

技术专论

含 α -生育酚的PE/PVA活性包装膜对鲜切苹果品质的影响

陈晨伟, 谢晶, 贺璇璇, 房婧婕, 杨福馨, 李少玮, 周青
(上海海洋大学, 上海 201306)

摘要: **目的** 研究含 α -生育酚的聚乙烯/聚乙烯醇(PE/PVA)活性包装膜对鲜切苹果品质的影响。**方法** 通过溶液-涂布法制备得到含不同浓度 α -生育酚的PE/PVA薄膜,测定分析贮藏期间含不同浓度 α -生育酚的PE/PVA薄膜对鲜切苹果的色泽、质量损失率、硬度、维生素C含量、可滴定酸含量以及多酚氧化酶(PPO)活性的变化。**结果** 含 α -生育酚的PE/PVA薄膜可以使鲜切苹果的褐变减缓,失重率增加,硬度、维生素C含量和可滴定酸含量下降,抑制了其PPO活性,随着包装膜中 α -生育酚含量的增加,对鲜切苹果品质的保护效果越好。**结论** 该活性包装膜可以减缓鲜切苹果的品质变化,证明向包装薄膜中添加抗菌剂、抗氧化剂等来达到延长食品货架期是有效的。

关键词: 鲜切苹果; α -生育酚; 聚乙烯醇; 活性包装膜; 品质

中图分类号: TB484.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)21-0017-05

Effect of PE/PVA Active Packaging Film Containing α -Tocopherol on Quality of Fresh-cut Apple

CHEN Chen-wei, XIE Jing, HE Xuan-xuan, FANG Jing-jie, YANG Fu-xin, LI Shao-wei, ZHOU Qing
(Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to study the effects of PE/PVA active packaging film containing α -tocopherol on the quality of fresh-cut apple. PE/PVA active packaging films containing different α -tocopherol concentrations were obtained through the solution-coating method and then applied to package fresh-cut apple. The changes of quality indexes were measured periodically during storage, including color, weight loss, firmness, VC content, titratable acid (TA) content and polyphenol oxidase (PPO) activity. The results showed that the PE/PVA active packaging film containing α -tocopherol could slow down browning, weight loss increasing, firmness descending, VC content and titratable acid content reducing of fresh-cut apple and inhibit its PPO activity. The fresh-keeping effectiveness for fresh-cut apple became better with increasing α -tocopherol concentration in PE/PVA active packaging film. In conclusion, it was shown that the PE/PVA active packaging film containing α -tocopherol could slow down the quality change of the fresh-cut apple. It proved that adding antimicrobial or antioxidant agent into packaging film to improve the shelf-life of food was viable.

KEY WORDS: fresh-cut apple; α -tocopherol; PVA; active packaging film; quality

鲜切果蔬因其可以直接食用、方便、富有营养,因而广受消费者青睐,且发展迅速。鲜切苹果是指新鲜

收稿日期: 2015-04-07

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2013BAD19B06); 上海研发公共服务平台建设专项(11DZ2292800); 上海市高校青年教师培养资助计划(B-5409-13-0014); 上海海洋大学青年科研基金(A-0209-13-0600429); 上海市大学生创新项目(201531015059)

作者简介: 陈晨伟(1983—),男,浙江台州人,博士研究生,上海海洋大学讲师,主要研究方向为食品保鲜与包装技术。

通讯作者: 谢晶(1968—),女,浙江人,博士,上海海洋大学教授、博导,主要研究方向为食品冷冻冷藏与保鲜技术。

苹果经分级、清洗、去皮、切分、保鲜及包装处理,供消费者立即食用或餐饮业使用的一种新式苹果加工产品,具有即食、方便、安全的特点^[1]。果实经过切分后,组织结构遭到了破坏,产生了一系列不利于其营养品质保持的生理生化反应,如呼吸加剧、蒸腾作用加快、氧化褐变等,保鲜包装技术成为制约其发展的关键因素。由此,开发出具有良好保鲜效果且更具安全性的保鲜包装技术,对鲜切果蔬加工产业的发展会产生巨大的推动作用。

