

网络出版时间:2015-12-02 14:25 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.01.020
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20151202.1425.040.html

2种复合涂膜对哈密瓜的采后保鲜效果

周 研,曾媛媛,王锡昌,谢 晶,周 然,袁 见

(上海海洋大学 食品学院,上海 201306)

【摘 要】 【目的】研究羧甲基壳聚糖与海藻酸钠复合涂膜对哈密瓜的保鲜效果,为哈密瓜的采后保鲜提供参考。【方法】将羧甲基壳聚糖、海藻酸钠与肉桂醛复配,制备成2种复合涂膜保鲜剂,对哈密瓜进行涂膜保鲜,以蒸馏水处理为对照,于 $(19\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下贮藏。通过测定3组哈密瓜在贮藏期间的失重率、硬度、抗坏血酸(Vc)含量、过氧化氢酶(POD)活性、感官评分以及霉菌和酵母菌数量,分析2种复合涂膜对哈密瓜的保鲜效果。【结果】常温贮藏35 d时,海藻酸钠组和羧甲基壳聚糖组哈密瓜的失重率分别为7.26%和10.42%,硬度分别为2.82和2.52 kg/cm²,Vc含量分别为11.82和14.80 mg/hg,POD活性分别为2.61和3.44 U,霉菌、酵母菌总数量分别为3.92和3.83 log CFU/g,感官评分分别为5.13和5.74,均显著优于对照组($P<0.05$)。【结论】2种复合涂膜都能降低哈密瓜的失重率,维持较高的硬度和Vc含量,提高POD活性,保持哈密瓜良好的感官品质,抑制果肉中霉菌和酵母菌的繁殖,且以羧甲基壳聚糖复合涂膜的保鲜效果更佳。

【关键词】 哈密瓜;复合涂膜;保鲜

【中图分类号】 S652.109⁺.3

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2016)01-0133-06

Effect of two compound coatings on storage quality of cantaloupe

ZHOU Yan, ZENG Yuan-yuan, WANG Xi-chang, XIE Jing, ZHOU Ran, YUAN Jian

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

Abstract: 【Objective】 This study investigated the effects of talginate compound coating and carboxymethyl chitosan compound coating on preservation of cantaloupe. 【Method】 Cantaloupes were coated with two antistaling agents based on carboxymethyl chitosan with cinnamaldehyde and sodium alginate with cinnamaldehyde. Distilled water was used as CK and all 3 groups were stored at $(19\pm 2)^{\circ}\text{C}$. The effects of the two compound preservative coatings were analyzed by measuring and comparing the weight loss rate, firmness, ascorbic acid (Vc) content, peroxidase (POD) activity, sensory indicator and mold and yeast count. 【Result】 After 35 d storage at room temperature, the weight loss rates of sodium alginate group and carboxymethyl chitosan group were 7.26% and 10.42%, their firmness values were 2.82 and 2.52 kg/cm², their Vc contents were 11.82 and 14.80 mg/hg, their POD activities were 2.61 and 3.44 U, their mould and yeast counts were 3.92 and 3.83 log CFU/g, and their sensory evaluation scores were 5.13 and 5.74, respectively. All indexes were significantly better than the control group ($P<0.05$). 【Conclusion】 Both compound coatings could reduce weight loss, maintain high firmness and Vc content, improve POD activity, keep good sensory evaluation, and inhibit pulp mold and yeast propagation. In addition, carboxymethylcellulose chitosan coating was better.

