

肉桂精油微胶囊抗菌纸的研制及对圣女果的保鲜效果研究

岳淑丽¹, 万达², 张义珂¹

(1. 华南农业大学, 广州 510642; 2. 中山火炬职业技术学院, 中山 528436)

摘要: **目的** 研制肉桂精油微胶囊抗菌纸,并在常温条件下研究其对圣女果的保鲜作用。**方法** 采用 β -环糊精包埋技术制备肉桂精油微胶囊,与聚乙烯醇(PVA)溶液混合制备抗菌涂料,测试PVA浓度、肉桂精油微胶囊添加量对抗菌性能的影响。随后采用涂布的方法将制备的抗菌涂料均匀涂布在保鲜纸上,无菌实验室中自然晾干制得抗菌纸,将制备好的抗菌纸在室温下对圣女果进行保鲜试验,研究抗菌纸的保鲜性能。**结果** PVA的最佳使用质量浓度为0.02 g/mL,肉桂精油微胶囊的添加量为1.2 g/50 mL。**结论** 使用肉桂精油微胶囊抗菌纸可明显提高圣女果的货架寿命。

关键词: 微胶囊;抗菌纸;圣女果;保鲜

中图分类号: TB484.1; TS206.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2015)13-0047-05

Development of Microcapsule Antibacterial Paper Made of Cinnamon Oil and Its Application for Preservation of Cherry Tomato

YUE Shu-li¹, WAN Da², ZHANG Yi-ke¹

(1. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

ABSTRACT: The microcapsule antibacterial paper made of cinnamon oil was developed, and its effect on preservation of cherry tomatoes was studied under normal conditions. The microcapsule was prepared with cinnamon oil embedded in β -Cyclodextrin (β -CD). The antibacterial additive was prepared by adding the microcapsule into the PVA solution. The influence of PVA concentration and cinnamon oil microcapsule content on the antibacterial properties was tested. Then, the antimicrobial additive was evenly coated in preservative paper, and eventually the antibacterial paper was prepared through air-drying. The effect of the antibacterial paper on preservation of cherry tomatoes at room temperature was investigated. The optimum concentration of PVA was 0.02 g/mL, the addition amount of the microcapsule cinnamon oil was 1.2 g/50 mL. The results showed that the shelf life of cherry tomato was significantly prolonged by application of the antibacterial paper under the above conditions.

KEY WORDS: microcapsules; antibacterial paper; cherry tomatoes; preservation

果蔬是人们膳食中食物构成的重要组成部分,富含人体所必需的各类营养元素,直接影响人们的身体健康^[1-2]。由于果蔬采摘后自身的生理生化反应^[3]及微生物的污染,大量果蔬在贮运过程中极易发生腐烂变质,造成巨额经济损失。据统计,我国果蔬流通腐损率为25%~30%,每年果蔬损失超过1000亿元,腐烂损耗量占世界首位,而发达国家的果蔬损失率为5%左右^[4-6]。可见,我国果蔬保鲜与国际先进水平之间仍

然存在着较大的差距,因此大力开展果蔬保鲜研究,减少运输和贮藏过程的损耗,具有一定的经济效益和社会效益^[7]。

目前,果蔬贮存和保鲜常用的方法有冷藏、气调、辐照、浸涂保鲜液以及采用抗菌包装材料等^[8-11]。其中,抗菌纸因其环保安全、操作简单、效果明显等优点被广泛应用。肉桂精油是由桂皮、桂枝等部位提取的具有较强的抗菌活性物质。采用 β -环糊精包埋技术

收稿日期: 2014-12-04

作者简介: 岳淑丽(1979—),女,河南人,硕士,华南农业大学讲师,主要研究方向为食品包装、包装设计、功能包装材料。

将肉桂精油包埋在β-环糊精中,使其抑菌成分不易挥发,达到缓释、持效的抑菌效果。聚乙烯醇(PVA)作为重要的化工原料,具有黏性强、毒性小、应用广泛等特点,成为食品包装中最常用粘结剂^[12]。文中采用β-环糊精包埋技术制备肉桂精油微胶囊,与PVA混溶制备抗菌涂料,通过涂布的方式研制一种抗菌纸,并系统地研究抗菌纸对圣女果的保鲜效果。