目前国内外对鲜切苹果的保鲜研究主要集中在保鲜剂^[2]、气调包装^[3-4]、活性包装^[5-6]等保鲜技术方面。活性包装薄膜作为一种非常具有发展潜力的新型包装技术,近年来得到了国内外相关研究人员的关注,其主要形式是向包装薄膜中添加抗菌剂、抗氧化剂等来取代或减少直接向食品中添加各种防腐剂^[7],达到延长食品货架期的效果。聚乙烯醇(PVA)由于其具有生物相容性、生物降解性、无毒及环境友好性等优点,在涂层、纸包装粘合剂、乳化剂、分散剂等领域得到广泛研究应用,食品药品监督管理局(FDA)和欧洲食品安全局(EFSA)同时表明PVA作为食品涂层使用无安全风险^[8-9],更推动了其在食品包装领域中的研究。由于PVA具有亲水性的特点,因而在一定程度上限制了它在食品包装上的应用。目前国内外较多研究报道了以PVA为基材的抗菌包装膜以及活性物质对其性能的影响^[10-15],但将其应用于生鲜食品保鲜的研究仍不多。 α -生育酚是自然界中分布广泛、含量丰富、活性高的维生素E形式,被广泛应用于高脂类食品的抗氧化剂,国外已有研究表明含 α -生育酚的涂膜保鲜可延长鲜切苹果的保鲜效果^[16-17],国内未见有 α -生育酚应用于鲜切果蔬方面的相关研究报道。文中以PVA为基材,制备得到含 α -生育酚的PVA涂布液,将其涂布于PE薄膜上制备得到含 α -生育酚的PE/PVA复合薄膜,并应用于鲜切苹果包装,通过测定其贮藏期间的相关质量指标评价该活性包装薄膜对鲜切苹果的品质影响,以期为后续深入研究及其在食品工业中的应用提供基础。

1 实验

1.1 材料

实验材料为苹果,红富士品种。选择新鲜、成熟度一致、大小及颜色均匀相近、无病虫害及损伤的果实,购买于山东烟台牛轭果园,2014年11月5日采摘

后经2 d运输至上海实验室,于2℃条件下贮藏备用。

试剂:乙醇、丙三醇、氢氧化钠、2,6-二氯靛酚、邻苯二酚等,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司; α -生育酚,Sigma公司;PVA树脂(1799),中国石化上海石油化工股份有限公司。

1.2 仪器与设备

仪器与设备:电子天平,YP202N型,上海精密科学仪器有限公司;色差仪,CR-400/410型,柯尼卡美能达控股公司;硬度计,GY-3,温州山度仪器有限公司;紫外可见分光光度计,T6系列,北京普析通用仪器有限责任公司;小型流延机,上海海洋大学自制;超净工作台,BLB-1600型,苏州安泰空气技术有限公司;多功能自动充气塑料薄膜封口机,DBF-1000型,常州市振华包装机械有限公司;恒温恒湿箱,BPS-800CL型,上海一恒科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 包装膜制备

参考张燕的方法^[15],并略作修改,通过溶液法制备得到含不同质量分数 α -生育酚(0, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%)的PVA涂布液,然后将其涂布于经电晕处理过的PE薄膜表面,经过恒温恒湿箱进一步烘干制备得到5种PE/PVA薄膜,分别标记为PE/PVA(不含 α -生育酚)、PE/PVA(α -生育酚 1.0%),PE/PVA(α -生育酚 1.5%),PE/PVA(α -生育酚 2.0%)和PE/PVA(α -生育酚 2.5%),利用塑料薄膜封口机制成一定尺寸的袋子(150 mm×150 mm),其中袋子内层为PVA,最后将袋子装入铝箔袋内抽真空密封保存备用。

1.3.2 鲜切苹果样品处理

工艺流程:原料—清洗—去皮—切分—消毒—包装—贮藏。将新鲜苹果清洗后擦干立即去皮,在超净工作台上纵切后除去果心再横切一分为二切成块状(厚度约为15 mm),将其放入质量分数为1%的NaClO溶液中浸泡3 min后再用蒸馏水冲洗后沥干,然后放置于塑料托盘中,最后装入包装袋内密封,每袋10块约100 g,室温条件下(20℃)贮藏6 d。每天对鲜切苹果的相关质量指标进行测定,包括外观、质量损失率、硬度、维生素C含量、可滴定酸含量及多酚氧化酶(PPO)活性。每次试验重复3次,取平均值。具体分组:CK组,包装袋薄膜为PE/PVA(不含 α -生育酚);A组,包装袋薄膜为PE/PVA(α -生育酚 1%);B组,包装袋薄膜为PE/PVA(α -生育酚 1.5%);C组,包装袋薄膜为PE/PVA(α -生育酚 2%);D组,包装袋薄膜为