【收稿日期】 2014-05-15

【基金项目】 国家自然科学基金项目(31201439);上海市教育委员会重点学科建设项目(J50704);上海市教育委员会科研创新项目(11YZ160);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】 周 研(1988—),男,河南荥阳人,在读硕士,主要从事冷链物流研究。E-mail:11.29zhouyan@163.com

【通信作者】 周 然(1977—),男,内蒙古赤峰人,副教授,博士,主要从事冷链物流研究。E-mail:rzhou@shou.edu.cn

Key words: cantaloupe; compound coating; preservation

哈密瓜(*Cucumis melo* var. *saccharinus*)营养丰富、风味独特,备受消费者青睐。但哈密瓜采后贮藏过程中易腐败变质,导致哈密瓜货架期短,不利于哈密瓜的消费。因此找出一种切实有效的采后哈密瓜保鲜处理方法显得尤为重要。以天然植物提取物作为保鲜剂与传统的涂膜保鲜处理相结合,研制具有抗菌或抗氧化等特征的复合涂膜是近几年果蔬保鲜的研究热门。

壳聚糖涂膜是一种常见且有效的果蔬保鲜处理方式,特别是将壳聚糖与其他保鲜剂复配^[1-2]或与热水浸泡等其他保鲜手段结合^[3]等方法,在哈密瓜保鲜方面取得了良好的效果。但是,中性条件下壳聚糖不易溶于水,影响其实用性。作为壳聚糖的一种亲水衍生物,羧甲基壳聚糖比壳聚糖有更好的抗氧化、抗菌能力,而且更易溶于水,在食品涂膜保鲜方面应用前景广阔^[4-5]。Brasil 等^[6]以壳聚糖和果胶为基础,加入肉桂醛(Cinnamaldehyde)配制成多层抗菌涂膜剂,用于木瓜保鲜,效果良好。肉桂醛是肉桂精油的有效抗菌成分,具有较强的抗菌能力,对水果中常见的致腐败真菌抑制作用良好^[7-8]。前人研究发现,以海藻酸钠为基础与肉桂精油或肉桂醛复配的涂膜剂抗菌性能良好^[9-10]。但尚未见到将羧甲基壳聚糖与肉桂醛复配用于哈密瓜涂膜保鲜的报道。因此,本试验以沪产晚熟哈密瓜为材料,在常温条件下,用以羧甲基壳聚糖和海藻酸钠为基础配制的两种复合涂膜保鲜剂对哈密瓜进行采后保鲜,通过测定贮藏期间哈密瓜的失重率、硬度、维生素 C 含量、过氧化物酶活性、霉菌和酵母菌数量、感官评分等指标,研究两种复合涂膜的保鲜效果,并对其各自的特点进行分析,旨在寻找一种有效且实用的哈密瓜保鲜涂膜。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用的沪产晚熟哈密瓜采购于上海市哈密瓜研究所,选取成熟度在 8 成左右,大小均匀、无机械损伤的哈密瓜供试。所有哈密瓜留 5 cm 左右的果梗,采后套上网袋,2 个瓜一箱,运到贮藏室待用。

羧甲基壳聚糖购自浙江澳兴生物科技有限公司,其他试剂购自国药集团化学试剂有限公司,均为分析纯。

参考周然等^[11]的方法配制 2 种复合涂膜,并略

作修改。羧甲基壳聚糖复合涂膜的制作方法是:用质量分数为 1.5% 的羧甲基壳聚糖,0.5% 的甘油,1% 的吐温 80 混合溶解,磁力搅拌 2 h 后加入 0.5% 的肉桂醛,再磁力搅拌 30 min,用纱布滤去不溶物,保鲜膜封口,超声消泡 30 min 后即得。海藻酸钠复合涂膜制作时用质量分数为 1.5% 的海藻酸钠代替羧甲基壳聚糖即可,其他操作与羧甲基壳聚糖复合涂膜相同。

1.2 仪器与设备

UV-7504 单光束紫外-可见光分光光度计;H-2050R 台式高速冷冻离心机;TA.XT Plus 质构仪;25-SB-12DT 超声波清洗机;IMS-50 全自动雪花制冰机;DHP-9297 电热恒温培养箱;HRLM-80 立式蒸汽灭菌锅;SW-CJ-2F 标准双人净化工作台等。

