

对比 PE 膜与微孔膜对冷藏青萝卜品质的影响

A comparative study on quality of green radish treated by PE film and micro-perforated film at cold storage

吴海清^{1,2} 甄润英^{1,2} 何新益^{1,2} 孙贵宝^{1,2}

WU Hai-qing^{1,2} ZHEN Run-ying^{1,2} HE Xin-yi^{1,2} SUN Gui-bao^{1,2}

(1. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384;

2. 天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384)

(1. *The College of Food Science and Biotechnology of Tianjin Agriculture University, Tianjin 300384, China;*

2. *Tianjin Engineering Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China)*

摘要:为探讨包装材料对青萝卜采后贮藏品质的影响,以卫青萝卜为试材,在 $(2.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 冷藏条件下,分别采用 PE 膜、微孔膜对卫青萝卜进行包装,比较了卫青萝卜主要理化及感官指标变化。结果表明:贮藏期间 PE 膜组和微孔膜组的 V_C 、酸度、可溶性固形物、亚硝酸盐以及还原糖含量变化基本一致,均为先上升后下降。微孔膜组的 V_C 含量、酸度、可溶性固形物含量和失重率均比 PE 组高;PE 组的淀粉酶活性、还原糖和亚硝酸盐含量高于微孔膜组;微孔膜组的质构指标和感官指标优于 PE 组;二者色差指标差异不明显。微孔膜包装处理的卫青萝卜最佳食用期为 5 周,最佳贮藏期为 11 周。PE 组包装处理的卫青萝卜品质随着贮藏时间的延长而逐渐下降,最佳贮藏期为 9 周。微孔膜组的卫青萝卜品质更佳。

关键词: 卫青萝卜;微孔膜;品质;保鲜

Abstract: In order to investigate the effect of the packing materials on the storage quality of green radish, the main physical physics and chemistry indicators and sensory indexes of Weiqing radish were compared at $(2.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, which treated by the polyethylene film (PE) and micro-perforated film. The results showed that, the contents of vitamin C, acidity, soluble solids content and weight loss rate of the treated by micro-perforated film were higher than those of the PE film group. The amylase activity, contents of reducing sugar and nitrite in the treatment of PE film were higher than those in micro-perforated group. The texture index and sensory index of the Weiqing radish treated by micro-perforated film were superior to that of PE film group. The color difference was not obvious. The best ed-

ible period of micro-perforated packaging was storage for 5 weeks, the best preservation period for 10 weeks. The quality of PE group decreased gradually with the extension of storage time, the best storage period for 9 weeks. The quality of micro-perforated group was significantly better.

Keywords: Weiqing radish; micro-perforated film; quality; fresh preservation

天津卫青萝卜是一种重要的水果萝卜类型,素有“赛鸭梨”的美称^[1],其营养丰富还兼具保健功效。但萝卜在贮藏期间易失水、糠心而导致脆性变差,严重影响其食用品质及商品性。低温贮藏是目前萝卜最常见的保鲜方法,且能符合萝卜的贮藏温度 $(0 \sim 3^\circ\text{C})$ ^[2]。

包装材料对果蔬包装的影响极大。赵肖肖等^[3]采用铝箔、塑料两种材料包装干辣椒,避光储藏,发现铝箔包装的干辣椒品质保持最好。何萌等^[4]比较了 3 种不同透性的 PE 包装材料对鲜切马铃薯贮藏品质的影响,研究表明透气性好的 PE2 包装更有利于延缓鲜切马铃薯丝感官品质恶变,延缓组织内 MDA 的积累,抑制褐变及呼吸速率加剧。目前市场出售的保鲜膜按基材主要分为聚乙烯(poly ethylene, PE)、聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)、聚偏二氯乙烯(polyvinyl dichloride, PVDC)和聚丙烯(propene polymer, PP)等^[5]。PVC 保鲜膜具有良好的透光性和气体阻隔性。然而,由于 PVC 保鲜膜在生产过程中加入了环氧化的种子油或植物油作为增塑剂和稳定剂,存在安全隐患。植物油中残留的乙炔氧化物毒性极强,因此油的纯度将直接影响其毒性程度。通常,其分子量越大(即溶解度越小),毒性越弱^[6]。PVDC 是一类能承受高温蒸煮,具有高阻隔性能的塑料。PP 保鲜膜安全、无毒,虽具有高透明度、高耐热性等优点,但其韧性差,温度低于 -35°C 会发生脆化。PE 包装是使用量最大的

