

# 南果梨贮藏期果皮超微结构变化与褐变的关系

李磊, 李栋, 方旭东, 李贤宇

(天津渤海职业技术学院 能源化工系, 天津 300402)

**摘要:**以南果梨为试验材料,采用质量分数2%氯化钙处理、0.2%壳聚糖涂膜处理,以去离子水处理作空白对照,研究其在南果梨低温贮藏过程中对果皮超微结构的影响。结果表明:在贮藏过程中,南果梨的果皮超微结构的变化明显;贮藏结束时,果皮的褐变部位中的角质层出现了大面积脱落的迹象,并且有已栓化后死亡的表皮细胞组织细胞已明显裸露,呈现蜂窝状形式,组织排列无序,果皮蜡质层面积逐渐减少;氯化钙处理和壳聚糖涂膜处理果皮结构比较完整,没有出现明显的变化,在一定程度上抑制了果皮油渍化的发生,较好地延缓了果皮蜡质的变化。

**关键词:**南果梨;氯化钙处理;壳聚糖涂膜处理;超微结构变化;褐变

中图分类号:S 661.209 文献标志码:A 文章编号:1673—1689(2018)07—0769—07

## Relationship Between the Peel Ultrastructural Changes and Browning of Nan Guo Pear Fruit

LI Lei, LI Dong, FANG Xudong, LI Xianyu

(Department of Energy and Chemical Technology, Tianjin Bohai Vocational Technical College, Tianjin 300402, China)

**Abstract:** The effects of postharvest treatments of 2% CaCl<sub>2</sub> treatment, 0.2% chitosan coating treatment on peel ultrastructural changes and browning of 'Nan Guo' pear were studied during storage, soaking with water as CK. The results showed that the 'Nan Guo' pear peel during storage, obvious changed in ultrastructure, by the end of the storage of corneous layer fallen off a large area of browning position, and had already died after suberization epidermal tissue cells and clearly exposed, present cellular form, and the organization was arranged disorderly, and peel wax layer area gradually reduced. Calcium chloride and chitosan coating processing structure of the skin was more complete, no obvious change, suppressed the skin of oily to a certain extent, better to delay the peel wax.

**Keywords:** nanguo pear, CaCl<sub>2</sub> treatment, chitosan coating treatment, ultrastructural changes, browning

南果梨,俗称安果梨,为辽宁省特产水果<sup>[1]</sup>。9月中上旬是南果梨采收的集中期,果实采摘后冷藏

10~15 d果实迅速变软,果皮和果心发生褐变,降低了梨的商品品质,严重影响着南果梨低温贮藏技术

收稿日期:2016-04-20

作者简介:李磊(1985—),男,河北宁晋人,工学硕士,讲师,主要从事农产品加工与贮藏。E-mail:365191567@qq.com

引用本文: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(07):769-775.

的应用和推广,果皮褐变的发生已成为制约其产业发展的瓶颈<sup>[1-3]</sup>。

梨的贮藏品质与果皮结构有着密不可分的关系,陈国刚等<sup>[3]</sup>研究利用 CA 处理库尔勒香梨结果表明,CA 处理在一定程度上能较好地延缓果皮蜡质含量的上升,通过抑制果皮蜡质超微结构变化从而延缓库尔勒香梨采后衰老。李富军<sup>[4]</sup>等研究表明,贮藏过程中鸭梨和莱阳梨发生果皮和果心褐变的内在因素之一可能是过厚的角质层和过小的细胞间隙率。刘剑锋等<sup>[5]</sup>从果皮形态结构方面证明了尖把酸梨贮藏品质差的原因可能是果皮表面粗糙,有大量小山丘状突起,蜡质层厚而难以观察到气孔或皮孔。钙处理、壳聚糖涂膜南果梨对抑制其褐变的发生,特别是南果梨果皮超微结构的变化与褐变发生之间关系,还鲜有报道。

