

玉米醇溶蛋白膜的制备及其保鲜效果评价

陈蔚燕¹, 穆燕¹, 朱爱芳², 张保华^{1*}

(1. 青岛农业大学新农药创制研究所, 山东青岛 266109) (2. 山东省潍坊市寒亭区农业局, 山东潍坊 261100)

摘要: 该实验制备了负载大蒜素-丁香酚的玉米醇溶蛋白膜, 并评价其对圣女果的保鲜效果。研究表明大蒜素-丁香酚混合精油的加入量为 1.50% 时 (体积分数), 所制得的玉米醇溶蛋白膜在外观、厚度、透明度等方面表现良好。用此配方对圣女果进行覆膜处理, 负载大蒜素和丁香酚的蛋白膜与空白膜和对照相比, 在贮藏期间圣女果的失重率、腐烂软化率、褐变度均小于空白对照组, 在第 8 天各项指标分别较对照降低 22.92%、50.00%、19.11%; 圣女果的维生素 C 含量在第 8 天较对照提高 1.69%, 在第 10 天可溶性糖含量较对照提高 9.58%。实验结果表明, 负载大蒜素-丁香酚的玉米醇溶蛋白膜在减少圣女果水分流失、抑制腐烂和抗氧化等方面的性能均有了明显的提高, 可以进一步开发成蔬果保鲜剂进行应用。

关键词: 大蒜素; 丁香酚; 玉米醇溶蛋白; 膜

文章编号: 1673-9078(2022)11-141-147

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.11.0027

Evaluation of the Preparation and Preservation Effects of Zein Film

CHEN Weiyan¹, MU Yan¹, ZHU Aifang², ZHANG Baohua^{1*}

(1. New Pesticide Innovation and Research Institute, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

(2. Agricultural Bureau of Hanting District, Weifang 261100, China)

Abstract: Zein film loaded with allicin-eugenol was prepared, and its preservation effect on cherry tomatoes was evaluated. When the content of allicin-eugenol mixed essential oil was 1.50%, the zein film had a good appearance, thickness, and transparency. The weight loss rate, decay-induced softening rate, and browning degree of the cherry tomatoes covered with zein film during storage were lower than those of the control group covered with blank film. On the eighth day, these indexes reduced by 22.92%, 50.00%, and 19.11%, respectively. The content of vitamin C in cherry tomatoes covered with zein film was 1.69% higher than that of the control on the eighth day, and the content of soluble sugar was 9.58% higher on the tenth day. The zein film loaded with allicin-eugenol significantly reduced water loss and inhibited the decay and oxidation of cherry tomatoes; hence, it can be further developed into a vegetable and fruit preservative.

Key words: allicin; eugenol; zein; film

引文格式:

陈蔚燕, 穆燕, 朱爱芳, 等. 玉米醇溶蛋白膜的制备及其保鲜效果评价[J]. 现代食品科技, 2022, 38(11): 141-147

CHEN Weiyan, MU Yan, ZHU Aifang, et al. Evaluation of the preparation and preservation effects of zein film [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(11): 141-147

圣女果, 又名樱桃番茄, 富含维生素、纤维素、矿物质等营养成分, 能够预防心血管疾病、增强免疫力以及抗衰老的功效^[1]。虽然圣女果比草莓、荔枝、桃子等水果的货架期长^[2], 但是, 圣女果采收后在贮藏、运输和销售等环节仍然会进行新陈代谢活动, 发生失水软化、腐烂变质, 对圣女果的品质及储存质量产生

收稿日期: 2022-01-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31501682); 山东省自然科学基金项目 (ZR2014CM039); 青岛农业大学高层次人才科研基金 (631333)

作者简介: 陈蔚燕 (1978-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 新型保鲜剂的制备及应用, E-mail: yanziking@126.com

通讯作者: 张保华 (1976-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 微生物制剂、缓控释制剂研究与应用, E-mail: zhangbaohua76@163.com

影响, 因此研发新型的保鲜包装材料尤为重要。

随着生活水平的提高, 人们越来越重视材料的天然性, 以天然生物材料制成的可食用膜逐渐成为研究的一大热点。当前, 植物蛋白具有安全无毒、生物相容性高及环境友好等特点, 已成为制作新型可食性膜的优选材料之一, 常见的有玉米醇溶蛋白、大豆分离蛋白、花生蛋白、高粱蛋白等, 其中玉米醇溶蛋白 (Zein), 可从玉米中提取, 是一种常见植物蛋白, 食品、医药和化工行业经常将玉米醇溶蛋白作为成膜材料^[3,4]。玉米醇溶蛋白在乙醇水溶液中, 内部会成无规则且复杂的线团结构, 该性质使其易成膜, 溶剂蒸发后形成一层薄膜, 具有抗氧化、抑菌等特性^[5,6]。研究表明, 玉米醇溶蛋白用于肉制品的保鲜有明显的抑制

