

抗菌薄膜包装材料对马铃薯贮藏品质的影响

袁园¹, 张岩², 杨会歌¹, 刘旭影¹, 牛明军¹, 陈金周¹

(1. 郑州大学, 郑州 450001; 2. 河南牧业经济学院, 郑州 450046)

摘要: **目的** 研究不同包装材料对马铃薯品质的影响, 依据马铃薯品质指标变化, 选取较优的包装与贮藏工艺, 以延长其贮藏期。**方法** 分别用聚乙烯 (PE)、聚丁二酸丁二醇酯 (PBS) 及含有壳聚糖 (CTS)、纳米氧化锌 (Nano-ZnO) 和山梨酸钾 (Pto) 的抗菌薄膜作为包装材料, 以常规贮藏作为对照, 贮存期为 120 d, 每隔 30 d 检测马铃薯块茎品质指标的变化情况, 分别考察包装材料对马铃薯的呼吸强度、维生素 C 含量、葡萄糖含量、褐变度、丙二醛含量、干物质含量、发霉等指标的影响。**结果** 所设计的抗菌薄膜对马铃薯包装处理后, 可有效降低其贮藏过程中的发芽率、腐烂率以及营养物质的流失速度, 有利于维持马铃薯的营养品质及感官品质。其中, 抗菌薄膜 PE/CTS/Pto 作为马铃薯的包装材料时, 可减弱马铃薯的呼吸作用, 还原糖质量分数维持在 0.63%, 丙二醛含量为 0.18 $\mu\text{mol/g}$ 。**结论** 用抗菌薄膜 PE/CTS/Pto 作为马铃薯的包装材料, 可有效延长马铃薯的贮藏期。

关键词: 马铃薯; 保鲜; 生理品质; 包装材料

中图分类号: TB484.6; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)07-0072-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.07.014

Effect of Packaging Materials on Potato Storage Quality with Antibacterial Film

YUAN Yuan¹, ZHANG Yan², YANG Hui-ge¹, LIU Xu-ying¹, NIU Ming-jun¹, CHEN Jin-zhou¹

(1. Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450046, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effect of different packaging materials on the quality of potato and select better packaging and storage process according to the change in the potato quality indicators, so as to extend the storage period. With polyethylene (PE), polybutylene succinate (PBS) and antibacterial film containing chitosan (CTS), nano-zinc oxide (Nano-ZnO) and potassium sorbate (Pto) as the packaging materials, taking the conventional storage as a control, the effects of packaging materials on the respiration intensity, malondialdehyde content, dry matter content, mouldiness and other indicators of the potato were respectively investigated during the 120-day storage period. The change in potato tuber quality indicators was detected every 30 days. The results showed that, after the potato package was treated by the antibacterial film designed, the germination rate and rotting rate of the potato during the storage and the nutrient loss speed could be effectively reduced. It was beneficial to maintain the nutritional quality and sensory quality of the potato. Among them, the antibacterial film PE/CTS/Pto used as the packaging material of potato could slow down the respiration of potatoes, and restore and maintain the sugar mass fraction at 0.63% and malondialdehyde content at 0.18 $\mu\text{mol/g}$. In conclusion, the antibacterial film PE/CTS/Pto used as the packaging materials of potatoes can effectively extend the potato storage period.

KEY WORDS: potato; preserving; physiological quality; packaging material

马铃薯属茄科, 多年生草本块茎类蔬菜, 是一种 需求量极大的粮食兼作物。它和玉米、小麦、水稻、

收稿日期: 2017-09-11

基金项目: 郑州大学博士人才基金 (F0000907)

作者简介: 袁园 (1993—), 女, 郑州大学硕士生, 主攻包装材料。

通信作者: 陈金周 (1959—), 男, 博士, 郑州大学教授, 主要研究方向为包装材料。

燕麦一并被称为世界五大粮食作物。马铃薯因其营养丰富而有“地下人参”的美誉。未来10年,全球马铃薯产量预计将以每年2.02%的速度递增,预计到2020年全球马铃薯生产量将增加到 4×10^8 t以上^[1]。我国马铃薯产业存在资源利用率低下的问题,造成我国马铃薯丰产不丰收、增产不增值的现状。马铃薯在收获后很容易腐烂变质,易遭受细菌侵染,例如由镰刀菌引起的干腐病和黑心病^[2]。为了使马铃薯可以跨区域运输,进行反季节贮藏保鲜,大幅度增加农民收益。马铃薯产业的发展日益受到世界各国的关注,在国内外对马铃薯保鲜工艺的研究中,主要采用保鲜薄膜、喷涂防腐保鲜剂^[3]和日本脱水保鲜包装技术^[4]等方式对马铃薯进行保鲜处理,但多数存在成本高、取材难、不易广泛推广等问题。鉴于目前国内对马铃薯保鲜结合控制干腐病技术进行的研究鲜见报道,这里以抗菌薄膜作为切入点,对马铃薯保鲜包装工艺进行探索,以达到进一步改善保鲜效果来延长其贮存期的目的。

文中以马铃薯为研究对象,分别用聚乙烯(PE)、聚丁二酸丁二醇酯(PBS)及分别含有壳聚糖(CTS)、纳米氧化锌(Nano-ZnO)和山梨酸钾(Pto)的共混薄膜作为包装马铃薯的材料,考察包装材料及贮藏工艺对马铃薯发芽、腐烂状况以及生理品质和营养品质的影响,以期设计可抑制马铃薯发芽和腐烂的保鲜贮存工艺,为该类农产品的加工及其相关食品工业提供科学与技术依据。