从文献中可以看出,果皮超微结构的变化对果实贮藏过程中品质有着非常重要作用。作者以南果梨为试验材料,通过浸钙和壳聚糖涂膜等处理方法探究对其在贮藏过程中果皮褐变与其超微结构变化的关系,以期以南果梨贮藏期品质的保持研究提供理论依据,促进南果梨产业更好的发展和保鲜新技术的有效开发<sup>[6-8]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

南果梨:挑选大小、成熟度、色泽等均匀一致的果实,当天运回实验室进行试验处理。

壳聚糖(水溶性,脱乙酰度>85%,80目):购自索莱宝试剂公司。

### 1.2 仪器设备

MILLI-Q Academic 超纯水仪:美国密理博公司产品;BSA124S 电子分析天平:赛多利斯公司产品;SJIA-10N 冷冻干燥机:宁波市双嘉仪器有限公司产品;GSL-1100X-SPC-16M 镀膜仪:沈阳科晶自动化设备有限公司产品;XL30ESEM 环境扫描电子显微镜:荷兰飞利浦公司产品。

### 1.3 试验设计与处理

将供试材料随机等分为 3 份,用质量分数 2% CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡 15 min,再用质量分数 0.2% 壳聚糖溶液涂膜,然后用去离子水浸泡 15 min。

每个处理 90 个果实,自然晾干后平均分 3 袋随机排列装入保鲜袋中并挽口包装,放入相对湿度

为 85%~95%、温贮藏度为 0℃冷库中。作者从贮藏初期到贮藏末期(10 个月后)间隔 5 个月取样测定相关指标。

### 1.4 测定指标与方法

**1.4.1 南果梨果皮褐变程度统计** 果皮褐变指数分级标准为 0 级,果皮无褐变;1 级,果皮褐变面积小于 1/3;2 级,果皮褐变面积占总面积的 1/3~2/3;3 级,果皮褐变面积超过 2/3,指数计算公式:

果皮褐变指数=Σ(病果数×病果级数)/(检查总数×最高级数)×100%

**1.4.2 扫描电镜样品的制备** 根据林建城<sup>[7]</sup>方法并适当修改来制备待测样品。首先,利用去离子水清洗果皮表明灰尘等杂质;而后,用刀切取宽约为 3 mm、长约为 4 mm 的果皮和厚度约为 2 mm 的果皮横截面数块,放入 0.2 mol/L 磷酸缓冲溶液配制含有质量分数 0.2% 抗坏血酸的 2.0% pH 6.8 戊二醛溶液中,冰箱中冷藏固定 24 h。冷藏结束后,先用磷酸缓冲液清洗,接着用叔丁醇分 5 个梯度脱水,再在体积分数 100% 叔丁醇中浸泡 15 min。以上处理完成后置于冷冻干燥机中冷冻干燥持续 12 h,干燥结束后将样品观察面朝上放于载玻片。

**1.4.3 待测样品电镜扫描** 将冷冻干燥好的已放入载玻片的果皮先用 GSL-1100X-SPC-16M 镀膜仪镀膜,而后利用 XL30ESEM 型飞利浦扫描电子显微镜观察拍片。

## 2 结果与分析

### 2.1 3 种处理对南果梨贮藏期果皮褐变的影响

由图 1 可知,在整个贮藏期间,3 种处理的南果梨果皮都不同程度的出现了褐变现象。3 种处理的

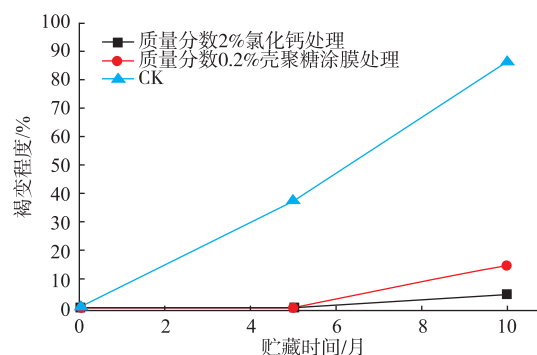


图 1 3 种处理对南果梨贮藏期间果皮褐变指数影响

Fig. 1 Effects of three treatments on peel browning index of 'Nan Guo' pear

南果梨中,果皮褐变程度最小是由质量分数 2%氯化钙处理,贮藏品质显著高于质量分数 0.2%壳聚糖涂膜处理( $p<0.05$ ),并且极显著高于对照( $p<0.01$ );壳聚糖涂膜处理的南果梨果皮褐变程度高于氯化钙处理但低于空白对照,且与空白对照之间呈现极显著特征( $p<0.01$ )。

