷颖,教授,主要从事环境科学与环境遥感研究。E-mail:jyxiao2014@126.com。

analysis of 'Dixiland' peach fruit (*Prunus persica*) upon heat treatment[J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 60(15): 4315-4333.

[5] 巩惠芳,杜正顺,汪良驹,等. 热空气处理对冷藏草莓果实品质与生理的效应[J]. 江西农业学报,2008,20(4):33-36,42.

[6] Yun Z, Gao H J, Liu P, et al. Comparative proteomic and metabolomic profiling of citrus fruit with enhancement of disease resistance by postharvest heat treatment[J]. BMC Plant Biology, 2013, 13:44.

[7] Pantelidis G E, Vasilakakis M, Manganaris G. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and cornelian cherries[J]. Food Chemistry, 2007, 102(3):777-783.

[8] 李 静,聂继云,李海飞,等. Folin-酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件[J]. 果树学报,2008,25(1):126-131.

[9] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1968, 125(1):189-198.

[10] Bradford M A. Rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteindye binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72(5):248-254.

[11] Beyer W F, Fridovich I. Assaying for superoxide - dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions[J]. Analytical Biochemistry, 1987, 161(2):559-566.

[12] Maehly A C. Plant peroxidase[J]. Methods in Enzymology, 1955(2):801-813.

[13] 马 勇,李君兰,禹兴海,等. 热空气处理对鲜枣采后生理和贮藏品质的影响[J]. 林业科技通讯,2017(7):55-61.

[14] 孙维芝. 不同热处理对白玉枇杷贮藏保鲜技术的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(7):250-251.

[15] 刘 敏,杨 容,李越敏,等. 热处理对 17 种果蔬抗氧化活性影响的研究[J]. 湖北农业科学,2012,51(9):1863-1866.

[16] 杨昌鹏,罗菊珍,郭静婕,等. 香蕉果肉过氧化物酶初步纯化及特性研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(36):16148-16150.

[17] 马素娟,汪开拓. 采后热空气处理对杨梅果实冷藏期间品质及生理的影响[J]. 食品科技,2015,40(8):344-349.