PE/PVA(α -生育酚 2.5%)。

1.3.3 质量指标测定

色差采用色差仪测定鲜切苹果切面色泽的变化,以 L^* 和 ΔE 值来表示其褐变程度,为克服果实切面水分含量对 L^* 值的影响,进行两面多点测量求平均值。 L^* 表示亮度,值越小表示褐变程度越高; a 表示从红色至绿色的变化范围, b 表示从黄色至蓝色的变化范围;以 ΔE 表示褐变度,其值越大表示褐变程度越大,计算公式为:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$\text{质量损失率} = \frac{m - m_0}{m} \times 100\% \quad (2)$$

式中: m 为贮藏前果实的质量; m_0 为贮藏后果实的质量。

硬度采用硬度计(测头直径8 mm,压入深度10 mm)按照GB/T 10651—2008方法中果实硬度的测试方法来测定。维生素C采用2,6-二氯酚酚滴定法测定^[12]。可滴定酸含量采用酸碱滴定法^[5]。PPO活性采用庞坤的方法测定^[18],以每分钟吸光度变化0.01为一个酶活性单位,用U/(g·min)表示酶活力。

1.4 数据分析

采用EXCEL,SPSS软件对数据进行统计分析和差异显著性分析。

2 结果与讨论

2.1 不同包装对鲜切苹果外观品质的影响

鲜切水果的外观决定其商品性,但褐变是制约其产业发展的重要问题之一。如图1所示,鲜切苹果的 L^* 值随贮藏时间的延长逐渐减小,亮度不断降低, ΔE 值则随贮藏时间的延长逐渐增加,表明苹果切面的褐变越来越严重。其中第1天褐变最明显,对照组(CK组) L^* 值由73.00降为62.50,下降了14.38%, ΔE 值增加了39.30%,D组 L^* 值则为69.00,下降了5.48%, ΔE 值则增加了20.70%,后期变化趋势相对较平缓。随着PE/PVA薄膜中含 α -生育酚浓度的增加,苹果切面的褐变程度变化趋于平缓,D组效果最好,贮藏至第6天时 L^* 值和 ΔE 值分别为61.40,43.70。各处理组(A,B,C,D组)与对照组之间 L^* 值和 ΔE 值差异显著($P < 0.05$),各处理组相邻浓度之间 L^* 值差异显著($P < 0.05$), ΔE 值差异不显著($P > 0.05$)。由于鲜切苹果在常温(20℃)条件下贮藏,贮藏后期微生物数量会增长

较多,从而加速其品质下降。从感官角度评价,CK组贮藏3 d,鲜切苹果固有的香气减淡,表面局部出现黑点、霉斑,表面组织出现松软;D组效果相对最好,贮藏5 d开始局部出现黑点,第6天出现霉斑。结果表明,该含 α -生育酚包装薄膜可以减缓鲜切苹果的褐变,保持其外观品质。

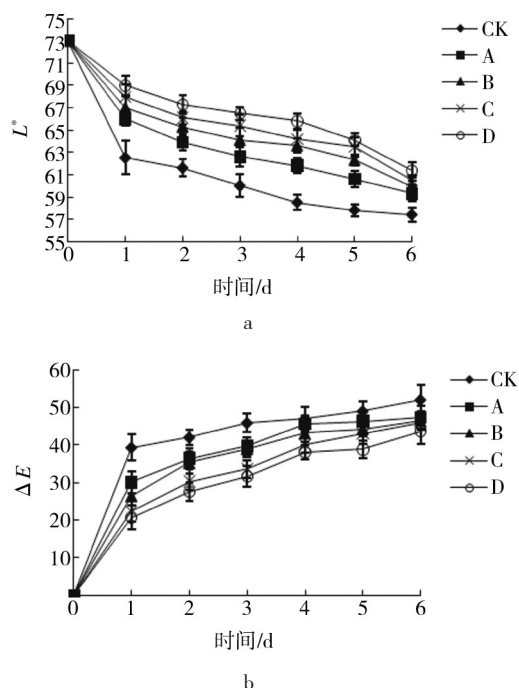


图1 含不同浓度 α -生育酚的PE/PVA包装条件下鲜切苹果 L^* , ΔE 值的变化

Fig.1 Changes of L^* , ΔE value of fresh-cut apple with PE/PVA packaging containing different concentrations of α -tocopherol