细菌生长、延缓食品氧化的效果^[7,8]。用于包装脱水蔬菜和调味料时可以防止内容物吸水有较好的效果^[9,10]。同时玉米醇溶蛋白膜良好的阻湿、阻气特性,以及能够在自然条件下降解,对环境无污染,绿色安全,因此玉米醇溶蛋白膜在食品包装领域有较高的应用价值。但纯玉米醇溶蛋白膜本身较脆,塑性较差且抑菌效果有限,需要在其基础上添加一种或多种物质改善其性能^[11,12]。植物精油用于食物保鲜不仅可以大幅度改良保鲜膜的保鲜效果,同时可以减少化学防腐剂的使用。大蒜素有较强的抗菌消炎作用,对多种杆菌、真菌、病毒等均有抑制或杀灭作用,在极低浓度时即可抑制多种革兰氏阳性球菌和革兰氏阴性杆菌,对大肠杆菌、痢疾杆菌抑制效果明显^[13]。丁香酚具有抑菌、局部防腐和抗氧化功效,是安全、高效、无毒的天然食品防腐剂的来源^[14,15]。

本研究基于大蒜素与丁香酚的环境友好性和广泛的抑菌活性,利用玉米醇溶蛋白易成膜的特性,采用反溶剂法^[16]制备了含有大蒜素和丁香酚混合精油的玉米醇溶蛋白膜,对其进行了基本的性能测定,并评价了其对于圣女果的保鲜效果,为圣女果的覆膜保鲜技术的发展提供数据支持,为天然生物可食用膜的应用提供思路。

1 材料与方法

1.1 实验试剂

玉米醇溶蛋白(含氮量 $\geq 85\%$,水分含量 $\leq 8\%$),合肥博美生物科技有限责任公司;大蒜素,河南富正生物科技有限公司;丁香精油(丁香酚质量分数 $\geq 85\%$),明德食品添加剂有限公司;甘油(甘油含量 $\geq 99.0\%$),天津市风船化学试剂科技有限公司;吐温-80,天津市津东天正精细化学试剂厂;挑选大小均匀、颜色鲜红、无软化、外表皮无损坏的圣女果。

1.2 实验方法

1.2.1 大蒜素-丁香酚玉米醇溶蛋白膜的制备

参考贾祥祥^[17]的方法并略作修改。于分析天平上精确称取玉米醇溶蛋白,用体积分数80%乙醇溶液进行溶解,配制蛋白质质量浓度为10.00 g/100.00 mL的玉米醇溶蛋白溶液,磁力搅拌10 min至玉米醇溶蛋白完全溶解,加入甘油(控制甘油质量为玉米醇溶蛋白质量30%),用保鲜膜密封后在80℃下水浴加热15 min,玉米醇溶蛋白膜液由黄色乳状变成趋近于棕色的透明溶液,再将成膜液均分成4份,于室温下分别加入混合好的大蒜素-丁香酚(体积比4:3)精油,其中

混合精油占体积分数分别为:0.50%、1.00%、1.50%、2.00%,同时在每份溶液中均加入2wt%的吐温-80作为乳化剂,在10 000 r/min条件下均质10 min,取2.00 mL的成膜液在培养皿上均匀铺膜,放置自然成膜,密封,干燥器中室温平衡48 h,备用。

1.2.2 大蒜素-丁香酚玉米醇溶蛋白膜性能的测定

1.2.2.1 外观

对比不同添加量的玉米醇溶蛋白膜在外观、颜色、均匀度方面的区别。

1.2.2.2 厚度

将制备好的玉米醇溶蛋白膜片对折4次,并在折叠膜的中心和四周随机的选取9个点,用螺旋测微仪测量每个点的厚度,重复8次测定,取平均值得到单层玉米醇溶蛋白膜的厚度。

1.2.2.3 透明度

参考刘校男^[18]的方法将待测玉米醇溶蛋白膜根据比色皿的大小裁剪成大小合适的矩形(10×40 mm),将裁剪的玉米醇溶蛋白膜贴附于比色皿内侧,在600 nm的波长下测定玉米蛋白膜的透过率,以空比色皿作为对照,透明度按公式1计算(透明度数值越大,膜越不透明):

$$B = -\lg T / X \quad (1)$$

式中:

B ——透明度;

T ——膜在600 nm的波长处的透过率, %;

