

抗菌肽壳聚糖复合膜对水果黄瓜的保鲜作用

罗雪云¹, 吴晓彤¹, 谢颖思¹, 弓佳卉¹, 梁嘉妍¹, 段星星¹, 陈军丽², 袁淼², 杜秉健²,
林碧敏¹, 鲍金勇¹, 曹庸¹, 苗建银¹

(1. 华南农业大学食品学院, 广东省功能食品活性物重点实验室, 广东广州 510642)

(2. 中国航天员科研训练中心航天营养与食品工程重点实验室, 北京 100094)

摘要: 为了延长水果黄瓜的货架期, 本研究选用两种浓度的抗菌肽(1.00%、1.25%)分别与1.00%的壳聚糖复配成可食性复合膜, 室温下对水果黄瓜进行喷淋涂膜处理后, 在其表面覆盖一层PE保鲜膜, 置于温度25℃、湿度40%~60%的环境下贮藏, 每隔2 d测定其感官指标和理化指标(失重率、腐烂率、硬度、维生素C、可滴定酸和叶绿素含量)。结果表明, 经21 d贮藏后, 1.00%的抗菌肽与壳聚糖复合膜处理组的失水率仅4.97%, 腐烂率16.67%, 硬度由9.53降至6.43, 比空白组高42.50%。维生素C含量14.01 mg/100 g, 仅比贮藏前下降1.40%, 果皮叶绿素含量0.63 mg/g, 保鲜效果最佳。由此可得, 抗菌肽与壳聚糖复合膜处理, 能明显延缓黄瓜的腐败、失绿, 减少维生素C和可滴定酸的损失, 较好地保持黄瓜的硬度。

关键词: 抗菌肽; 壳聚糖; 水果黄瓜; 保鲜; 常温储藏

文章编号: 1673-9078(2020)07-142-149

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.7.1096

Preservation of Fruit Cucumber Treated by Antibacterial Peptide and Chitosan Composite Film

LUO Xue-yun¹, WU Xiao-tong¹, XIE Ying-si¹, GONG Jia-hui¹, LIANG Jia-yan¹, DUAN Xing-xing¹, CHEN Jun-li²,
YUAN Miao², DU Bing-jian², LIN Bi-min¹, BAO Jin-yong¹, CAO Yong¹, MIAO Jian-yin¹

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Nutraceuticals and Functional Foods, College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642, China)(2. Key Laboratory of Space Nutrition and Food Engineering, China Astronauts Research and Training Center, Beijing 100094, China)

Abstract: In order to extend the shelf life of fruit cucumbers, two different concentrations of antimicrobial peptides (1.00% and 1.25%) and 1.00% chitosan were formulated into edible composite films. After coating the fruit cucumber at room temperature, the surface was covered with a PE film. The treated fruit cucumbers were stored at 25 °C and 40%~60% RH. The sensory and physiochemical indexes (weight loss rate, decay rate, hardness, vitamin C content, titratable acid content, chlorophyll content of pericarp) of fruit cucumbers were measured every 2 d. The results showed that after 21 d of storage, the weight loss rate of the 1.00% antimicrobial peptide and chitosan composite membrane treatment group was only 4.97%; the decay rate was 16.67%; the hardness decreased from 9.53 to 6.43, which was 42.50% higher than the blank group; the vitamin C content was 14.01 mg/100 g, which was only 1.40% lower than that before storage; and the chlorophyll content of pericarp was 0.63 mg/g. Therefore, it had the best preservation effect. The results showed that the antibacterial peptide and chitosan composite film treatment could significantly delay the decay and chlorosis of cucumber, reduce the loss of vitamin C and titratable acid, and maintain the hardness of

引文格式:

罗雪云, 吴晓彤, 谢颖思, 等. 抗菌肽壳聚糖复合膜对水果黄瓜的保鲜作用[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 142-149

LUO Xue-yun, WU Xiao-tong, XIE Ying-si, et al. Preservation of fruit cucumber treated by antibacterial peptide and chitosan composite film [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 142-149

收稿日期: 2019-11-11

基金项目: 广州市科技计划项目(201707010415); 中国航天员科研训练中心航天营养与食品工程重点实验室开放基金项目(201707130245-001-001); 国家自然科学基金青年基金项目(31601474); 广东省自然科学基金项目(2016A030310442); 广东省高等教育教学改革项目(粤教高函[2016]166号); 华南农业大学教育教学改革与研究项目(JG16012)

作者简介: 罗雪云(1995-), 女, 本科, 研究方向: 食品质量与安全

通讯作者: 苗建银(1981-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品科学

cucumber.

Key words: antimicrobial peptide; chitosan; fruit cucumber; preservation; normal temperature storage

水果黄瓜又称为迷你黄瓜、小黄瓜,其长度一般只有普通黄瓜的1/2,皮滑肉脆,清香味浓,经济效益比普通黄瓜高2~3倍^[1],是近年来兴起的一种果、菜用佳品^[2]。但是,水果黄瓜由于其采后的生理代谢旺盛,外皮薄较易受损,在常温下较快出现失水褶皱,失绿变黄,从而使食用品质下降,更具保藏难度。目前,用于黄瓜保鲜的技术主要有低温冷藏、气调贮藏以及涂膜贮藏^[3]。低温冷藏能达到较好保鲜效果,但因其成本较高、冷害问题频发等缺点限制其应用^[3];人工合成保鲜剂大多含化学防腐剂成分,在安全性方面存在隐患^[4]。因此,具有操作方便、环保无毒害、成本合理等优点的天然保鲜剂涂膜技术成为当今国内外的研究热点。限于技术因素,目前我国航天食品保鲜的主要方式仍是常温贮藏^[5]。本文旨在探索一种适合在航空环境下保鲜水果的方法,故采用常温即25℃作为实验温度,实验结果为航空食品领域及普通食品的常温保鲜提供可行性方案。

