

套袋对梨和苹果采后果皮褐变的影响

贾朝爽, 王志华, 王文辉

(中国农业科学院果树研究所 辽宁省果品贮藏加工重点实验室, 辽宁 兴城 125100)

摘要: **目的** 综述套袋对梨和苹果采后果皮褐变的影响, 为解决套袋果实果皮产生褐变的问题提供一定的理论依据, 最终使套袋果实的品质和商品价值进一步得到提高。**方法** 主要概括果皮褐变与其色素含量、相关酶活性、钙含量、酚类物质含量、果皮结构和膜脂过氧化程度等之间的关系。**结果** 不同果实、同一果实的不同品种、不同的套袋类型等因素都会影响果皮发生褐变的程度, 套袋果摘袋后较未套袋果更易发生褐变的根本机制未有定论。**结论** 今后应加大对套袋果摘袋后果皮褐变发病机制的系统探究, 明确褐变发病机理, 将有助于防范和控制褐变的发生。

关键词: 套袋果实; 除袋果实; 果皮褐变

中图分类号: TS255.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)23-0019-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.23.003

Effect of Bagging on the Browning of Pear and Apple Pericarp after Harvest

JIA Chao-shuang, WANG Zhi-hua, WANG Wen-hui

(Fruit Storage and Processing Key Laboratory of Liaoning Province, Research Institute of Pomology,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xingcheng 125100, China)

ABSTRACT: The work aims to review the effect of bagging on the browning of pear and apple pericarp after harvest, in order to provide some theoretical basis for solving the causes of browning of bagged fruit pericarp and further improve the quality and commodity value of bagged fruit. The relationship between pericarp browning and pigment content, related enzyme activity, calcium content, phenolic substance, pericarp structure and membrane lipid peroxidation was summarized. Different fruits, different varieties of the same fruit, different bagging types and other factors led to the differences in the degree of browning. Therefore, the basic mechanism of bagged fruit after unpacking more prone to browning than the unbagged fruit was not determined. In the future, it is necessary to intensify the systematic research on the pathogenesis of pericarp browning of bagged fruit after unpacking, and make clear the pathogenesis of browning, which will help prevent and control the occurrence of browning.

KEY WORDS: bagged fruit; unbagged fruit; pericarp browning

套袋使果实与外界环境隔离, 形成了一个相对独立的微环境, 在适当的时间除袋, 既不会影响果实着色, 也可提高果皮光洁度, 从而增加果实的商品价值。

目前, 套袋技术应用十分广泛, 主要应用于苹果、梨、桃和葡萄等果实^[1-3]。随着果实套袋研究的逐渐深入, 发现套袋处理会减少果实中的糖酸含量、香气成

收稿日期: 2020-03-06

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-28-21); 中国农业科学院科技创新工程 (CAAS-ASTIP-2017-RIP)