基金项目:天津市农业科技合作项目(编号:201410061027)

作者简介:吴海清,女,天津农学院实验师,硕士。

通讯作者:甄润英(1962—),女,天津农学院教授。

E-mail: zhenrunying@tjau.edu.cn

收稿日期:2015-11-25

一类塑料包装制品,被广泛应用于水果蔬菜的包装。微孔保鲜膜是在普通 PE 膜上制备微孔,孔径约 0.01~10 μm,具有较高的气体和水蒸气透过率,既可保持高湿又可防止高 CO₂ 伤害^[7]。李家政等^[8]以微孔保鲜膜和不同厚度的 PE 保鲜膜低温贮藏蜜柚,结果发现在整个冷藏期和货架期,微孔膜组蜜柚的可溶性固形物和可滴定酸含量均高于其它 PE 膜组,可更好地保持蜜柚的良好风味。目前还没有关于包装材料对青萝卜贮藏保鲜效果影响的研究报道。

萝卜表皮缺乏蜡质、角质等保护层,容易蒸散脱水,贮藏湿度不够,萝卜的蒸散作用加强,从而造成薄壁组织脱水变糠;若贮藏温度过高会促使呼吸作用加强,水解作用旺盛,使养分消耗增大,也能造成糠心。因此,贮藏时须保持低温高湿的条件,但又要防止受冻,一般要求温度在 0~3 ℃,但不能低于 0 ℃,相对湿度约为 95%。

本研究拟在低温贮藏条件下,以目前市场常见的 PE 膜包装作为对照,分析检测卫青萝卜主要理化及感官指标的变化情况,研究微孔膜包装对卫青萝卜贮藏品质的影响,旨在为青萝卜贮藏保鲜技术提供理论依据与实践指导。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

青萝卜:天津卫青萝卜,于 2014 年 11 月采于天津市武清区田水铺村暖棚;

包装材料:微孔膜保鲜袋(膜厚度为 0.03 mm,孔径为 0.5~1.5 μm,孔的分布为 36 个/mm²),PE 保鲜袋(厚度为 0.03 mm,无孔),国家农产品保鲜工程技术研究中心。

3,5-二硝基水杨酸、草酸、2,6-二氯喹酚、乙酸锌溶液、亚铁氰化钾溶液、葡萄糖、酚酞、NaOH、氯化铵、硫酸、对氨基苯磺酸、N-1-萘基乙二胺溶液、亚硝酸钠等:分析纯,天大科威试剂公司。

1.2 主要仪器设备

物性分析仪:TA.XT plus 型,英国 SMS 公司;
数显恒温水浴锅:HH 型,金坛市金城国胜实验仪器厂;
台式离心机:TDL-5 型,上海安亭科学仪器厂;
可见分光光度计:WFJ7200 型,上海尤尼柯仪器有限公司;
电子天平:FA2004 型,上海精科天平厂;
高速组织捣碎机:DS-1 型,上海精科仪器厂;
手持折光仪:WYT 型,上海沪粤明科学仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 原料的预处理及贮藏 自暖棚中采摘新鲜卫青萝卜 80 个,重量为 450~500 g/个,要求果形周正且无病虫害、无外伤,将萝卜缨修剪至约 1 cm,并除去萝卜表面泥土,注意勿损伤萝卜表皮。

将卫青萝卜随机分为两组,每组 40 个,其中一组采用 PE 保鲜袋包装,另一组采用 PE 保鲜袋包装,每组萝卜各分装 4 袋,每袋 10 个,其中 1 袋专用于失重率测定,另 3 袋用于其他指标的测定。

两组萝卜均放入(2.0±0.5) ℃冷库中充分预冷(24 h)