乳源抗菌肽,是一种新型的天然绿色保鲜剂,通过酶工程技术制备得到,其不仅具有水溶性好、高效广谱抗菌以及安全无毒副作用等优点^[6],还不会有传统抗生素导致部分微生物产生耐药性的缺点。通过前期的研究^[7],本实验室得到了具有高效、广谱抗菌的天然抗菌肽,其已经被用于鲜虾、荔枝等保鲜中^{[8][9]},均能有效抑制变质腐败。

壳聚糖,是一种天然高分子聚合物,无毒无害,有一定的成膜性和优良的广谱抑菌性^[10]除广泛用于医药、化妆品等领域外,还作为一种天然、安全的生物制剂用于很多果蔬的保鲜,路志芳等^[11]研究表明,1.00%的壳聚糖涂膜能延长黄瓜的贮藏时间。但壳聚糖也存在抑菌效果有限,故其多与其他物质复合使用,如用于梅杏^[12]、草莓^[13]、芒果^[14]、葡萄^[15]、圣女果^[16]、樱桃^[17]等,均有良好的保鲜作用。

目前,将抗菌肽与壳聚糖复合应用于水果黄瓜的涂膜保鲜仍比较少见。本实验采用不同浓度的抗菌肽与壳聚糖复合对水果黄瓜进行涂膜处理,同时外加一层PE保鲜膜,进一步防止储藏中水果黄瓜机械损伤、交叉污染和大量失水等。把水果黄瓜置于常温下贮藏,贮藏期间定期测定黄瓜的感官和理化指标,探究复合涂膜液的保鲜效果及用于水果黄瓜保鲜的抗菌肽与壳聚糖复合液的最适浓度,为水果黄瓜的涂膜保鲜技术的发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

抗菌肽粗提物,广东省功能食品活性物重点实验室自制;发酵菌,副干酪乳杆菌 FX-6 (*Lactobacillus paracasei* FX-6);水果黄瓜,采自广州市江南水果批发市场,产地山东。选择无污染、无损伤、瓜条饱满的嫩绿色黄瓜,且成熟度、大小、形状基本一致。

壳聚糖:(食品级),乙酸(100%),抗菌肽(5.00%),草酸($C_2H_2O_4$),碳酸氢钠($NaHCO_3$),2,6-二氯酚,氢氧化钠标准溶液(0.10 mol/L),酚酞指示剂,邻苯二甲基氢钾,二甲基亚砜(分析纯)。

1.2 仪器与设备

Avanti J 大容量离心机,美国贝克曼;中空纤维超滤装置,天津市新大华仪表有限公司;电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;WFJ 7200型可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;红外加热炉,河南中良科学仪器有限公司;汇斯特 GY-3 指针式水果硬度计、恒温箱、QX-450B-22HM 人工气候箱,宁波莱福科技有限公司;数显恒温水浴锅,江苏省金坛市荣华仪器制作有限公司;78-1 磁力加热搅拌器,金华市宏华仪器厂;DGG-9053A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海森信实验仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 抗菌肽浓缩物的发酵制备

脱脂纯牛奶中添加 2.44% 的葡萄糖、2.00% 的酵母粉,接种 9.00% 的副干酪乳杆菌 FX-6,调节初始 pH 到 6.84,在温度 32℃ 发酵时间 72 h,得到副干酪乳杆菌 FX-6 发酵液。将得到的发酵液 4000 r/min 下离心 20 min,所得上清液即为富含乳源抗菌肽发酵粗提物,将上清液加压抽滤过膜,滤液用 5 ku 超滤膜超滤,滤过液经冷冻干燥获得抗菌肽粗提物浓缩物干粉,备用。

1.3.2 复合保鲜膜的制备

实验前对复合涂膜中抗菌肽浓度、壳聚糖浓度进行单因素试验,得出在温度为 25℃,湿度为 40%~60% 的贮藏条件下,抗菌肽的最佳涂膜浓度在 0.75%~1.50% 之间,壳聚糖最佳浓度为 1.00%。故选取 1.00%、1.25% 的抗菌肽溶液分别与 1.00% 的壳聚糖

进行复合, 通过对比分别探究两种不同浓度复合保鲜膜的保鲜效果, 得出最佳复合配方。

具体按照表 1 的添加量, 先将壳聚糖溶于 1.00% 的醋酸溶液中制得 1.00% 的壳聚糖溶液, 再把乳源抗菌肽 (1.3.1 节所制备得) 加入到壳聚糖溶液中, 磁力

搅拌 20 min 使抗菌肽充分与壳聚糖混溶, 此时得到复合保鲜液。

1.3.3 水果黄瓜的处理

将采购的水果黄瓜以表 2 的处理后置于温度为 25 °C, 湿度为 40%~60% 恒温培养箱内贮藏。

表 1 复合保鲜液制备方案

Table 1 Preparation of Compound Preservation Solution

试验号	壳聚糖添加量/(g/L)	抗菌肽添加量/(mL/L)	乙酸添加量/(mL/L)	蒸馏水添加量/(mL/L)
1.00% 抗菌肽+1.00% 壳聚糖溶液	10.00	200.00	10.00	800.00
1.25% 抗菌肽+1.00% 壳聚糖溶液	10.00	250.00	10.00	750.00