### 2.2 南果梨贮藏期果皮表层组织结构变化

由图 2~8 可以看出,贮藏南果梨果皮表面较光滑、平整和均匀;通过电镜 200 倍和 1 500 倍放大观察发现,果皮表面的角质层分布均匀且致密,没有明显的裂痕。贮藏末期,对照南果梨,果皮褐变部位放大 200 倍观察,表面零乱粗糙,出现片状结构,在

1 500 倍下可以看出果皮细胞间的连接已被破坏、细胞间有空隙出现,发生这种情况推断是由于果皮细胞已木栓化,引发了细胞间隙和细胞孔。

南果梨果皮褐变部位表面有角质层大面积脱落,果皮表皮细胞裸露呈现蜂窝状并且在上面布有已经栓化后死亡的表皮细胞组织,果皮蜡质覆盖面积逐渐减小,这些症状表明果皮通透能力在逐步增强。与对照相比,浸钙和壳聚糖涂膜处理果皮褐变程度要相对低得多;贮藏末期,浸钙处理、壳聚糖涂膜处理南果梨果皮表面与贮藏前相近,在果皮表面上,裂纹短小且非常少,结构比较完整,没有明显的病理性变化。

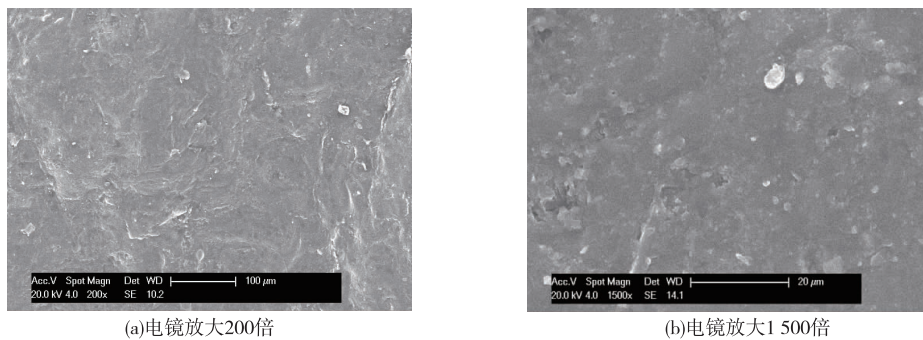


图 2 贮藏前果皮表面结构

Fig. 2 Peel skin surface structure before storage

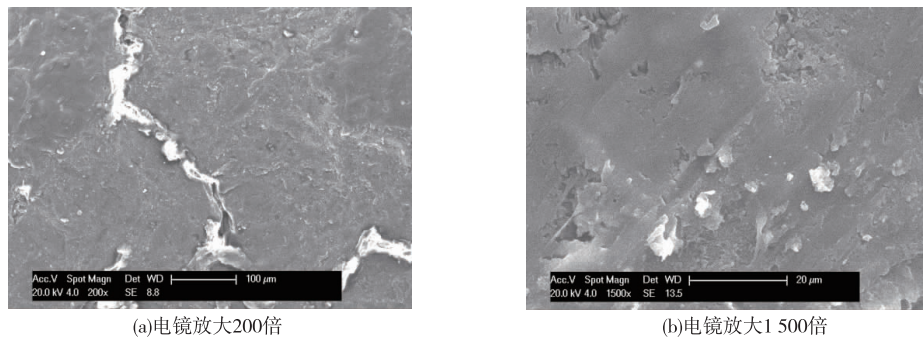


图 3 贮藏 5 个月后 CK 果皮表面结构

Fig. 3 CK peel skin surface structure after 5 months storage

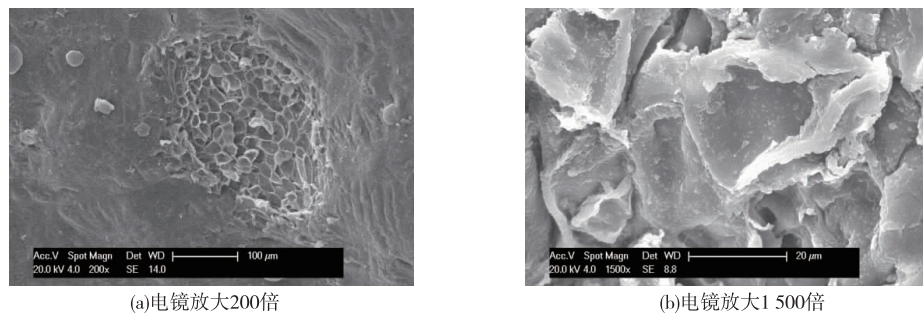