X ——膜的厚度, mm。

1.2.3 玉米醇溶蛋白膜对圣女果保鲜效果的测定

保鲜处理:将挑选的大小均匀、颜色鲜红、外表皮无损坏、无软化现象的圣女果,在配制好的膜液中浸泡1.5 min,自然晾干使其表面均匀包裹一层玉米醇溶蛋白膜,之后放入密封袋中保存备用,每袋装24个圣女果。第一组(CK):圣女果浸泡蒸馏水处理,做空白对照组,第二组(Z):圣女果浸泡纯玉米醇溶蛋白成膜液中1.5 min,取出后自然晾干,第三组(AEZ):圣女果在添加大蒜素-丁香酚所制成的成膜液中浸泡1.5 min,每组处理2个重复,分别装入密封袋中保存用于后续测量。

1.2.3.1 质量损失的测定

采用称重法,在贮藏期间每隔一天测一次圣女果的重量,直至圣女果完全腐败,按照公式2计算水果的质量损失率:

$$W = \frac{M_0 - M_n}{M_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

W ——处理第 n 天后的质量损失率, %;

M_0 ——原始质量, g;

M_n ——贮藏第 n 天后的质量, g。

1.2.3.2 软化腐烂率的测定

以圣女果表面色泽鲜红, 表皮无损坏, 无软化腐烂为前提, 观察并统计不同组中圣女果的软化腐烂情况。水果软化腐烂率按水果软化腐烂面积大小划分为四级^[19]:

0级, 无软化腐烂、无伤害的新鲜圣女果;

1级, 软化腐烂面积小于圣女果面积的 10%;

2级, 软化腐烂面积占圣女果面积的 10%~30%;

3级, 软化腐烂面积大于圣女果面积的 30%。

圣女果的软化腐烂率按公式 3 计算:

$$C = \sum(L \times n_i) / (L_m \times n_{\text{总}}) \times 100\% \quad (3)$$

式中:

C ——软化腐烂率, %

L ——软化腐烂级别;

n_i ——该级果实数量;

L_m ——最高软化腐烂级别;

$n_{\text{总}}$ ——总果实数量。

1.2.3.3 pH 值的测定

将按三组不同处理方法处理的圣女果样品去皮, 精确称取 10.00 g, 研磨成匀浆后离心, 取上清液, 用数字 pH 计测定上清液的 pH 值。每组重复三次取平均值, 每次测定时间分别为 0、2、4、6 d。

1.2.3.4 褐变度的测定

将待测样品去皮后精密称取 10.00 g, 研磨、匀浆 2 min, 5 000 r/min 离心 10 min, 在波长 410 nm 处测定每组上清液的吸光值 A 并记录。按公式 4 计算样品的褐变度 D ^[20]:

$$D = 10 \times A \quad (4)$$

1.2.3.5 Vc 含量的测定

采取比色法测定 Vc 含量, 维生素 C 含量的计算^[17]如公式 5:

$$E = \frac{c \times V_{\text{总}} \times V_{\text{待测总}} \times N}{V_1 \times W_{\text{总}}} \quad (5)$$

式中:

E ——维生素 C 含量, mg/100 g;

c ——依标准曲线方程计算得到的圣女果中维生素 C 浓度,

μg/mL;

N ——稀释倍数;

V_1 ——测吸光度时吸取圣女果溶液的体积, mL;

$V_{\text{总}}$ ——吸取圣女果定容总体积, mL;

$V_{\text{待测总}}$ ——圣女果待测总体积, mL;

$W_{\text{总}}$ ——圣女果质量, g。

1.2.3.6 可溶性糖含量

采取比色法测定可溶性糖含量^[21]。

1.3 实验数据处理

数据采取 Origin 8.0 和 SPSS 9.0 进行处理。

2 结果与讨论

2.1 不同精油添加量对玉米醇溶蛋白膜性能的影响

2.1.1 添加大蒜素-丁香酚混合精油对玉米醇溶蛋白膜外观的影响

添加大蒜素-丁香酚混合精油对玉米醇溶蛋白膜外观如图 1 所示, 随着添加的大蒜素-丁香酚混合精油体积分数的增加 (自 0.50% 增加至 2.00%), 玉米醇溶蛋白膜的透明度下降, 其中图 1a 和 1b 呈现的膜质相对较均匀, 图 1c 和 1d 中膜质变的粗糙, 图 1d 中可见, 制备的膜中产生少量气孔, 推测这与制备过程中的剪切速度和添加大蒜素-丁香酚混合精油的用量有关。制备的玉米醇溶蛋白膜颜色呈现淡黄色, 这与大蒜素-丁香酚混合精油中的彩色成分相关。