1 实验

1.1 材料与设备

主要材料:马铃薯,由超市购买;线性低密度聚乙烯(LLDPE)、聚丁二酸丁二醇酯(PBS),东莞市丹盛塑胶原料有限公司;壳聚糖、结晶氯化钙、壳聚糖、酚酞、草酸、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、可溶性淀粉、麦芽糖、酒石酸钾钠、亚硫酸钠、苯酚乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)、L-半胱氨酸(L-Cys),均为食品级,天津市光复精细化工研究所;3,5-二硝基水杨酸、氢氧化钠、邻苯二酚、愈创木酚、双氧水、2,6-二氯酚、抗坏血酸、草酸、盐酸、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、蛋白胨、琼脂粉、氯化钠、酵母浸粉,均为分析纯级,北京化学试剂公司;纳米氧化锌(Nano-ZnO),麦克林有限公司。

主要设备:DGN-06多功能保鲜封口机,宁波象山绿缘轻工机械制造厂;T6新世纪分光光度计,北京谱析通用仪器有限责任公司;SJ-30×30吹膜机,大连政华洋塑料机械有限公司;OX2/230氧气透过率测试仪,济南兰光机电技术有限公司;JD-CJ-1AH无菌超净工作台,苏州金大净化工程设备有限公司。

1.2 方法

1.2.1 贮前准备

1)新鲜马铃薯的处理。选用大小均匀,表皮无芽无霉、无病虫害及机械损伤、个体完整、肉质洁白的新鲜马铃薯,经水洗后,备用(每份包装500 g)。

2)抗菌薄膜的制备。将原料填入造粒机中制成PE、PE/CTS、PE/CTS/Pto、PE/Nano-ZnO、PBS/CTS复合母粒,相应的复合薄膜由挤出吹膜机制备。

3)抗菌薄膜包装。将处理好的马铃薯分别放置于PE、PE/CTS、PE/CTS/Pto、PE/Nano-ZnO、PBS/CTS等抗菌薄膜中,将其放置于4和25℃条件下进行贮存。

4)包装薄膜拉伸性能的测试。拉伸速度为50 mm/min,测试方法参照GB 1040—1992。

5)包装材料抗菌性能的测试。根据QB/T 2591—2003《抗菌塑料 抗菌性能试验方法和抗菌效果》,采用贴膜抗菌法测试薄膜的抗菌率。

1.2.2 呼吸强度的测定

参考文献[5]的方法,采用静置法进行检测,呼吸强度 Q (mg/(kg·h))的计算:

$$Q = \frac{M_{\text{CO}_2} C (V_1 - V_2)}{m_1 t} \quad (1)$$

式中: V_1 为对照组消耗草酸的体积(mL); V_2 为实验组消耗草酸的体积(mL); t 为反应时间(h); m_1 为样品质量(kg); M_{CO_2} 为 CO_2 的摩尔质量(g/mol); C 为草酸溶液的浓度(mol/L)。

1.2.3 干物质含量的测定

参考文献[5]的方法,进行干物质含量的测定。

1.2.4 丙二醛含量的测定

提取出组织中的丙二醛,称马铃薯2 g,加入2 mL的质量分数为10%的三氯乙酸和少量的石英砂,研磨至匀浆,再加入8 mL蒸馏水,在离心机中以4000 r/min的速率离心10 min。取上清液,测定450, 532, 600 nm波长下的吸光度(分别记作 A_{450} , A_{532} , A_{600})。参考文献[5]的方法,丙二醛含量 C_{MDA} (μmol/g)的计算为:

$$C_{\text{MAD}} = \frac{(6.452(A_{532} - A_{600}) - 0.559 A_{450}) V_{t1}}{V_{s1} m_2} \quad (2)$$

式中: V_{t1} 为提取液总体积(mL); V_{s1} 为测定用提取液体积(mL); m_2 为样品鲜质量(g)。

1.2.5 维生素C含量的测定

参考文献[5]制定维生素C标准曲线并测定含量。每次每组随机抽取马铃薯进行测试。

1.2.6 还原糖的测定

1)绘制标准曲线。参考文献[5]进行标准曲线的绘制。

2) 待测液的提取。准确称量 1 g 马铃薯, 研磨至匀浆, 移入比色管在 85 ℃ 温度下水浴 45 min, 冷却后的滤液用于测定。

3) 样品测定。参照文献[5]测定还原糖质量分数 C_s (%)。

$$C_s = \frac{m_s V_{s2}}{m_3 V_{t2}} \quad (3)$$

式中: m_s 为标准曲线所得葡萄糖质量 (g); V_{s2} 为提取液总体积 (mL); m_3 为样品质量 (g); V_{t2} 为测定所用的体积 (mL)。

1.2.7 褐变度的测定

取待测的新鲜马铃薯 10 g, 研磨后冷冻离心 (10 000 r/min, 20 min), 取上清液倒入试管中, 在 35 ℃ 保温 10 min, 以蒸馏水为空白对照, 在分光光度计波长为 420 nm 处测定其吸光值 A , 用 A 的数值来表示褐变度的大小^[5]。

1.2.8 马铃薯发霉情况

记录表面长有黑色霉菌毛的马铃薯个数。

1.2.9 感官评价

随机取出一袋样品, 并邀请 8 名人员参与评测, 按照色泽、气味、质地和整体外观逐一打分, 再按邓肯氏新复极差法进行差异性分析^[5]。感官评价的评判标准如下。

1) 色泽。色泽鲜黄 (15~20 分); 表面色泽轻微暗淡 (10~15 分); 商品界限, 色泽一般 (5~10 分); 色泽差 (0~5 分)。

2) 外观。无病菌斑 (15~20 分); 无褐变 (15~20 分); 无明显病菌斑 (10~15 分); 无明显褐变 (10~15 分); 表面有肉眼可见病斑 (5~10 分); 有明显褐变 (5~10 分); 病斑较多, 褐变较严重 (0~5 分)。