1.3 试验处理

从贮藏室中选出 90 个外表没有损伤的哈密瓜,平均分成 3 组,对照组哈密瓜放在蒸馏水中浸泡 30 s 后直接套袋装箱。羧甲基壳聚糖涂膜组用配制好的羧甲基壳聚糖抗菌涂膜浸泡哈密瓜 30 s,海藻酸钠涂膜组用配制好的海藻酸钠抗菌涂膜浸泡哈密瓜 30 s;待晾干后套袋装箱置于(19±2)℃贮藏。贮藏期间每 7 d 测定 1 次相关指标,每次每组取 3 个哈密瓜,共测 5 次。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 失重率(Weight loss rate) 失重率采用称重法测定。失重率=($m_0 - m$)/ $m_0 \times 100\%$,其中, m_0 、 m 分别代表哈密瓜的初始质量(g)和贮藏一段时间后的质量(g)。

1.4.2 硬度(Firmness) 参照 Zhou 等^[12]的方法测哈密瓜硬度,略作修改。取哈密瓜赤道面果肉,用尺子测量表皮到内腔的距离,使用直径 6 mm(Auto-5g)的柱形探头,测定此处的果肉硬度。测前速度为 5 mm/s,测定速度 1 mm/s,穿刺深度 5 mm,压缩程度 70%,硬度单位为 kg/cm²。

1.4.3 Vc 含量 Vc 含量采用 2,6-二氯靛酚法^[13]测定。每次取 3 个哈密瓜的混合果肉 10 g 测定。

1.4.4 过氧化物酶活性(Peroxidase, POD) 参考曹健康等^[13]的方法,略作修改。以每克果肉每分钟吸光度增加 1 为 1 个酶活单位,单位为 U。每次取 3 个哈密瓜的混合果肉 5 g 测定。

1.4.5 霉菌和酵母菌计数(Enumeration of moulds and yeasts) 参考国标 GB 4789.15—2010^[14],进行

霉菌和酵母菌计数。

1.4.6 感官评定(Sensory evaluation) 感官评定人员由经过专业感官评定培训的 5 人组成,通过对哈密瓜的风味、果皮颜色、香味进行评分,评分标准见表 1。根据评分小组对各指标的敏感程度,确定

风味、果皮颜色、香味的权重分别为 0.4,0.3,0.3,计算加权平均分,平行评定 3 次。最后根据评分小组的加权平均分来确定哈密瓜的感官评定值。其中 9 分为非常好,7 分为好,5 分为可接受(具有商品的最低标准),3 分为差,1 分为极差。

表 1 哈密瓜感官评定的评分标准
Table 1 Sensory evaluation of cantaloupe

分值 Score	风味 Flavor	果皮颜色 Pell color	香味 Odor
9	甜,很脆 Sweet,extremely crispy	绿色到黄色 Green to yellow	甜香味浓 Extremely sweet
7	较甜,很脆 Moderately sweet,extremely crispy	黄色 Yellow	甜香味 Sweet
5	较甜,脆 Moderately sweet,crispy	深黄色 Dark yellow	甜香味淡 Slight sweet
3	甜味淡,软 Slight sweet,soft	深黄色,有棕色斑点 Dark yellow with brown spots	稍有异味 Slight peculiar smell
1	甜味差,软 Not sweet,soft	深黄色,发霉 Dark yellow,mildew	异味明显 Peculiar smell

1.5 数据处理与分析

在所测的指标中,果实硬度平行测定 8 次,霉菌和酵母菌计数平行测定 4 次,其他指标均平行测定 3 次,各组哈密瓜的差异性使用 Spss20.0 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 2 种复合涂膜对哈密瓜采后失重率的影响