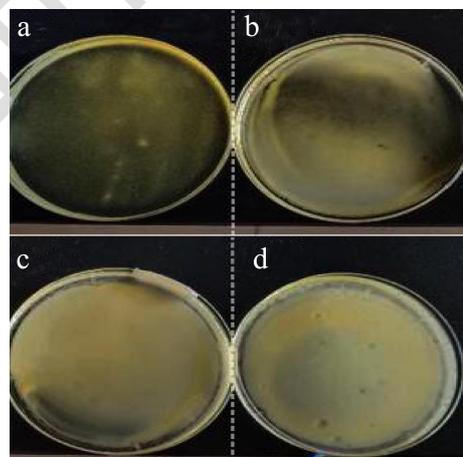


图 1 含精油的玉米醇溶蛋白膜外观

Fig.1 Appearance of zein film containing essential oil

注: 含大蒜素和丁香酚精油量 a 0.50%; b 1.00%; c 1.50%; d 2.00%。

2.1.2 添加大蒜素-丁香酚混合精油对玉米醇溶蛋白膜厚度及透明度的影响

由表 1 可以看出, 随着加入大蒜素-丁香酚混合精油的加入, 得到的玉米醇溶蛋白膜的厚度变化范围在 0.072~0.093 mm, 且随大蒜素-丁香酚混合精油体积分数的递增, 膜厚度的变化是依次递增的, 大蒜素-丁香酚混合精油体积分数在 1.50% 时, 膜厚度变化差异显著 ($p < 0.05$)。这是由于向成膜液中加入不溶性物质大蒜素-丁香酚混合精油, 增加了膜结构的疏松度, 导致膜

的厚度增加^[22]。

在透明度方面，由表 1 可以看出，随着加入的大蒜素-丁香酚体积分数的增加，透明度的变化范围在 8.90~13.18，在大蒜素-丁香酚混合精油体积分数为 1.50%时，制备的膜的透明度为 10.29，且透明度数值在递增，分析原因可能为大蒜素及丁香酚中的有色成分和有序膜蛋白网络结构的破坏，导致膜透明程度降低^[23]。因此适量增加大蒜素-丁香酚混合精油的含量可以有效增强玉米醇溶蛋白膜的光阻隔性能，提高保鲜膜的保鲜效果，但过高含量的大蒜素-丁香酚混合精油反而会影响其透明度。同样王麟等^[24]认为黄芩和大黄提取液的 PVA 复合薄膜中黄芩和大黄提取液添加量增多时，也会在膜液中出现颗粒分散不均匀和团聚现象，让复合膜雾度升高，这与本文蛋白膜的透光率的趋势相同，可能这与所用的精油的颜色和浓度有关。

表 1 添加大蒜素-丁香酚混合精油对玉米醇溶蛋白膜厚度及透明度的影响

Table 1 Effect of garlicin eugenol mixed essential oil on the thickness and transparency of zein film

| 大蒜素-丁香酚体积分数/% | 厚度/mm | 透明度 |
|---------------|-------------------------|-------------------------|
| 0.50 | 0.07±0.11 ^d | 8.90±0.35 ^d |
| 1.00 | 0.08±0.13 ^c | 9.88±0.44 ^{bc} |
| 1.50 | 0.09±0.11 ^{ab} | 10.29±0.37 ^b |
| 2.00 | 0.09±0.10 ^a | 13.18±0.31 ^a |

注：同列右肩不同的小写字母表示具有显著差异 ($p < 0.05$)。

2.2 大蒜素-丁香酚玉米醇溶蛋白膜对圣女果

的保鲜效果

2.2.1 大蒜素-丁香酚玉米醇溶蛋白膜对圣女果贮藏期间失重率的影响

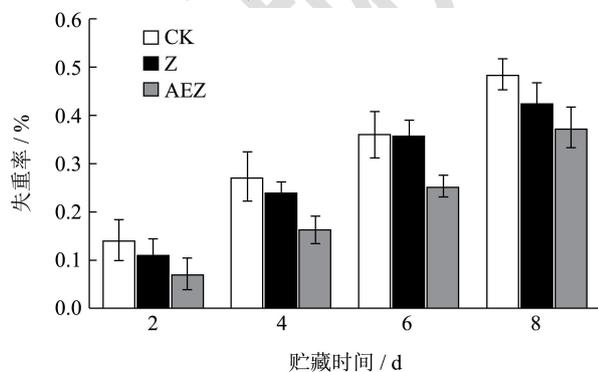


图 2 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间失重率的影响

Fig.2 Effect of allixin eugenol zein film on weight loss rate of virgin fruit during storage