作者简介: 贾朝爽 (1990—), 女, 研究实习员, 主要研究方向为果品采后生理及贮藏保鲜技术。

通信作者: 王文辉 (1969—), 男, 研究员, 主要研究方向为梨、苹果、樱桃等采后贮运保鲜技术。

分,进而影响果实风味^[4-5]。此外,有些套袋梨和套袋苹果的果皮褐变程度高,极大影响了外观,降低了食用品质;不套袋的梨和苹果果皮很少发生褐变。

果皮褐变属于生理性病害,虽不涉及果肉,也不影响果实贮藏与食用品质,但会使果实商品价值降低,给果农造成极大的经济损失。易发生果皮褐变的果实主要有苹果^[6]、梨^[7]和荔枝^[8]等,梨和苹果果皮产生褐变的机理与果皮中 α -法尼烯及其氧化物的代谢积累有直接关系^[9-13]。另外,多酚物质的氧化褐变、果实醇类酯化失调、自身挥发物质的积累等会导致果皮褐变^[14];果实套袋、果实采摘过早或采摘及贮运过程中造成的机械损伤、雨量过大、气候干燥、采后不能及时入库、贮期中温度过高或过低、贮期超长等原因也会造成果皮褐变。同时,高湿及低氧、高二氧化碳的贮藏环境会加重果皮褐变。以黄冠梨为例,黄冠梨经田间套袋后,果皮褐变虽更加严重^[15],但果皮表面褐变部位没有物理损伤。已有研究表明,果实发生日烧是由于套袋影响了果实酚类物质的积累,导致抗氧化活性降低,除袋使其遭受强光伤害而造成的;田间条件、除袋时间和套袋颜色等均影响果皮的着色。综上,拟对套袋导致梨和苹果采后果皮发生褐变的相关研究进行综述,以期为进一步深入研究套袋果实果皮褐变问题,以及对其进行有效防治奠定一定的理论依据。

1 套袋果实的色素及相关酶活性变化与果皮褐变的关系

果实果皮中的色素主要包括花青素、叶绿素和类胡萝卜素等,这3种色素含量的比例决定了果皮的色泽,分别影响果皮的红色、绿色和黄色的形成。杨林先^[16]发现苹果、梨套袋后,果皮中的叶绿素含量减少,对花色苷的屏蔽作用降低,导致高浓度的光敏色素(花青素合成中的受体物质)形成;待解袋后,影响花青素合成的相关酶含量发生变化,主要有CHS(查尔酮合成酶)、PAL(苯丙氨酸解氨酶)、CHI(查尔酮异构酶)等。其中,PAL酶迅速被高浓度的光敏色素激活,成为苯丙氨酸代谢途径的起始酶,会催化L-苯丙氨酸脱氨形成肉桂酸;也是酚类物质的关键调控酶,极大影响着果实组织的褐变^[17-18]。在‘东宁5号’梨的研究中发现,当解袋时间过早时,由于果实的发育时间过长,使得叶绿素重新合成,增加了果皮的底色并干扰了红色的呈现;若过晚则会降低叶绿素含量,使果实着色不完全^[19]。

红富士苹果除袋时,若光照强、温度高,叶绿素含量将会迅速上升;若光照弱、温度低,叶绿素含量则上升缓慢,这说明光照对叶绿素的形成起关键作用^[20]。套袋石榴果实除袋后果皮发生褐变,可能是由于在除袋时光照强且温度高,或者是解袋时间过早,

进而使得叶绿素含量上升,抑制了花青素形成。此外,PAL、PPO(多酚氧化酶)、POD(过氧化物酶)等一系列酶会促进果实衰老,破坏膜系统,解除酶与底物的区域化,从而发生褐变^[21]。

2 套袋果实的钙含量变化与果皮褐变的关系

果实生长过程中需要大量的钙,约为树体总钙质量的18%。钙在果实生命过程中主要起到3个作用,即与细胞壁结构及膜机能有着紧密联系;降低吸附在细胞壁上的可溶性腺苷三磷酸酶的活性,进而加强细胞壁刚性、保持膜结构的完整性,且可减缓细胞内的氧化作用;可以减缓果实呼吸作用、降低乙烯含量^[22-23]。

钙会抑制果皮的褐变。果实组织中钙含量低会导致果皮发生褐变,钙含量增加则会减少褐变。对套袋黄冠梨进行采后喷钙试验,发现 Ca^{2+} -ATPase可以调控细胞的褐变过程,同时 Ca^{2+} -CaM系统也可控制PPO活性^[24]。这与龚新明等^[25]的报道一致,对黄冠梨果实进行喷钙,会使果皮中的钙含量增加,可以较好地控制果皮褐变。套袋处理会影响果实对矿物质的吸收,尤其是钙元素。有研究表明,套袋处理会降低黄冠梨果实对钙的吸收,套袋果钙的质量分数仅为不套袋果的49%~63%^[26];同样对酥梨进行了套袋处理,发现果实中的钙含量下降了58%。若在套袋前喷钙,果实的矿质营养和品质均显著高于纯套袋果实^[27],这是由于果实的渗透压低于叶面的渗透压,且叶面的蒸腾量大于果实,再对果实进行套袋处理,则更减弱了果面的水分蒸腾作用,从而减弱了根系所吸水分、养分输送到果实中,最终导致果实的水分和钙、镁等矿物质含量降低。