3) 质地。新鲜 (5~10 分); 坚硬 (15~20 分); 硬脆度较好 (10~15 分); 煮熟后脆度、硬度、水分下降 (5~10 分); 软化程度严重 (0~5 分)。

1.2.10 数据分析

采用 SPSS 20.0 (IBM) 软件分析数值的变化。在数据满足条件的基础上以 Duncan 法对各组数值进行多重比较, 以 P 值是否小于 0.05 来判断结果的差异性。

2 结果与分析

2.1 包装薄膜的性能研究

2.1.1 力学性能

5 种不同薄膜的拉伸强度和断裂伸长率见图 1。由图 1a 可看出不同材料拉伸强度的差异, 其中 PE/Nano-ZnO 的拉伸强度最大, 纳米粒子与 LLDPE

接触面积较大, 两者能够充分吸附、键合, 因此在横向和纵向上都增强了 PE 的拉伸强度^[6]。在 PE/CTS 和 PE/CTS/Pto 薄膜中, 由于 CTS 与 PE 不相容, 所以 PE/CTS 薄膜的拉伸强度下降。由图 1b 可以看出不同材料断裂伸长率的差异。纯 PE 的断裂伸长率最大, 在纵向上断裂伸长率可达 1376%, 加入了抗菌剂后都出现了不同程度的下降, 说明加入抗菌剂后薄膜的韧性减弱。Nano-ZnO 本身模量较大^[7], 因此 PE/Nano-ZnO 抗菌薄膜的断裂伸长率会大于其他的抗菌薄膜。

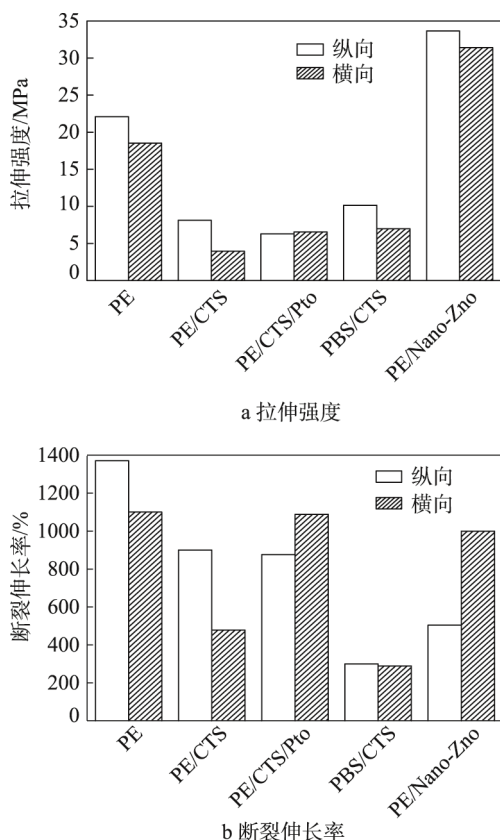


图 1 不同薄膜的力学性能
Fig.1 Mechanical property of different films

2.1.2 薄膜的抗菌性能

不同抗菌复合膜的抗菌效果见图 2, 可以看出, PE 膜的菌斑较多, 平均抗菌率为 5%, 表明 PE 薄膜不具备抗菌性能。添加抗菌剂后, 样品膜上洗脱下来的菌落数逐渐减少, 抗菌性能得到改变, 菌斑明显减少。由图 2d 可以看出, 加入 Nano-ZnO 小分子抗菌剂后, 菌落数明显下降, 抗菌性提高, 抗菌效果良好。由图 2e 可看出, 壳聚糖和山梨酸钾薄膜抗菌效果优异, 这可能是因为壳聚糖与山梨酸钾的协同抗菌作用^[8-9], 山梨酸钾具有亲近脂类物质的特性, 大肠杆菌作为革兰氏阴性细菌, 细胞壁含有较多脂类物质, 使山梨酸钾分子可通过细胞外层进入内部发挥抗菌作用, 达到很好的抗菌效果。

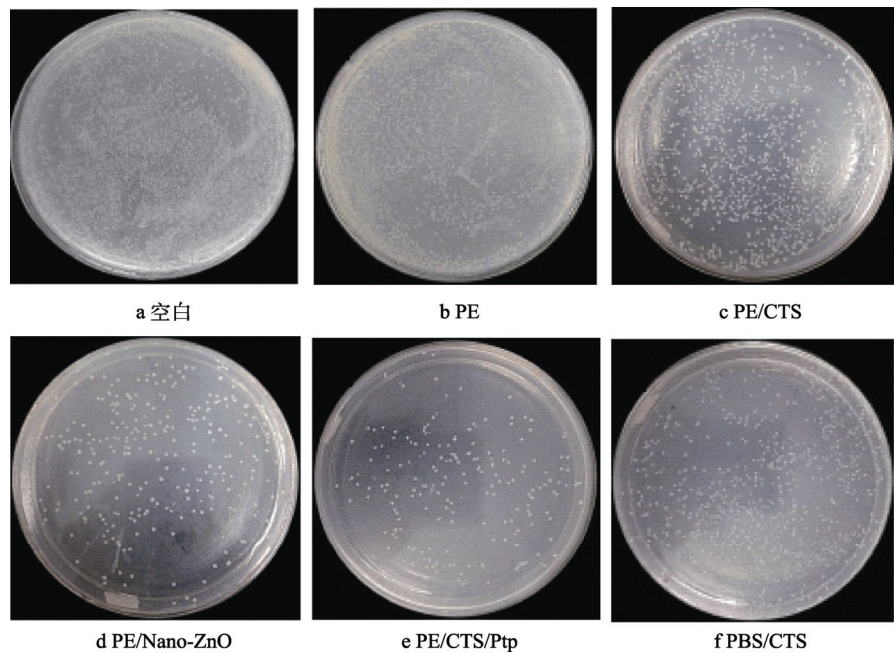


图 2 不同抗菌复合膜的抗菌效果
Fig.2 Antibacterial effect of different composite antibacterial films