1 实验

1.1 材料与设备

材料:肉桂精油,化学纯,广州恒信香料有限公司;β-环糊精,上海伯奥生物科技有限公司;PVA 217,日本可乐丽公司;保鲜纸(尺寸为17 cm×23 cm),昆明前格水果保鲜科技有限公司;无水乙醇,分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;大肠杆菌,金黄色葡萄球菌,华南农业大学食品学院;培养基,蛋白胨、琼脂粉,分析纯,北京奥博星生物科技有限公司;牛肉浸膏,分析纯,国药集团化学试剂有限公司;氯化钠,分析纯,广东光华化学厂有限公司;新鲜圣女果(大小相近,无损伤,无腐烂,洗净置于无菌环境中待用)若干,华南农业大学菜场;纯净水,自制。

设备:101-3型电热鼓风干燥箱,上海锦屏仪器仪表有限公司通州分公司;SW-CJ-1F型超净工作台,苏州净化;HH-2数显恒温水浴锅,常州澳华仪器有限公司;BS223S电子天平,奥多利斯科学仪器(北京)有限公司;JB90-S数字显示转速电动搅拌机,上海标本模型厂;SHZ-DⅢ型循环水真空泵,巩义市予华仪器有限责任公司;DHP-9082电热恒温培养箱,上海一恒化学仪器有限公司;606型顶空分析仪,美国MOCON公司;西门子冰箱,博西华家用电器有限公司。

1.2 试样制备

1) 培养基的制备^[12]。氯化钠5 g,牛肉膏5 g,蛋白胨10 g,加水1000 mL,调整pH在7.2~7.6之间。

2) 肉桂精油-β-环糊精微胶囊的制备^[13]。文献[14]显示,肉桂精油-β-环糊精微胶囊制备的最佳包合温度为70℃,时间为2 h。文中参照文献[14]的方法,采用沉淀法制备。称取100 g β-环糊精溶于500 mL蒸馏水中,加热至70℃溶解。准确量取14.4 mL肉桂精油,溶解于144 mL无水乙醇中,然后逐滴沿壁滴入溶液中,在70℃,700 r/min的条件下搅拌2 h。完全溶解后,放入-4℃冰箱中冷却静置24 h,真空泵真空抽滤,用少量蒸馏水和无水乙醇清洗。随后放置于电热恒温鼓风干燥烘箱中50℃下干燥4 h,即得微胶囊产物。

3) 肉桂精油微胶囊抗菌纸的制备^[15]。采用单因素实验法,将适量的肉桂精油微胶囊溶于50 mL的一定浓度的PVA溶液中,用玻璃棒搅拌均匀,制得抗菌剂,采用玻璃棒涂布法将抗菌剂均匀涂布于保鲜纸上,晾干制成肉桂精油微胶囊抗菌纸。

1.3 性能测试

1) 抗菌性能测定。用取样器将肉桂精油微胶囊抗菌纸裁成直径7 mm的圆形纸片,分别取各类细菌涂在表面皿上,将圆形纸片置于涂有细菌的表面皿上,放入37℃培养箱中培养24 h,测量其产生抑菌圈的直径。

挑选无机械损伤,无病虫害,大小基本均匀,成熟度基本一致的圣女果,以5个为一组,清洗后沥干,其中一组用保鲜纸裹包保鲜,一组用抗菌纸保鲜,另外一组不作处理。

2) 感官评价^[15]。果蔬品质的变化,用感官指标来进行评价,直观性强。主要从果实的腐败程度、色泽、口感等3个方面进行感官评价,定义满分为10分,低于6分可认为没有商品价值。感官评价评定标准见表1。

3) 失重率^[15-16]。圣女果的失重率是判断其品质好坏的一项定量指标。 $P=(m_0-m_i)/m_0\times 100\%$,式中: m_0 为圣女果贮藏前质量; m_i 为圣女果贮藏后质量, i 为贮藏天数。

表1 感官品质评定标准
Tab.1 Sensory quality standard

评分	果实腐败程度(4分)		色泽(3分)		口感(3分)	
	感官	分值	感官	分值	感官	分值
9~10	果实组织正常饱满	4	有光泽,果脯透明	2.5~3	酸甜适口,有韧性	2.5~3
7~8	果实组织稍有酥软	3	颜色少量变浅,果脯较透明	2.0~2.5	适口,柔软	2.0~2.5
5~6	果实变软	2	颜色明显变浅,果脯更加透明	1.5~2	口感不适,水分少	1.5~2
4以下	果实干瘪、变软	1	无光泽,果脯不透明	0~1.5	口感不适,偏硬	0~1.5

