

汪敏,赵永富,侯喜林,等. 纳米银抗菌膜对白菜的保鲜效果[J]. 江苏农业科学,2018,46(22):204-206.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.048

纳米银抗菌膜对白菜的保鲜效果

汪敏¹, 赵永富¹, 侯喜林², 冯敏¹, 王合叶¹, 蒋希芝¹

(1. 江苏省农业科学院农业设施与装备研究所, 江苏南京 210014; 2. 南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室, 江苏南京 210095)

摘要:为了获得纳米银抗菌膜对白菜的最佳保鲜效果,研究不同纳米银添加量(0%、2%、3%、4%、5%、6%、7%)的聚乙烯薄膜对白菜上所携带微生物的抗菌效果,以及对白菜贮藏保鲜过程中失质量率、色差、新鲜度、袋内CO₂、O₂含量等指标的影响。结果表明,抗菌试验中,4%纳米银含量的薄膜对白菜上菌群的抗菌率达91.2%,已经对绝大多数的菌落产生了抑制作用;白菜保鲜试验中,纳米银含量达到4%的薄膜对降低白菜的失质量率、叶片黄化,保持白菜的新鲜度有一定的效果,而纳米银的添加对改善薄膜的气调作用没有效果。综合结果,在白菜的包装保鲜中,薄膜中纳米银的最佳添加量为4%。

关键词:白菜;纳米银;包装材料;抗菌;保鲜;失质量率;黄化程度

中图分类号: TS206.4;TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0204-03

银离子具有广谱抗菌、杀菌效率高、不易产生抗药性、安全性高等特点,是目前应用效果较好的抗菌剂^[1]。由于纳米银粒子的比表面积比常规的银离子大得多,使银与微生物接触概率大大增加,具有高效防腐功能,添加纳米银的包装材料在延长食品货架期上具有潜在的应用价值^[2-3]。

叶菜富含维生素、矿物质等营养物质,在人类食谱中占有重要的位置,深受消费者的喜爱^[4]。但新鲜叶菜收获周期短,且难以贮藏。白菜生理代谢水平高,水分蒸腾速率快,采收后极易失水萎蔫^[5]。因呼吸作用旺盛会较快消耗其养分,产生大量的呼吸热,导致贮藏过程中迅速退绿黄化,加之组织脆嫩,易受机械损伤,进而被微生物侵袭而霉变腐烂^[6-7]。目前,有关白菜的保鲜研究主要涉及低温贮藏、气调保鲜、涂膜保鲜等^[8-10],关于白菜抗菌包装贮藏的报道几乎没有。本试验以不同纳米银含量的聚乙烯(polyethylene,简称PE)薄膜为研究对象,考察其抗菌性能及对白菜的保鲜效果,确定纳米银的最佳添加量,为纳米银PE膜在果蔬保鲜中的应用提供依据。

1 材料与与方法

1.1 纳米银薄膜的制备

将辐照法制备的以SiO₂为载体的纳米银颗粒与PE薄膜复合,以纳米银作为分散相,PE基材作为连续相,纳米银分散到宏观层面的PE基材中。通过共混改性-挤出造粒-制品成型(薄膜)工艺,制得纳米银含量分别为0%、2%、3%、4%、5%、6%、7%的PE薄膜,分别编号为1~7。

1.2 抗菌性能测试

收稿日期:2017-06-08

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(15)1015]。

作者简介:汪敏(1989—),女,湖北荆门人,硕士研究生,助理研究员,主要从事核技术应用与食品科学研究。E-mail:314641089@qq.com。

通信作者:赵永富,博士,研究员,主要从事核技术与环境科学研究。E-mail:zyfyz2002@163.com。

将薄膜样品剪成50 mm×50 mm大小,参照标准GB/T 31402—2005/ISO 22196:2007《塑料 塑料表面抗菌性能试验方法》,通过贴膜法使薄膜样品与一定量的菌悬液作用24 h后培养,进行菌落计数,测定薄膜的抗菌性能。菌落总数用琼脂培养基进行培养测定,琼脂培养基由笔者所在实验室配制。