表 2 水果黄瓜保鲜处理操作

Table 2 Fresh-keeping Processing of Fruit Cucumber

组别	具体操作
空白组	水果小黄瓜不做任何处理, 直接放于托盘中
保鲜膜组	用蒸馏水将小黄瓜从顶部至底部逐一喷淋, 再反向喷淋一遍, 使保鲜液覆盖整个表面, 晾干后, 在其表面包上一层 PE 保鲜膜, 放于托盘中
处理组 1: 1.00% 抗菌肽+1.00% 壳聚糖+保鲜膜	用 1.00% 抗菌肽+1.00% 壳聚糖溶液将小黄瓜从顶部至底部逐一喷淋, 再反向喷淋一遍, 使保鲜液覆盖整个表面, 喷淋量为 0.075 mL/g 黄瓜, 晾干后, 在其表面包上一层 PE 保鲜膜, 放于托盘中
处理组 2: 1.25% 抗菌肽+1.00% 壳聚糖+保鲜膜	用 1.25% 抗菌肽+1.00% 壳聚糖溶液将小黄瓜从顶部至底部逐一喷淋, 再反向喷淋一遍, 使保鲜液覆盖整个表面, 喷淋量为 0.075 mL/g 黄瓜, 晾干后, 在其表面包上一层 PE 保鲜膜, 放于托盘中

表 3 黄瓜的感官评分标准

Table 3 Cucumber Sensory Scoring Criteria

分值	色泽	气味	组织状态
9~10	鲜艳、呈深绿色	较浓的黄瓜清香味	瓜体饱满、无软化, 表皮褶皱、萎缩、无烂头
8~7	相对鲜艳、呈绿色	有黄瓜清香味	瓜体较饱满、轻微软化, 表皮稍有褶皱、轻微萎缩、无烂头
6~5	颜色暗淡、呈浅绿色, 略发黄	黄瓜清香味变淡	瓜体不饱满、手捏有软弹感, 表皮凹凸不平、萎缩明显 (面积 <1/4)、尾部略有塌陷
3~4	黄化明显, 呈黄绿相间的颜色 (黄色面积 > 绿色面积)	无黄瓜的清香味, 有刺激性味道	瓜体明显软化 (纤维化)、失水较多、尾部塌陷程度增加、瓜头开始膨大, 萎缩体积较大 (面积在 1/3~1/2 之间)、头部明显塌陷
1~2	瓜体基本呈黄色、只略见绿色	有明显的刺激性气味	瓜体大部分蓬松软化 (纤维化)、失水严重、萎缩体积较大 (面积在 1/3~1/2 之间)、尾部塌陷严重、瓜头膨大明显

1.3.4 测定指标及方法

1.3.4.1 感官评定

参照许兵^[18]等的评定方法进行修改, 经培训的感官评价人员 5 人, 依次对每个编号的小黄瓜打分, 舍去最高分和最低分, 算出平均值, 即为该实验组黄瓜的感官分数, 感官评分标准如表 3。

1.3.4.2 失重率的测定

失重率的测定采用重量法^[19], 每组黄瓜固定 20 个用作失重率指标检测, 实验开始为第 0 d, 涂膜后每 3 d 称重一次, 计算失重率。计算公式如下:

$$\text{失重率}(\%) = \frac{m - m_1}{m} \times 100\% \quad (1)$$

式中, m-贮藏前 (即第 0 d) 黄瓜的质量, g; m₁-贮藏后 (即取样当天) 黄瓜的质量 g。

1.3.4.3 腐烂率的测定

表 4 腐烂等级参考标准

Table 4 Reference Criteria for Corruption Level

等级	标准
0 级	无腐烂
1 级	腐烂面积 < 果实表面积的 10%
2 级	腐烂面积占果实表面积的 10%~30%
3 级	腐烂面积 > 果实表面积的 30%

采用观察法测定^[20], 每组黄瓜固定 20 个用作腐烂率指标检测, 实验开始为第 0 d, 涂膜后每 3 d 称重

一次, 观察标准参考表 4。

计算公式如下:

$$\text{腐烂率}(\%) = \frac{\sum[(\text{腐烂级数} \times \text{该级个数})]}{\text{总个数} \times \text{最高级数}} \times 100\% \quad (2)$$

1.3.4.4 硬度的测定

参照孟宪琦^[21]的方法对黄瓜的硬度进行测定, 每组分别随机选取 3 根黄瓜, 每根黄瓜取头中尾三个部位, 切除宽度 1.0 cm, 厚度 0.2 cm 的果皮后, 用硬度计测量其硬度并记录, 计算得每组黄瓜硬度的平均值进行比较。

1.3.4.5 维 C 含量的测定

参照 GB 5009.86-2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》中的 2,6-二氯酚酚滴定法对黄瓜的维 C 进行测定, 略作修改。称取黄瓜 40.00 g 放入粉碎机中, 加入 40.00 g 草酸溶液, 迅速捣成匀浆。准确称取 20.00 g 匀浆样品于烧杯中, 用草酸溶液将样品转移至 100 mL 容量瓶, 稀释至刻度, 摇匀过滤。取滤液按照上述方法测定。维 C 含量的计算公式如下:

$$X = \frac{(V - V_0) \times T \times A}{m} \times 100 \quad (3)$$

式中, X -样品中维 C 含量, mg/100g; V -滴定样品所消耗的 2,6-二氯酚酚溶液的体积, mL; V_0 -滴定空白液所消耗的 2,6-二氯酚酚溶液的体积, mL; T -2,6-二氯酚酚溶液的滴定度, 即每毫升 2,6-二氯酚酚溶液相当于维 C 的毫克数, mg/mL; A -稀释倍数; m -样品质量, g。

