

纳他霉素壳聚糖复合涂膜对草莓保鲜的影响

段丹萍¹, 乔勇进^{2*}, 鲁莉莎¹, 王海宏², 陈召亮²

(1.上海理工大学 食品与医疗器械学院, 上海 200093; 2.上海市农业科学院 农产品保鲜加工研究中心, 上海 201106)

摘要: 以 1% 的壳聚糖为涂膜基质, 分别与质量分数为 0.005%、0.010%、0.020%、0.040% 的纳他霉素复合, 对草莓果实进行涂膜, 比较与不涂膜处理和仅用 1% 壳聚糖涂膜液处理在常温贮藏下对草莓保鲜的影响。结果表明, 不同浓度的纳他霉素壳聚糖复合涂膜液均能降低草莓果实水分散失, 延缓草莓果实可溶性固形物、维生素 C、可滴定酸含量的下降, 抑制果实相对膜透性、丙二醛含量、多酚氧化酶(PPO)活性的上升, 其中, 0.020% 纳他霉素壳聚糖复合保鲜液对草莓果实的保鲜效果最佳, 采后 7 d 失水率仅为 7.59%, 并保持较高的超氧化物歧化酶(SOD)活性, 显著延缓草莓果实采后衰老, 延长了草莓果实贮藏时间。

关键词: 纳他霉素; 壳聚糖; 草莓; 保鲜

中图分类号: S668.4 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)02-0237-05

Fresh-keeping effect of natamycin and chitosan compound on of strawberry during storage

DUAN Dan-ping¹, QIAO Yong-jin^{2*}, LU Li-sha¹, WANG Hai-hong², CHEN Zhao-liang²

(1.College of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2.Research Center of Storage and Processing for Agricultural Products, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106, China)

Abstract: The fresh-keeping effects of coating compound using 1% chitosan combined with 0.005%, 0.010%, 0.020%, 0.040% concentration of natamycin respectively on strawberry was investigated, which compared with untreated control and the sample coated with 1% chitosan under normal temperature. The results showed that coating fusion liquid with different concentration of natamycin and 1% chitosan could reduce rate of water loss, delay the decline in contents of soluble solids, vitamin C, total acid, simultaneously, contents of relative membrane permeability, MDA, and increase in polyphenol oxidase (PPO) activities of strawberry fruit were restrained. Of which, coating fusion liquid with 0.020% natamycin and 1% chitosan had better effect on strawberry, with rate of water loss only 7.59% after 7 d, and the high activities of superoxide dismutase(SOD) maintained, senescence of fruit delayed, the storage time of strawberry fruit prolonged.

Key words: natamycin; chitosan; strawberry; keep freshing

草莓(*Fragaria ananassa*)是蔷薇科草莓属的草本植物, 在世界小浆果生产中居于首位^[1]。草莓采后极易因机械损伤和病菌侵染而腐烂变质, 常温下放置 1~3 d 即失水萎缩, 逐渐软化腐烂^[2]。关于草

莓保鲜虽然已有报道^[3-5], 但由于草莓质软、易腐等特点, 草莓保鲜研究仍然需要不断探讨。涂膜保鲜以其安全、低耗、有效的优势成为近年果蔬保鲜研究的热点, 并日益受到关注。壳聚糖(CTS)属天然

收稿日期: 2009-12-08

基金项目: 上海市研究生创新基金(JWCXSL0902); 上海市科技兴农重点项目(沪农科攻字(2007)第 9-1 号); 上海市国际合作项目(073907003)

作者简介: 段丹萍(1985-), 女, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事果蔬安全与保鲜技术研究; *通讯作者, yjqiao2002@sohu.com

高分子化合物,有良好的成膜性,是一种天然无毒的保鲜剂^[6]。纳他霉素作为一种高效、安全的新颖生物防腐剂^[7-8],已广泛用于食品保鲜中,但将其与涂膜剂复合用于草莓保鲜上的研究国内尚未见报道。笔者研究纳他霉素与壳聚糖融合而成的复合保鲜液对草莓保鲜的影响,旨在为草莓涂膜保鲜提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试草莓品种为丰香,采自上海青浦赵屯镇草莓基地,八成熟。选取无病虫害、成熟度及大小一致的果实,采后立即运回实验室处理。