2.2 不同包装对鲜切苹果质量损失率的影响

不同包装条件下鲜切苹果的失重率见图2。由图2可知,鲜切苹果的质量损失率随着贮藏时间的延长而增加,处理组质量损失率的增加显著高于对照组($P < 0.05$),B组与C组、C组与D组之间质量损失率的变化差异不显著($P > 0.05$)。总体上质量损失率变化均不明显,相对而言D组质量损失率最小。第1天时,CK组质量损失率为0.94%,D组为0.65%,贮藏至第6天时CK组质量损失率为1.30%,D组为1.04%。究其原因,主要是因为包装薄膜内层聚乙烯醇薄膜具有一定的吸湿保湿性能,抑制了鲜切苹果的水分散失,同时降低了薄膜气体透过性。随着贮藏时间的延长,在包装袋内自发地形成了低氧高二氧化碳的环境,一定程度上抑制了其呼吸作用,保护了鲜切苹果的质量损失。

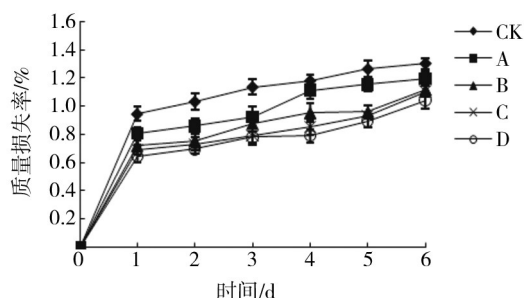


图2 含不同浓度 α -生育酚的PE/PVA包装条件下鲜切苹果质量损失率的变化

Fig.2 Changes of weight loss of fresh-cut apple with PE/PVA packaging containing different concentrations of α -tocopherol

2.3 不同包装对鲜切苹果硬度的影响

硬度下降是鲜切果蔬很普遍的现象。如图3所示,鲜切苹果的硬度随着贮藏时间的延长呈下降趋势,硬度下降快慢程度依次为 $CK>A>B>C>D$,各处理组硬度的下降明显慢于对照组($P<0.05$)。同时鲜切苹果的硬度随着PE/PVA薄膜含 α -生育酚浓度的增加而增加,但B组与C组、C组与D组之间硬度变化差异不显著($P>0.05$)。贮藏到第6天时,CK组苹果的硬度由原来的 8.50 kg/cm^2 降为 6.23 kg/cm^2 ,下降了27.12%,而D组苹果的硬度为 7.4 kg/cm^2 ,只下降了12.91%。果实的软化主要是由果胶酶和蛋白水解酶引起的,切割加工会使果实硬度降低。破伤的细胞释放果胶酶和蛋白水解酶,这些酶通过组织扩散的速度非常高^[17]。

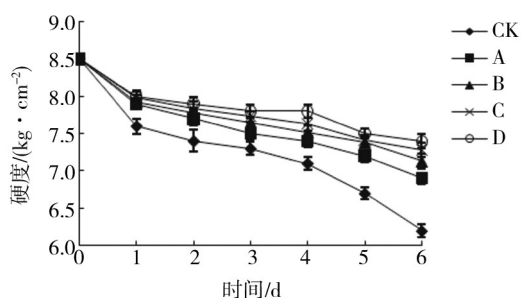


图3 含不同浓度 α -生育酚的PE/PVA包装条件下鲜切苹果硬度的变化

Fig.3 Changes of firmness of fresh-cut apple with PE/PVA packaging containing different concentrations of α -tocopherol

2.4 不同包装对鲜切苹果维生素C和可滴定酸含量的影响

维生素C是不稳定的物质,容易被空气中的氧气还原。不同包装条件对鲜切苹果VC含量的影响见图

4,可知鲜切苹果的VC含量随着贮藏时间的延长而减少,D组效果最好,CK组下降最快,各处理组的VC含量显著高于对照组($P<0.05$),同时各处理组之间差异显著($P<0.05$)。其中CK组鲜切苹果的VC含量在第1天时由原来的 3.90 mg/100 g 下降为 2.81 mg/100 g ,下降了28.21%,而A组贮藏至第5天时为 2.86 mg/100 g ,仍高于CK组第1天时的含量。贮藏至第6天D组VC含量为 3.50 mg/100 g ,仅下降了2.56%。