图 4 贮藏末期 CK 果皮表面结构

Fig. 4 CK peel skin surface structure at the end of storage

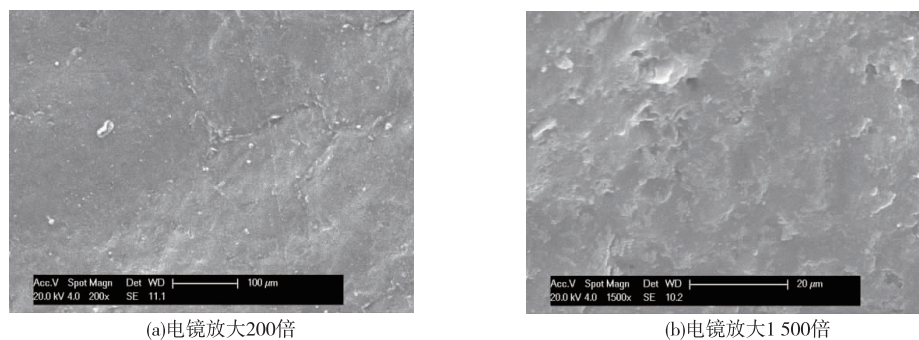


图 5 贮藏 5 个月后涂膜果皮表面结构

Fig. 5 Chitosan coating peel skin surface structure after 5 months storage

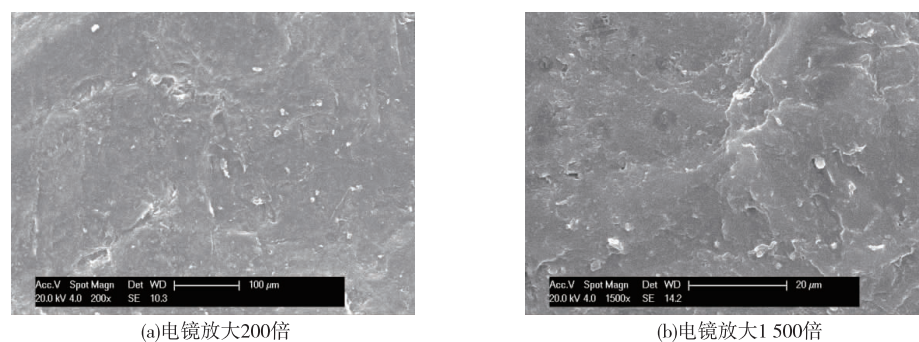


图 6 贮藏末期涂膜果皮表面结构

Fig. 6 Chitosan coating peel skin surface structure at the end of storage

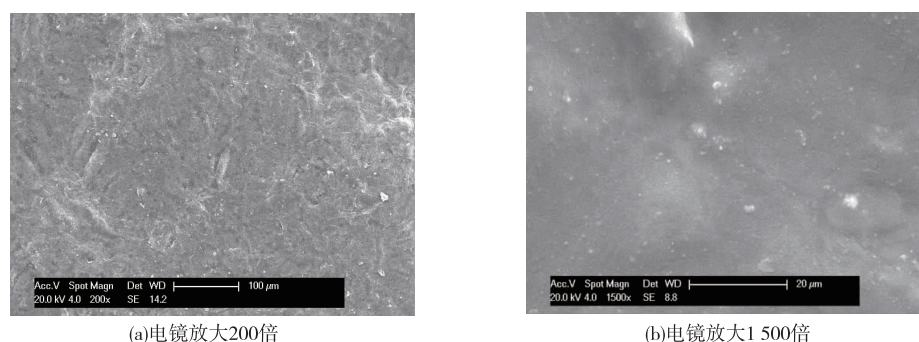


图 7 贮藏 5 个月后氯化钙处理果皮表面结构

Fig. 7 Calcium chloride treatment peel skin surface structure after 5 months storage

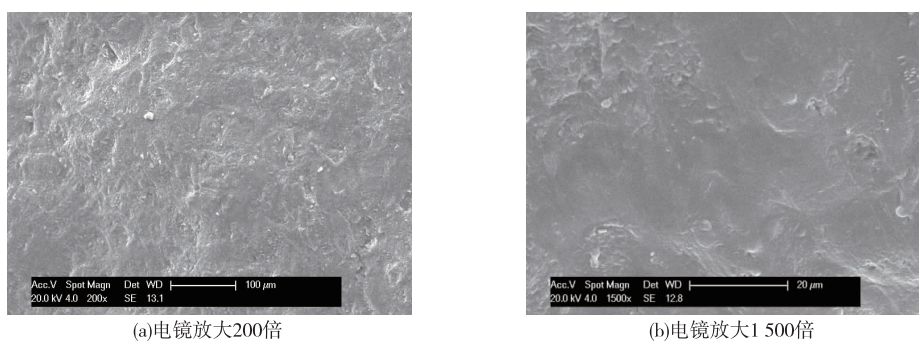


图 8 贮藏末期氯化钙处理果皮表面结构

Fig. 8 Calcium chloride treatment peel skin surface structure at the end of storage

表 1 不同处理南国梨贮藏期间果皮表层组织结构变化