壳聚糖为食品级,黏度>400 MPa·s,由浙江金壳生物化学有限公司提供;纳他霉素纯度90%,由上海蓝土地化工有限公司提供。

台湾 TES-1730 非色散式 CO₂ 气体测试仪和阿贝手持折光仪。

1.2 方 法

以 1%的壳聚糖为涂膜基质,分别与质量分数为 0.005%、0.010%、0.020%、0.040%的纳他霉素复合(分别记为处理 T₁、T₂、T₃、T₄)。另设 2 组对照:不涂膜处理(CK₁)和仅用 1%壳聚糖涂膜液处理(CK₂)。将果实随机分成 6 组,每组 200 个,3 个重复。将草莓果实放入不同处理涂膜剂中浸泡 1~2 min,取出后放在通风处快速自然晾干,存放在 19 cm×13 cm×4.5 cm 的聚乙烯盒内,并用 0.02 mm 聚乙烯保鲜膜包装,室温 18~25 °C 保存,相对湿度 71%~80%。每 2 d 取样 1 次,测定其营养成分和生理生化指标。

1.3 测定指标及其测定方法

失重率=(贮前果实重-测定果实重)/贮前果实重)×100%。

腐烂指数^[9]=∑((腐烂级别×该级果实数量)/(最高腐烂级别×总果实数量))×100%。式中腐烂级别的划分为:按果实腐烂面积大小将果实划分为 4 级,0 级为无腐烂;I 级为腐烂面积小于果实面积的 10%;II 级为腐烂面积占果实面积的 10%~30%;

III 级为腐烂面积大于果实面积的 30%。

呼吸速率以单位质量果实单位时间内生成的 CO₂ 量表示(mg/(kg·h))。随机取 10 个果实,准确称重后,用 CO₂ 测试仪测定。

可溶性固形物含量用阿贝手持折光仪测定。有机酸含量采用滴定法测定^[10],V-C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚法测定^[11]。

超氧化物歧化酶(SOD)参照文献^[11]采用 SOD 对 NBT 光化还原抑制的方法测定。以抑制 NBT 光化还原的 50%为 1 个酶活性单位(U/g)。多酚氧化酶(PPO)活性的测定参照文献^[12]的方法,以 OD 值变化 0.01 为 1 个酶活性单位。

丙二醛采用硫代巴比妥酸(TBA)显色法^[13]测定;相对膜透性为草莓浸提液煮前电导率 P₀与草莓浸提液煮沸后电导率 P 的比值。

数据用 SPSS 13.0 软件进行统计分析,检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 各处理对草莓果实失重率的影响

草莓采后的呼吸作用和蒸腾作用会导致其失水失重。当失重率达到一定值时,果蔬表面会出现皱缩,丧失新鲜状态^[14]。从表 1 可以看出,随着贮藏时间的延长,草莓失重率整体呈增大趋势,但处理组的失重率一直低于对照组。处理后 5 d,CK₂与 CK₁ 差异显著,CK₂与 T₂、T₃、T₄ 也差异显著,说明壳聚糖涂膜能延缓草莓果实质量的下降,而将壳聚糖与纳他霉素复合效果更好。在处理组中,T₃、T₄ 失重率最低,处理后 3 d,T₃、T₄ 的失重率分别是 CK₁ 的 15.69%、17.07%;处理后 5 d,T₃、T₄ 的失重率分别是 CK₁ 的 27.34%、26.59%。

表 1 各处理草莓果实的失重率

处理	失重率/%				
	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d
CK ₁	1.48aA	5.80aA	11.96aA	—	—
CK ₂	1.36abAB	4.69aA	8.83bA	—	—
T ₁	1.12bcAB	4.22aA	8.01bcB	10.65aA	—
T ₂	0.85cB	3.94aA	5.89cBC	9.51aA	—
T ₃	0.33dC	0.91bB	3.27dC	5.50bA	7.59
T ₄	0.32dC	0.99bB	3.18dC	5.61bA	7.49