常温贮藏条件下,失重率是影响水果商品价值的一个重要因素,采后哈密瓜失水程度以及腐败程度与失重率关系密切。如图 1 所示,3 组哈密瓜在贮藏期间的失重率均呈逐渐升高趋势。其中,对照组失重最快,海藻酸钠组失重最慢。35 d 时海藻酸钠组失重率为 7.26%,羧甲基壳聚糖组失重率为 10.42%,显著低于对照组(15.00%)($P<0.05$),且海藻酸钠组失重率也显著低于羧甲基壳聚糖组($P<0.05$)。这是因为哈密瓜经过涂膜处理,降低了水分的蒸发,从而有效降低了失重率。而海藻酸

钠涂膜比羧甲基壳聚糖涂膜效果较好是因为海藻酸钠具有更好的阻湿性。

2.2 2 种复合涂膜对哈密瓜采后硬度的影响

在果实贮藏期间,由于纤维素和果胶的分解以及水分蒸发等因素,果实硬度下降,而果实硬度反映了果实的成熟和衰老情况^[13]。如图 2 所示,3 组哈密瓜的硬度在贮藏期间均呈下降趋势,且以海藻酸钠组的硬度下降最慢,其在 35 d 时果实硬度为 2.82 kg/cm²,显著高于其他两组($P<0.05$);羧甲基壳聚糖组在贮藏前中期硬度与对照组接近,在 35 d 时,果实硬度为 2.52 kg/cm²,稍高于对照组(2.33 kg/cm²)。这说明 2 种涂膜都延迟了果实的软化速度,是因为 2 种涂膜剂都能减少水分蒸发,且涂膜中的肉桂醛能抑制腐败菌繁殖,使得果肉中的纤维素、果胶等维持果肉硬度的物质分解速度降低,从而保持了果肉硬度。海藻酸钠组果实硬度高于羧甲基壳聚糖组,这与海藻酸钠具有更好的阻湿性有关,同时也说明水分蒸发是影响果肉硬度的主要因素。

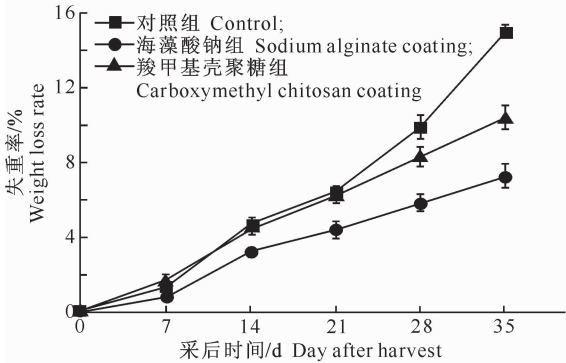


图 1 2 种复合涂膜对哈密瓜采后失重率的影响
Fig.1 Effect of two compound coatings on weight loss rate of cantaloupe

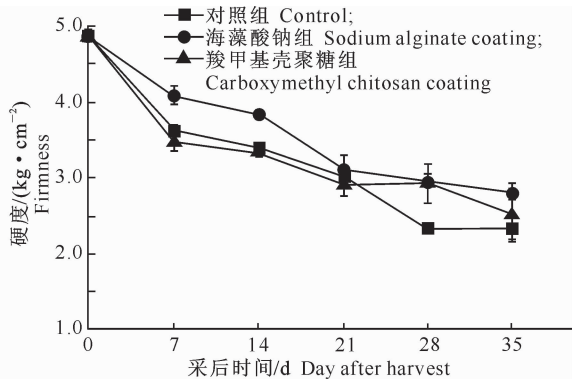


图 2 2 种复合涂膜对哈密瓜采后硬度的影响
Fig.2 Effect of two compound coatings on firmness of cantaloupe