1.3.4.6 可滴定酸含量的测定

采用 NaOH 酸碱中和滴定法, 略作修改^[22]。取黄瓜 40.00 g 放入粉碎机中, 加入 40.00 g 无二氧化碳的蒸馏水, 迅速捣成匀浆。准确称取 20.00 g 匀浆样品于烧杯中, 用无二氧化碳的蒸馏水将样品转移至 100 mL 容量瓶, 稀释至刻度, 摇匀过滤。取滤液按照上述方法测定。可滴定酸含量的计算公式如下:

$$Y = \frac{(V - V_0) \times c \times K \times B}{m} \times 100 \quad (4)$$

式中, Y -样品中有机酸含量, mg/100g; V -滴定样品所消耗的标准氢氧化钠溶液的体积, mL; V_0 -滴定空白液所消耗的标准氢氧化钠溶液的体积, mL; c -标准氢氧化钠溶液的浓度, mol/mL; K -0.067, g/mol; B -滴定时所取的滤液体积与定容体积之比; m -样品质量, g。

1.3.4.7 叶绿素含量的测定

采用分光光度法测定^[23]。称取黄瓜皮 0.10 g, 放入试管中, 加入 7 mL 二甲基亚砷溶液, 盖好塞子, 在避光条件下于 60 °C 的水浴锅中放置 1 h。取出, 在室温下避光冷却。将提取液转移至 10 mL 刻度试管中, 用二甲基亚砷溶液洗涤残渣转移至刻度试管中, 稀

至刻度。取刻度试管中的样品溶液立即在波长为 665 nm、649 nm 下用紫外分光光度计进行测量。果皮叶绿素含量的计算公式如下:

叶绿素 a 含量:

$$Chla = (12.19 A_{665} - 3.45 A_{649}) \times V / (1000 \times W) \quad (5)$$

叶绿素 b 含量:

$$Chlb = (21.99 A_{649} - 5.32 A_{665}) \times V / (1000 \times W) \quad (6)$$

叶绿素总量 = $Chla + Chlb$

式中, A_{665} 、 A_{649} 分别为相应波长下叶绿素提取液的吸光度; V -提取液体积; W -样品鲜重, g; 叶绿素含量单位 mg/g。

1.3.5 数据统计分析

实验结果采用 Excel 软件进行数据处理和分析, Origin 9.0 软件作图。

2 结果与讨论

2.1 复合涂膜对水果感官性质的影响

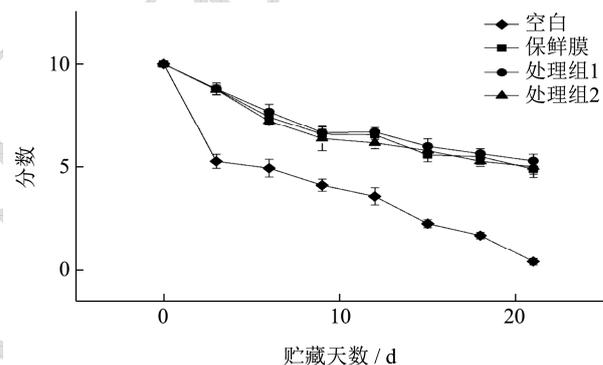


图 1 复合涂膜对水果黄瓜感官性质的影响

Fig.1 Effect of compound coating on sensory properties of fruit cucumber

感官评定依据同一个感官评价表作为评分标准, 从颜色、瓜体饱满度、表皮手感、萎缩程度、烂头情况、腐烂面积占比情况以及气味等多方面来对不同组别、不同瓜体进行评分, 得到的数据具有一定参考价值。如图 1 所示, 随着贮藏时间的延长, 各组水果黄瓜的感官品质呈下降趋势。

在贮藏过程中, 空白组感官评分下降幅度最大, 第 3 d 降至 6.00 分, 该组大部分瓜体呈现萎缩、褪绿。保鲜膜组、处理组 1 和处理组 2 因为有保鲜膜的包被, 有助于保持黄瓜的感官特性^[18], 所以感官性质下降幅度相比空白组要小, 评分集中在 8.50~9.00 分, 且相差不大。此后, 空白组黄瓜失水萎缩愈渐严重, 并出现长霉腐败的现象, 其他三组感官评分由高到低依次为: 处理组 1>处理组 2>保鲜膜组。第 21 d 处理组 1 得分最高 (5.30 分), 处理组 2 和保鲜膜组分别为 5.01 分和 4.89 分, 空白组得分最低, 仅 0.43 分。本次实验

中处理组 1 的保鲜效果更好,其原因可能是抗菌肽与壳聚糖复合膜可以减弱细胞的蒸腾作用和呼吸作用,从而降低黄瓜失水率和腐烂率,延缓黄瓜的衰老,保持较好的感官品质。

2.2 复合涂膜对水果黄瓜失重率的影响

水果黄瓜属于呼吸非跃变型果实,但采后仍保持着较高的呼吸和蒸腾作用,新陈代谢旺盛。在贮藏过程中,由于瓜体的呼吸作用消耗营养物质和蒸腾作用散失水分,水果黄瓜的重量会随着贮藏过程逐渐减少。如图 2 所示,随着贮藏时间的增加,各组失重率逐渐升高。经过 21 d 贮藏,空白组失重率上升 51.76%,保鲜膜组上升 4.72%,处理组 1 和处理组 2 分别上升 4.97%、5.80%。处理组 1 与处理组 2 的失重率均显著小于空白组($p < 0.05$)。可能是由于抗菌肽和壳聚糖复合涂膜层覆盖在水果黄瓜表面,堵塞了瓜体表面部分气孔。壳聚糖结构中含有大量羟基、氨基等活性基团,对水亲和力极强,具有良好的保湿性能。因此,复合涂膜层抑制了水蒸气在水果黄瓜表面的迁移速率,使处理组水分损失减少。

