DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201602036

纳他霉素壳聚糖复合涂膜对兰州百合鳞茎片的保鲜效果

巩慧玲[1*]，李飞[1]，孙爱洁[1]，孙梦遥[1]，汤国纲[2]

1(兰州理工大学 生命科学与工程学院，甘肃 兰州，730050) 2(甘肃集森片装鲜百合有限公司，甘肃 兰州，730000)

摘 要 为了探讨纳他霉素壳聚糖复合涂膜对食用百合鳞茎片的保鲜效果，以不同质量分数(0.025%、0.05%和0.1%)的纳他霉素复合质量分数1%的壳聚糖溶液对兰州百合鳞茎片进行涂膜处理，然后置于4℃条件下贮藏，并定期对其腐烂指数、失重率、褐变度、PPO、POD活性、V_C、可溶性糖和蛋白质含量等品质相关指标进行测定。结果表明：纳他霉素壳聚糖复合涂膜处理能显著降低兰州百合鳞茎片贮藏期间的腐烂指数和失重率，并抑制丙二醛含量和褐变度的升高，减缓V_C、可溶性糖和可溶性蛋白质含量的降低，从而保证了百合鳞茎片贮藏期间的品质，其中0.1%纳他霉素和1%壳聚糖复合涂膜处理的保鲜效果最好，贮藏15 d后，与对照相比，腐烂指数、失重率和褐变度分别降低了48.50%，56.92%和17.52%，而V_C、可溶性糖和蛋白质含量分别提高了63.92%，28.54%和25.84%。

关键词 纳他霉素；壳聚糖；涂膜；百合鳞茎；保鲜

我国以食用为目的的百合主要有兰州百合(*Lilium davidii var. unicolor*)、龙牙百合(*Lilium brownii var. Viridulum*)和宜兴百合(*Lilium 1ancifolium*)等，各品系不仅营养成分的含量有明显差异，品质和风味也各不一样，其中兰州百合不但含有丰富的糖类、蛋白质和脂肪，而且含有秋水仙碱、百合苷等多种药用成份以及维生素、矿质元素、氨基酸等，被视为“蔬菜人参”，有润肺，祛痰、止咳、健胃、清热利尿等功效，是我国确定的药食两用植物[1]。近年来，兰州百合鳞茎不仅在国内市场上销量增加，而且在东南亚、台湾等地也非常受欢迎，而食用百合鳞茎在出口销售时，根据检疫的要求，必须去除分生能力强的内层鳞茎片，因此兰州百合在出口销售包装时，必须将完整的百合鳞茎剥开去除内部鳞茎片，这种操作使鳞茎片从鳞茎基部散开而较易失水、褐变和腐烂。因此，生产实践中需解决兰州百合鳞茎片的保鲜问题。

纳他霉素是纳他尔链霉菌发酵后得到的一种次级代谢产物，为多烯类抗菌素，具有很好的物化稳定性，能有效抑制霉菌和酵母菌的生长[2-3]。1982年6月美国食品与药品管理局已正式批准纳他霉素作为食品添加剂使用，其无臭无味，不会对人体产生危害，已经成为美国、欧盟、中东及东欧等地区的30多个国家广泛使用的天然食品生物抗菌剂和防腐剂之一。纳他霉素对甜樱桃和葡萄等果蔬均表现出较好的保鲜效果[4-5]。壳聚糖是一种天然高分子多聚糖，可改变病原菌细胞膜的流动性和通透性，具有抗菌杀菌作用[6]。采用壳聚糖涂膜，膜层具有通透性、阻水性，可抑制果蔬呼吸代谢和水分散失，减缓果蔬组织和结构衰老，已广泛的应用于果蔬保鲜中[7-8]。目前，未见纳他霉素用于食用百合保鲜的报道。本试验以不同浓度(质量分数0.025%、0.05%和0.1%)的纳他霉素复合质量分数1%的壳聚糖对兰州百合鳞茎片进行浸泡涂膜处理，然后置于4℃条件下贮藏，研究复合涂膜剂对兰州百合鳞茎片的保鲜效果。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验所用的兰州百合鳞茎，采挖自兰州市七里河区西果园乡。挑选大小均匀、无病虫害、无机械损伤的鳞茎作为实验材料。