2.3 2 种复合涂膜对哈密瓜采后 Vc 含量的影响

维生素 C 含量是评价水果营养品质和保鲜效果的重要指标,哈密瓜贮藏期间的 Vc 含量会受到成熟度、贮藏条件等的影响。2 种复合涂膜对哈密瓜采后 Vc 含量的影响见图 3。如图 3 所示,2 个涂膜组哈密瓜的 Vc 含量在整个贮藏期均高于对照组,2 个涂膜组在 7 d 时的 Vc 含量略高于 0 d,之后 3 组均呈下降趋势。35 d 时,对照组哈密瓜的 Vc 含量为 8.20 mg/hg,海藻酸钠组 Vc 含量为 11.82 mg/hg,羧甲基壳聚糖组 Vc 含量依然高达 14.80 mg/hg,显著高于对照组($P<0.05$)。说明 2 种抗菌涂膜均有助于采后哈密瓜维持较高的 Vc 含量,且以羧甲基壳聚糖的效果更好,这与羧甲基壳聚糖能提高哈密瓜的抗氧化酶活性^[15]有关。

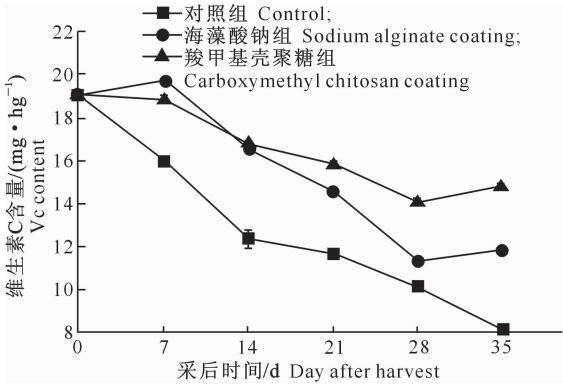


图 3 2 种复合涂膜对哈密瓜采后 Vc 含量的影响

Fig. 3 Effect of two compound coatings on Vc content of cantaloupe

2.5 2 种复合涂膜对哈密瓜采后霉菌、酵母菌数量的影响

哈密瓜采后主要致病菌有镰孢属(*Fusarium*)、链格孢属(*Alternaria*)、根霉(*Rhizopus*)和青霉属(*Penicillium*)等^[16-17]。果肉中的霉菌和酵母菌数量可以直接反映哈密瓜腐败的程度,是评价哈密瓜抗菌涂膜保鲜效果的重要指标。如图 5 所示,对照组哈密瓜的霉菌、酵母菌计数在整个贮藏期内都高于 2 个复合涂膜组,且在 35 d 时,对照组霉菌、酵母菌总数高达 4.53 log CFU/g,显著高于海藻酸钠组(3.92 log CFU/g)和羧甲基壳聚糖组(3.83 log CFU/g)($P<0.05$)。说明 2 种涂膜均能够抑制哈密瓜果肉中的霉菌、酵母菌繁殖,且效果显著($P<0.05$),而 2 种涂膜之间差异不显著($P>0.05$)。这是因为 2 种涂膜都可以良好地成膜,具有较强的阻隔能力,且加入的肉桂醛抑菌效果较好,因此 2 组的抑菌效果相近。

2.4 2 种复合涂膜对哈密瓜采后 POD 活性的影响

POD 是水果中普遍存在的一种氧化还原酶,能催化过氧化物和 H_2O_2 分解。在果蔬受到病虫害侵袭、外界温度变化及机械损伤刺激时,POD 都会作出应答反应,其活性不断变化,因此是检测果蔬品质和保鲜效果的重要指标。如图 4 所示,在整个贮藏期内,羧甲基壳聚糖组的 POD 活性一直高于对照组和海藻酸钠组。对照组 POD 活性在 35 d 时仅为 2.34 U,此时海藻酸钠组 POD 活性为 2.61 U,而羧甲基壳聚糖组 POD 活性依然高达 3.44 U,显著高于对照组($P<0.05$)。这说明涂膜中加入肉桂醛可以提高哈密瓜贮藏期内的 POD 活性,而羧甲基壳聚糖涂膜提高 POD 含量的效果好于海藻酸钠涂膜,与羧甲基壳聚糖能提高哈密瓜的抗氧化能力有关。