除袋后,果实受光情况由弱变强,随之钙发生不同形态的转变,进而使果实钙含量进一步降低,无法减缓果实的呼吸强度,再加之蒸腾速率升高,导致果皮失水严重,进而使细胞膜结构和功能发生改变、生理失调,最终果皮发生褐变。

3 套袋果实的酚类物质变化与果皮褐变的关系

果皮褐变主要属于生理性病害,与果皮PPO活性及酚类物质代谢失调有关,酶促褐变需要PPO、酚类物质和氧气。正常状态下,酚类氧化酶和酚类物质被分隔,只有细胞膜被破坏之后才可发生褐变,果皮褐变的诱因可能是一些外部胁迫因素(物理、化学和生物)^[28-29]。

主要酚类物质有绿原酸、邻苯二酚、儿茶素、表

儿茶素、咖啡酸、香豆醛酸等，褐变程度虽与果实品种有一定关系，但总体上均表现为总酚含量越低，褐变就越难发生^[30-31]。苹果果皮中的酚类物质含量高于果心和果肉中酚含量的 4~5 倍，果皮外层组织主要是通过合成大量的木质素、类黄酮、肉桂酸酯和鞣制等次生代谢物吸收紫外线，防止内部受到伤害^[32]。套袋苹果的果皮花青素、紫外线吸收物、芦丁含量明显低于未套袋苹果^[33]。铝箔地膜在着色期虽可提高苹果树冠内光强度，提高乳糖糖苷酶活性，但果实摘袋能否激活果皮内某些酚类物质糖苷酶活性还需进一步研究^[34]。

王慧^[35]研究发现，虽然香梨果心的 PPO 活性高，但酚类物质含量低，因此不易发生褐变；若果肉中的 PPO 活性和酚类含量均较低，也不易发生褐变；若果皮中 PPO 活性较高，酚类含量也较高，则褐变发生指数高。这一现象说明，在 PPO 存在的前提下，酚类物质的含量直接影响褐变程度。在不同套袋情况下，果皮褐变的原因存在差异，其中套外黄内白袋果实最为严重；褐变程度不同的果皮中氧化酶活性和酚含量不相同，套袋可改变果皮中酚类物质的代谢^[24]。

4 套袋果实的果皮结构变化与果皮褐变的关系

果皮主要包括表皮层、角质层、木栓层、蜡质层等结构。当表皮层受到外界刺激时，便会发生老化或坏死，此时木栓形成层开始内外分化，若分化时角质层和表皮层被顶破，便会产生锈斑^[36]。此外，角质膜还对果实耐贮藏性具有重要影响，可以作为果皮抗机械损伤的保护层。经研究发现，随着果实贮藏期的延长，果皮蜡质超微形态不断变化，木栓化程度严重；同时套袋会对果皮的组织结构和组成产生影响，使角质层发生改变，进而使果皮产生褐变^[37]。套袋黄冠梨发病部位的角质层模糊，其厚度低于正常果实，这将导致果实发病^[38]，其中果皮褐变部位的角质层会发生大部分脱落，果皮蜡质降低，进而呈现出蜂窝状的表皮细胞和已死的表皮细胞组织^[39]。

套袋使果实处于较高温度和湿度的环境，会激发果皮木栓形成层活动，导致果皮产生褐变^[40]。这主要是由于套袋处理使果实表皮保护组织不能充分形成（如蜡质膜不完整、果实表皮发育产生缺陷、角质层发生改变），导致蜡质层、角质层变薄，从而使果实的抗逆性降低。陶世蓉^[41]对不同苹果的组织结构进行了观察，发现果实果皮的结构与果实耐逆性强弱有密切关系。套袋会抑制苯丙氨酸解氨酶、多酚氧化酶、过氧化物酶以及蜡质、角质、木质素等合成酶的活性，进而影响果皮表面蜡质的分泌、分布和果皮组织结构，降低果实的抗逆性，最终导致套袋果实的果皮发生一定程度的褐变^[42]。