后,扎紧袋口,再放入纸箱中存放于冷库。贮藏期间,每 14 d,两组萝卜各随机抽取 3 个进行理化及感官指标检测,并观察萝卜重量变化。

1.3.2 品质指标测定方法

- (1) V_C 含量:按 GB/T 6195—1986 执行。
- (2) 还原糖含量:按 GB/T 5009.7—2008 执行。
- (3) 酸度:按 GB/T 10467—1989 执行。
- (4) 亚硝酸盐含量:按 GB/T 15401—1994 执行。
- (5) 淀粉酶活性:按 GB/T 5521—2008 执行。
- (6) 可溶性固形物含量:根据文献^[7]。
- (7) 失重率:根据文献^[7]。
- (8) 质构:用物性分析仪测定。技术参数:触发力为 5 g,测前速率为 2 mm/s,测后速率为 2 mm/s,测试距离为 8 mm。将萝卜洗净后取距离头部大约 5 cm 左右处切大约 1.5 cm 厚的一段,将此部分放在 P-4 探头下,调整好探头高度向下压萝卜,当发出清脆的萝卜断裂声音时的峰值即为所要测定的数值,重复测定 5 次,取平均值。

(9) 色差指标:用色差仪测定,取样方法同上,将所要测量的部分放置于色差仪的镜头上,使光穿过被测部分,并记下数据,重复测定 3 次取平均值。

1.3.3 感官品质的测定 感观评价小组由 10 位具有一定专业知识的人员组成,感官评分主要从萝卜的色泽、水分、脆度、甜度 4 个指标进行评判,每个方面满分 5 分,总分 20。见表 1,评价后按照标准分别逐项记入评分表。分值在 20~16 为食用品质佳,低于 10 分为食用品质及商品价值差。

2 结果与分析

2.1 V_C和亚硝酸盐含量的变化

由图 1、2 可知,V_C和亚硝酸盐的变化均为先上升后下降,且两种处理方式的变化趋势基本一致,在第 2 周都达到最大值,随后的 3 周中急剧降低而后变化趋于平缓。可能是贮藏初期,由于后熟作用,萝卜中的特定酶类活性较强,将糖

表 1 卫青萝卜感官评分标准

Table 1 Sensory indicators of green radish

分值	色泽	水分	脆度	甜度
5	深绿色且色泽明亮	水分充足,刀切面有水分溢出	用刀尖轻触表皮会出现大的开裂	甜度较高,轻度辛辣感
4	翠绿色且色泽明亮	水分充足,用手轻轻挤压切面有汁液流出	萝卜硬度较强,用刀切时很顺畅,口感脆	稍甜,轻度辛辣感觉
3	淡绿色且色泽较明亮	水分较少,当挤压时刀切面会有少量水分流出	用刀切时需要一定力度,口感较硬	甜味淡,辛辣感明显
2	切面淡绿色,发白,色泽变暗	切开用手挤压几乎无水分流出,少量糠心	萝卜表皮发软,口感脆性差,韧性强	无甜味,明显辛辣感
1	切面发白,无光泽	挤压时无水分流出,糠心明显	整体软化,无脆性	无甜味,辛辣感强

类物质不断合成为还原型的抗坏血酸^[9],致使 V_C 含量明显上升,后期营养物质逐渐消耗殆尽,V_C 也明显下降。蔬菜本身含有一定的亚硝酸盐,采后由于机械损伤导致的愈伤呼吸会使总的呼吸强度在一段时间内增强,植物体内酶活性增加,会导致亚硝酸盐的生成加速。在贮藏后期,由于细菌生长活跃,细菌的硝基还原酶可将植物体内的硝酸盐转变为亚硝酸盐,故亚硝酸盐含量增加。低温可使植物体内的细菌活动受到抑制,硝基还原酶把硝酸盐还原成亚硝酸盐的过程受到阻碍,使植物体内的亚硝酸盐含量减少并趋于稳定^[10]。在整个贮藏期间,微孔膜组 V_C 含量高于 PE 组,PE 组亚硝酸盐含量明显高于微孔膜组;两组萝卜分别在贮藏第 5、6 周时未检出亚硝酸盐。在第 2 周微孔膜组和 PE 组亚硝酸盐含量最高值分别为 0.38,1.50 mg/kg,微孔膜组低于中国 GB 5009.33—2010 中亚硝酸盐限值(≤ 1.0 mg/kg),而 PE 组亚硝酸盐含量超出限值。

2.2 还原糖含量和淀粉酶活性的变化

由图 3、4 可知,两组处理淀粉酶活性和还原糖含量变化趋势一致。在贮藏初期逐渐上升,淀粉酶活性和还原糖含量分别第 2、4 周达到最大值,随后的 3 周内急剧下降,而后趋于平缓。在整个贮藏期间,PE 组均高于微孔膜组。可能是贮藏初期,由于后熟作用,淀粉酶活性增大,淀粉分解成可溶性糖和还原糖,从而使还原糖含量增加,而在贮藏后期,淀粉逐渐消耗,淀粉酶逐渐减少,导致还原糖含量也随之降低^[11]。