白菜上菌群的菌悬液配制:将白菜剪碎与生理盐水混合(质量比为1:1),研磨,用纱布过滤至烧杯中,用生理盐水依次做10倍递增稀释液。

抗菌率计算公式为

$$R = \frac{B - C}{B} \times 100\%$$

式中: R 为抗菌率,%; B 为空白对照样品平均回收菌数,CFU/片; C 为试验抗菌样品平均回收菌数,CFU/片。

1.3 保鲜性能测试

1.3.1 试验方案 试验设包装1(CK)、包装2、包装3、包装4、包装5、包装6以及包装7共7组。于06:00开始采摘大棚内的白菜,去根去泥,装于塑料框内,立即运输至实验室用薄膜样品包装。每袋白菜250 g,每组12袋,全部样品置于室温下贮藏。整个试验时间内环境温度为(25±2)℃,湿度为(65±5)%。观测时间为4 d,每天随机抽取3份平行样品进行测定。

1.3.2 测定项目及方法

1.3.2.1 白菜失质量率。

$$W = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

式中: W 为失质量率,%; m_0 为白菜贮藏前质量,g; m_1 为白菜贮藏后质量,g。

1.3.2.2 白菜色差值 采用CR 400便携式色差仪直接测定白菜的黄色值(b^*),每份白菜测定3次取平均值。

1.3.2.3 白菜新鲜度 根据表1打分并计算平均值。

1.3.2.4 包装袋内CO₂、O₂含量测定 保鲜袋内CO₂、O₂含量采用CYES-Ⅱ型CO₂/O₂气体测定仪进行测定,用取样注

表 1 白菜新鲜度评分情况

白菜叶片情况	新鲜度评分 (分)
刚采摘,色正,自然光泽	9~10
颜色鲜绿,有光泽	7~9
有暗色,光泽降低,开始出现萎蔫	5~7
外叶开始出现黄绿色	2~5
内叶、外叶均变黄,严重萎蔫,有腐烂味	0~2

射器抽取 50 mL 左右新鲜空气注入仪器进行仪器校准(O_2 含量为 21%、 CO_2 含量为 0%)后,将注射器针头插入试验组包装袋内取 50 mL 左右袋内气体,注入仪器,待数据稳定后,读出 CO_2 与 O_2 的体积占比。