5 套袋果实膜脂过氧化与果皮发生褐变的关系

细胞在受到伤害时，膜结构被破坏，此时 PPO 会与酚类物质接触产生褐变。田梅生等^[43]和龚云池等^[44]以鸭梨为试验材料，研究后均认为果实褐变程度与生物膜系统的稳定性有紧密联系。郝利平等^[45]也发现梨的果心褐变与细胞膜结构紧密相关。目前，大多数研究者认为果实发生酶促褐变的前提是生物膜结构受到了破坏，丙二醛（MDA）作为膜脂氧化的主要产物之一，可反映细胞膜的受破坏程度^[46]。

膜脂过氧化加剧是导致果实衰老并加速褐变的一个重要因素。果实采后发生衰老时，膜脂过氧化产物 MDA 含量升高，膜透性增加。MDA 含量与细胞膜的被破坏程度呈正相关，若 MDA 出现积累将会对膜和细胞产生伤害^[47]。果实经套袋后，由于所处环境发生改变，果实的生长发育特性也随之改变，进而引发了一系列生理特性的变化^[48]。套袋果实在摘袋后，果实突然置于自然光照强烈，且温度变化较大的环境中，MDA 含量显著上升，因此，摘袋后的果实容易发生果皮褐变，进而影响果实外观^[49]。梨果实随着贮藏期的延长，相对电导率增加，MDA 大幅度升高，因此容易发生褐变^[50]。在逆境环境下，细胞容易通过多种途径对活性氧产生氧化胁迫，在果实摘袋后，由于环境温度高，使得超氧阴离子自由基大量增加，产生了 MDA，进而加剧了膜脂过氧化过程，使果皮容易发生褐变^[51]。

6 结语

目前，鲜有学者对套袋果实摘袋后发生果皮褐变的机制进行研究，且大多数研究都仅从单个角度去考虑，并未整体考虑发病的生理生化现象。此外，不同果实、同一果实的不同品种、不同的套袋类型等因素都会影响果皮褐变的程度，套袋果摘袋后较未套袋果更易发生褐变的根本机制未有定论。综上，今后应加大对套袋果摘袋后果皮褐变的发病机制进行系统探究，明确褐变发病机理，将有助于防范和控制褐变发生，进一步提高套袋果实的品质和商品价值，最终获得更高的经济收益。

参考文献：

- [1] LIU T, SONG S, YYAN Y, et al. Improved Peach Peel Color Development by Fruit Bagging. Enhanced Expression of Anthocyanin Biosynthetic and Regulatory Genes Using White Non-woven Polypropylene as Replacement for Yellow Paper[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 184: 142—148.