如图 2，可以看出蒸馏水处理 (CK) 的圣女果在贮藏第 2、4、6、8 天后水果的失重率分别为 14.14%、

27.23%、36.23%、48.37%。纯玉米醇溶蛋白膜处理组 (Z) 的数据处于三组处理数据之间，在贮藏第 2~8 天失重率从 11.20%升至 42.43%，说明纯玉米醇溶蛋白膜对于水果的失重有一定的减慢作用，这可能因为水果浸泡入玉米醇溶蛋白膜液后，其表面会形成玉米蛋白膜，可以有效阻止水果与外部环境的物质交换，增加水果中水分向环境中流失的难度。采用大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜处理 (AEZ) 圣女果后，在贮藏第 2~8 天失重率从 7.25%升至 37.50%，相较于其他处理组水果的失重率有所下降，可见，圣女果表面涂覆 AEZ 膜后，堵塞了果实表面的部分气孔，切断了水气透出果实通道，使水分损失减少^[25]，可以推知大蒜素-丁香酚混合精油作为有效成分加入纯玉米蛋白膜液中，对水果贮藏过程中水分的消耗有着较好的减缓作用^[26]，这是由于大蒜素和丁香酚自身的抑菌作用抑制了病菌对果实表皮的破坏，减缓了水分的流失，从而降低了果实的失重率。

2.2.2 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间软化腐烂率的影响

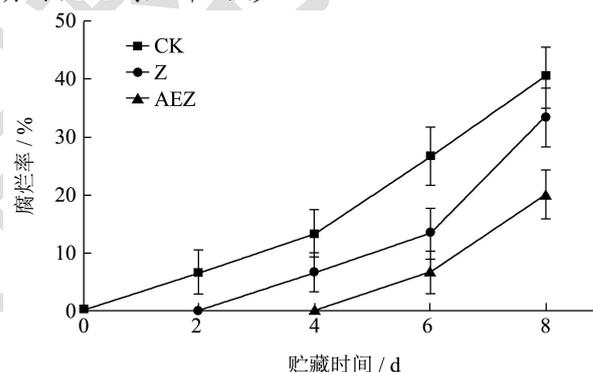


图 3 大蒜素丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间软化腐烂率的影响

Fig.3 Effect of allixin eugenol corn gluten film on softening and decay rate of virgin fruit during storage

根据图 3 中曲线可以看出三组处理水果的软化腐烂率均是呈现上升的趋势。其中空白组的水果腐烂速度最快，在处理后的第 2 天腐烂率达到 6.67%，第 8 天腐烂率达到 40.00%，腐烂率随着贮藏时间的延长升高，致腐作用主要是由于果实真菌的生长，同时加快果实自身代谢，导致腐烂败速度加快^[27]。用纯玉米醇溶蛋白膜处理后的水果，腐烂速度减慢，在贮藏第 8 天，该组水果的软化腐烂率为 33.33%，这可能是由于玉米醇溶蛋白具有防潮、隔氧、抗紫外线等作用导致。可以明显看出用大蒜素-丁香酚混合精油的玉米醇溶蛋白膜处理后的圣女果的防腐烂效果有了很大的提升，在第 8 天软化腐烂率为 20.14%，相较于前两组防腐效果显著，说明大蒜素-丁香酚混合精油的玉米醇溶蛋白膜处理对圣女果贮藏腐烂率的抑制效果最佳，这主要在于大蒜

素精油与丁香酚精油均有抗菌防腐、杀虫、抗氧化的作用，二者混合后与纯玉米醇溶蛋白复合，可以降低软化腐烂的效果。同时从圣女果实物图（处理第6天）

可以看出，AEZ膜处理的圣女果（图4b）能保持果实硬度，降低其软化腐烂程度，相较于CK而言，AEZ膜处理的圣女果能够保持外观完整。



图4 不同处理对圣女果贮藏期间（6 d）外观的影响

Fig.4 Effects of different treatments on the appearance of virgin fruit during storage (6 d)

2.2.3 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间 pH 值的影响

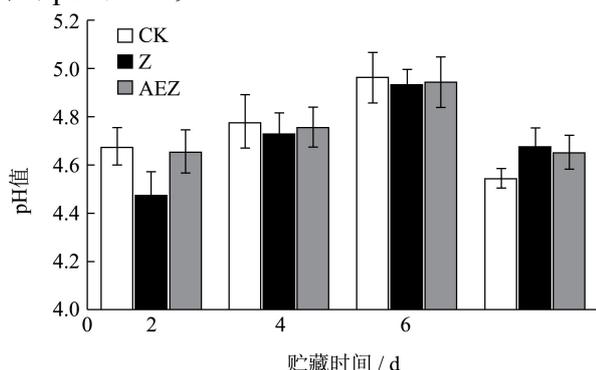


图5 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间 pH 值的影响

Fig.5 Effect of allicin eugenol zein film on pH value of virgin fruit during storage