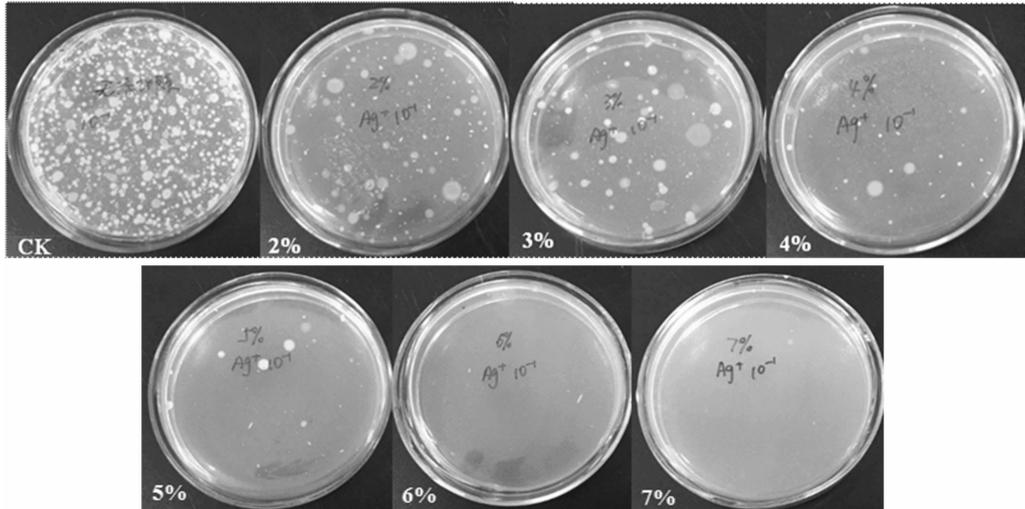


图 1 不同纳米银含量的薄膜对白菜上菌群的抑制效果

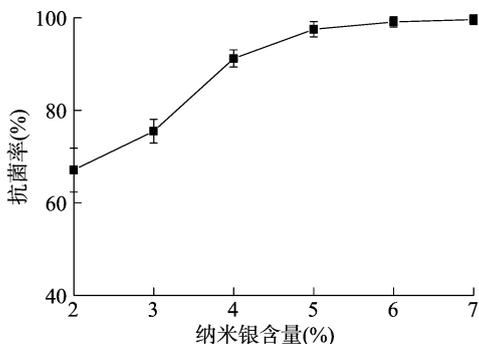


图 2 不同纳米银含量的薄膜对白菜上菌群的抗菌率

带根白菜不经过任何处理,附着着田间的各种微生物,白菜菌群中微生物种类多样化,纳米银-PE膜对其抗菌效果仍然很显著,说明纳米银材料的确具有广谱抗菌、强效抗菌的特点。

2.2 不同纳米银含量薄膜的保鲜性能

2.2.1 不同纳米银含量 PE 膜包装对白菜失质量率的影响

白菜采后的呼吸作用和蒸腾作用是导致其失水、失质量的生理机制。失水导致白菜品质降低,白菜的失质量率即可表征白菜的失水情况。从表 2 可以看出,白菜的失质量率在测定周期中随着贮藏天数的增加逐渐增大,而纳米银组白菜的失质量率要略低于对照组。在贮藏 4 d 时,对照组白菜的失质量率最大,为 3.77%,纳米银含量为 2%、3%、4% 的试验

2 结果与分析

2.1 不同纳米银含量保鲜膜的抗菌性能

不同纳米银含量的 PE 膜对白菜上所携带微生物的抗菌效果和抗菌率分别见图 1、图 2。纳米银薄膜接触过的菌液经过培养得到的菌落总数明显小于对照组,当 PE 薄膜中纳米银含量达 4% 时,仅有很少量的菌落长出。具体抗菌率由图 2 可知,2% 纳米银含量的薄膜对白菜菌群的抗菌率为 67.1%,3% 纳米银含量的薄膜对白菜菌群的抗菌率为 75.5%。4% 和 5% 纳米银含量的薄膜对白菜菌群的抗菌率分别达 91.2%、97.5%,对绝大多数的菌落有抑制作用。

组白菜的失质量率分别为 3.58%、3.32%、2.98%,呈现降低的趋势。而纳米银含量大于 4% 的试验组白菜的失质量率基本稳定,没有明显的变化规律。说明纳米银 PE 膜有一定的抑制白菜水分流失和呼吸消耗的作用,纳米银颗粒的存在可加强白菜的保鲜效果。但是纳米银含量并不是越高越好,当纳米银含量 >4% 时,白菜的失质量率没有明显的变化。

表 2 不同纳米银含量的 PE 膜对白菜失质量率的影响

纳米银含量 (%)	失质量率 (%)			
	1 d	2 d	3 d	4 d
0 (CK)	1.62	2.55	3.03	3.77
2	1.58	2.35	2.79	3.58
3	1.62	2.18	2.74	3.32
4	1.51	1.92	2.48	2.98
5	1.60	1.89	2.45	3.19
6	1.52	1.96	2.51	3.06
7	1.49	2.04	2.65	3.11