4) 呼吸强度。将圣女果密闭在 300 mL 的容器中,1 h 后用顶空分析仪测量容器顶隙中 O_2 和 CO_2 的浓度,并按下列公式计算呼吸强度。

$$R_c = \frac{(C_{ct} - C_{c0})}{100} \cdot \frac{(V - V_v)}{mt} \quad (1)$$

$$R_o = \frac{(C_{ot} - C_{o0})}{100} \cdot \frac{(V - V_v)}{mt} \quad (2)$$

式中: R_c, R_o 分别为二氧化碳生成量与氧气消耗量 ($mL/(kg \cdot h)$); C_{c0}, C_{c0} 为密闭前(空气中)的二氧化碳与氧气体积分数(%); C_{ct}, C_{ot} 为密闭 t 小时后的密闭箱内的二氧化碳与氧气体积分数(%); V 为密闭箱内的容积(mL); V_v 为果蔬体积(mL); m 为果蔬的质量(kg); t 为密闭的时间(h)。

2 结果与讨论

2.1 抗菌性能测定结果^[17-18]

2.1.1 肉桂精油微胶囊添加量对抗菌效果的影响

分别取不同质量的微胶囊溶解于 50 mL 乙醇溶液中,涂布于保鲜纸上,按照 1.3 的实验方法,测试微胶囊添加量对抑菌效果的影响,肉桂精油微胶囊的添加质量为 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1 g 时,大肠杆菌抑菌圈直径分别为 0, 10, 20, 30, 40, 45, 50, 52 mm, 金黄色葡萄球菌抑菌圈直径分别为 0, 6, 12, 18, 24, 30, 35, 40 mm。可知,肉桂精油微胶囊具有较为明显的抑菌作用。随着肉桂精油微胶囊添加量的增加,抑菌圈直径逐步增加。当微胶囊添加量从 0 增加到 1.2 g 时,抑菌圈直径基本呈直线上升,随后随着微胶囊添加量的增加,增幅有所下降。由此,考虑到经济因素,建议肉桂精油微胶囊的添加量为 1.2 g。

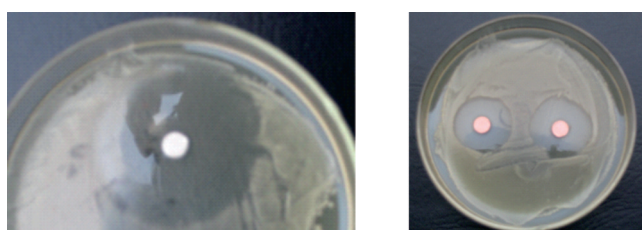
2.1.2 PVA 的含量对抗菌效果的影响

添加等量的不同浓度的 PVA 溶液,与 1.2 g/50 mL 的肉桂精油微胶囊混溶后,涂布在保鲜纸上,按照 1.3 的实验方法,测试 PVA 浓度对抑菌效果的影响,PVA 质量浓度为 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 g/mL 时,大肠杆菌的抑菌圈直径分别为 40, 44, 47, 48, 48.2, 48 mm, 金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径分别为 24, 27, 29, 29, 30, 30.4 mm。可知,将 PVA 溶液与肉桂精油微胶囊混溶后,可以明显提高抗菌能力,培养皿中的抑菌圈直径迅速增大。当 PVA 的质量浓度由 0.02 g/mL 持续增长到 0.05 g/mL 以后,培养皿中的抑菌圈直径反而减小,这是因为当 PVA 浓度增大到一定程度后,与微胶囊包裹太密,减小了微胶囊与细菌的接触面积,从而

抑制了抗菌效果。考虑到实用价值,PVA 的质量浓度可定为 0.02 g/mL,此时抗菌效果较为明显。

2.1.3 抗菌纸抗菌效果测试

选用 PVA 质量浓度为 0.02 g/mL,肉桂精油微胶囊添加量为 1.2 g,配置成 50 mL 混溶液,将该混溶液涂布于保鲜纸上,参照 1.3 的实验方法,分别将涂有抗菌剂的纸片裁成 7 mm 的圆片置于涂有大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的表面皿上,放入 37 °C 培养箱中培养 24 h,测量其产生的抑菌圈的直径,结果见图 1。



a 抗菌纸对大肠杆菌的抑菌效果

b 抗菌纸对金黄色葡萄球菌的抑菌效果

图1 大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抗菌效果对比

Fig.1 Antibacterial effect of antibacterial paper on *Escherichia coli* vs. *Staphylococcus aureus*