有机酸在果蔬中的含量不光代表其口感，同时水果贮藏期间会发生酸败，进而影响水果的 pH 值，三组圣女果的 pH 值如图 5 所示，可以看到贮藏期间圣女果的 pH 值整体变化幅度较大，大蒜素-丁香酚玉米醇溶蛋白膜液（AEZ）处理后的圣女果的 pH 值变化缓慢，数值从 4.65 升到 4.95 又降至 4.66，其次为纯玉米醇溶蛋白膜液（Z）处理后的圣女果，pH 值从 4.47 升至 4.92，第 6 d 数值降为 4.67，而对对照的 pH 值也是先增加后降低的趋势。胡青霞^[28]研究认为，低氧条件下果实无氧呼吸产生的乙醇（C₂H₅OH）是果实风味丧失的原因，因此可以认为用薄膜包装果实后进行冷藏，果实外观保持很好，但其风味会发生不同程度的变化，风味的变化会与贮藏期间其酸值有很大的关系。通过数据可以看出大蒜素-丁香酚混合精油对于减缓水果贮藏期间

的酸败有着很好的效果，这与其具有良好的抑菌作用密切相关。

2.2.4 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间褐变度的影响

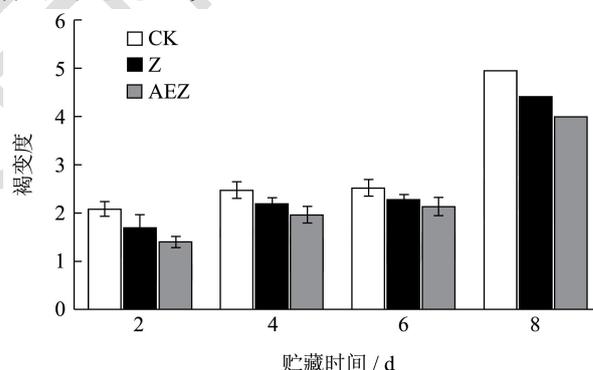


图6 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间褐变度的影响

Fig.6 Effect of allicin eugenol corn gluten film on browning degree of virgin fruit during storage

由图 6 可知经过 8 d 的贮藏后，水果总体的褐变度呈上升趋势。其中空白对照（CK）中圣女果的褐变度数值 2.11~4.97 上升速度始终高于其他两组，在第 8 天水果的褐变度达到 4.97，且仍处于增加的趋势。以纯玉米蛋白膜液处理（Z）的圣女果的褐变度 1.75~4.43 的变化趋势处于三组之中，褐变速度小于空白组，大于大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜组，原因是圣女果表面的玉米醇溶蛋白可以有效降低水果与外部环境间的氧气交换，抑制酶促反应的发生^[29]。大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜处理（AEZ）的圣女果的褐变度 1.44~4.02 总体低于涂抹纯玉米蛋白膜的圣女果，原因是加入的大蒜素-

丁香酚混合精油具有抑菌、抗氧化功能,能够显著阻止圣女果与外界环境中氧气的接触,有效减少水果贮藏期间的褐变速度,这与邓靖^[30]的研究认为保鲜膜主要是隔绝氧气与果蔬表面的接触,从一定程度上减轻了果蔬褐变程度的结果是一致的。

2.2.5 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间 Vc 含量的影响

在贮藏期间水果中的 Vc 含量总体呈现下降的趋势如图 7 所示,可以看出空白组 (CK) 中 Vc 在贮藏的 8 d 期间变化幅度最大,在贮藏的 8 d 内, Vc 含量从 39.31 mg/100 g 下降至 35.40 mg/100 g。纯玉米蛋白膜处理组 (Z) Vc 含量在前 6 d 下降较慢(39.36~38.06 mg/100 g),但第 8 d 后下降速度加剧(35.81 mg/100 g)。大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜处理 (AEZ) 圣女果的 Vc 含量的下降速度较另两组有所延缓(39.40~36.39 mg/100 g),可见,大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间 Vc 含量的保持效果最好,可能原因是蛋白膜能够阻止水果与外界环境的气体交换,把呼吸时进行气体交换的气孔,部分或完全封堵^[31],由于膜内合适的气调环境抑制了活性氧的产生,与此相似,Rai 等^[32]研究也表明微孔膜能较好地维持黑莓的抗坏血酸含量。

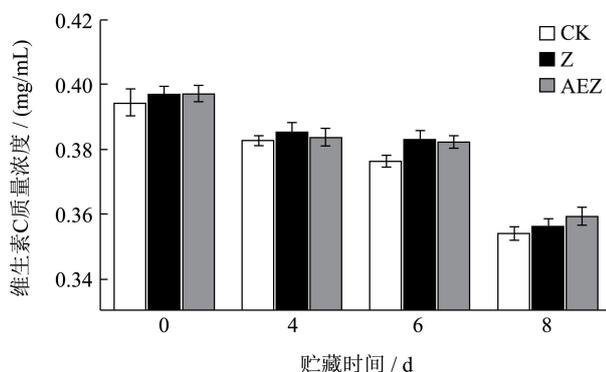


图 7 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间 Vc 含量的影响

Fig.7 Effect of garlicin eugenol corn gluten film on Vc content of virgin fruit during storage