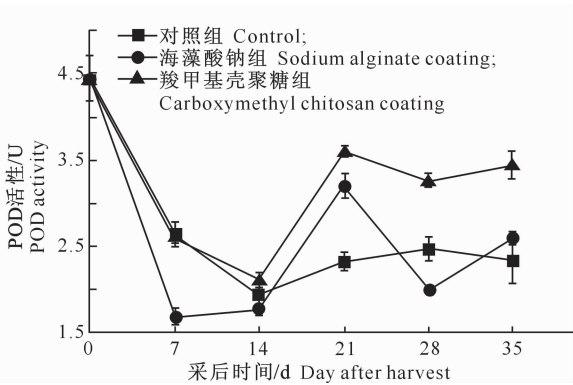


图 4 2 种复合涂膜对哈密瓜采后 POD 活性的影响

Fig. 4 Effect of two compound coatings on POD activity of cantaloupe

2.6 2 种复合涂膜对哈密瓜感官评定的影响

感官评定是评价水果品质的直接手段。如图 6 所示,在贮藏期内,3 组哈密瓜的感官评分均呈先上升后下降趋势,7 d 时感官评分都达到最高值,这是因为哈密瓜的后熟作用,使果肉中的多糖分解为单糖,使得哈密瓜风味评分较佳。35 d 时,对照组评分只有 3.21,果肉颜色变为暗黄色,风味很差,异味严重;而羧甲基壳聚糖组评分为 5.74,还保持在可以接受的范围内,果实较甜,异味不明显;海藻酸钠组的感官评分(5.13)比羧甲基壳聚糖组稍低,但在可以接受的范围内。可见 2 种涂膜均有助于保持哈密瓜良好的风味、外观和气味。这与涂膜能够降低哈密瓜的腐败程度,减少果肉中的水分和营养物质损失有关。但在贮藏末期,涂膜对哈密瓜的呼吸作用抑制较明显,导致 2 组哈密瓜中均有一定程度的酒精味,羧甲基壳聚糖组酒精味较轻,海藻酸钠组酒精味较浓,这与海藻酸钠成膜透气性较差有关。

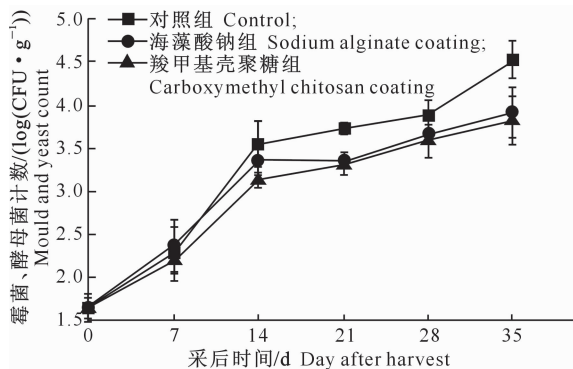


图 5 2 种复合涂膜对哈密瓜采后霉菌、酵母菌数量的影响

Fig. 5 Effect of two compound coating on mould and yeast count of cantaloupe

3 结论与讨论

本研究结果表明,与对照组相比,羧甲基壳聚糖和海藻酸钠复合涂膜均能降低哈密瓜在贮藏期内的失重率,使哈密瓜保持良好的果肉硬度和感官评分、提高 POD 活性、减缓 Vc 的流失,且都能抑制霉菌和酵母菌繁殖,即 2 种复合涂膜都具有一定的保鲜效果。相对而言,羧甲基壳聚糖复合涂膜对降低哈密瓜 Vc 的流失效果显著优于海藻酸钠复合涂膜 ($P<0.05$),而海藻酸钠复合涂膜对于降低哈密瓜的失重率效果更为显著 ($P<0.05$)。2 种复合涂膜在抗氧化和降低质量损失方面表现各有优劣。羧甲基壳聚糖本身具有一定的抑菌性^[5],但与肉桂醛复配后,其抑菌效果在贮藏末期与海藻酸钠复合涂膜差异不显著。这是由于 2 种涂膜基质均能够良好成膜,且都不易被微生物分解利用,同时加入的肉桂醛能抑制霉菌和酵母菌繁殖,且这种抑制作用占主导地位,因此 2 种复合涂膜的抑菌能力基本接近。而海藻酸钠复合涂膜对于哈密瓜的呼吸抑制过强,导致哈密瓜在贮藏后期出现了无氧呼吸,果肉中的酒精味较浓。综合考虑认为,羧甲基壳聚糖复合涂膜的保鲜效果更佳。