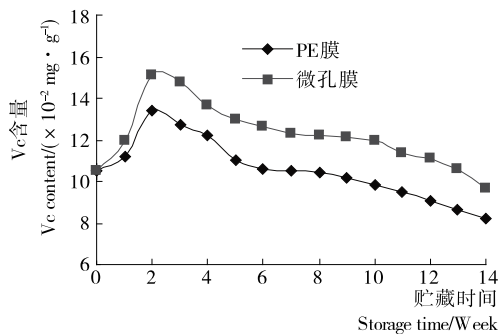


图 1 不同包装条件下卫青萝卜 V_C 含量的变化

Figure 1 Change of Vitamin C content in Weiqing radish under different packaging

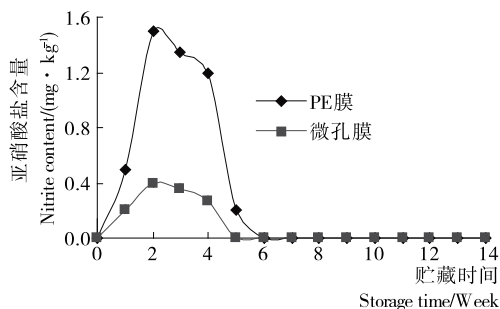


图 2 不同包装条件下卫青萝卜亚硝酸盐含量的变化

Figure 2 Change of nitrite in Weiqing radish under different packaging

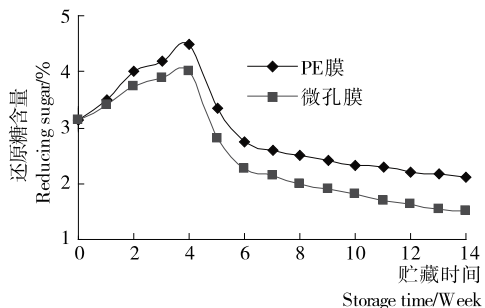


图 3 不同包装条件下卫青萝卜还原糖含量的变化

Figure 3 Change of reducing sugar content in Weiqing radish under different packaging