- [2] 闫玖英. 套袋对不同色泽类型苹果品种果实着色的影响[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2017: 4—5.
YAN Jiu-ying. Effects of Bagging on Fruit Coloration in Different Apple Cultivars[D]. Xi'an: Northwest A & F University, 2017: 4—5.
- [3] YU B, ZHANG D, HUANG C, et al. Isolation of Anthocyanin Biosynthetic Genes in Red Chinese Sand Pear (*Pyrus Pyrifolia* Nakai) and Their Expression as Affected by Organ/Tissue, Cultivar, Bagging and Fruit Side[J]. *Scientia Horticulturae*, 2012, 136: 1—37.
- [4] 刘玉莲. 不同色泽类型苹果着色期糖酸变化及花青苷合成特性研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2013: 11—12.
LIU Yu-lian. Study on the Changes of Sugars, Acids and Anthocyanin Biosynthesis in the Different Apples during Coloration[D]. Xi'an: Northwest A & F University, 2013: 11—12.
- [5] SHARMA R R, PAL R K, ASREY R, et al. Pre-harvest Fruit Bagging Influences Fruit Color and Quality of Apple Cv Delicious[J]. *Agricultural Sciences*, 2013, 4(9): 443—448.
- [6] 于萍, 吴明江. 防褐物质处理对苹果梨果皮色泽的影响[J]. 松辽学刊(自然科学版), 1996(2): 80—82.
YU Ping, WU Ming-jiang. Effect of Anti-browning Material Treatment on Peel Color of Apple Pear[J]. *Songliao Journal (Natural Science Edition)*, 1996(2): 80—82.
- [7] 孟繁佳. 新高梨黑皮病的发生与防治[J]. 河北果树, 2008(1): 19—20.
MENG Fan-jia. Occurrence and Prevention of New Pear Black Skin Disease[J]. *Hebei Fruits*, 2008(1): 19—20.
- [8] 许晓春, 林朝朋, 陈维信. 荔枝果皮褐变机理及保鲜技术研究进展[J]. 韶关学院学报(自然科学版), 2005(3): 97—100.
XU Xiao-chun, LIN Chao-peng, CHEN Wei-xin. Research Progress on Browning Mechanism and Preservation Technology of Litchi Peel[J]. *Journal of Shaoguan University (Natural Science Edition)*, 2005(3): 97—100.
- [9] 周山涛, 王坤范, 张小男, 等. 鸭梨黑皮病发生机理初探[J]. 中国农业大学学报, 1984, 11(1): 55—60.
ZHOU Shan-tao, WANG Kun-fan, ZHANG Xiao-nan, et al. Primary Study on the Pathogenesis of Pear Black Skin Disease[J]. *Journal of China Agricultural University*, 1984, 11(1): 55—60.
- [10] SPOTTS R A, SHOLBERG P L, RANDALL P, et al. Effects of 1-MCP and Hexanal on Decay of d'Anjou Pear Fruit in Long-term Cold Storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 44(2): 101—106.
- [11] HUELIN F E, COGGIOLA I M. Superficial Scald, a Functional Disorder of Stored Apples V Oxidation of α -farnesene and Its Inhibition by Diphenylamine[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 21(1): 44—48.
- [12] WHITAKER B D. Oxidation Products of α -Farnesene Associated with Superficial Scald Development in D'Anjou Pear Fruits are Conjugated Trienols[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(9): 3708—3712.
- [13] ISIDORO N, ALMEIDA D P E. α -Farnesene, Conjugated Trienols, and Superficial Scald in 'Rocha' Pear as Affected by 1-methylcyclopropene and Diphenylamine[J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2006, 42: 49—56.
- [14] 周虹燕. 叶绿素荧光参数与苹果虎皮病以及品质指标相关性的研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2014: 4.
ZHOU Hong-yan. Studies on the Relationship among Chlorophyll Fluorescence Parameters, Superficial Scald and Quality Indicators of Apples[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2014: 4.
- [15] 关军锋, 窦世娟, 及华, 等. 采后包装对黄冠梨冷藏期间品质和果皮褐斑的影响[J]. 保鲜与加工, 2009(6): 25—27.
GUAN Jun-feng, DOU Shi-juan, JI Hua, et al. Effect of Postharvest Packaging on Quality and Peel Browning Spot of Huangguan Pears during Cold Storage[J]. *Storage and Process*, 2009(6): 25—27.
- [16] 杨林先. 套袋苹果梨果实着色与色素及相关酶的研究[D]. 吉林: 延边大学, 2010: 1—3.
YANG Lin-xian. Study on the Relationship of Fruit Coloring, Pigment and the Related Enzymes of Pingguoli after Bagging[D]. Jilin: Yanbian University, 2010: 1—3.
- [17] 闫洪波, 程玉豆, 何近刚, 等. 鸭梨 PAL 克隆及其在果实发育和机械伤害过程中的表达[J]. 中国农业科学, 2014, 47(21): 4341—4348.
YAN Hong-bo, CHENG Yu-dou, HE Jin-gang, et al. Cloning of PAL Gene in 'Yali' Pear and Its Expression during Fruit Development and Wounding[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014, 47(21): 4341—4348.
- [18] LICHANPORN I, SRILAONG V, WONGS-AREE C, et al. Postharvest Physiology and Browning of Longkong (*Aglaia Dookkoo* Griff) Fruit under Ambient Conditions[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 52(3): 294—299.
- [19] 陈刚. 不同时期解袋对东宁 5 号梨果实着色的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(34): 16812—16813.
CHEN Gang. Effect of Bag-releasing in Different Stages on the Fruit-coloring of Pear Variety Dongning Na 5[J]. *Journal of Anhui Agriculture Science*, 2009, 37(34): 16812—16813.
- [20] 刘彦珍. 套袋红富士苹果除袋和采收时期及贮藏期生理特性的研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学,