目前市售的食品级 O-羧甲基壳聚糖价格为 650~800 元/kg,而食品级海藻酸钠价格仅为 60~100 元/kg。而 Zhang 等^[18]的研究证明,当海藻酸钠与羧甲基壳聚糖质量比为 1:1~1:5 时,2 种物质在水中可以良好相溶,且共混物成膜后阻湿性更佳。因此,在不降低羧甲基壳聚糖抗氧化能力的前提下,利用海藻酸钠代替部分羧甲基壳聚糖作为涂膜剂的基质,既可以降低涂膜的成本,又可增强复合涂膜的阻湿性。借鉴这种思路,将海藻酸钠、虫胶等

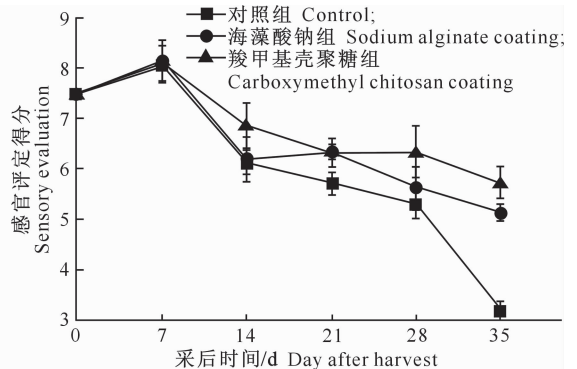


图 6 2 种复合涂膜对哈密瓜采后感官评定的影响

Fig. 6 Effect of two compound coatings on sensory evaluation of cantaloupe

阻湿性较好的涂膜基质与壳聚糖及其衍生物等具有一定抗氧化能力的涂膜基质,在相溶的范围内共混,同时加入特定的天然抑菌剂,有望制备出一种既具有良好阻湿性和透气性,又具有一定抑菌能力的复合涂膜剂。

[参考文献]

- [1] Chen W X, Tony Z J, Joshua B G, et al. Inactivation of *Salmonella* on whole cantaloupe by application of an antimicrobial coating containing chitosan and allyl isothiocyanate [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2012, 155: 165-170.
- [2] Cong F S, Zhang Y G, Dong W Y. Use of surface coatings with natamycin to improve the storability of Hami melon at ambient temperature [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 46: 71-75.
- [3] 王 静, 李学文, 廖新福, 等. 热处理和壳聚糖涂膜对采后接菌哈密瓜生理生化特性的影响 [J]. *西北植物学报*, 2012, 32(2): 318-323.
Wang J, Li X W, Liao X F, et al. Effects of heat-treatment and chitosan coating on physiological and biochemical characteristics of Hami melon inoculated *Alternaria alternata* [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2012, 32(2): 318-323. (in Chinese)
- [4] 李小芳, 冯小强, 杨 声. O-羧甲基壳聚糖的合成、抑菌性能及对细胞蛋白的影响 [J]. *食品工业科技*, 2010, 13(4): 143-145.
Li X F, Feng X Q, Yang S. Synthesis, antimicrobial activity and effect of O-carboxymethyl chitosan on cell membrane protein [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2010, 13(4): 143-145. (in Chinese)
- [5] 吴 迪, 刘 辉, 浦金辉, 等. 羧甲基壳聚糖的生物特征及其在药物领域的应用 [J]. *食品与药品*, 2013, 15(3): 210-213.
Wu D, Liu H, Pu J H, et al. Biological characteristics of carboxymethyl chitosan and its applications in medical fields [J]. *Food and Drug*, 2013, 15(3): 210-213. (in Chinese)
- [6] Brasil I M, Gomes C, Puerta A, et al. Polysaccharide-based mul-

- tilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya [J]. LWT-Food Science and Technology, 2012(47): 39-45.
- [7] 钟少枢, 吴刚克, 柴向阳, 等. 七种单离食用香料对食品腐败菌抑菌活性的研究 [J]. 食品工业科技, 2009, 30(5): 68-71. Zhong S S, Wu G K, Chai X Y, et al. Study on bacteriostasis of seven isolate spices to food spoilage organisms [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(5): 68-71. (in Chinese)
- [8] 吴建挺, 张悦丽, 张 博, 等. 11 种植物精油对 6 种植物病原真菌的抑菌活性研究 [J]. 植物科学学报, 2013, 31(2): 198-202. Wu J T, Zhang Y L, Zhang B, et al. Antifungal activity of eleven plant essential oils against six plant pathogenic fungi [J]. Plant Science Journal, 2013, 31(2): 198-202. (in Chinese)
- [9] Sipahi R E, Castell-Perez M E, Moreira R G, et al. Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*) [J]. LWT-Food Science and Technology, 2013(51): 9-15.
- [10] 郭锦赏, 张 瑾, 殷俊威. 抗菌性海藻酸钠膜的制备及性能分析 [J]. 天津大学学报, 2013, 46(7): 653-658. Guo J S, Zhang J, Yin J W. Preparation and performance analysis of edible antimicrobial films based on sodium alginate [J]. Journal of Tianjin University, 2013, 46(7): 653-658. (in Chinese)
- [11] 周 然, 闫丽萍, 谢 晶, 等. 可食性涂膜对冷藏过程中上海蜜梨品质的影响 [J]. 上海农业学报, 2010, 26(4): 53-56. Zhou R, Yan L P, Xie J, et al. Effects of edible coatings on quality of Shanghai sand pear (*Pyrus pyrifolia*) during cold storage [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2010, 26(4): 53-56. (in Chinese)
- [12] Zhou R, Yun M, Li Y F, et al. Quality and internal characteristics of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) treated with different kinds of coatings during storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49: 171-179.
- [13] 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, 2007. Cao J K, Jiang W B, Zhao Y M. Experiment guidance of post-harvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables [M]. Beijing, China Light Industry Press, 2007. (in Chinese)
- [14] 中华人民共和国卫生部. GB 4789. 15—2010 食品微生物学检验霉菌和酵母计数 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010. Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 4789. 15—2010 National food safety standard food microbiological examination: Enumeration of moulds and yeasts [S]. Beijing: Standards Press of China, 2010. (in Chinese)
- [15] Bautista-Banos S, Hernandez-Lopez M, Bosquez-Molina E, et al. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioid*, anthracnose levels and quality of papaya fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 22: 1087-1092.
- [16] 毛晓英, 吴庆智, 刘晓航, 等. 新疆哈密瓜采后主要致病病原真菌的分离与鉴定 [J]. 安徽农学通报, 2006, 12(12): 120-121. Mao X Y, Wu Q Z, Liu X H, et al. Separation and identification of pathogenic fungi from the postharvest Hami melon [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2006, 12(12): 120-121. (in Chinese)
- [17] 柳 涛, 童军茂, 马伟荣, 等. 哈密瓜采后冷藏中主要病原菌的分离鉴定 [J]. 现代食品科技, 2013, 29(8): 2030-2034. Liu T, Tong J M, Ma W R, et al. Separation and identification of main pathogen in Hami melon during cold storage [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(8): 2030-2034. (in Chinese)
- [18] Zhang L N, Guo J, Zhou J P, et al. Blend membranes from carboxymethylated chitosan/alginate in aqueous solution [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2000(77): 610-616.