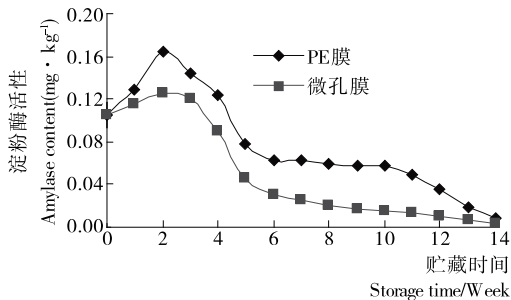


图 4 不同包装条件下卫青萝卜淀粉酶活性的变化

Figure 4 Change of amylase content of Weiqing radish under different packaging

2.3 酸度和可溶性固形物含量的变化

由图 5、6 可知,两组萝卜的酸度和可溶性固形物均表现出先升高后降低的趋势。在贮藏初期逐渐上升,第 2 周达到

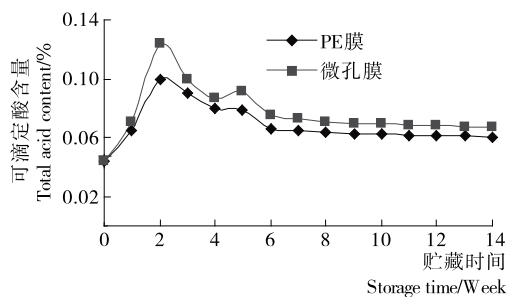


图 5 不同包装条件下卫青萝卜可滴定酸含量的变化

Figure 5 Change of acidity content in Weiqing radish under different packaging

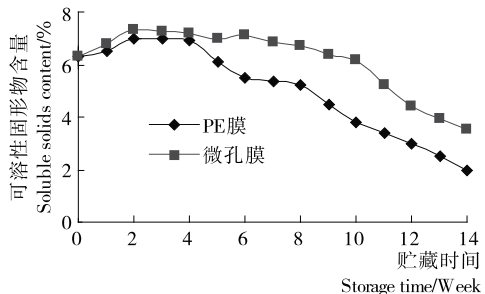


图 6 不同包装条件下卫青萝卜可溶性固形物含量的变化

Figure 6 Change of soluble solids in Weiqing radish under different packaging

最大值,而后逐渐下降,微孔膜组明显高于PE组。可溶性固形物(TSS)是指果蔬中所有可溶性化合物的总称,主要包括可溶性蛋白质、糖类、氨基酸和脂类化合物等,果蔬采后的呼吸代谢能够消耗其中的营养物质,所以TSS是鉴定果蔬贮藏品质的一个重要特征^[12]。贮藏初期淀粉分解为可溶性糖和还原糖,故可溶性固形物含量增加,随着衰老程度的增加,营养物质不断被消耗,可溶性固形物呈下降趋势。在初期还原糖氧化分解成有机酸^[13],引起有机酸增加,随着还原糖不断被消耗,有机酸也不断减少,导致酸度下降。

2.4 失重率的变化

由图7可知,随着保藏时间的延长,萝卜水分的丢失越来越多,失重率越来越大,其中,PE组的水分丢失较少,表明PE膜的保水效果更好。可能是PE膜能抑制萝卜的呼吸作用和蒸腾作用,从而减少失水丢失,故失重率较低。

2.5 脆性、色差和感官的变化

由表2可知,随着贮藏时间的延长,萝卜的脆性不断下降,微孔膜组高于PE组,且变化幅度较小,即微孔膜包装对卫青萝卜脆性的保持效果较好。

色差测定中,*L*值表示的是亮度,黑色=0,白色=100。*a*值反映的是红色,当*a*<0时表示的是绿色程度,*a*值越小,

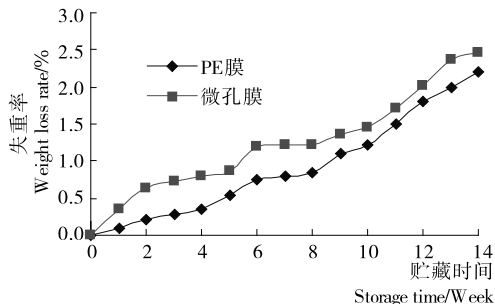


图7 不同包装条件下卫青萝卜失重率的变化
Figure 7 Change of weight loss rate of Weiqing radish under different packaging

绿色程度越高。整个贮藏期间两组处理的卫青萝卜*L*值、*a*值均不断波动,但总体变化幅度不大;亮度和绿色度差异不明显。

在贮藏初期,微孔膜组感官评分呈一个小幅下降然后明显上升,而后逐渐下降的趋势。在第5周时感官评分最高为19分,食用品质最佳,11周后感官品质总分低于10分。PE组感官评分总体呈下降的趋势,9周后感官品质总分低于10分。总体来看微孔膜组感官品质要优于PE组。

表2 脆性、色差和感官的变化

Table 2 The changes of brittleness, color, sensory score

贮藏时间/ 周	PE组				微孔膜组			
	脆性/(g·s ⁻¹)	<i>L</i>	<i>a</i>	感官评分	脆性/(g·s ⁻¹)	<i>L</i>	<i>a</i>	感官评分
0	1 100	45.0	-3.5	18	1 100	45.0	-3.5	18
1	1 060	43.6	-3.0	17	1 070	41.7	-2.9	17
2	1 000	42.5	-2.8	16	1 020	38.5	-2.7	17
3	960	40.4	-3.2	16	990	43.1	-3.9	17
4	900	38.9	-3.4	15	950	47.2	-4.1	16
5	870	48.1	-3.1	16	890	42.3	-2.3	19
6	850	42.5	-3.1	14	850	47.3	-4.1	16
8	810	42.8	-3.4	13	820	43.6	-3.2	12
9	790	45.5	-4.1	12	800	37.6	-2.1	11
10	710	43.0	-2.7	9	780	43.5	-3.5	10
11	690	42.0	-2.7	9	760	42.8	-3.5	10
12	660	40.0	-2.7	9	730	41.0	-3.4	9
13	635	38.5	-2.6	8	700	38.9	-3.3	9
14	610	37.3	-2.6	8	680	37.5	-3.3	9