1.2 试剂和仪器设备

1.2.1 试剂

纳他霉素(葡萄糖基，有效质量分数为50%)，由兰州科佰特生物科技有限公司提供；壳聚糖(食品级，平均相对分子质量1.6×10^5，脱乙酰度≥90.0%)，由上海生工生物有限公司提供；NaH_2PO_4、Na_2HPO_4、硫代巴比妥酸、邻苯二酚、愈创木酚、H_2O_2、2,6-二氯酚靛酚、抗坏血酸、草酸、蒽酮、考马斯亮蓝G-250等试剂均为国产分析纯。

1.2.2 实验仪器

第一作者：博士，副教授(本文通讯作者，E-mail：gonghl@lut.cn)。

基金项目：兰州市科学技术局科技计划项目(No. 2012-2-138)；甘肃省自然科学基金项目(No. 1308RJZA209)

收稿日期：2015-09-01，改回日期：2015-09-17

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

UV-9600 分光光度计，北京瑞利分析仪器公司；HH-S4 数显恒温水浴锅，江苏省金坛市医疗仪器厂；GL-12B 低温离心机，上海安亭科学仪器厂。

1.3 实验方法

1.3.1 处理方法

将兰州百合鳞茎剥片，去除内层，按以下分组进行相应处理：第 1 组：蒸馏水处理，记为 CK；第 2 组：1% 的壳聚糖溶液涂膜处理，记为 T_1；第 3 组：1% 的壳聚糖 + 0.025% 纳他霉素溶液涂膜处理，记为 T_2；第 4 组：1% 的壳聚糖 + 0.05% 纳他霉素溶液涂膜处理，记为 T_3；1% 的壳聚糖 + 0.1% 纳他霉素溶液涂膜处理，记为 T_4，浸泡时间均为 2 min。

以上每处理设定 3 个重复，浸泡后自然晾干，然后装入 0.03 mm 厚的聚氯乙烯（PVC）保鲜袋中，在温度为（4 ± 0.5）℃，相对湿度为 90% ~95% 的冷库中贮藏，每 3 d 取样测定 1 次相关指标。

1.3.2 腐烂指数的测定

腐烂指数/% = ∑［腐烂级别 × 本级鳞茎数）/（总鳞茎数 × 最高级数）］ × 100

式中：腐烂级别的划分标准为：0 级为外观正常，无任何腐烂；1 级为腐烂面积占鳞茎片总面积的 5%；2 级为腐烂面积占鳞茎片总面积的 5 ~ 10%；3 级为腐烂面积大于鳞茎片总面积的 10%。

1.3.3 失重率的测定

$$失重率/\% = \frac{贮前百合鳞茎片质量 - 贮后鳞茎片质量}{贮前百合鳞茎片质量} \times 100$$

1.3.4 丙二醛含量的测定

采用硫代巴比妥酸比色法测定丙二醛含量[9]。

1.3.5 褐变度、多酚氧化酶、过氧化物酶活性的测定

褐变度采用比色法测定[10]；多酚氧化酶活性采用邻苯二酚法测定[9]；过氧化物酶活性采用愈创木酚比色法测定[9]。

1.3.6 V_C 含量的测定

采用 2，6-二氯酚靛酚法测定 V_C 含量[9]。

1.3.7 可溶性糖含量的测定

采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量[9]。

1.3.8 可溶性蛋白含量的测定

采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定可溶性蛋白含量[9]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 统计分析软件进行基础数据整理、分析，利用 SPSS 20.0 软件进行显著性统计分析，Ducan 法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同处理对兰州百合鳞茎片腐烂指数的影响

腐烂指数直接反映兰州百合鳞茎片的贮藏效果。由表 1 可知，随贮藏时间的延长，兰州百合鳞茎片的腐烂指数逐渐上升。在贮藏期间，除 T_1 处理外，其他处理的腐烂指数均显著低于同期对照（$P \leq 0.05$），其中，经 T_3、T_4 处理，百合鳞茎片的腐烂指数最小，且两处理间无显著差异。贮藏至 15 天时，T_3、T_4 处理组中百合鳞茎片的腐烂指数比对照分别低 39.66% 和 48.50%。由此说明，高浓度的纳他霉素（0.05% ~ 0.1%）复合壳聚糖处理能够显著降低百合鳞茎片贮藏期间的腐烂指数。