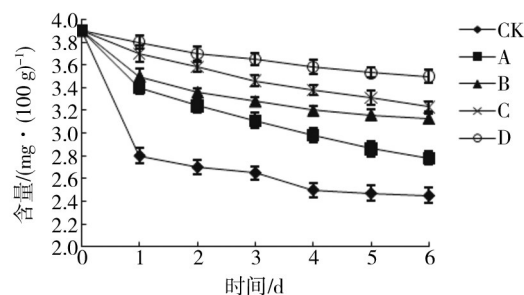


图4 含不同浓度 α -生育酚的PE/PVA包装条件下鲜切苹果VC含量的变化

Fig.4 Changes of VC content of fresh-cut apple with PE/PVA packaging containing different concentrations of α -tocopherol

结果表明,PE/PVA薄膜含 α -生育酚浓度越高,鲜切苹果VC含量的减少量越小,可以更好地保持其VC含量。主要原因可能是PE/PVA薄膜中的 α -生育酚优先与包装袋内以及外界透过薄膜的氧气结合,减少了包装袋内部的氧气,更好地保护了VC含量的变化。

可滴定酸含量(TA)是果实营养品质的重要指标。如图5所示,所有试验组鲜切苹果的TA含量在贮藏过程中呈下降趋势,这是因为部分有机酸在贮藏过程中转化为了糖,由于呼吸作用被氧化为 CO_2 与 H_2O ,同时部分被 K^+ , Ca^{2+} 离子中和,使苹果的酸味消减、风味下降^[19]。由图5可知,CK组TA含量在贮藏过程中下降最明显,各处理组的TA含量显著高于对照组($P<0.05$),各处理组相邻浓度之间差异显著($P>0.05$)。CK组TA含量第1天下降最明显,由原来的0.32%降为0.22%,贮藏至第6天时降为0.10%。各处理组下降趋势相对较平缓,贮藏至第6天时D组的TA含量为0.23%,仍高于CK组第1天的含量。

2.5 不同包装对鲜切苹果PPO活性的影响

PPO是导致鲜切苹果褐变的主要物质,PPO活性越高,褐变越严重^[1]。从图6可以看出,PPO活性呈现先上升后下降的趋势,这与相关研究[1,2,5,16]相符,其中CK组PPO活性在第2天达到最大值 $24.50\text{ U/(g}\cdot\text{min)}$,其他组均在第4天达到最大值,PPO活性

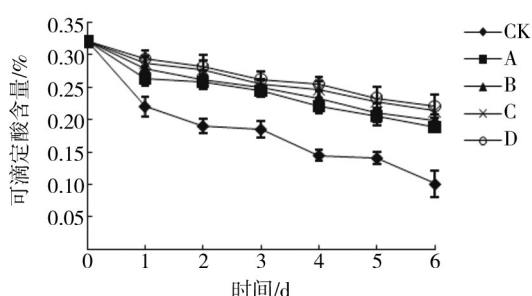


图5 含不同浓度 α -生育酚的PE/PVA包装条件下鲜切苹果可滴定算含量的变化

Fig.5 Changes of titratable acid content of fresh-cut apple with PE/PVA packaging containing different concentrations of α -tocopherol

依次为20.50, 18.80, 17.70, 16.80 U/(g·min), 显著低于CK组($P < 0.05$), 同时所有试验组达到最大值后均逐渐降低。结果表明含 α -生育酚的PE/PVA包装膜对鲜切苹果的PPO活性具有抑制效果, 并且随着含 α -生育酚浓度的增加, 效果越明显。

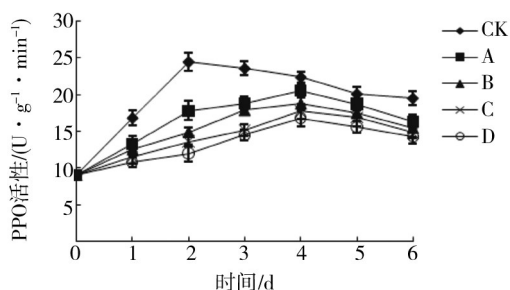


图6 含不同浓度 α -生育酚的PE/PVA包装条件下鲜切苹果PPO活性的变化

Fig.6 Changes of PPO activity of fresh-cut apple with PE/PVA packaging containing different concentrations of α -tocopherol