不同抗菌复合膜对大肠杆菌的抗菌率见表 1，可以看出，纯 PE 不具备抗菌性能，加入抗菌剂后，复合薄膜开始具备抗菌性能。其中 PE/CTS 抗菌薄膜的抗菌率为 85%，有一定的抗菌性能。Nano-ZnO 小分子在复合膜表面易发挥灭菌作用，PE/Nano-ZnO 抗菌薄膜在洗脱后抗菌率有所下降，这可能是因为 Nano-ZnO 小分子耐水性较差^[10]。PE/CTS/Pto 薄膜抗菌性能较好，添加壳聚糖与山梨酸钾后制得的 PE 复合抗菌薄膜的抗菌率可达到 95.5%，在洗脱 20 次后其抗菌率只出现了轻微下降，保持在 94.8%，具有抗菌持久性。壳聚糖具有无毒、可生物降解的生物功能和生物相容性，有较强的抗菌和抗真菌的活动^[11-12]。壳聚糖通过破坏细胞膜进入菌体细胞内，吸附结合一些带负电的细胞质，扰乱菌体细胞的正常生理代谢，从而抑制细菌生长^[13]。壳聚糖、山梨酸钾与 PE 共混后制备得到的复合抗菌薄膜的抗菌率可达到 95.5%，这是因为壳聚糖与山梨酸钾的协同抗菌作用具有良好的抗菌效果。

表 1 不同抗菌复合膜对大肠杆菌的抗菌率
Tab.1 Antibacterial rate of different composite antibacterial films against E.coli

洗脱次数	PE	PE/CTS	PE/Nano-ZnO	PE/CTS/Pto	PBS/CTS
0	0	85	92.0	95.5	87.9
10	0	83.2	91.1	95.1	85.9
20	0	80	90.4	94.8	85.0

2.2 马铃薯的营养指标

2.2.1 呼吸强度的变化

不同温度下马铃薯呼吸强度变化见图 3。马铃薯块茎呼吸强度均随着贮藏时间的延长呈规律性变化，

在整个贮藏过程中呈缓慢的上升趋势。在低温与常温下贮存马铃薯，前 60 d 的增长速度较慢，后期增长速度加快，这是因为在打破休眠期后呼吸速度加快。在低温下贮藏马铃薯的呼吸强度低于常温下贮藏马铃薯的呼吸强度，这是因为低温贮藏会延长马铃薯的

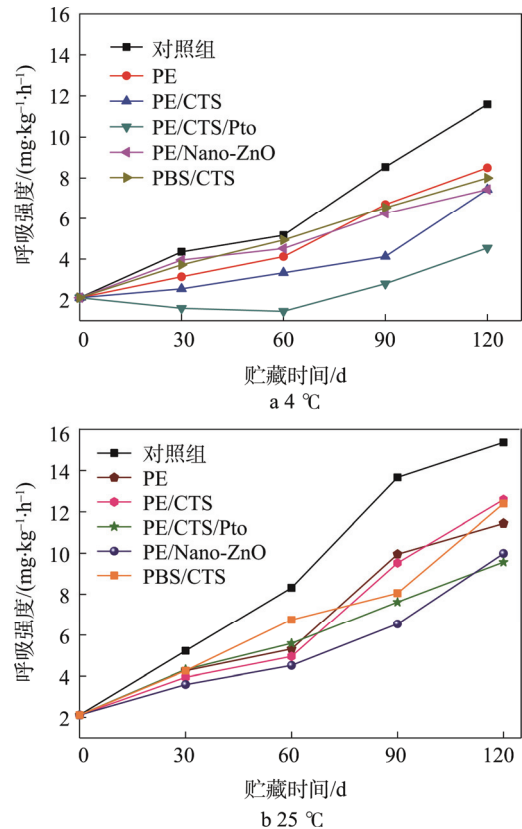


图 3 不同温度下马铃薯呼吸强度的对比
Fig.3 The comparison of potato respiration intensity at different temperatures

休眠阶段导致马铃薯呼吸强度减弱,控制呼吸作用可以适当延长马铃薯块茎的保质期^[14]。使用抗菌薄膜包装后的马铃薯呼吸强度的增长速度比空白对照组的慢($P < 0.05$)。当贮藏温度为4℃时,使用PE/CTS/Pto薄膜包装的马铃薯在贮存120d时呼吸强度为4 mg/(kg·h),保鲜效果最佳。

2.2.2 还原糖含量的变化

不同温度下马铃薯还原糖含量的变化见图4,随着贮藏时间的延长,马铃薯的还原糖含量出现了逐渐增长的趋势。在低温下,马铃薯块茎内部进行呼吸作用释放出的CO₂大量溶解于细胞质中,增加了细胞质的酸度,促进淀粉水解转化成糖^[15]。另外,低温又降低了呼吸速度,减少了还原糖的消耗。在25℃下贮藏时,马铃薯块茎呼吸强度加大造成还原糖消耗,但同时温度升高,马铃薯失水量增加,因此还原糖总量增加。将抗菌薄膜作为马铃薯的保鲜材料使其还原糖的增加速度减慢,PE/CTS/Pto抗菌薄膜包装下的马铃薯还原糖增长速度最慢。在贮存120d时,低温与常温贮藏的还原糖质量分数分别为0.63%和0.69%,这是因为经PE/CTS/Pto抗菌薄膜保鲜的马铃薯的呼吸强度较慢,使PE/CTS/Pto薄膜包装下的马铃薯的还原糖含量维持在较低水平。