2.2.6 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间可溶性糖含量的影响

如图 8 所示,可以看出三组样品中的糖含量在贮藏期均呈现上升的趋势,这与水果在贮藏期间水分的大量流失密切相关。空白组 (CK) 的可溶性糖含量变化较小,从第 5 天的 44.20%缓慢上升到第 10 天的 44.40%,经过纯玉米蛋白膜液处理 (Z) 的圣女果的可溶性糖含量由第 5 天的 40.10%上升到第 10 天的 45.31%,增加了 5.20%,而加入大蒜素-丁香酚作为主要成分的实验组 (AEZ) 中,可溶性糖的含量由第 5 天的 47.69%上升到第 10 天的 48.75%,增加了 1.00%,可见加入纯玉米醇溶蛋白膜对贮藏期圣女果的可溶性

糖含量的影响最大,而加入大蒜素-丁香酚作为主要成分的实验组对圣女果的可溶性糖含量的提升略低,这既符合保鲜的要求,又不增加大量的糖分,有利于食用的健康性。

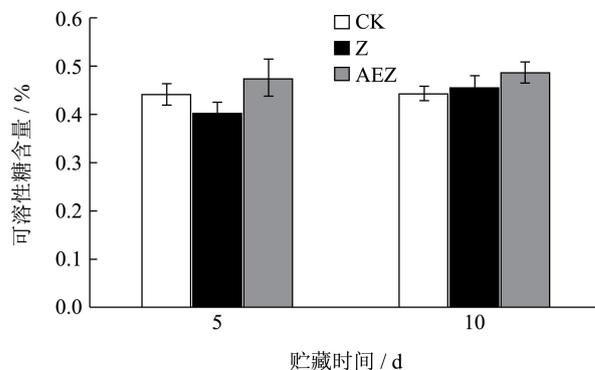


图 8 大蒜素-丁香酚玉米蛋白膜对圣女果贮藏期间可溶性糖含量的影响

Fig.8 Effect of allicin eugenol corn gluten film on soluble sugar content of virgin fruit during storage

3 结论

本实验研究了负载大蒜素-丁香酚的玉米醇溶蛋白膜对圣女果的保鲜效果,结果表明配方中大蒜素-丁香酚混合精油的加入量为 1.50% (体积分数) 时,玉米醇溶蛋白膜在外观、厚度、透明度等方面表现良好,且其对贮藏期间圣女果的失重率具有减缓作用,可以降低腐烂软化率,减弱褐变度,同时可以调控储存期间果蔬的 pH 值,维持较高的 Vc 含量,对圣女果有良好的保鲜效果,可以在很大程度上延长圣女果的贮藏期,本实验结果为圣女果天然保鲜剂涂膜技术的研究提供了实验数据和理论依据,为研究其他抗菌保鲜材料提供了参考。

参考文献

- [1] Won J S, Lee S J, Park H H, et al. Edible coating using a chitosan-based colloid incorporating grapefruit seed extract for cherry tomato safety and preservation [J]. Journal of Food Science, 2018, 83(1): 138-146
- [2] Wilson M D, Stanley R A, Eyles A, et al. Innovative processes and technologies for modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut fruits and vegetables [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2019, 3: 411-422
- [3] 黎亢抗. 玉米醇溶蛋白纳米粒子膜的制备及其抗菌膜材料的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013
- [4] 许雪儿, 李娟, 陈正行. 负载生育酚的玉米醇溶蛋白纳米颗粒的构建及性质表征[J]. 中国食品学报, 2020, 20(12): 24-30
- [5] XIAO Jiaqi, GU Caiqin, ZHU Dongxue, et al. Development