表 1 不同处理对兰州百合鳞茎片腐烂指数的影响

Table 1 Effect of coating treatments on rot index of Lanzhou lily bulb

处理	腐烂指数/%				
	贮藏 3 d	贮藏 6 d	贮藏 9 d	贮藏 12 d	贮藏 15 d
CK	1.67 ± 0.24[a]	5.00 ± 0.21[a]	7.00 ± 0.24[a]	11.00 ± 0.29[a]	11.65 ± 0.34[a]
T_1	1.33 ± 0.47[a]	4.64 ± 0.56[a]	6.67 ± 0.39[a]	10.65 ± 0.42[a]	11.01 ± 0.29[a]
T_2	0	3.67 ± 0.28[b]	5.00 ± 0.23[b]	7.00 ± 0.32[b]	9.00 ± 0.47[b]
T_3	0	1.00 ± 0.24[b]	3.00 ± 0.27[c]	5.67 ± 0.34[bc]	7.03 ± 0.24[c]
T_4	0	0.33 ± 0.19[b]	1.67 ± 0.25[c]	5.00 ± 0.23[c]	6.00 ± 0.37[c]

注：同列不同小写字母表示不同处理在 $P = 0.05$ 水平上差异显著。表 2 同。

2.2 不同处理对兰州百合鳞茎片失重率的影响

果蔬产品采收后仍进行蒸腾作用和呼吸作用，导致质量损失。由表 2 可知，随贮藏时间的延长，百合鳞茎片的失重率逐渐增加。经壳聚糖纳他霉素复合涂膜处理，贮藏期间各处理失重率均显著低于同期对照（$P \leq 0.05$）。贮藏 15 d，T_1、T_2、T_3 和 T_4 处理组中百合的失重率比对照分别低 23.78%、45.59%、51.20%、56.92%。由此表明，壳聚糖涂膜单独处理能延缓百合水分的丧失，而壳聚糖与纳他霉素复合涂膜处理效果更好。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2 不同处理对兰州百合鳞茎片失重率的影响

Table 2 Effect of coating treatments on weight loss of Lanzhou lily bulb

处理	失重率/%				
	贮藏 3 d	贮藏 6 d	贮藏 9 d	贮藏 12 d	贮藏 15 d
CK	4.96 ± 0.37[a]	9.73 ± 0.89[a]	13.90 ± 0.23[a]	17.18 ± 0.48[a]	18.71 ± 0.58[a]
T_1	4.83 ± 0.47[a]	9.42 ± 0.68[a]	12.23 ± 0.44[b]	13.70 ± 0.31[b]	14.26 ± 0.31[b]
T_2	2.78 ± 0.45[b]	6.57 ± 0.47[b]	9.30 ± 0.31[c]	9.78 ± 0.51[c]	10.18 ± 0.48[c]
T_3	2.38 ± 0.45[b]	3.85 ± 0.44[c]	6.11 ± 0.21[d]	8.40 ± 0.50[d]	9.13 ± 0.35[cd]
T_4	2.23 ± 0.10[b]	3.96 ± 0.37[c]	5.90 ± 0.53[d]	7.28 ± 0.25[e]	8.06 ± 0.62[d]

2.3 不同处理对兰州百合鳞茎片丙二醛含量的影响

丙二醛(malondialdehyde,MDA)是果蔬在衰老过程中,膜脂过氧化作用的重要产物,MDA 的过度积累会进一步加速果蔬的衰老过程,其含量可反映果蔬衰老的程度[11]。由图 1 可知,随贮藏时间的延长,MDA 含量逐渐上升,各处理组百合 MDA 含量显著低于同期对照($P \leqslant 0.05$)。贮藏至第 15 天,T_1、T_2、T_3 和 T_4 处理组的 MDA 含量比对照分别低 13.03%、16.24%、22.41%、21.60%。由此表明,壳聚糖单独涂膜处理在一定程度上可以抑制贮藏期间百合鳞茎片 MDA 的积累,即延缓百合鳞茎片衰老的进程,而与纳他霉素复合涂膜处理效果更好,这与刘美迎等用纳他霉素壳聚糖复合处理葡萄的研究结果一致[5]。