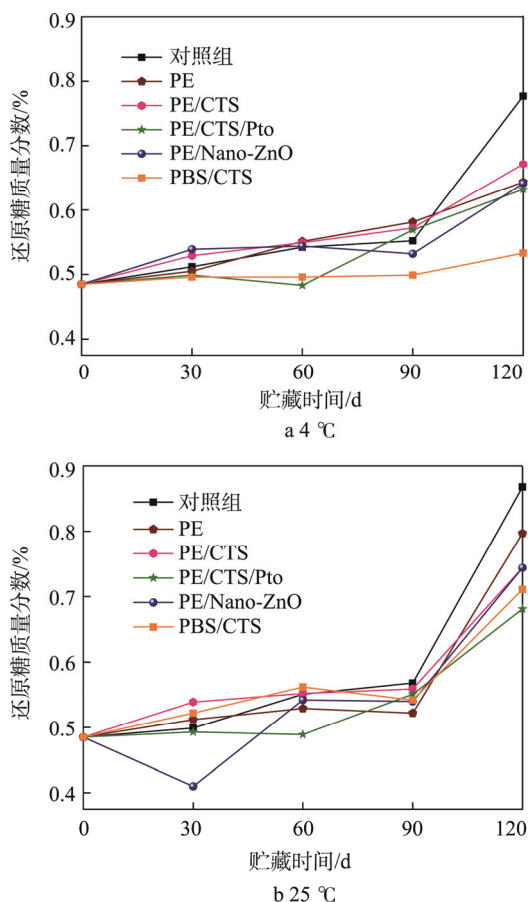


图4 不同温度下马铃薯还原糖含量的对比
Fig.4 The comparison of potato reducing sugar contents at different temperatures

2.2.3 褐变度的变化

不同温度下马铃薯褐变度的对比见图5,可以看出,马铃薯块茎的褐变度随着贮藏时间的延长先下降再上升,用抗菌薄膜包装的马铃薯的褐变度增长速度比常规贮藏的马铃薯的褐变度增长缓慢。在植物细胞受到破坏后,正常的呼吸链被打断,氧气的加入导致褐变度增长^[16]。在低温贮藏时,马铃薯的褐变度在贮藏的前60d都是逐渐下降的,这是因为低温贮藏将马铃薯休眠期增长至60d,导致马铃薯褐变度在贮存期满60d后开始增长。由图5可以看出,低温下贮存马铃薯可以更好地抑制褐变度增长。使用抗菌薄膜保鲜包装的马铃薯的褐变度增长速度得到有效降低,其中PE/CTS/Pto保鲜薄膜减少了马铃薯与氧气的接触,有效维持了马铃薯产品的营养品质及感官品质。

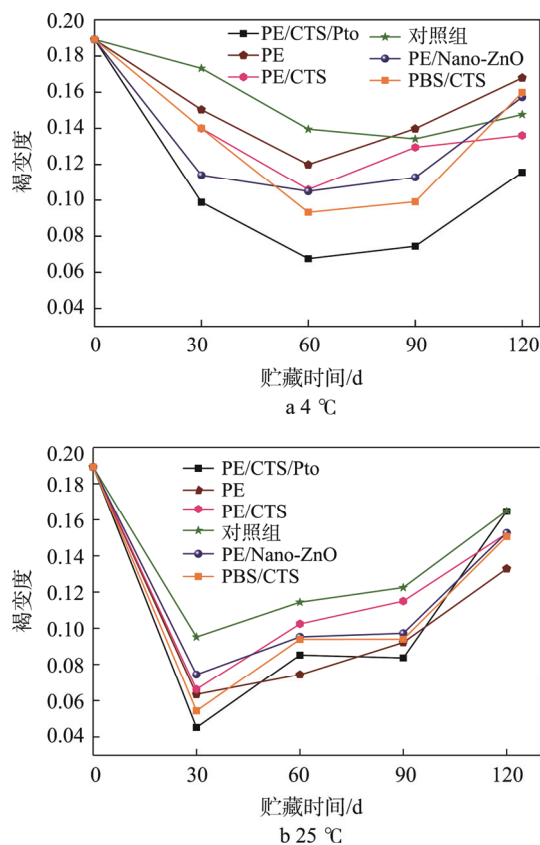


图5 不同温度下马铃薯褐变度的对比
Fig.5 The comparison of potato browning degrees at different temperatures

2.2.4 丙二醛含量的变化

随着贮藏时间的延长,马铃薯的丙二醛含量逐渐增长,丙二醛含量是衡量马铃薯块茎衰老程度的重要指标之一,细胞衰老的结果是自由基通过氧化作用破坏了膜系统,引发膜脂中的不饱和脂肪酸过氧化,导致了丙二醛含量的积累^[17]。不同温度下马铃薯丙二醛含量的对比见图6,可以看出在低温下贮藏的马铃薯丙二醛含量的变化趋势为先降低后增长,这是因为低温下可以减缓马

铃薯的衰老,使用抗菌薄膜包装马铃薯后有效地抑制了丙二醛的增长,而在 25 ℃ 下贮藏的马铃薯丙二醛含量呈现不断增长的趋势。从马铃薯丙二醛含量的变化趋势推测出低温可以减缓细胞的衰老 ($P < 0.05$),其中使用 PE/CTS/Pto 包装的马铃薯保鲜效果良好,优于其他保鲜工艺。