Table 1 Skin surface layer organization structure changes by different treatments during storage

不同处理	贮藏前	贮藏 5 个月	贮藏末期
空白对照(CK)	果皮表面光滑、平整和均匀。	表面有角质层脱落,果皮表皮上面有部分已经栓化后死亡的表皮细胞组织。	表面零乱粗糙,出现片状结构;果皮细胞间的连接已经完全破坏,细胞间出现了空隙。
壳聚糖涂膜处理		果皮表面结构完整,细胞间连接紧密。	裂纹很少且小,未出现明显病理性变化,结构比较均匀完整。
氯化钙处理		果皮表面光滑,平整,未有明显变化。	果皮表面结构平整,角质层分布均匀且致密,没有的裂痕。

表 2 不同处理南国梨贮藏期间果皮横面组织结构变化

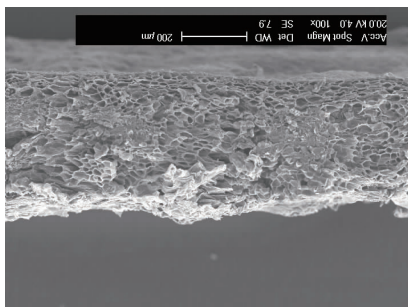
Table 2 Organization structure change skin in cross section by different treatments during storage

不同处理	贮藏前	贮藏 5 个月	贮藏末期
空白对照(CK)	果皮横截面厚度比较均匀、平整一致。	果皮出现部分褐变,横截面细胞组织出现木栓化,细胞间连接部分破坏。	表皮细胞组织明显木栓化增厚,并且排列的杂乱无序。
壳聚糖涂膜处理		果皮横截面细胞结构未出现破坏,结构紧密。	果实果皮断面组织变化不大,薄厚还比较均匀。
氯化钙处理		果皮横截面结构完整,细胞组排列有序,厚度均匀。	果皮断面平整一致,表皮细胞组织整齐有序的排列。