2.2 各处理对草莓果实腐烂指数的影响

果实腐烂指数是判断果实外观品质的重要指标。从表 2 可知，随着贮存时间的延长，腐烂指数呈上升趋势，虽然 CK₂ 的腐烂指数一直低于 CK₁，但二者差异不显著，而添加纳他霉素的保鲜液在 5 d 后均与 CK₁ 差异显著，且 T₁、T₂ 与 T₃、T₄ 差异显著。贮藏 5 d，T₁、T₂、T₃、T₄ 腐烂指数分别为 CK₁ 的 76.77%、40.00%、5.94%、5.40%，可见，虽 T₁、T₂ 能降低草莓果实腐烂指数，但效果不如 T₃ 和 T₄。

表 2 各处理草莓果实的腐烂指数
Table 2 Rot index of strawberry in different treatments

处理	腐烂指数/%				
	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d
CK ₁	8.33aA	36.67aA	77.08aA	—	—
CK ₂	7.50aA	33.33aA	65.42aA	—	—
T ₁	5.83aAB	25.00aAB	59.17bA	86.67aA	—
T ₂	1.67bBC	7.50bBC	30.83cB	61.67bA	—
T ₃	0.00bC	0.00bC	4.58dC	15.42cB	36.25
T ₄	0.00bC	0.00bC	4.17dC	16.25cB	35.83

2.3 各处理对草莓果实内在品质的影响

可溶性固形物、V-C、可滴定酸及糖酸比是判断果实好坏的重要品质指标^[15]。贮藏 5 d 后，CK₁ 组草莓果实的可溶性固形物含量均低于涂膜组(表 3)，且差异显著。不同处理果实可溶性固形物含量也有差异，T₃、T₄ 的可溶性固形物含量分别为 11.56%、11.88%，而 T₁、T₂ 的可溶性固形物含量分别为 10.54%、10.95%，说明当纳他霉素的质量分数为 0.005%~0.040% 时，草莓可溶性固形物含量与纳他霉素浓度成正相关。

表 3 贮藏 5 d 后各处理果实的品质指标
Table 3 Quality index of strawberry in different treatments

处理	可溶性固形物含量/%	V-C 含量/(mg·(100 g) ⁻¹)	可滴定酸含量/(mg·(100 g) ⁻¹)	糖酸比
CK ₁	8.84aA	35.63aA	0.57aA	19.02aA
CK ₂	10.31bB	42.24bB	0.69bB	21.24bB
T ₁	10.54bcB	46.96cC	0.71bB	21.96bB
T ₂	10.95cC	50.27dD	0.78cC	22.02bB
T ₃	11.56dD	54.34eE	0.90dD	24.48cC
T ₄	11.88dD	55.62eE	0.91dD	24.97cC

草莓是 V-C 含量很高的水果。V-C 不但是果实的营养成分之一，同时也是果实体内清除活性氧的

重要抗氧化剂，对延缓果实衰老有一定效果^[16]。贮藏 5 d 后，T₃、T₄ 的 V-C 含量比对照(CK₁)高(表 3)，其他处理 V-C 含量也高于对照，但效果不及 T₃、T₄。这说明纳他霉素与壳聚糖复合涂膜草莓能明显抑制贮藏过程中 V-C 含量的降低，且高浓度的纳他霉素处理效果更好。

酸度是决定果蔬风味的重要因素。草莓果实所含酸组分中 80%~90% 为柠檬酸^[16]。从表 3 可以看出，CK₁ 在贮藏第 5 天时的可滴定酸含量为 0.57 mg/(100 g)，分别是 T₃、T₄ 的 63.33% 和 62.63%；CK₁、CK₂、T₁、T₂ 均与 T₃、T₄ 差异极显著，因此，复合涂膜液有利于贮藏后期果实的保存。