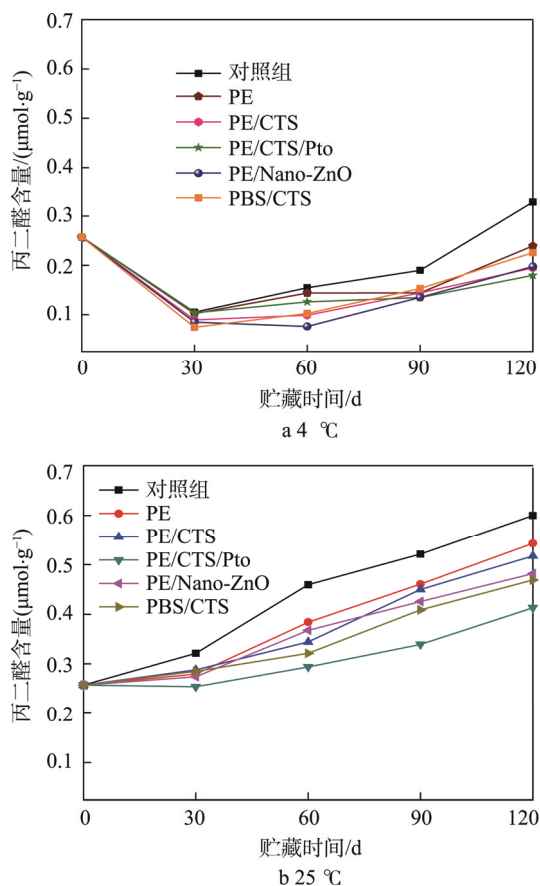


图 6 不同温度下马铃薯丙二醛含量的对比

Fig.6 The comparison of potato malondialdehyde contents at different temperatures

2.2.5 维生素 C 含量的变化

维生素 C 又名抗坏血酸,是具有 L-系糖构型的不饱和多羟化合物,稳定性较差,在食品加工或者贮藏过程中极易受到破坏^[18]。不同温度下马铃薯维生素 C 含量的对比见图 7,可以看出在不同保鲜工艺条件下,马铃薯块茎的维生素 C 含量均呈下降趋势。在 4 ℃ 贮藏马铃薯时,用薄膜包装的马铃薯的维生素 C 含量降低速度较慢,未经保鲜工艺处理的马铃薯维生素 C 含量下降得最快;在 25 ℃ 贮藏条件下,维生素 C 含量下降速度快,这是因为在 25 ℃ 下氧化酶的活性较高,维生素 C 易于被氧化,导致维生素 C 含量减少。

2.2.6 干物质含量的变化

马铃薯干物质是指除了水分以外的淀粉和蛋白质等物质,干物质含量的变化与马铃薯块茎的品种、

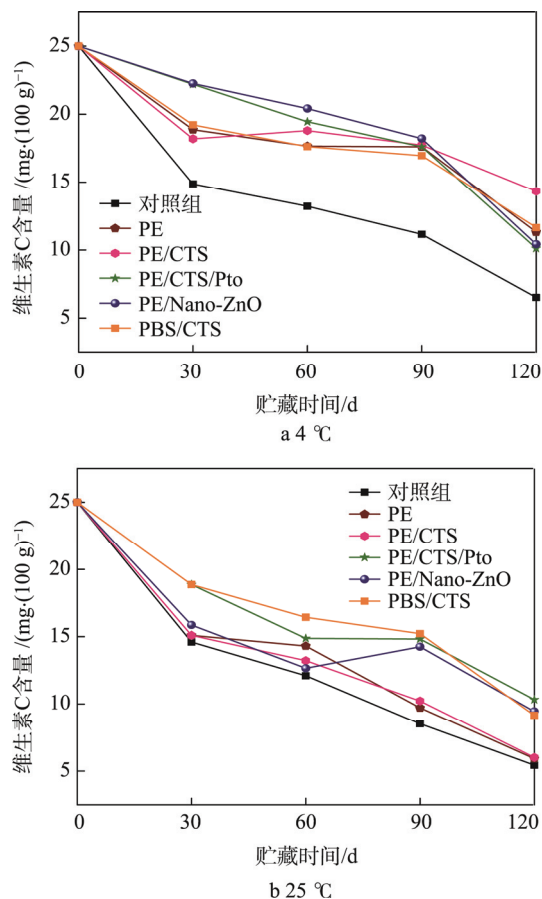


图 7 不同温度下马铃薯维生素 C 含量的对比

Fig.7 The comparison of potato VC contents at different temperatures

区域性、贮藏条件等有关。马铃薯收获后,一系列的生物化学变化导致马铃薯块茎干物质的不断消耗,干物质含量逐渐降低^[19-20]。不同温度下马铃薯干物质含量的对比见图 8,可以看出,不同处理方式和贮藏温度下的马铃薯块茎干物质含量变化不同,表明经过不同处理的马铃薯的耐贮藏性不相同。随着贮存时间的延长,马铃薯干物质的含量逐渐减少,在 4 ℃ 下贮藏的马铃薯的干物质含量减少缓慢,干物质的含量均随着贮藏时间的延长而缓慢下降,且实验组的含量均高于对照组。这是因为在低温下贮藏,马铃薯的呼吸强度和各种酶的活性均较低,从而使得各种营养成分得到较好的保留。抗菌包装薄膜有效地阻止了马铃薯干物质的流失。高温会使马铃薯块茎呼吸消耗的营养物质多,干物质含量下降快,但是高温又会加快水分的散失,块茎贮藏期间干物质含量又会升高,因此导致在 25 ℃ 下贮藏马铃薯的干物质含量变化趋势无明显规律。PE/CTS/Pto 抗菌薄膜包装有效减缓了所包装马铃薯的代谢,使马铃薯各种营养成分得到较好保留。