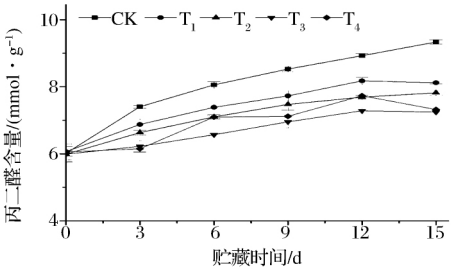

图 1 不同处理对兰州百合鳞茎片丙二醛含量的影响

Fig. 1 Effect of coating treatments on MDA content of Lanzhou lily bulb

2.4 不同处理对兰州百合鳞茎片褐变度和相关酶活性的影响

百合鳞茎在贮藏过程中易发生褐变,使其贮藏品质降低。从图 2-a 可知,在贮藏初期,百合褐变度急剧上升,贮藏 9 d 后,褐变度变化趋于平缓。纳他霉素壳聚糖复合涂膜处理能够减缓贮藏后期褐变度的上升。贮藏 15 d,T_2、T_3、T_4 处理组的百合鳞茎片褐变度比对照分别低 12.63%,20.21 %和 17.52%。

多酚氧化酶(polyphenol oxidase,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 能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[12]。由图 2-b 可知,随贮藏时间的延长,百合鳞茎片 PPO 活性呈逐渐上升趋势。壳聚糖纳他霉素复合涂膜处理能够抑制百合鳞茎片贮藏期间 PPO 活性的上升。贮藏 15 d,T_2、T_3 和 T_4 处理组中百合鳞茎片的 PPO 活性比对照分别低 11.79%、21.22 和 14.49%。由此表明,纳他霉素壳聚糖复合涂膜处理可能通过有效抑制百合 PPO 的活性,而抑

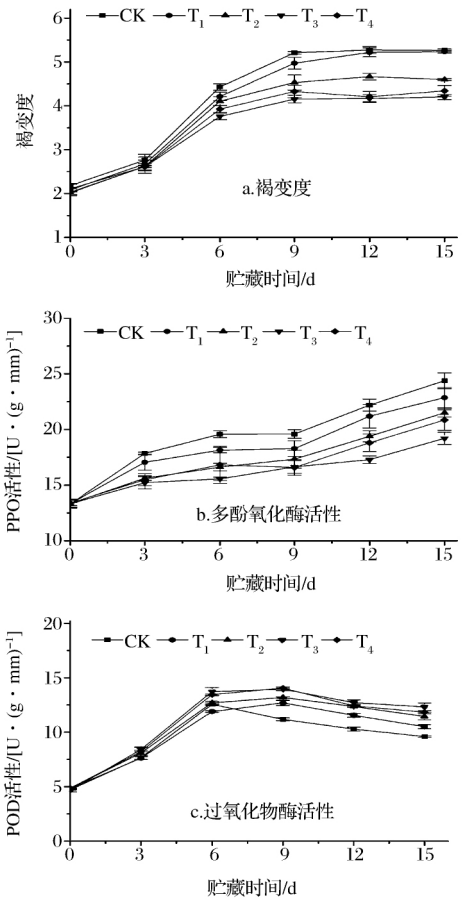

图 2 不同处理对兰州百合鳞茎片褐变度、多酚氧化酶和过氧化物酶活性的影响

Fig. 2 Effect of coating treatments on browning degree(a), PPO activity (b), POD activity (c) of Lanzhou lily bulb

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

制了百合鳞茎片的褐变度。这与刘美迎等用纳他霉素壳聚糖复合涂膜处理葡萄的研究结果一致[5]。

过氧化物酶(peroxidase,POD)是果蔬内普遍存在的一种氧化还原酶,除引起组织褐变外,与果蔬的诱导抗病性也具有重要的关系[13]。如图2-c所示,随贮藏时间延长,百合的POD活性呈先升后降的变化趋势,这与百合鳞茎片褐变度的变化趋势并不一致。由此表明,POD可能并不是引起百合鳞茎片贮藏期间褐变度升高的主要因素。壳聚糖与纳他霉素复合涂膜处理增加了百合鳞茎片贮藏后期POD的活性,贮藏15 d,T_2、T_3和T_4处理组中百合鳞茎片的POD活性比对照分别高19.22%,28.29%和23.30%。由此表明,纳他霉素复合涂膜处理降低了百合鳞茎片贮藏期间的腐烂程度,除了其具有很强的杀菌能力,还可能是因为纳他霉素可通过提高POD活性而增强了百合鳞茎自身的抗病能力和抗氧化能力,从而有效抑制了其腐烂变质。