白菜的失质量主要由水分蒸发引起,保水效果与膜的透湿性有关,水蒸气透过率 (water vapour transmission rate, 简称 WVTR) 是考察膜的透湿性的重要指标,WVTR 值越低,说明水分迁移量越少,水蒸气越不容易通过,白菜越不容易失水。在纳米银 PE 膜中,纳米银存在于 PE 膜的三维结构之间,在一定程度上阻碍了水分子的透过。添加纳米银后膜的透湿性下降,达到延长白菜保鲜期的效果。

2.2.2 不同纳米银含量 PE 膜包装对白菜叶片黄化的影响

白菜贮藏过程中,随着失水萎蔫以及腐烂,颜色由绿色逐渐转变成黄色。在色差测量中, b^* 值表示黄度值, b^* 值越大颜色越黄,因此用 b^* 值表征白菜的颜色变化。由表 3 可知,随着贮藏时间的延长,白菜逐渐萎蔫发黄,表现为 b^* 值逐渐升高。纳米银组黄化程度低于对照组,在贮藏 4 d 时,对照组 b^* 值最大,为 27.03,纳米银含量为 2%、3%、4% 的试验组白菜的 b^* 值分别为 25.41、24.60、22.25,呈现降低的趋势。而纳米银含量大于 4% 的试验组白菜 b^* 值基本稳定,没有明显的变化规律。说明纳米银 PE 膜在抑制白菜腐烂、黄化方面有一定的效果。原因为纳米银 PE 膜具有抗菌作用,延缓了白菜的腐败和萎蔫黄化的过程。但是纳米银含量并不是越高越好,当纳米银含量达到 4% 后,白菜的 b^* 值没有明显的变化。

表 3 不同纳米银含量的 PE 膜对白菜叶片黄化的影响

纳米银含量 (%)	黄度值(b^*)			
	1 d	2 d	3 d	4 d
0(CK)	23.46	24.90	25.99	27.03
2	21.28	21.87	23.05	25.41
3	19.90	21.33	22.49	24.60
4	19.53	20.13	21.88	22.25
5	19.11	21.83	20.56	22.15
6	18.47	19.64	20.84	21.31
7	19.86	20.55	21.68	22.04

2.2.3 不同纳米银含量 PE 膜包装对白菜新鲜度的影响

按表 1 中新鲜度评分标准对常温贮藏的白菜内叶、外叶光泽、萎蔫、气味、腐烂情况进行综合打分,结果见表 4。随着贮藏时间的延长,白菜新鲜度值逐渐降低,纳米银组新鲜度高于对照组。在贮藏 3 d 时,对照组和 2% 纳米银组新鲜度评分最低,仅为 3 分,3% 纳米银组为 4 分,4%、5%、6%、7% 纳米银组新鲜度评分仍达 6 分。在贮藏 4 d 时,对照组、2% 和 3% 纳米银组白菜均失去食用价值,4%、5%、6%、7% 纳米银组白菜新鲜度评分达 4 分,仍然具有一定的食用价值。说明纳米银 PE 膜在保持白菜新鲜度上有一定的效果。分析原因是因为纳米银 PE 膜的抗菌作用延缓了白菜的腐烂过程。

表 4 不同纳米银含量的 PE 膜对白菜新鲜度的影响

纳米银含量 (%)	新鲜度评分(分)			
	1 d	2 d	3 d	4 d
0(CK)	9	4	3	1
2	9	4	3	1
3	9	5	4	2
4	9	7	6	4
5	9	8	6	4
6	9	8	6	4
7	9	8	6	4

2.2.4 不同纳米银含量 PE 包装袋内 CO₂、O₂ 气体含量的变化

在空气组成的体积占比中,O₂ 约占 21%,CO₂ 约占 0.03%。白菜包装贮藏期间,由于白菜的呼吸作用,随着贮藏时间的延长,各组袋内 O₂ 含量均逐渐下降,CO₂ 含量均逐渐上升。在贮藏 4 d 时,对照组 O₂ 和 CO₂ 的体积占比分别为 8.31%、5.72%,7% 纳米银组 O₂ 和 CO₂ 的体积占比分别为 8.49%、5.98%。各组间 O₂ 和 CO₂ 的体积占比差别不大,没有明显的变化规律(表 5)。原因为薄膜中纳米银的添加量不大,对薄膜的透气性没有产生明显的影响,各组白菜的呼吸作