糖酸比反映果实的成熟度和品质^[17]。由表 3 可见，在贮藏第 5 天时，CK₂、T₁、T₂、T₃、T₄ 的糖酸比分别为 CK₁ 的 111.6%、115.42%、115.77%、128.70% 和 131.28%，说明壳聚糖涂膜有助于保存草莓的糖酸品质，且壳聚糖复合保鲜液的效果更好。

2.4 各处理对草莓果实呼吸强度的影响

草莓属于呼吸非跃变型果实。由图 1 可见，草莓果实采后 3 d 内呼吸速率基本平稳，各处理组与对照组差异不显著。此后，所有果实呼吸速率均有较大幅度的升高。贮藏第 5 天与开始时相比，CK₁ 果实呼吸速率上升了 4.3 倍，而 T₃、T₄ 组仅上升了 88% 和 79%，与 CK₁ 差异显著(P<0.05)，说明 T₃、T₄ 处理能明显抑制果实呼吸强度。CK₂ 的呼吸速率虽一直低于 CK₁，但二者差异不显著。

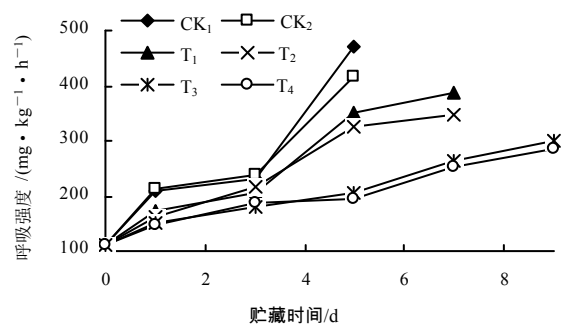


图 1 各处理草莓果实不同贮藏时间的呼吸强度
Fig.1 Respiration rate of coating treatments on strawberry at different storage time

2.5 各处理对草莓果实超氧化物歧化酶和多酚氧化酶活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)是果实后熟衰老中的保

护性酶类,可以清除活性氧自由基,从而减少自由基对膜的损伤,达到延缓细胞衰老的目的,其活性的高低在一定程度上反映了果实衰老的程度^[18-19].由图2可知,随着贮藏时间的延长,SOD活性逐渐上升,CK₁、CK₂、T₁在第3天达到最大值,分别为48.09、55.71、59.22 U/g.当果实衰老到一定程度时,SOD活性下降.处理组SOD活性变化的趋势与对照组相似,但T₂、T₃、T₄的最大值比对照组和T₁推后2d出现,分别为61.97、67.77、68.72 U/g.T₃、T₄与CK₁差异极显著($P < 0.01$).

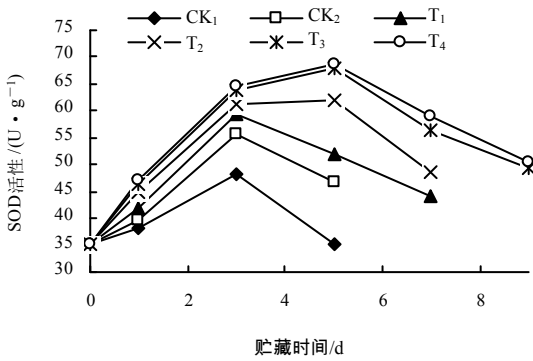


图2 各处理草莓果实不同贮藏时间的SOD活性

Fig.2 SOD activity of coating treatment on strawberry at different storage time

多酚氧化酶(PPO)被认为是引起果蔬酶促褐变最主要的酶,在有氧条件下,PPO催化酚类物质氧化为醌.醌通过聚合反应产生有色物质导致组织褐变^[20].由图3可知,在贮藏过程中,草莓果实PPO活性先上升后下降,但涂膜组的PPO活性始终低于CK₁,其中,T₃、T₄草莓果实PPO活性得到明显抑制,与CK₁差异显著($P < 0.05$).这表明涂膜能有效抑制草莓果实PPO的活性,且高浓度纳他霉素涂膜液的效果更好.