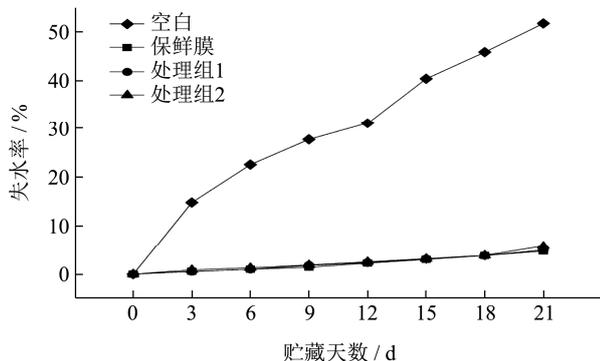


图 2 复合涂膜对水果黄瓜失重率的影响

Fig.2 Effect of compound coating on weight loss rate of fruit cucumber

2.3 复合涂膜对水果黄瓜腐烂率的影响

水果黄瓜自身代谢失衡与外界微生物侵入是导致其腐烂的主要因素。如图 3 所示,随着贮藏时间的增加,各组腐烂率逐渐升高。在第 9~28 d,空白组和其他三组的腐烂率差距逐渐显著($p < 0.05$),两个处理组的腐烂率均比保鲜膜组低。在第 21 d,空白组的腐烂率为 100.00%,保鲜膜组和处理组 2 均为 13.33%,处理组 1 为 16.67%。由此可知,抗菌肽和壳聚糖复合膜能够有效地抑制水果黄瓜上优势菌的生长繁殖,从而降低黄瓜的腐烂率,起到良好的保鲜效果。

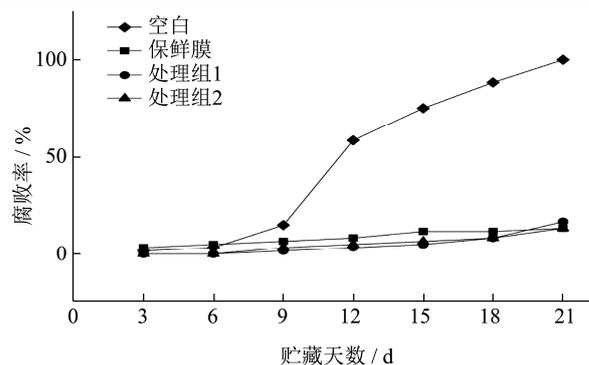


图 3 复合涂膜对水果黄瓜腐烂率的影响

Fig.3 Effect of compound coating on decay rate of fruit cucumber

2.4 复合涂膜对水果黄瓜硬度的影响

采后水果在贮藏过程中会发生一系列的生化反应如细胞壁降解、内含物变化等,其中水果细胞壁酶使水果原始细胞壁和中间层结构分解、水溶性果胶含量增加是导致水果软化的主要原因,说明细胞壁酶对水果软化起到至关重要的作用^[24]。

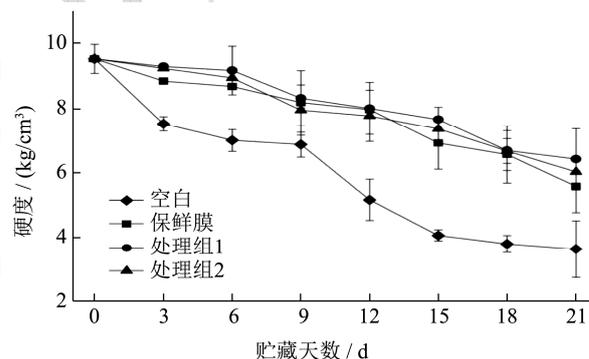


图 4 复合涂膜对水果黄瓜硬度的影响

Fig.4 Effect of compound coating on hardness of fruit cucumber

如图 4 所示,随着贮藏时间的延长,各组水果黄瓜的硬度整体呈现下降趋势。在前 6 d,两个处理组的硬度分别为 9.18 kg/cm^3 和 8.95 kg/cm^3 ,均比保鲜膜组 (8.68 kg/cm^3) 和空白组 (7.01 kg/cm^3) 高。其中,空白组的硬度下降速率最快,这是由于空白组没有保鲜膜和保鲜剂的处理,瓜中细胞壁被迅速降解、水溶性果胶含量增加,瓜体变软,硬度下降明显,与肉眼观察到的瓜体明显萎蔫相符合,而保鲜膜和处理组因为保鲜膜保护,所以瓜体呼吸作用被抑制,代谢减慢,硬度下降幅度较小。处理组因有抗菌肽复合壳聚糖溶液作用于黄瓜,因此其硬度均比保鲜膜组高,这可能由于复合涂膜技术可以降低细胞壁酶的活性,延

缓水果细胞壁降解,减小硬度下降的幅度,从而达到良好的保鲜效果。此外,对比于保鲜膜组(下降41.52%)和处理组2(下降36.80%),处理组1下降幅度最小(32.60%),说明处理组1的保鲜效果最好,能更有效保持水果黄瓜的贮藏品质。