表 5 不同纳米银含量 PE 包装袋内 CO₂、O₂ 气体含量的变化

纳米银含量 (%)	气体类型	气体含量(%)			
		1 d	2 d	3 d	4 d
0(CK)	O ₂	18.39	14.12	11.25	8.31
	CO ₂	1.57	3.08	4.63	5.72
2	O ₂	17.66	14.21	11.39	8.43
	CO ₂	1.60	3.12	4.78	5.89
3	O ₂	18.05	13.88	11.12	8.64
	CO ₂	1.49	3.50	4.82	6.03
4	O ₂	19.21	14.56	11.57	8.41
	CO ₂	1.88	3.81	4.95	5.76
5	O ₂	18.94	14.71	12.04	9.11
	CO ₂	1.76	3.63	5.06	6.17
6	O ₂	17.54	13.88	10.83	8.05
	CO ₂	1.45	2.99	4.34	5.49
7	O ₂	18.75	14.59	12.33	8.49
	CO ₂	1.67	3.55	5.12	5.98

用带来的袋内气体组成变化基本一致。

3 结论

纳米银 PE 膜对白菜上所携带的微生物具有很好的抗菌效果,4% 纳米银含量的薄膜已经对绝大多数白菜上携带的菌群的菌落产生了抑制作用。纳米银 PE 膜有助于提升白菜常温包装保鲜效果,添加纳米银后的薄膜对降低白菜的失质量率、叶片黄化,保持白菜的新鲜度有一定的效果。纳米银含量达 4% 的薄膜包装的白菜在常温贮藏 4 d 时仍具有一定的食用价值。而纳米银含量大于 4% 后,PE 膜的保鲜效果不再提升。纳米银的添加对改善 PE 薄膜的气调作用没有效果。因此,在白菜保鲜中,PE 薄膜中纳米银最佳添加量为 4%。

参考文献:

- [1] Mirsattari S M, Hammond R R, Sharpe M D, et al. Myoclonic status epilepticus following repeated oral ingestion of colloidal silver[J]. *Neurology*, 2004, 62(8): 1408-1410.
- [2] 刘伟, 张子德, 王琦, 等. 纳米银对常见食品污染菌的抑制作用研究[J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(5): 135-137.
- [3] Gottesman R, Shukla S, Perkas N, et al. Sonochemical coating of paper by microbiodicidal silver nanoparticles[J]. *Langmuir*, 2011, 27(2): 720-726.
- [4] 梁凤玲, 王武, 杨妍, 等. 青菜贮藏保鲜工艺研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(13): 342-345.
- [5] 陶佳佳, 谢晶, 王颖荣, 等. 不同预冷方式对贮藏过程切割青菜品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(18): 337-340, 344.
- [6] 韦阳连, 黄小凤, 余金昌, 等. 叶菜保鲜技术研究进展[J]. *广东农业科学*, 2011, 38(4): 91-93.
- [7] 王向阳, 于胜爽, 潘炎, 等. 青菜机械损伤的检测方法研究[J]. *北方园艺*, 2014(5): 26-30.
- [8] 刘晓丹, 谢晶, 徐世琼, 等. 预冷方式与贮藏温度对青菜品质变化的影响[J]. *保鲜与加工*, 2005, 5(4): 32-34.
- [9] 梁晶晶, 王向阳. 气调和 1-MCP 对青菜贮藏保鲜贮存的影响[J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(9): 126-129.
- [10] 徐静, 王小燕, 邹剑锋, 等. 各种保鲜膜与保鲜剂对青菜短期贮藏的影响[J]. *保鲜与加工*, 2007, 7(3): 22-24.