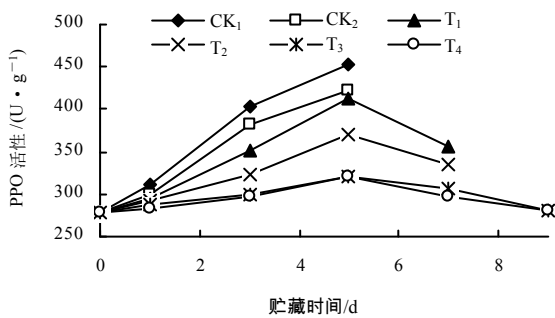


图3 各处理草莓果实不同贮藏时间的PPO活性

Fig.3 PPO activity of coating treatment on strawberry at different storage time

2.6 各处理对草莓果实丙二醛含量和相对膜透性的影响

膜脂过氧化的直接结果是膜脂组分改变,丙二醛(MDA)使膜蛋白交联聚合,膜相转为凝胶态,从而破坏膜结构^[21],所以,MDA含量可反映膜脂过氧化的程度.如图4所示,随着贮藏时间的延长,MDA含量不断上升,涂膜组MDA含量变化与CK₁相同,但其MDA含量始终低于CK₁.采后5d,CK₁的MDA含量上升了1.65倍,T₃、T₄仅上升了1.23、1.16倍.涂膜组显著抑制MDA含量上升($P < 0.05$),且涂膜组对MDA含量增加的抑制效果与其纳他霉素处理浓度成正相关,以T₃、T₄组效果最好.

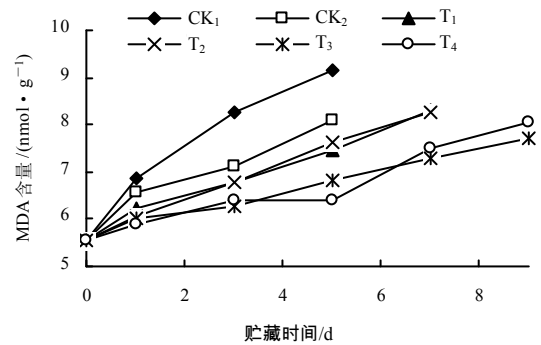


图4 各处理草莓果实不同贮藏时间的MDA含量

Fig.4 MDA content of coating treatment on strawberry at different storage time

相对膜透性增大标志着膜结构的完整性遭到破坏.草莓果实膜透性的变化趋势(图5)与MDA含量的变化相似.贮藏3d时,处理T₁、T₂、T₃、T₄的相对膜透性分别为37.55%、32.67%、28.81%、25.68%,对照CK₁为45.77%,CK₂为40.61%,随着果实的成熟衰老,膜的相对透性呈上升趋势,但

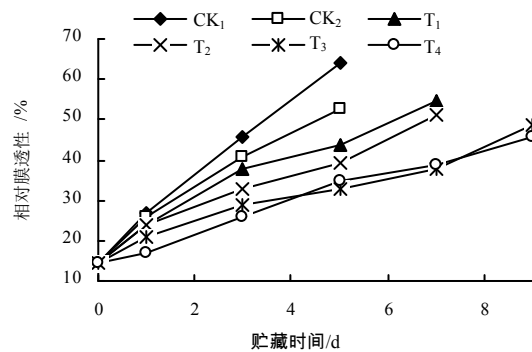


图5 各处理草莓果实不同贮藏时间的细胞相对膜透性

Fig.5 Relative membrane permeability of coating treatment on strawberry at different storage time

涂膜组草莓的相对膜透性上升得到延缓, T_3 、 T_4 的相对膜透性最低, 明显低于对照($P < 0.05$), 贮藏 5 d 时分别达到 32.73%、34.99%。