2.5 复合涂膜对水果黄瓜维C含量的影响

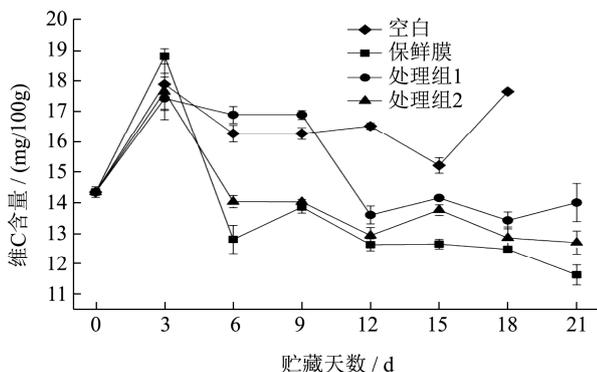


图5 复合涂膜对水果黄瓜维C含量的影响

Fig.5 Effect of compound coating on vitamin c content of fruit cucumber

维C是人体必需的维生素之一,是水果黄瓜中重要的营养物质,因此常用维C的含量来评价水果黄瓜在贮藏期间的品质。维C极不稳定^[25],易被氧化,在果蔬储藏过程中会有所损耗。

如图5所示,各组水果黄瓜的维C含量随贮藏时间的延长总体上呈先上升后下降的趋势。在第3d时,各组黄瓜维C含量均达到峰值,随后以不同速度下降。在第3~9d,各组维C下降速率由快到慢排序为:保鲜膜组>处理组2>空白组>处理组1。其中,处理组1维C含量下降速度最慢,与第3d相比,仅下降3.10%,维C含量保持最高水平。在第0~9d,处理组1复合膜可有效延缓水果黄瓜衰老,可能与复合膜可调节果实的气体环境有关。第12~21d,复合膜的稳定性变差,气调效果逐渐减弱,除空白组因失水过度而失去维C变化规律外,其余三组的维C含量均呈缓慢下降趋势,但处理组的维C含量仍高于保鲜膜组。在第21d,处理组1、处理组2、保鲜组的维C含量分别为14.01 mg/100 g、12.71 mg/100 g、11.64 mg/100 g,分别为初始含量的97.63%、88.57%、81.15%。结果表明,1.00%抗菌肽与壳聚糖涂膜组的维C含量显著高于对照组,保鲜效果最好,能给予水果黄瓜较优的气调环境,有利于减少果实维C损失,延缓果实衰老。

2.6 复合涂膜对水果黄瓜可滴定酸含量的影响

水果黄瓜的可滴定酸含量是评价其口味的指标之一,随着贮藏时间的增加,可滴定酸逐渐减少,果实

口味变淡,丧失商品价值。复合涂膜处理对水果黄瓜可滴定酸含量的影响如图所示。在前15d,除空白组外其余三组可滴定酸含量总体呈下降趋势,两个处理组的可滴定酸含量分别为0.21%和0.20%,均比保鲜膜组(0.19%)高,表明复合膜包被的处理组可以减少黄瓜可滴定酸损失从而达到保鲜效果。在贮藏后期(第15~21d),果实已有部分变质,致使瓜体酸度增加,此时可滴定酸含量越小,瓜体的保藏效果越好。在这一时期,所有组别可滴定酸均呈上升趋势,相对保鲜膜组(上升37.54%)和处理组2(上升24.81%),处理组1上升幅度最小(17.44%),保鲜效果最好。整个贮藏过程中,因空白组失重过多,使可滴定酸的含量最高且一直呈现上升趋势,但实际已失去食用价值,故不作对比。

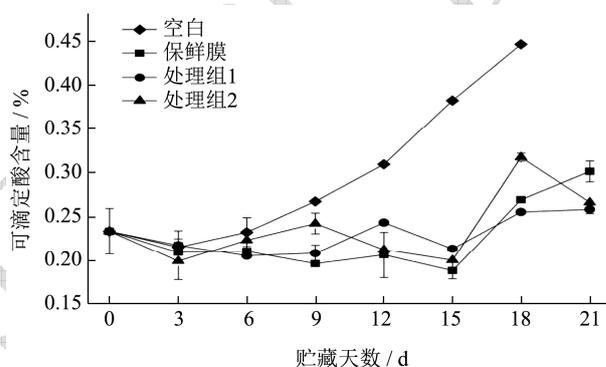


图6 复合涂膜对水果黄瓜可滴定酸含量的影响

Fig.6 Effect of compound coating on titratable acid content of fruit cucumber

孟宪琦^[21]等研究表明,随着贮藏时间的延长,经壳聚糖涂膜处理的黄瓜在贮藏期间有机酸含量下降明显低于对照,壳聚糖复合涂膜处理可有效的减缓细胞代谢速度。本文实验也证明,通过抑制有害微生物的生长与形成有利于减缓水果黄瓜代谢的气调环境,1.00%抗菌肽与壳聚糖复合膜能对水果黄瓜的可滴定酸起到较大保护作用,有效延缓瓜体的腐烂变质。

2.7 复合涂膜对水果黄瓜叶绿素含量的影响

果皮色泽的变化是影响黄瓜感官特性及成熟度的一个重要因素,在决定其颜色的多种成分中,叶绿素含量对水果黄瓜果皮呈绿色起决定作用^[26],随着黄瓜果实从成熟到衰老,叶绿素合成速率及含量会呈现先增加后下降的趋势,果皮由绿变黄,影响其商品价值。

如图7所示,在整个贮藏期间,果皮叶绿素含量整体呈下降趋势,空白组叶绿素含量均低于处理组和保鲜膜组,两个处理组的叶绿素含量较保鲜膜组更高,处理组1最佳。果皮叶绿素初始含量为1.09 mg/g,贮藏第0~6d,黄瓜绿色组织尚有合成叶绿素的能力,