2.5 不同处理对兰州百合鳞茎片营养品质的影响

2.5.1 不同处理对V_C含量的影响。V_C是果蔬组织中重要的营养物质之一,Vc含量的高低直接反映果实品质的优劣。从图3-a可知,随贮藏时间的延长,百合的V_C含量逐渐降低,而经壳聚糖与纳他霉素复合涂膜处理,V_C含量均高于同期对照,贮藏15 d,T_2、T_3和T_4处理组Vc含量比对照分别高30.31%、63.82%、63.92%($P \leqslant 0.05$)。由此表明,纳他霉素壳聚糖复合涂膜处理可显著抑制百合鳞茎片贮藏期间Vc含量的降低。

2.5.2 不同处理对可溶性糖含量的影响。可溶性糖是百合鳞茎的主要成分之一,是重要的营养物质,直接影响百合的风味、口感和营养。由图3-b可知,贮藏期间百合的可溶性总糖含量呈先升后降的趋势,而经壳聚糖与纳他霉素复合涂膜处理,可溶性糖含量均高于同期对照。贮藏15 d,T_2、T_3、T_4处理组中百合鳞茎片的可溶性糖含量比对照分别高19.38%、30.37%、28.54%。由此表明,纳他霉素复合壳聚糖涂膜处理可减缓贮藏后期百合鳞茎片可溶性糖含量的下降。

2.5.3 不同处理对可溶性蛋白质含量的影响。可溶性蛋白质是果蔬中酶的重要组分,参与许多代谢的调控,也是评价果蔬营养品质和口感的主要指标。由图3-c可知,百合鳞茎片的可溶性蛋白含量随贮藏时间呈下降趋势,而经壳聚糖纳他霉素复合涂膜处理,蛋白质含量均略高于同期对照。贮藏15 d,T_2、T_3、T_4处理中百合鳞茎片的可溶性蛋白质含量比对照分别高22.44%、28.09%、25.84%,由此表明,纳他霉素复合壳聚糖涂膜处理对百合鳞茎片贮藏期间可溶性蛋白质含量的减少有一定的抑制作用。

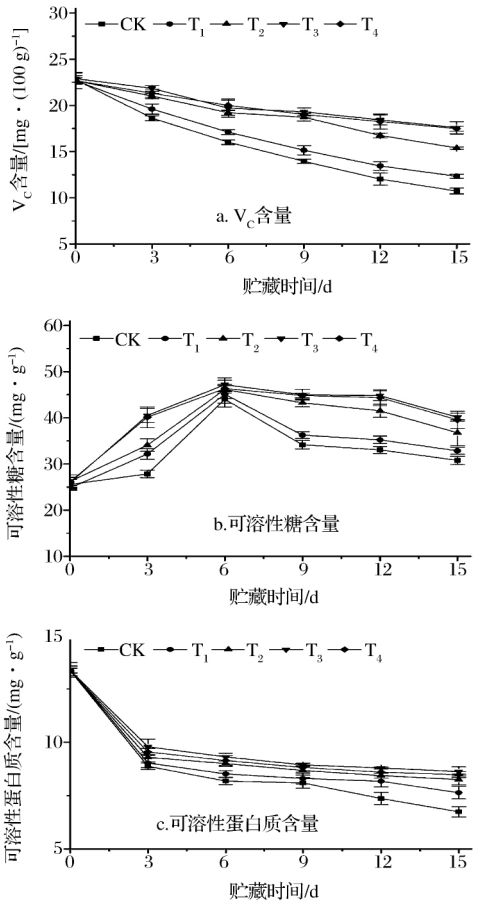

图3 不同处理对兰州百合鳞茎片V_C、可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 3 Effect of coating treatments on content of vitamin C (a), soluble sugar (b) and soluble protein (c) of Lanzhou lily bulb

3 结论

本试验结果表明:纳他霉素壳聚糖复合涂膜处理能够显著降低兰州百合鳞茎片贮藏期间的腐烂指数和失重率,抑制丙二醛含量和褐变度的升高,减缓V_C、可溶性糖和可溶性蛋白质含量的降低,从而保证了百合鳞茎片贮藏期间的风味品质,其中0.1%纳他霉素和1%壳聚糖复合涂膜处理的保鲜效果最好,贮藏15 d后,与对照相比,腐烂指数、失重率和褐变度分别降低了48.50%,56.92%和17.52%,而V_C、可溶性糖和蛋白质含量分别提高了63.92%,28.54%

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

和 25.84% 。

参 考 文 献

[1] 马君义,赵小亮,张继,等. 兰州百合的研究进展[J]. 塔里木大学学报,2005,17(4):53-56.