- 2004: 7—8.
- LIU Yan-zhen. Research on Date of Debagging and Picking of Red 'Fuji' Apple and Its Physiological Properties during Storing[D]. Xianyang: Northwest A & F University, 2004: 7—8.
- [21] 冯立娟, 尹燕雷, 杨雪梅. 石榴果实发育期果皮褐变及相关酶活性变化[J]. 核农学报, 2017, 31(4): 821—827.
- FENG Li-juan, YIN Yan-lei, YANG Xue-mei. Changes of Browning and Its Related Enzyme Activities in Pomegranate Peel during Fruit Development Period[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(4): 821—827.
- [22] WATKINS C B, HARMAN J E, FERGUSON I B, et al. The Action of Lecithin and Calcium Dips in the Control of Bitter Pit in Apple Fruit[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science American Society for Horticultural Science, 1982, 107: 262—265.
- [23] CONWAY W S. Calcium Infiltration of Golden Delicious Apples and Its Effect on Decay[J]. Phytopathology, 1983, 73(7): 1068—1071.
- [24] 关军锋, 及华, 冯云霄, 等. 黄冠梨果皮褐斑病与酚类物质代谢的关系[J]. 华北农学报, 2005(6): 80—83.
- GUAN Jun-feng, JI Hua, FENG Yun-xiao, et al. The Correlation of Peel Browning Spot with Phenolics Metabolism in Huangguan Pears[J]. Acta Agriculturae Boreali-sinica, 2005(6): 80—83.
- [25] 龚新明, 关军锋, 张继澍, 等. 钙、硼营养对黄冠梨品质和果面褐斑病发生的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 942—947.
- GONG Xin-ming, GUAN Jun-feng, ZHANG Ji-shu, et al. Effects of Calcium and Boron on Quality and Browning Spot Disease of Huangguan Pear Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2009, 15(4): 942—947.
- [26] 王文辉, 李振茹, 王志华, 等. 套袋黄冠梨黑点病与钙素营养和果实衰老的关系[J]. 果树学报, 2005(6): 62—65.
- WANG Wen-hui, LI Zhen-ru, WANG Zhi-hua, et al. Study on the Relationship between the Black Spot Disease of Bagged Huangguan Pear Fruit and the Fruit Calcium Content and Senescence[J]. Journal of Fruit Science, 2005(6): 62—65.
- [27] 何为华, 王勤, 张世英, 等. 套袋、喷钙对酥梨果实矿物质营养和品质的影响[J]. 果树学报, 2003(1): 18—21.
- HE Wei-hua, WANG Qin, ZHANG Shi-ying, et al. Effects of Bagging and Calcium Spraying on Mineral Nutrient and Quality of Suli Pear Variety[J]. Journal of Fruit Science, 2003(1): 18—21.
- [28] CHENG G W, CRISOSTO C H. Browning Potential, Phenolic Composition and Polyphenoloxidase Activity of Buffer Extracts of Peach and Nectarine Skin Tissue[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1995, 120(5): 835—838.