3 结论

在相同冷藏环境下微孔膜组和PE组的V_C含量、酸度、可溶性固形物、亚硝酸盐以及还原糖含量变化基本一致,均为先上升后下降。两者差异具体表现在:微孔膜组的V_C含量、酸度、可溶性固形物含量均高于PE组,而PE组的还原糖含量和淀粉酶活性要高于微孔膜组,微孔膜组的亚硝酸盐含量低于PE组,整个贮藏期内,微孔膜组均未超过中国国家标准限值,PE组在第2周时超出国家标准;PE组的失重率低于微孔膜组,保水效果好;微孔膜组的感官评分高于PE组,而两组包装处理对卫青萝卜色差、脆性的影响不大。

综合各项理化指标和感官品质的变化,可以看出微孔膜组的卫青萝卜品质要优于PE组;微孔膜包装处理的卫青萝卜最佳食用期为5周,最佳贮藏期为11周。PE组包装处理的卫青萝卜品质随着贮藏时间的延长而逐渐下降,应尽早食用,最佳贮藏期为9周。

本研究发现微孔膜包装对卫青萝卜保鲜效果较好,与PE包装相比,贮藏期可延长1周,但仍需进一步探索其他包装材料和保鲜技术对卫青萝卜贮藏品质的影响,为萝卜贮藏产业化提供更广阔的平台。

(下转第136页)

2009, 90(4): 453-462.

[3] Sánchez-González L, Cháfer M, González-Martínez C, et al. Study of the release of limonene present in chitosan films enriched with bergamot oil in food simulants[J]. *Journal of Food Engineering*, 2011, 105(1): 138-143.

[4] Hu Chang-ying, Chen Mo, Wang Zhi-wei. Release of thymol, cinnamaldehyde and vanillin from soy protein isolate films into olive oil[J]. *Packaging Technology & Science*, 2012, 25(2): 97-106.

[5] Rodriguez F, Sepulveda H M, Bruna J, et al. Development of cellulose eco-nanocomposites with antimicrobial properties oriented for food packaging[J]. *Packaging Technology & Science*, 2013, 26(3): 149-160.

[6] Jipa I M, Stoica-Guzun A, Stroescu M. Controlled release of sorbic acid from bacterial cellulose based mono and multilayer antimicrobial films[J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2012, 47(2): 400-406.

[7] Pintado C M B S, Ferreira M A S S, Sousa I. Control of pathogenic and spoilage microorganisms from cheese surface by whey protein films containing malic acid, nisin and natamycin[C]// 4th European Symposium of IAFP. [S. l.]: *Food Control*, 2008: 240-246.

[8] Ramos S L, Santos A C, Leão M V, et al. Antimicrobial activity of edible coatings prepared from whey protein isolate and formulated with various antimicrobial agents[J]. *International Dairy Journal*, 2012, 25(2): 132-141.

[9] Rocha M D, Loiko M R, Tondo E C, et al. Physical, mechanical and antimicrobial properties of Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) protein films incorporated with organic acids[J]. *Food Hydrocolloids*, 2014, 37(2): 213-220.

[10] 李学红. 环糊精在抗菌食品包装中的基础应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007: 55-67.

[11] 屠洁, 刘冠卉, 李前龙, 等. 壳聚糖-甘油-丝素共混膜的制备及性能研究[J]. *食品与机械*, 2010, 26(6): 34-36.

[12] Singh T P, Chatli M K, Sahoo J. Development of chitosan based edible films: process optimization using response surface methodology[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 52(5): 2 530-2 543.

[13] 李崇高, 黄建初, 薛海波, 等. 改性葡甘聚糖/壳聚糖共混膜在甜玉米保鲜中的应用[J]. *食品与机械*, 2013, 29(3): 202-205.

[14] Sangsuwan J, Rattanapanone N, Pongsirikul I. Development of active chitosan films incorporating potassium sorbate or vanillin

to extend the shelf life of butter cake[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2014, 50(2): 323-330.

[15] Hosseini M H, Razavi S H, Mousavi M A. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils[J]. *Journal of Food Processing & Preservation*, 2010, 33(6): 727-743.

[16] 王竹天, 宋凤英, 高鹤娟. 食品中对羟基苯甲酸乙酯, 丙酯含量分析方法[J]. *中国食品卫生杂志*, 1989(2): 27-29.

[17] 王金龙. 对羟基苯甲酸丁酯的安全性及其应用瓶颈[J]. *现代食品科技*, 2009, 25(8): 960-963.