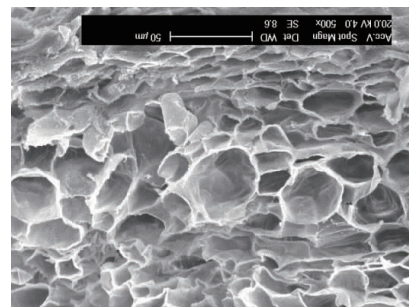
### 2.3 南果梨贮藏期果皮横断面组织结构变化

由图 9~15 可知,在贮藏前,南果梨通过利用电子扫描电镜观察果皮横截面后发现果皮厚度比较均匀、表皮细胞组织排列的整齐有序并且比较平整一致。贮藏结束时,对照处理的南果梨果皮褐变部

位经放大 100 倍、500 倍后发现表皮细胞组织排列混乱且明显木栓化增厚。与对照处理南果梨相比,氯化钙处理和壳聚糖涂膜处理的果实果皮断面组织变化不明显,与贮藏前期相似,果皮恒断面平整一致、薄厚还比较均匀,氯化钙处理效果更好。



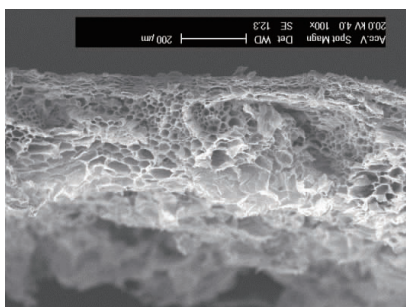
(a)电镜下放大100倍



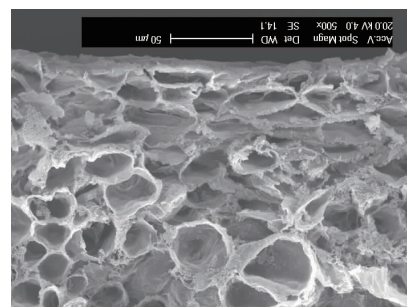
(b)电镜下放大500倍

图 9 贮藏前期南果梨果皮断面组织结构

Fig. 9 Transverse tissue structure of Nanguo pear peel before the cold storage



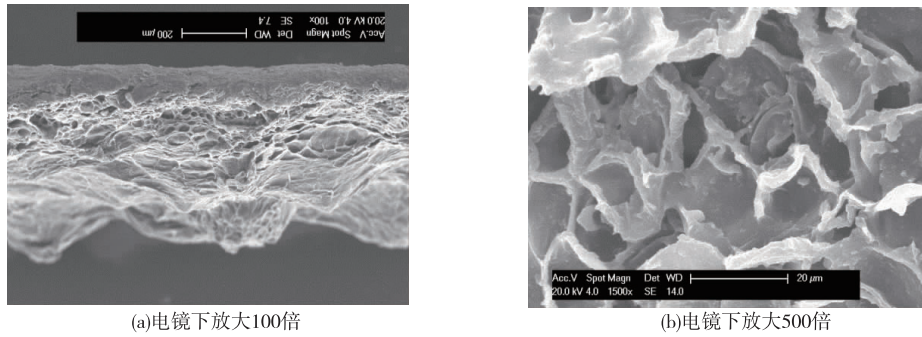
(a)电镜下放大100倍



(b)电镜下放大500倍

图 10 贮藏 5 个月后空白对照处理南果梨果皮断面组织结构

Fig. 10 CK peel transverse tissue structure after 5 months storage