- [29] FRANK C, LAMMERTYN J, TRI HO Q, et al. Browning Disorders in Pear Fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43: 1—13.
- [30] ESCARPA A, GONZLEZ M C. Fast Separation of (Poly) Phenolic Compounds from Apples and Pears by High-performance Liquid Chromatography with Diode-array Detection[J]. Journal of Chromatography A, 1999, 830(2): 301—309.
- [31] AMIOT M J. Influence of Cultivars, Maturity Stage and Storage Conditions Phenolics Composition and Enzymatic Browning of Pear Fruits[J]. Agriculture Food Chemistry, 1995, 43: 1132—1137.
- [32] SANNOMARU Y, KASHIMURA Y, KANEKO K. Changes in Polyphenol Content and Polyphenoloxidase Activity of Apple Fruits during Ripening Process[J]. Journal of Japanese Society for Food Science and Technology, 1998, 45: 37—45.
- [33] 郝燕燕. 苹果果实日烧发生机理及果皮抗光氧化特性的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004: 8—9.
- HAO Yan-yan. Study on the Mechanism of Sunburn Development and the Resistance to Photo-oxidation in Apple Peel[D]. Beijing: China Agricultural University, 2004: 8—9.
- [34] JU Z G, YUAN Y B, LIU C L, et al. Relationships among Simple Phenol, Flavonoid and Anthocyanin in Apple Fruit Peel at Harvest and Scald Susceptibility[J]. Postharvest Biology and Technology, 1996, 8(2): 83—93.
- [35] 王慧. 香梨果实褐变与多酚氧化酶及酚类物质区域化分布的关系[J]. 干旱区研究, 1995(2): 27—32.
- WANG Hui. The Relation Ship between the Brownmed and Distribution of Compartmentation of Polyphenol Oxidase and Phenolics in Sweet Pear[J]. Arid Zone Research, 1995(2): 27—32.
- [36] 王少敏, 高华君, 张骁兵. 梨果实套袋研究进展[J]. 中国果树, 2002(6): 47—50.
- WANG Shao-min, GAO Hua-jun, ZHANG Xiao-bing. Research Progress of Pear Fruit Bagging[J]. China Fruit, 2002(6): 47—50.
- [37] 赵晓敏, 杨玉荣, 李建鲲, 等. 1-MCP 处理对库尔勒香梨采后果皮蜡质变化的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(18): 262—266.
- ZHAO Xiao-min, YANG Yu-rong, LI Jian-kun, et al. Effect of 1-methylcyclopropene Treatment on Postharvest Changes in Epicuticular Wax of Korle Fragrant Pear Fruits during Ambient Temperature Storage[J]. Food Science, 2015, 36(18): 262—266.
- [38] 王迎涛, 李晓, 李勇, 等. 套袋黄冠梨果实花斑病发生与其组织结构变化的关系[J]. 西北植物学报, 2011, 31(6): 1180—1187.