3 结语

含 α -生育酚的PE/PVA活性包装膜可以减缓鲜切苹果的褐变、质量损失率增加、硬度下降、VC含量和TA含量下降, 抑制其PPO活性, 并且随着包装膜中 α -生育酚浓度的增加, 对鲜切苹果品质的保护效果越好。从抑制褐变的效果来看, 含 α -生育酚的PE/PVA活性包装膜具有一定效果。所有试验组鲜切苹果的质量损失率变化均不明显, 主要是因为包装薄膜内层聚乙烯醇薄膜具有一定的吸湿保湿性能, 抑制了鲜切苹果的水分散失, 同时降低了薄膜气体透过性。随着贮藏时间的延长, 在包装袋内自发地形成了低氧

高二氧化碳的环境, 一定程度上抑制了其呼吸作用, 保护了鲜切苹果的质量损失。PE/PVA活性包装膜对鲜切苹果中VC含量的维持效果较好, 主要原因可能是PE/PVA薄膜中的 α -生育酚优先与包装袋内以及外界透过薄膜的氧气结合, 减少了包装袋内部的氧气, 更好地保护了VC的变化。

综上所述, 含 α -生育酚的PE/PVA活性包装膜可以延缓鲜切苹果品质的下降, 但其作用机制仍要进一步研究。同时证明了向包装薄膜中添加抗菌剂、抗氧化剂等来达到延长食品货架期是有效的, 值得进一步深入拓展, 为推动食品包装技术的发展及其在食品工业中的应用提供基础。

参考文献:

- [1] 李伟锋, 何玲, 冯金霞, 等. 生姜提取物对鲜切苹果保鲜研究[J]. 食品科学, 2013, 34(4): 236—240.
LI Wei-feng, HE Ling, FENG Jin-xia, et al. Effect of Ginger Extract on Preservation of Fresh-cut Apple[J]. Food Science, 2013, 34(4): 236—240.
- [2] 吴昊, 朱俊向, 王成荣, 等. 壳聚糖没食子酸衍生物制备及其对鲜切苹果的保鲜作用[J]. 现代食品科技, 2014, 30(5): 251—257.
WU Hao, ZHU Jun-xiang, WANG Cheng-rong, et al. Preparation of Chitosan Gallic Acid Derivatives and Its Effect on Preservation of Fresh-cut Apple[J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(5): 251—257.
- [3] ROJAS-GRAU M A, GRASA-GUILLEM R, MARTÍN-BELLOSO O. Quality Changes in Fresh-cut Fuji Apple as Affected by Ripeness Stage, Antibrowning Agents, and Storage Atmosphere[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(1): 36—43.
- [4] 车东. 鲜切果蔬产品气调包装工艺及质量评价[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
CHE Dong. Fresh-cut Fruits and Vegetables MAP Packaging Technology and Quality Evaluation[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007.
- [5] LI Xi-hong, LI Wei-li, JIANG Yun-hong, et al. Effect of Nano-ZnO-coated Active Packaging on Quality of Fresh-cut "Fuji" Apple[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011, 46: 1947—1955.
- [6] ZHOU Ling, LYU Si-ning, HE Gui-ping, et al. Effect of PE/AG20 Nano-packaging on the Quality of Apple Slices[J]. Journal of Food Quality, 2011, 34: 171—176.
- [7] 陈晨伟, 段恒, 杨福馨, 等. 释放型食品抗氧化活性包装膜研究进展[J]. 包装工程, 2014, 35(13): 36—42.
CHEN Chen-wei, DUAN Heng, YANG Fu-xin, et al. Research Progress in Release-type Food Antioxidant Active

(下转第33页)