[18] 邹玉萍, 夏文水. 尼泊金酯对蒸煮袋熟鱼防腐保藏[J]. *食品与生物技术学报*, 2009, 28(2): 167-171.

[19] 林忠洋, 马万里, 齐迹, 等. 对羟基苯甲酸酯类防腐剂的人体暴露[J]. *化学进展*, 2015(5): 614-622.

[20] 刘慧, 徐诚, 刘倩, 等. 对羟基苯甲酸酯类内分泌干扰效应的研究进展[J]. *卫生研究*, 2016(1): 155-158.

[21] Yu Wen-xi, Wang Zhi-wei, Hu Chang-ying, et al. Properties of low methoxyl pectin-carboxymethyl cellulose based on montmorillonite nanocomposite films[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2014, 49(12): 2 592-2 601.

[22] ASTM. ASTM D1003-2011 Standard test method for haze and luminous transmittance of transparent plastics[S]. Philadelphia, PA: In annual book of ASTM standards, 2011.

[23] 钟宇. 葛根淀粉基可食性包装膜物化与抗菌性能的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2012: 57-96.

[24] ASTM. ASTM D882-02 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting[S]. Philadelphia, PA: In Annual Book of ASTM Standards, 2002.

[25] Hernandez-Munoz P. Mechanical and water barrier properties of glutenin films influenced by storage time 60[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 52(1): 79-83.

[26] 王亚珍, 谢晶, 李立, 等. 壳寡糖对壳聚糖-明胶-壳寡糖三元复合膜的性能影响研究[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(8): 134-137.

[27] 张智宏, 程春生, 覃宇悦, 等. 壳聚糖/柠檬草精油复合膜的制备及性能研究[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(9): 150-153.

[28] 鲍文毅, 徐晨, 宋飞, 等. 纤维素/壳聚糖共混透明膜的制备及阻隔抗菌性能研究[J]. *高分子学报*, 2015(1): 49-56.

[29] 陈国安, 杨凯, 彭昌亚, 等. 新型食品防腐剂——尼泊金酯[J]. *中国调味品*, 2003(3): 31-36.

(上接第130页)

参考文献

[1] 姚星伟, 李素文, 王洲, 等. 我国水果萝卜品种类型及产业发展对策[J]. *中国蔬菜*, 2007(8): 42-44.

[2] 张平, 李志文, 王莉, 等. 基于穿刺测试的沙窝萝卜质构特性分析[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(10): 196-199.

[3] 赵肖肖, 王丹, 马越, 等. 温度及包装材料对干辣椒贮藏期间品质的影响[J]. *食品与机械*, 2013, 29(5): 182-184.

[4] 何萌, 王丹, 马越, 等. 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): 316-319.

[5] 郜海燕, 陈杭君, 穆宏磊, 等. 生鲜食品包装材料研究进展[J]. *中国食品学报*, 2015, 15(10): 1-7.

[6] 陈志锋, 潘健伟, 储晓刚, 等. 塑料食品包装材料中有毒有害化学残留物及分析方法[J]. *食品与机械*, 2006, 22(2): 3-7.

[7] 李家政, 毕大鹏. 膜包装对鸭梨贮藏品质的影响[J]. *果树学报*,

2010, 27(1): 57-62.

[8] 李家政, 毕大鹏. 不同保鲜膜包装对蜜柚冷藏效果和货架品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(1): 315-315.

[9] 范妹含, 王艳颖, 刘鸿靖, 等. 鲜切萝卜在贮藏过程中营养成分变化的研究[J]. *现代园艺*, 2013(1): 11-13.

[10] 谭帼馨. 蔬菜和肉类亚硝酸盐的测定研究及其在贮藏中的变化[D]. 广州: 广东工业大学, 2001: 38-39.

[11] 李寿田, 周健民, 朱世东, 等. 萝卜贮藏期间木质素、纤维素和可溶性糖含量变化及其与糠心的关系[J]. *安徽农业大学学报*, 2001, 28(3): 255-258.

[12] 马丽, 乔勇进, 张娜娜, 等. 不同贮藏温度及薄膜包装对采后金针菇品质的影响[J]. *上海农业学报*, 2015, 31(2): 40-44.

[13] 张洪渊, 万海青. 生物化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 159-163.