- and characterization of an edible chitosan/zein-cinnamaldehyde nano-cellulose composite film and its effects on mango quality during storage [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2021, 140: 110809
- [6] 蔡丹丹,肖凯军,王兆梅,等.缓释抗菌膜的抗菌性研究[J].现代食品科技,2012,29(3):267-269
- [7] Hager J V, Rawles S D, Xiong Y L, et al. Edible corn-zein-based coating incorporated with nisin or lemongrass essential oil inhibits *Listeria monocytogenes* on cultured hybrid striped bass fillets, *Morone chrysops Morone saxatilis*, fillets during refrigerated and frozen storage [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2019, 50(1): 204-218
- [8] Mayeli M, Mehdizadeh T, Tajik H, et al. Combined impacts of zein coating enriched with methanolic and ethanolic extracts of sour orange peel and vacuum packing on the shelf life of refrigerated rainbow trout [J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2019, 34(6): 460-470
- [9] Cho S Y, Lee S Y, Rhee C, et al. Edible oxygen barrier bilayer film pouches from corn zein and soy protein isolate for olive oil packaging [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2010, 43(8): 1234-1239
- [10] 鲁亚楠,贾祥祥,刘洁,等.玉米醇溶蛋白膜的应用研究[J].中国油脂,2013,38(6):20-23
- [11] 陈军,鲁豪.鲜切苹果不同部位酶促褐变机理研究[J].宿州学院学报,2020,35(11):72-75
- [12] Zhou H, Xun R, Liu Q, et al. Preparation of thermal and pH dually sensitive polyurethane membranes and their properties [J]. *Journal of Macromolecular Science (Part B)*, 2014, 53(3): 398-411
- [13] 谭晓宇,凌寿坚,钟一梅.大蒜与含氯消毒剂联用对多重耐药鲍曼不动杆菌体外抑菌的实验研究[J].辽宁中医杂志, 2021,48(7):179-182
- [14] Ferrazzi P, Vercelli M, Chakir A, et al. Pollination effects on antioxidant content of *Perilla frutescens* seeds analysed by NMR spectroscopy [J]. *Natural Product Research*, 2017, 31(23): 1
- [15] Ahmed J, Arfct Y A, Bher A, et al. Active chicken meat packaging based on polylactide films and bimetallic Ag-Cu nanoparticles and essential oil [J]. *Journal of Food Science*, 2018, 83(5): 1299-1310
- [16] 蒲传奋,刘雯,姜春伟,等.丁香酚/玉米醇溶蛋白纳米粒子膜的制备及表征[J].粮食与饲料工业,2017,1:35-39
- [17] 贾祥祥.制备条件对玉米醇溶蛋白膜性能的影响研究[D].郑州:河南工业大学,2012
- [18] 刘校男,唐文婷,张再美,等.负载丁香酚/纳他霉素的玉米醇溶蛋白膜的制备、性能及其应用[J].中国食品添加剂,2018, 9:142-148
- [19] 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
- [20] 王赢,牛广财,张东杰,等.壳聚糖基抗菌保鲜膜制备工艺的优化[J].保鲜与加工,2020,20(2):22-27
- [21] 陈超,庞林江.壳聚糖-植酸复合涂膜对黄岩蜜橘保鲜效果的影响[J].包装工程,2020,41(9):36-43
- [22] LIN Yuzhao, LI Na, LIN Hetong, et al. Effects of chitosan treatment on the storability and quality properties of longan fruit during storage [J]. *Food Chemistry*, 2020, 306(306): 125627
- [23] Nail Altunay, Ramazan Gurkan. Ion pair vortex assisted-ionic liquid based dispersive liquid-liquid microextraction for selective separation and preconcentration of 4-methylimidazole from caramel colour drinks and foodstuffs prior to its spectrophotometric determination [J]. *Microchemical Journal*, 2019, 147: 999-1009
- [24] 王麟,陈伟,刘文涛.基于黄芩/大黄提取液的聚乙烯醇薄膜制备及其对圣女果的保鲜效果[J].湖南包装,2021,2:18-21
- [25] Rizzo V, Muratore G. Effects of packaging on shelf life of fresh celery [J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 90(1): 124-128
- [26] Fadji T, Coetzee C, Chen L, et al. Susceptibility of apples to bruising inside ventilated corrugated paperboard packages during simulated transport damage [J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2016, 118: 111-119
- [27] 李磊,易有金,夏菠,等.丁香酚改性产物对葡萄采后保鲜的作用[J].食品研究与开发,2018,39(10):180-185
- [28] 胡青霞,张丽婷,李洪涛,等.石榴果实贮藏期生理变化与采后保鲜技术研究进展[J].河南农业科学,2014,43(3):5-11
- [29] 梁芸志,季丽丽,陈存坤,等.不同保鲜膜处理对番茄常温货架品质的影响[J].现代食品科技,2018,34(3):137-143
- [30] Aleryani-Raqeeb A, Mahmud T M M, Omar S R S, et al. Effects of calcium infiltration and chitosan coating on storage life and quality characteristics during storage of papaya (*Carica papaya* L.) [J]. *International Journal of Agricultural Research*, 2008, 3(3): 296-306
- [31] 邓靖,李文,林亲录,等.ASLT 法研究复合精油微胶囊对大米保鲜效果[J].现代食品科技,2017,3:196-202
- [32] Rai D R, Chadha S, Kaur M P, et al. Biochemical, microbiological and physiological changes in Jamun (*Syzyium cumini* L.) kept for long term storage under modified atmosphere packaging [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2011, 48(3): 357-365