- WANG Ying-tao, LI Xiao, LI Yong, et al. Relationship between Browning Spot and Micro-structure of Bagged Fruit of Huangguan Pear[J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2011, 31(6): 1180—1187.
- [39] 李磊, 李栋, 方旭东, 等. 南果梨贮藏期果皮超微结构变化与褐变的关系[J]. *食品与生物技术学报*, 2018, 37(7): 769—775.
- LI Lei, LI Dong, FANG Xu-dong, et al. Relationship between the Peel Ultrastructural Changes and Browning of Nan Guo Pear Fruit[J]. *Journal of Food and Biotechnology*, 2018, 37(7): 769—775.
- [40] 张勃, 常永义, 牛继军. 袋内温度和湿度对套袋黄冠梨锈斑的影响[J]. *中国果树*, 2004(3): 14—17.
- ZHANG Bo, CHANG Yong-yi, NIU Ji-jun. Effects of Temperature and Humidity on Rust Spots of Yellow Crown Pear in Bagging[J]. *China Fruits*, 2004(3): 14—17.
- [41] 陶世蓉. 梨果实结构与耐贮性及品质关系的研究[J]. *西北植物学报*, 2000(4): 544—548.
- TAO Shi-rong. Studies on the Relationship among the Structure Store Resistance and Quality of Fruit of Pear[J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2000(4): 544—548.
- [42] 张华云, 王善广, 牟其芸, 等. 套袋对莱阳茺梨果皮结构和PPO、POD活性的影响[J]. *园艺学报*, 1996(1): 23—26.
- ZHANG Hua-yun, WANG Shan-guang, MU Qi-yun, et al. Effect of Bagging on the Peel Structure and PPO, POD Activity of *Pyrus Bretschneideri*[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1996(1): 23—26.
- [43] 田梅生, 盛其潮, 李钮. 低温贮藏对鸭梨乙烯释放、膜透性及多酚氧化酶的影响[J]. *植物学报*, 1987, 29: 614—619.
- TIAN Mei-sheng, SHENG Qi-chao, LI Niu. Effects of Cryopreservation on Ethylene Release, Membrane Permeability and Polyphenol Oxidase in Pear Botany Gazette[J]. *Botany Gazette*, 1987, 29: 614—619.
- [44] 龚云池, 徐秀娥, 张淑珍, 等. 鸭梨黑心病与钙素营养的关系[J]. *园艺学报*, 1985, 13(3): 145—159.
- GONG Yun-chi, XU Xiu-e, ZHANG Shu-zhen, et al. The Relationship between Black Heart Disease and Calcium Nutrition in Pear[J]. *Journal of Horticulture*, 1985, 13(3): 145—159.
- [45] 郝利平, 寇晓虹. 梨果实采后果心褐变与细胞膜结构变化的关系[J]. *植物生理学通讯*, 1998, 34(6): 471—474.
- HAO Li-ping, KOU Xiao-hong. The Relationship between Cardiac Browning and Membrane Structure Changes in Pear Fruit[J]. *Plant Physiology Communications*, 1998, 34(6): 471—474.
- [46] 牛瑞雪, 惠伟, 李彩香, 等. 砀山酥梨黑皮病发病程度与相关生理指标的关系[J]. *植物生理学通讯*, 2009, 45(1): 28—32.
- NIU Rui-xue, HUI Wei, LI Cai-xiang, et al. The Relationship between the Degree of Dangshansu Pear Black Skin Disease and Related Physiological Indexes[J]. *Plant Physiology Communications*, 2009, 45(1): 28—32.
- [47] 关军锋. 采后鸭梨衰老与膜脂过氧化的关系[J]. *沈阳农业大学学报*, 1994(4): 418—421.
- GUAN Jun-feng. The Relationship between Aging and Membrane Lipid Peroxidation in Postharvest Pear[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 1994(4): 418—421.
- [48] 潘增光, 辛培刚. 不同套袋处理对苹果果实品质形成的影响及微域生境分析[J]. *北方园艺*, 1995(2): 21—22.
- PAN Zeng-guang, XIN Pei-gang. Effects of Different Bagging Treatments on the Formation of Apple Fruit Quality and Analysis of Microhabitat[J]. *Northern Horticulture*, 1995(2): 21—22.
- [49] 李方杰, 王磊, 刘成连, 等. 涂抹钙处理对套袋苹果果皮钙浓度与抗氧化特性的影响[J]. *北方园艺*, 2007(9): 33—35.
- LI Fang-jie, WANG Lei, LIU Cheng-lian, et al. Effects of Application of Calcium on Calcium Concentration and Antioxidant Properties of Bagged Apple Peel[J]. *Northern Horticulture*, 2007(9): 33—35.
- [50] 王君. 鸭梨、黄金梨采后褐变生理及抗褐变研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2006: 14—15.
- WANG Jun. Studies on the Physiology and Anti-browning of Pear and Pear after Harvest[D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2006: 14—15.
- [51] 毛永亚, 仲伟敏, 宋莎, 等. 套袋对贵州中部地区皇家嘎啦苹果抗氧化酶活性的影响[J]. *贵州农业科学*, 2018, 46(5): 96—98.
- MAO Yong-ya, ZHONG Wei-min, SONG Sha, et al. Effect of Bagging on the Activity of Antioxidant Enzymes in Guagara Apple in Central Guizhou Province[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2018, 46(5): 96—98.