- FENG Guo-dong, ZHOU Yong-hong, GUO Xiao-xin, et al. Optimization of Wood Liquefaction Using Microwave Heating with Response Surface Methodology[J]. Journal of Cellulose Science and Technology, 2009, 17(4): 19—30.
- [17] 孙德彬, 刘文金, 郝景新, 等. 超声波辅助竹片染色工艺优化的研究[J]. 包装工程, 2012, 33(17): 74—78.
- SUN De-bin, LIU Wei-jin, HAO Jing-xin, et al. Optimization of Bamboo Chip Dyeing Process Assisted by Ultrasonic[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17): 74—78.
- [18] 姚文亮, 孙德林, 刘文金. 微波辅助软化尿素浸泡梓木弯曲工艺探讨[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 66—70.
- YAO Wen-liang, SUN De-lin, LIU Wen-jin. Bending Process of Microwave-assisted Softening Urea Soaking Ovata Catalpa Wood[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 66—70.
- [19] 胡成旭, 侯欣彤, 冯永宁, 等. 响应面法优化云芝多糖提取条件的研究[J]. 食品工业科技, 2007(7): 124—130.
- HU Cheng-xu, HOU Xin-tong, FENG Yong-ning, et al. Optimization the Extraction Condition for the Polysaccharides from Coriolus Versicolor Mycelium by Response Surface Methodology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2007(7): 124—130.

(上接第21页)

- Packaging Film[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(13): 36—42.
- [8] WANG Jie, YE Lin. Structure and Properties of Hydrophobic Cationic Poly(Vinyl Alcohol)[J]. Polymer International, 2012, 61: 571—580.
- [9] BEGONYA M, TERESA A, JOSEP M M, et al. Physical Performance of Biodegradable Films Intended for Antimicrobial Food Packaging[J]. Journal of Food Science, 2010, 75(8): 502—507.
- [10] CONTE A, BUONOCORE G G, BEVILACQUA A, et al. Immobilization of Lysozyme on Polyvinylalcohol Films for Active Packaging Applications[J]. Journal of Food Protection, 2006, 69(4): 866—870.
- [11] ALESSANDRO M, KATIA P, PAOLA F. Poly(Vinylalcohol)-based Film Potentially Suitable for Antimicrobial Packaging Applications[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(4): 577—582.
- [12] 史翠平. PVA缓释/控释包装薄膜的研究[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2012.
- SHI Cui-ping. Research on PVA Slow-release/Controlled-release Packing Film[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2012.
- [13] 孙淼. 基于丁香精油/ β -环糊精包合物的聚乙烯醇抗菌膜的制备及性能研究[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2012.
- SUN Miao. The Preparation and Properties Research on the Antimicrobial Film of Polyvinyl Alcohol Based on Clove Oil β -cyclodextrin Inclusion[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2012.
- [14] 张燕, 杨福馨, 蒋硕, 等. 聚乙烯醇柠檬酸改性薄膜对鲜切苹果保鲜性能的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 32—35.
- ZHANG Yan, YANG Fu-xin, JIANG Shuo, et al. Preservation Effects of Citric Acid Modified Polyvinyl Alcohol Film on Fresh-cut Apples[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 32—35.
- [15] 张燕, 杨福馨, 蒋硕, 等. 柠檬酸/PVA抗菌薄膜性能的研究[J]. 包装工程, 2014, 35(21): 10—14.
- ZHANG Yan, YANG Fu-xin, JIANG Shuo, et al. Properties of Citric Acid-loaded PVA Antibacterial Films[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(21): 10—14.
- [16] MARIA L Z, GUTI RREZ-CORTEZ E, ALICIA D R, et al. Fresh-cut Red Delicious Apples Coating Using Tocopherol/Mucilage Nanoemulsion; Effect of Coating on Polyphenol Oxidase and Pectin Methylsterase Activities[J]. Food Research International, 2014, 62: 974—983.
- [17] ZAMBRANO-ZARAGOZA M L, MERCADO-SILVA E, RE-AL L, et al. The Effect of Nano-coatings with α -tocopherol and Xanthan Gum on Shelf-life and Browning Index of Fresh-cut "Red Delicious" Apples[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, 22: 188—196.
- [18] 庞坤, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 鲜切苹果贮藏期间生理生化变化的影响[J]. 食品与机械, 2008, 24(1): 50—54.
- PANG Kun, HU Wen-zhong, JIANG Ai-li, et al. Effects of Temperature on Physio-biochemical Changes of Fresh-cut Apple during Storage[J]. Food and Machinery, 2008, 24(1): 50—54.
- [19] 潘炘, 茅林春, 阙斐, 等. 鲜切果品保鲜技术及其生物学原理研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 172—175.
- PAN Xin, MAO Lin-chun, QUE Pei, et al. Research Advance in Preservation Technologies and Biological Principles for Fresh Cut Fruits[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(6): 172—175.