3 结论与讨论

壳聚糖涂膜草莓能起到一定的保鲜效果, 这主要是由于壳聚糖具有良好的成膜性, 将其涂膜于果实表面后形成一层透明的薄膜, 降低果实表面氧的浓度, 抑制果实的蒸腾作用, 减少果实水分散失, 抑制果实的呼吸作用, 减缓因呼吸作用而引起的营养物质消耗。壳聚糖还能改善保护酶活性, 提高活性氧清除能力, 特别是清除超氧阴离子, 减缓果实膜脂过氧化化的程度。灰葡萄孢菌引起草莓灰霉病是当前草莓生产上的重要病害, 而纳他霉素是一种高效、广谱的真菌抑制剂, 能显著抑制草莓灰霉病的发生, 将纳他霉素加入到保鲜液中, 能避免因微生物侵染而导致的呼吸速率上升和果实营养成分分解, 所以, 单一使用壳聚糖的涂膜效果不及壳聚糖与纳他霉素复合使用的涂膜效果。本研究中发现, 草莓果实的保鲜效果与复合液纳他霉素的浓度成正相关, 但 0.02% 和 0.04% 纳他霉素复合液的保鲜效果基本相同, 从经济、安全的角度考虑, 0.02% 纳他霉素与 0.1% 壳聚糖复合为最佳组合。

参考文献:

- [1] 郝保春. 草莓生产技术大全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [2] 万忠民. 植酸对草莓保鲜的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 619-621.
- [3] El Ghaouth A, Arul J, Ponnampalam R, et al. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries[J]. Journal of Food Science, 1991(6): 1618-1620.
- [4] David M, Chris W, Jan F, et al. Pulsed white light in combination with V-C and heat to reduce storage rot of strawberry[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 28(3): 455-461.
- [5] Hirano S, Nagao N. Effect of chitosan, pectic acid, ysozyme and chitinase on the growth of several phytopathogens[J]. Agric Biol Chem, 1989, 53: 3065-3066.
- [6] Romanazzi G, Nigro F, Ippolito A. Short hypobaric treatments potentiate the effect of chitosan in reducing storage decay of sweet cherries[J]. Postharv Biol Technol, 2003, 29: 73-80.
- [7] Cong Feng-song, Zhang Yun-gui, Dong Wen-yan. 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.
- [8] 孙远功, 呼玉侠, 冯昕. 纳他霉素在柑橘防腐保鲜中的应用[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(7): 190-192.
- [9] 陈学红, 郑永华, 杨震峰, 等. 高氧处理抑制草莓果实采后腐烂与抗病性诱导的关系[J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 208-211.
- [10] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 9.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 7.
- [12] 李靖, 利容千, 袁文静. 黄瓜感染霜霉病菌叶片中一些酶性的变化[J]. 植物病理学报, 1991, 21(4): 277-283.
- [13] 蒋德安. 植物生理实验手册[K]. 成都: 四川科学技术出版社, 1998: 456-520.
- [14] 张安宁, 王鑫, 陈洁. 草莓的涂膜保鲜研究[J]. 食品科学, 2006, 27(3): 231-235.
- [15] 贾德翠, 王仁才, 涂洪强, 等. 不同预处理对猕猴桃果实冷藏效果的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2008, 34(3): 314-316.
- [16] 姚晓敏, 孙向军, 高慧. 草莓涂膜保鲜的研究[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2002, 20(2): 156-160.
- [17] 李升锋, 徐玉娟, 张友胜, 等. 不同荔枝品种果实品质、糖组分及抗氧化性的分析[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 145-147.
- [18] 蔡雁平, 袁祖华, 孙小武. 盐胁迫下嫁接黄瓜和自根黄瓜幼苗的保护酶活性变化[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2008, 34(5): 555-557.
- [19] 朱树华, 周杰, 束怀瑞, 等. 一氧化氮延缓草莓成熟衰老的生理效应[J]. 中国农业科学, 2005, 38(7): 1418-1424.
- [20] 陆定志, 傅家瑞, 宋松泉, 等. 植物衰老及其调控[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 117-126.
- [21] 寇晓虹, 王文生, 吴彩娥, 等. 鲜枣果实衰老与膜脂过氧化作用关系的研究[J]. 园艺学报, 2000, 27(4): 287-289.

责任编辑: 王赛群
英文编辑: 罗文翠