2.2.7 发霉情况

低温贮存下马铃薯的发霉率低于常温贮藏下马

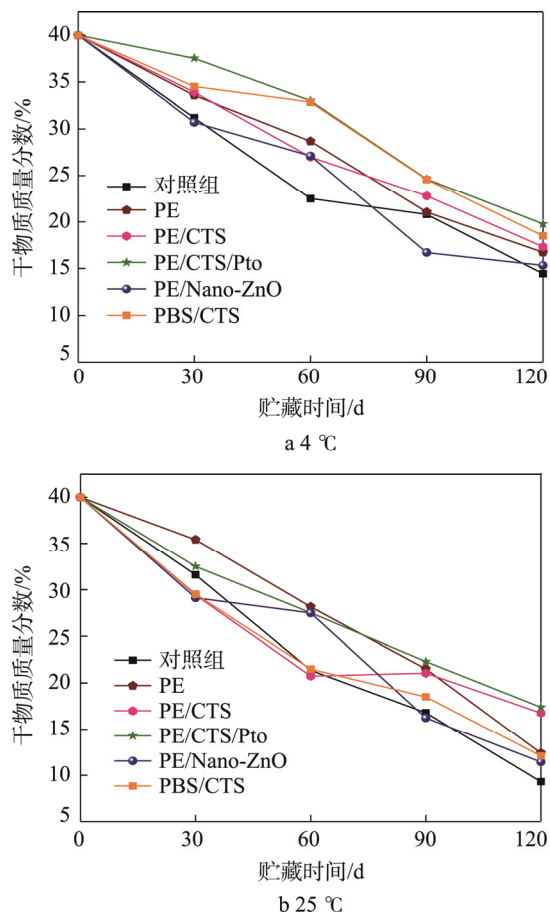


图8 不同温度下马铃薯干物质含量的对比
Fig.8 The comparison of potato dry matter contents at different temperatures

表2 马铃薯感官品质评分变化

Tab.2 The score changes of potatoes in the sensory quality

温度/℃	处理方式	色泽					外观					质地				
		0 d	30 d	60 d	90 d	120 d	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d
4	对照组	18	17	17	16	—	18	17	17	16	—	17	17	16	14	—
	PE	18	16	16	15	13	18	16	16	14	11	18	16	17	14	12
	PE/CTS	17	16	16	15	12	17	18	17	15	12	17	18	15	13	10
	PE/CTS/Pto	18	18	17	16	13	18	17	16	15	13	17	17	16	15	12
	PE/Nano-ZnO	17	17	16	15	12	17	15	15	13	11	18	15	16	14	12
	PBS/CTS	17	15	15	15	11	17	17	12	11	13	18	17	15	11	12
25	对照组	18	17	7	—	—	18	9	7	—	—	18	11	9	—	—
	PE	17	14	11	9	—	17	13	12	10	—	17	13	10	7	—
	PE/CTS	19	16	14	12	9	19	16	13	10	6	18	12	11	9	8
	PE/CTS/Pto	17	16	15	14	11	17	15	13	12	10	17	13	11	10	8
	PE/Nano-ZnO	18	15	14	12	10	18	16	11	9	7	11	11	9	7	6
	PBS/CTS	17	16	15	10	6	17	16	15	10	7	12	10	8	6	6

3 结语

通过研究不同共混抗菌薄膜对马铃薯的保鲜效果,以PE薄膜为对比抗菌薄膜并作为马铃薯的外包装材料,研究抗菌薄膜对马铃薯包装贮藏的效果。马

铃薯的发霉率,在4℃下可以较好地贮藏马铃薯块茎。在4℃下,贮藏120d时仅有空白对照组和使用PE薄膜包装的马铃薯出现发霉,使用抗菌薄膜包装的马铃薯仍保存完好,其中PE/CTS/Pto薄膜包装的马铃薯的发霉数量最少,在低温与常温下贮存120d时,马铃薯发霉个数分别为0和1个。在25℃下裸放贮藏的马铃薯在贮存期为60d时开始腐烂变质,采用抗菌薄膜包装可以减少腐烂,这是因为在添加抗菌因子后改性了聚乙烯,得到具有抗菌防腐性能的薄膜。抗菌薄膜可有效地减少马铃薯的腐烂,并延长其贮藏期。

2.2.8 感官评价

马铃薯感官品质评分变化见表2,可知色泽、外观和质地这3种感官指标出现逐渐下降的趋势。在4℃下贮藏马铃薯120d后,马铃薯的色泽、外观、质地的得分均高于25℃下贮藏的马铃薯感官指标得分,可知低温更有利于马铃薯的贮藏。空白对照组和PE薄膜处理的马铃薯在室温下贮藏45d后产生异味,出现腐烂,表面产生白霉;使用PE共混的抗菌薄膜可延长贮存期,仅有少数产生霉变,其中用PE/CTS/Pto薄膜贮藏120d后,马铃薯的色泽、外观、质地得分分别为13,13,12,各项指数得分相对较高。PE/CTS/Pto抗菌薄膜用作马铃薯贮藏保鲜材料具有良好的保鲜作用,保鲜效果明显,显著高于其他包装组($P<0.05$),能有效延长马铃薯的保质期。

铃薯作为易受细菌侵染的蔬菜,当使用抗菌薄膜进行保鲜时,可有效降低马铃薯贮藏过程中的发芽率和腐烂程度,减少营养物质的流失,采用净装马铃薯处理工艺能显著提高贮藏马铃薯的品质。无论在常温还是在低温条件下贮藏,经过抗菌包装的马铃薯,其营养