可补偿叶绿素的降解,故各组叶绿素含量变化不明显。贮藏第6~24 d,已经成熟的瓜体开始进入衰老期,黄瓜各组织包括叶绿体内部结构衰老加重,叶绿体合成叶绿素能力下降,各组叶绿素含量均呈大幅下降趋势,这段时期叶绿素含量下降的快慢能直接反映保鲜效果的优劣。第12 d,处理组1、处理组2和保鲜膜组果皮叶绿素含量分别为0.90 mg/g、0.75 mg/g和0.75 mg/g,空白组仅为0.41 mg/g,空白组的叶绿素含量明显低于其他三组,处理组黄瓜的失绿较少,其中处理组1优势最明显。

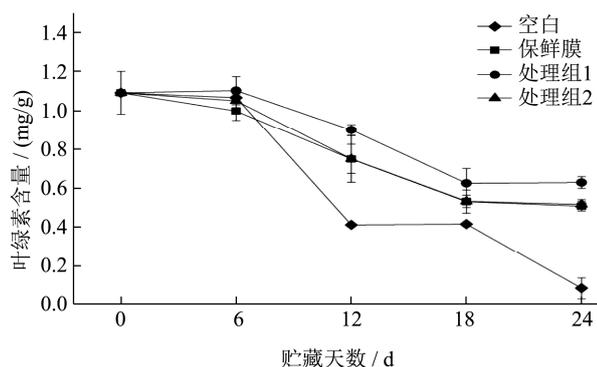


图7 复合涂膜对水果黄瓜叶绿素含量的影响

Fig.7 Effect of compound coating on chlorophyll content of epidermis of fruit cucumber

由此可得,1.00%抗菌肽与壳聚糖复合膜形成气调贮藏能更好抑制细胞的呼吸作用,从而延缓植物组织衰老,降低叶绿素分解速率,延长货架期,改善贮藏品质,这与路志芳等^[11]在壳聚糖涂膜对鲜黄瓜的保鲜作用结果相符。

3 结论

常温贮藏条件下,抗菌肽和壳聚糖复合涂膜可有效保持水果黄瓜的产品品质,减缓维生素C、可滴定酸、叶绿素含量等成分的损耗,维持果实硬度,延长货架期,实验结果为水果黄瓜天然保鲜剂涂膜技术的研究提供了实验数据和参考依据。

参考文献

[1] 胡永军,孙志刚,李玉华.大棚黄瓜高效栽培技术[M].山东:山东科学技术出版社,2009
HU Yong-jun, SUN Zhi-gang, LI Yu-hua. High Efficiency Cultivation Technology of Greenhouse Cucumber [M]. Shandong: Shandong science and technology press, 2009

[2] 刘明芳.黄瓜高产优质栽培[M].沈阳:沈阳科学技术出版社,2010
LIU Ming-fang. High Yield and High Quality Cultivation of Cucumber [M]. Shenyang: Shenyang Science and

Technology Press, 2010

- [3] 孙情,杨炎,罗冬兰,等.黄瓜采后贮藏保鲜技术研究进展[J].南方农业,2018,12(34):54-55
SUN Qing, YANG Yan, LUO Dong-lan, et al. Research progress for technology of cucumber storage and fresh-keeping after picking [J]. Southern Agriculture, 2018, 12(34): 54-55
- [4] 罗双群,李翠翠,崔胜文.燕麦 β -葡聚糖-大豆分离蛋白复合膜对迷你黄瓜的保鲜研究[J].食品研究与开发,2018,39(2):210-214
LUO Shuang-qun, LI Cui-cui, CUI Sheng-wen. Effect on preservation of coating with oat β -glucan-soybean protein isolate on mini-cucumber [J]. Food Research and Development, 2018, 39(2): 210-214
- [5] 曹平,李红毅,兰海云.航天营养与食品工程现状与展望[J].航天医学与医学工程,2018,31(2):189-197
CAO Ping, LI Hong-yi, LAN Hai-yun. Developments and expectations of space nutrition and food engineering [J]. Aerospace Medicine and Medical Engineering, 2018, 31(2): 189-197
- [6] 黄明焜,师振强,李志成,等.乳源抗菌肽复合生物保鲜剂对冷却牛肉货架期的影响[J].食品科学,2018,39(23):212-220
HUANG Ming-kun, SHI Zhen-qiang, LI Zhi-cheng, et al. Effects of composite biological preservatives containing antimicrobial peptides derived from casein on the shelf-life of chilled beef [J]. Food Science, 2018, 39(23): 212-220
- [7] 苗建银,柯畅,郭浩贤,等.抗菌肽的提取分离及抑菌机理研究进展[J].现代食品科技,2014,30(1):233-240
MIAO Jian-yin, KE Chang, GUO Hao-xian, et al. Extraction, isolation and antibacterial mechanism of antibacterial peptides [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(1): 233-240
- [8] 陈飞龙,苗建银,廖玮灵,等.副干酪乳杆菌坚韧亚种FX-6发酵提取物对鲜虾的保鲜评价[J].食品工业科技,2016,37(4):351-355
CHEN Fei-long, MIAO Jian-yin, LIAO Wei-ling, et al. Preservation of *Lactobacillus paracasei* subsp. tolerans FX-6 fermented extracts on shrimp [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(4): 351-355
- [9] 彭勃,冯孔龙,苗建银,等.副干酪乳杆菌FX-6产抗菌肽粗提物对荔枝贮藏品质的影响[J].食品科学,2018,39(7):249-255
PENG Bo, FENG Kong-long, MIAO Jian-yin, et al. Effect of crude extract containing antimicrobial peptide produced by *Lactobacillus paracasei* subsp. tolerans FX-6 on the quality of litchi during storage [J]. Food Science, 2018, 39(7):