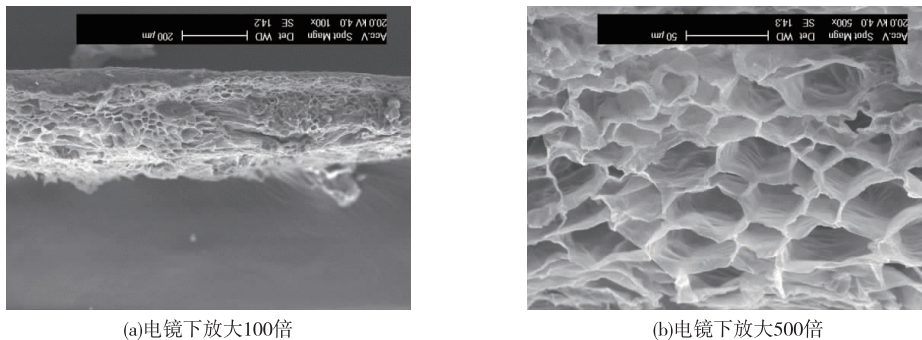


(a)电镜下放大100倍

(b)电镜下放大500倍

图 11 贮藏末期空白对照处理南果梨果皮断面组织结构

Fig. 11 CK peel transverse tissue structure at the end of storage

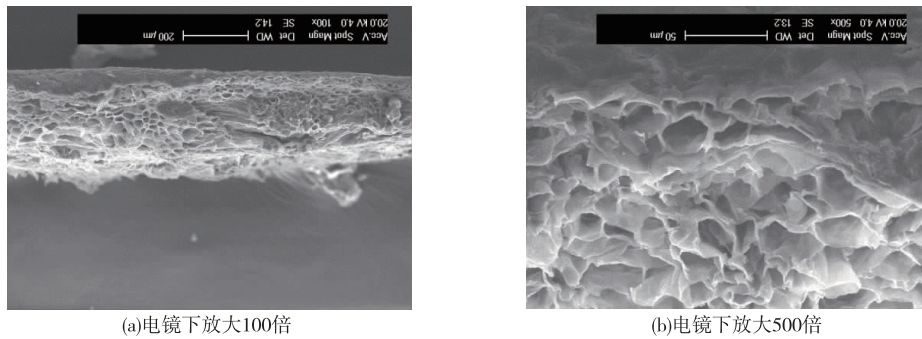


(a)电镜下放大100倍

(b)电镜下放大500倍

图 12 贮藏 5 个月后壳聚糖涂膜处理南果梨果皮断面组织结构

Fig. 12 Chitosan coating peel transverse tissue structure at the end of storage

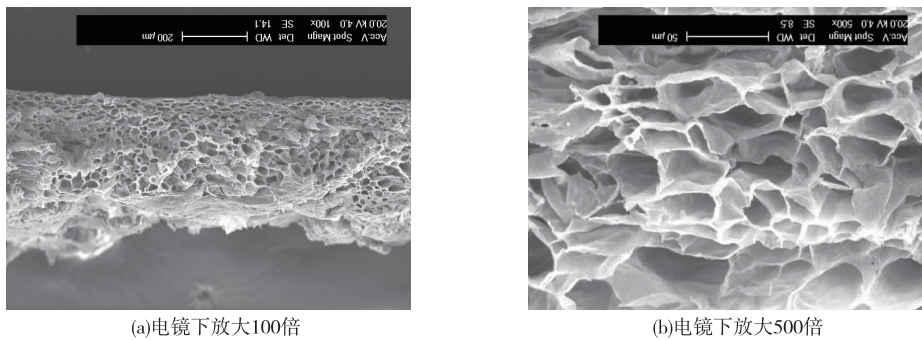


(a)电镜下放大100倍

(b)电镜下放大500倍

图 13 贮藏末期聚糖涂膜处理南果梨果皮断面组织结构

Fig. 13 Chitosan coating peel transverse tissue structure at the end of storage



(a)电镜下放大100倍

(b)电镜下放大500倍

图 14 贮藏 5 个月后氯化钙处理南果梨果皮断面组织结构

Fig. 14 Calcium chloride treatment?peel transverse tissue structure at the end of storage