[2] HONDRODIMOU O, KOURKOUTAS Y, PANAGOU E Z. Efficacy of natamycin to control fungal growth in natural black olive fermentation[J]. Food Microbiology,2011,28(3):621-627.

[3] OLLÉ RESA C P, JAGUS R J, GERSCHENSON L N. Natamycin efficiency for controlling yeast growth in models systems and on cheese surfaces[J]. Food Control,2014,35(1):101-108.

[4] 姜爱丽,胡文忠,李慧,等. 纳他霉素处理对采后甜樱桃生理代谢及品质的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(12):351-356.

[5] 刘美迎,周会玲,吴主莲,等. 纳他霉素复合涂膜剂对葡萄保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报,2012,10(28):259-265.

[6] ZHANG Hong-yin, LI Ren-ping, LIU Wei-min. Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: a review[J]. International Journal of Molecular Sciences,2011,12(2):917-934.

[7] SAXENA A, SAXENA T M, RAJU P S, et al. Effect of controlled atmosphere storage and chitosan coating on quality of fresh-cut jackfruit bulbs[J]. Food and Bioprocess Technology,2013,6(8):2 182-2 189.

[8] PETRICCIONE M, SANCTIS F D, PASQUARIELLO M S, et al. The effect of chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of sweet cherry during postharvest life[J]. Food and Bioprocess Technology,2015,8(2):394-408.

[9] 曹建康,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,2007:34-40,54-58,68-75,101-102,103-104,154-155.

[10] 段颖,耿胜荣,韩永斌,等. 蘑菇保鲜剂的筛选及其保鲜效果[J]. 食品与发酵工业,2004,30(5):143-146.

[11] CARBONE K, MENCARELLI F. Influence of short-term postharvest ozone treatments in nitrogen or air atmosphere on the metabolic response of white wine grapes[J]. Food and Bioprocess Technology,2015,8(8):1 739-1 749.

[12] SHEHATA S A, EL-SHEIKH T M, MOHAMED M E, et al. Effect of some pre- and postharvest treatments on browning inhibition in fresh cut lettuce during cold storage[J]. Journal of Applied Sciences Research,2012,8(1):25-33.

[13] EDIRISINGHE M, ALI A, MAQBOOL M, et al. Chitosan controls postharvest anthracnose in bell pepper by activating defense-related enzymes[J]. Journal of Food Science and Technology,2014,51(12):4 078-4 083.

Effects of natamycin and chitosan coating compounds on fresh-keeping of Lanzhou lily bulb during storage

GONG Hui-ling[1*], LI Fei[1], SUN Ai-jie[1], SUN Meng-yao[1], TANG Guo-gang[2]

1(College of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

2(GansuUnionsum Sliced Fresh Lily Bulb CO., LTD, Lanzhou 730000, China)

ABSTRACT Effects of natamycin and chitosan coating compounds on freshness of Lanzhou lily bulb were investigated during storage. Lanzhou lily bulb slices were treated with different concentration of natamycin (0.025%, 0.05% and 0.1%) + 1% chitosan coating compounds and stored at (4±0.5)°C. The rot index, weight loss, MDA content, the degree of browning, polyphenol oxidase (PPO) activity, peroxidase (POD) activity, vatamin C content, soluble sugar and soluble protein content were determined for quality evaluation. The results showed that compared with the control, Natamycin and Chitosan treated lily bulbs had significant changes in the followings: the rot index and the rate of weight loss were significantly reduced, the increase of MDA content and the degree of browning were inhibited, the loss of vitamin C, soluble sugar, soluble protein were delayed. Among all of the treatments, 0.1% natamycin and 1% chitosan coating compounds was the best. Compare to the control, after stored for 15 days, the rot index, the rate of weight loss, and the degree of browning were deduced 48.50%, 56.92% and 17.52% respectively; the content of vatamin C, soluble sugar and soluble protein increased 63.92%, 28.54% and 25.84% respectively.

Key words natamycin; chitosan; coating; lily bulb; preservation

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net