- 249-255
- [10] 刘嘉莉,蓝蔚青,刘大勇,等.壳聚糖在水产品保鲜中应用研究进展[J].食品与机械,2019,35(3):231-236
LIU Jia-li, LAN Wei-qing, LIU Da-yong, et al. Research progress of chitosan in aquatic products preservation [J]. Food & Machinery, 2019, 35(3): 231-236
- [11] 路志芳,陈现臣,袁超,等.壳聚糖涂膜对鲜黄瓜的保鲜作用[J].江苏农业科学,2018,46(14):177-180
LU Zhi-fang, CHEN Xian-chen, YUAN Chao, et al. Effect of chitosan coating on preservation of fresh cucumbers [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(14): 177-180
- [12] 张新.壳聚糖+纳他霉素复合处理对梅杏贮藏品质及生理的影响[D].石河子:石河子大学,2016:46
ZHANG Xin. Effect of chitosan and natamycin combined treatments plum apricot fruit quality and physiology [D]. Shihezi: Shihezi University, 2016: 46
- [13] 王中伟,李云成,郑淼心,等.魔芋葡甘聚糖/壳聚糖复合涂膜对草莓采后贮藏品质的影响[J].食品科技,2019,44(3):46-50
WANG Zhong-wei, LI Yun-cheng, ZHENG Miao-xin, et al. Effects of konjac glucomannan/chitosan composite coating on the qualities of postharvest strawberry storages [J]. Food Science and Technology, 2019, 44(3): 46-50
- [14] 杨华,江雨若,邢亚阁,等.壳聚糖/纳米TiO₂复合涂膜对芒果保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2019,40(11):297-301
YANG Hua, JIANG Yu-ruo, XING Ya-ge, et al. Effect of chitosan/nano-TiO₂ composite coating on fresh-keeping of mango [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(11): 297-301
- [15] 何丽芳,阳美,刘最,等.芒果皮提取液与羧甲基壳聚糖复合涂膜对葡萄保鲜效果的影响[J].食品科技,2018,43(10):50-54
HE Li-fang, YANG Mei, LIU Zui, et al. Effect of mango peel extract combined with carboxymethyl chitosan composite coating on grape preservation [J]. Food Science and Technology, 2018, 43(10): 50-54
- [16] 吴子龙,张浩,王泽熙,等.壳聚糖-姜精油复合涂膜对圣女果保鲜效果的影响[J].中国食品添加剂,2018,7:144-149
WU Zi-long, ZHANG Hao, WANG Ze-xi, et al. The preservative effect of chitosan-ginger oil compound coating on cherry tomatoes [J]. China Food Additives, 2018, 7: 144-149
- [17] 张少飞,王都留,何九军,等.壳聚糖-魔芋精粉樱桃保鲜剂中添加不同交联剂的涂膜保鲜效果[J].甘肃农业科技,2018,10:47-49
ZHANG Shao-fei, WANG Du-liu, HE Jiu-jun, et al. Fresh-keeping effect of different ionic crosslinked chitosan/konjac refined flour on cherry [J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2018, 10: 47-49
- [18] 许兵.高透湿性聚乙烯薄膜的制备及其对小黄瓜保鲜效果的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2018:49
XU Bing. Study on the preparation of high permeability polyethylene film and the effect of mini-cucumber preservation [D]. Huhehot: Inner Mongolia Agriculture University, 2018: 49
- [19] 李远颂,朱莉,邱月丰.壳聚糖-植物精油复合保鲜液对圣女果保鲜效果的影响[J].食品工业,2017,38(8):10-13
LI Yuan-song, ZHU Li, QIU Yue-feng. Study on the effect of chitosan and plant essential oil composite solution on fresh preservation of cherry tomatoes [J]. The Food Industry, 2017, 38(8): 10-13
- [20] 黄玉梅.茶多酚保鲜液对草莓保鲜效果研究[J].现代食品,2018,15:156-158
HUANG Yu-mei. Study on effect of tea polyphenol on strawberry preservation [J]. Modern Food, 2018, 15: 156-158
- [21] 孟宪琦.壳聚糖复合剂对黄瓜保鲜效果分析[J].食品安全导刊,2016,27:143-145
MENG Xian-qi. Analysis on the fresh-keeping effect of chitosan compound on cucumber [J]. China Food Safety Magazine, 2016, 27: 143-145
- [22] 田华,陈乐玲,钟晓航,等.蚯蚓体腔液对贮藏圣女果的保鲜研究[J].食品科技,2017,42(2):38-43
TIAN Hua, CHEN Le-ling, ZHONG Xiao-hang, et al. Effect of earthworm coelomic fluid on preservation of fresh cherry tomatoes in storage [J]. Food Science and Technology, 2017, 42(2): 38-43
- [23] 徐敏,刘君,阿衣古力·阿布都瓦依提.植物生理实验教学中叶绿素提取方法比较[J].实验科学与技术,2018,16(4):129-133
XU Min, LIU Jun, A Abuduwayiti. Comparative methods on chlorophyll extraction in plant physiology experiment teaching [J]. Experiment Science and Technology, 2018, 16(4): 129-133
- [24] 王培,张丽芬,陈复生,等.贮藏技术对采后水果细胞壁酶影响的研究进展[J].食品研究与开发,2017,38(19):199-204
WANG Pei, ZHANG Li-fen, CHEN Fu-sheng, et al. Research progress on the effects of storage technology on cell wall enzymes of post-harvest fruits [J]. Food Research and Development, 2017, 38(19): 199-204