成分可得到有效的保持。其中 PE/CTS/Pto 抗菌薄膜作为马铃薯包装材料时, 马铃薯的呼吸强度可降低到 $4.6 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$, 可有效维持维生素 C 的含量, 降低丙二醛的积累, 减少干物质的流失, 使干物质质量分数保持在 22%, 并且经 PE/CTS/Pto 抗菌薄膜处理过的马铃薯在色泽、外观和质地方面都更加优良, 有效地延长了马铃薯的贮藏期, 有极大的推广意义。

参考文献:

- [1] 刘海金. 马铃薯贮藏期间品质变化及涂膜保鲜效果的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
LIU Hai-jin. Research on Quality Change and Preservation Effect of Film during Potatoes Storage[D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2011.
- [2] 李平. 马铃薯加工及培育技术研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013.
LI Ping. Research on Processing and Cultivation of Potatoes[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2013.
- [3] 周长艳. 不同储藏条件下马铃薯生理特性的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
ZHOU Chang-yan. Research on Physiological Characteristics of Potato under Different Storage Conditions[D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2010.
- [4] 李梅, 李守强, 颌敏华, 等. 复合防腐-抑芽剂对净装马铃薯保鲜效果的研究[J]. 农业科技通讯, 2010(8): 103—105.
LI Mei, LI Shou-qiang, JIE Min-hua, et al. Investigate on the Fresh-keeping Effect of Compound Anticorrosion-Suppository on Potatoes[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2010(8): 103—105.
- [5] CHOI S K, BAEK S H, CHOI S W. The Effects of Endurance Training and Thiamine Supplementation on Antifatigue during Exercise[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2013, 17(7): 189—198.
- [6] 马英. 马铃薯的贮藏技术[J]. 青海农林科技, 2009(3): 64—65.
MA Ying. The Storage Technology of Potatoes[J]. Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry, 2009(3): 64—65.
- [7] CAMPOS-FERRAZ P L, BOZZA T, NICASTRO H, et al. Distinct Effects of Leucine or a Mixture of the Branched-chain Amino Acids (Leucine, Isoleucine, and Valine) Supplementation on Resistance to Fatigue, and Muscle and Liver-glycogen Degradation, in Trained Rats[J]. Nutrition, 2013, 29(11): 1388—1394.
- [8] 颌敏华, 李梅, 冯狱琴. 马铃薯储藏保鲜原理与技术[J]. 农产品加工学刊, 2007, 20(8): 47—50.
JIE Min-hua, LI Mei, FENG Yu-qin. Preservation Principle and Technology of Potatoes Storage[J]. The Processing of Agricultural Products, 2007, 20(8): 47—50.
- [9] 李建欣, 庞淑敏, 方贯娜. 马铃薯块茎贮藏技术[J]. 种业导刊, 2010, 12: 31—32.
LI Jian-xin, PANG Shu-min, FANG Guan-na. The Storage Technology of Potato Tubers[J]. Journal of Seed Industry, 2010, 12: 31—32.
- [10] DARMADJI P, IZUMIMOTO M. Effect of Chitosan in Meat Preservation[J]. Meat Science, 1994, 38(2): 243
- [11] JO C, LEE J W, LEE K H, et al. Quality Properties of Pork Sausage Prepared with Water-soluble Chitosan Oligomer[J]. Meat Science, 2001, 59(4): 369—375.
- [12] ZHENG L Y, ZHU J F. Study on Antimicrobial Activity of Chitosan with Different Molecular Weights[J]. Carbohydrate Polymers, 2003, 54(4): 527—530
- [13] MASTROMATTEO M, MASTROMATTEO M, CONTE A, et al. Advances in Controlled Release Devices for Food Packaging Applications[J]. Trends in Food Science & Technology, 2010, 21(12): 591—598.
- [14] PATEL M P, PATEL R R, PATEL J K. Chitosan Mediated Targeted Drug Delivery System: a Review[J]. Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences, 2010, 13(4): 536.
- [15] YOSHIDA C M P, BASTOS C E N, FRANCO T T. Modeling of Potassium Sorbate Diffusion through Chitosan Films[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(4): 584—589.
- [16] JABEEN N, AHMAD R. The Activity of Antioxidant Enzymes in Response to Salt Stress in Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) and Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Seedlings Raised from Seed Treated with Chitosan[J]. Journal of Science Food Agriculture, 2013, 93(7): 1699—1705.
- [17] 任向宇. 马铃薯干腐病田间及贮藏期化学防治效果和致病菌抗药性测定研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2011.
REN Xiang-yu. Research on Chemical Control Effect and Pathogen Resistance of Potato Dry Rot Disease in Field and Storage Period[D]. Huhhot: Inner Mongolia University, 2011.
- [18] RUIZ-NAVAJAS Y, VIUDA-MARTOS M, SENDRA E, et al. In Vitro Antibacterial and Antioxidant Properties of Chitosan Edible Films Incorporated with Thymus Moroderi or Thymus Piperella Essential Oils[J]. Food Control, 2013, 30(2): 386—392.
- [19] 何萌, 王丹, 马越. 不同包装材料对鲜切马铃薯贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(12): 316—323.
HE Meng, WANG Dan, MA Yue. Effects of Different Packaging Materials on Storage Quality of Fresh-cut Potatoes[J]. The Food Science and Technology, 2014, 35(12): 316—323.
- [20] 柳俊超, 王丹, 马越, 等. 不同透性包装材料对鲜切豇豆感官品质的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(1): 54—57.
LIU Jun-chao, WANG Dan, MA Yue, et al. Effects of Different Permeable Packaging Materials on Sensory Quality of Fresh-cut[J]. The Food Industry, 2015, 36(1): 54—57.