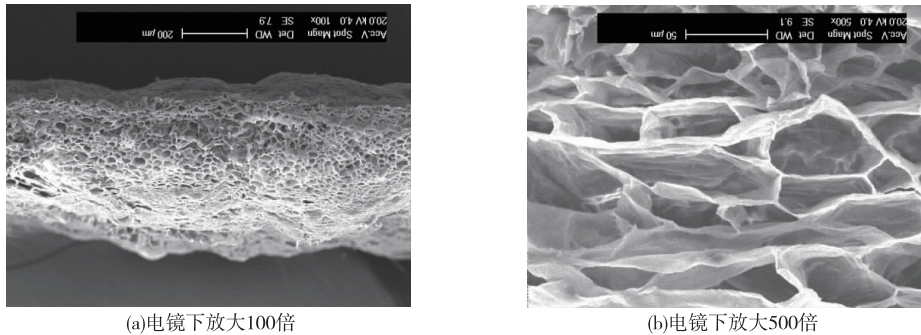


图 15 贮藏末期聚糖涂膜处理南果梨果皮断面组织结构

Fig. 15 Calcium chloride treatment peel transverse tissue structure at the end of storage

### 3 结 语

果实贮藏品质与组织的超微结构变化有紧密的联系。张晓敏等研究库尔勒香梨贮藏期间果皮蜡质超微结构的变化与果实采后衰老的关系,结果表明贮藏期间,随着贮藏时间的延长,果皮蜡质超微形态处于动态变化过程,木栓化程度严重;1-MCP处理能在一定程度上延缓果皮蜡质含量的上升,可能是通过抑制果皮蜡质超微结构变化从而延缓库尔勒香梨采后衰老。

果实中的角质膜对梨果实耐贮性有着重要的影响,它可保护果实表面免受机械性损伤,果皮锈斑的出现与角质层不同程度的变化有着必然的联系<sup>[9]</sup>。王迎涛等<sup>[10]</sup>研究套袋黄冠梨果实花斑病发生与其组织结构变化的关系结果表明,套袋果实花斑病发病部位角质层模糊,发病果实正常部位的角质层、表皮层厚度和比正常果实要低得多,套袋黄冠

梨果皮组织结构明细的变化,与花斑病的发生的关系有着直接联系。

作者利用扫电子显微镜观察发现南果梨果皮很薄,贮藏期间易发生果皮褐变。采后初期,南果梨果皮表面角质层未发现明显的裂痕,分布均匀一致且表皮组织排列整齐有序;贮藏结束时,果皮褐变部位出现了已栓化后死亡的细胞组织、大面积脱落的角质层、裸露呈蜂窝状的表皮细胞并且果皮蜡质也在逐渐减少;整个贮藏期间,果皮褐变呈上升趋势。氯化钙处理和壳聚糖涂膜处理的果实果皮表面结构完整,裂纹较少,没有明显的变化;果皮横截面均匀、平整、薄厚程度一致;贮藏期间,两种处理褐变变化很小;氯化钙处理的效果比壳聚糖涂膜处理效果好,两种处理都不同程度的延缓了贮藏期间南果梨果皮褐变,这可能是由于两种处理影响了果皮的超微结构的变化,从而延缓了褐变的发生。

### 参考文献:

- [1] 姜巍. 南国梨黑星病的为害状及防治措施[J]. 农业开发与装备, 2015(2): 121-122.
- [2] 张波. 南果梨高接方法及配套管理[J]. 现代农业, 2016(2): 8-9.
- [3] 王金花, 张喆, 郭晓娜. 南果梨的高产栽培技术[J]. 吉林农业, 2015(1): 109.
- [4] 陈国刚, 刘琦, 任雷厉, 等. CA 中库尔勒香梨酶活及细胞超微结构与锈斑病关系的研究[J]. 食品工业, 2011(3): 91-94.
- [5] 李富军, 张新华, 任配培, 等. 1-MCP 联合 CA 对梨冷藏期间褐变的影响[J]. 食品科技, 2015(2): 30-33, 38.
- [6] 刘剑锋, 李国怀, 彭抒昂, 等. 秋子梨的果皮结构与果实的耐贮性[J]. 园艺学报, 2007(4): 1007-1010.
- [7] 李江阔, 纪淑娟, 魏宝东, 等. 1-MCP 对南果梨冷藏防褐保鲜作用的初探[J]. 保鲜与加工, 2013, 7(4): 7-11.
- [8] 林建城, 林河通, 郭振国, 等. 枇杷不同品种果实形态结构的比较及其与耐贮藏性的关系[J]. 热带作物学报, 2009(1): 53-58.