由图 1 可知,抗菌纸对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌均有明显的抑制作用,尤其对大肠杆菌的抑菌作用非常显著。当在肉桂精油微胶囊添加量为 1.2 g/50 mL,聚乙烯醇 PVA 质量浓度为 0.02 g/mL 时,金黄色葡萄球菌培养皿的抑菌直径为 29 mm,而此时大肠杆菌培养皿中的抑菌直径达到了 47 mm,说明该抗菌纸具有较好的抗菌性。

2.2 感官评价的测定

将各组圣女果在室温下贮藏,每 3 d 测试其感官变化,结果见图 2。

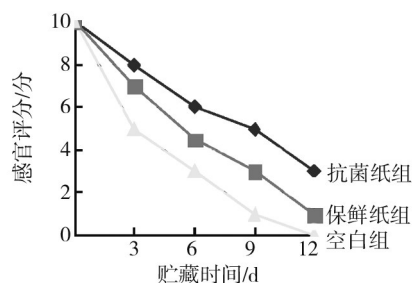


图2 圣女果贮藏过程中感官质量变化情况

Fig.2 Changes of sensory quality during the storage of cherry tomatoes

从图 2 可以看出,随着贮藏时间的延长,圣女果的感官评分逐渐下降。在贮藏期间,不同组的感官评分

下降程度显著不同。当室温贮藏6 d时,抗菌纸保鲜组的感官评分为6分,还没有开始腐烂的迹象,依旧具有商品价值,而保鲜纸保鲜组已经逐渐失去使用价值,对照组则出现了明显的腐烂现象。当贮藏期超过6 d后,保鲜纸保鲜组和对照组的感官评分直线下降,而抗菌纸保鲜组则下降缓慢。当贮藏到第12天时,各组的感官评分均很低,其中对照组已经完全腐烂变质。由此说明,抗菌纸可明显提高圣女果的感官评分,延长贮藏时间,提高商品价值。

2.3 失重率的测定

果蔬采摘后会因蒸腾作用和呼吸作用丧失大量水分。失水在果蔬的质量上表现为失重,在口感上表现为失鲜。微生物的存在会加速果蔬的失重和失鲜,采用抗菌纸保鲜,可以显著抑制微生物的繁殖和生长,起到水果保鲜的作用。贮存过程中,圣女果的失重率变化趋势见图3。

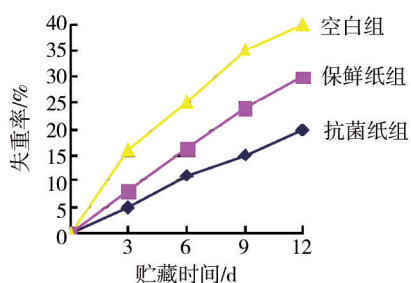


图3 圣女果贮藏过程中失重率的变化情况

Fig.3 Changes of weight loss during the storage of cherry tomatoes

由图3可知,随着贮藏时间的增加,圣女果的失重率逐渐增大。当贮藏3 d时,3组圣女果有不同程度的失重,抗菌纸保鲜组较小,仅为5%,而空白组已达到15%。当贮藏时间进一步延长时,抗菌纸保鲜组的失重率上升幅度较小,而保鲜纸和对照组的失重率几乎呈跨越式上升,失水特别严重。这是因为抗菌纸抑制了圣女果的微生物作用,降低了水分的蒸发,达到保鲜的功效。

2.4 呼吸强度的变化

呼吸强度用来表明组织内含物消耗的快慢,反映呼吸量的变化,是果蔬采后生理研究和贮藏实践中最常用的重要指标之一。呼吸作用越强烈,果蔬品质下降越明显。较高的呼吸强度会迅速耗掉植物组织中的各类营养物质,从而使其组织被破坏。3组圣女果在室温贮藏过程中,呼吸强度的变化趋势见图4。

圣女果属非呼吸跃变型水果,其呼吸作用受环境

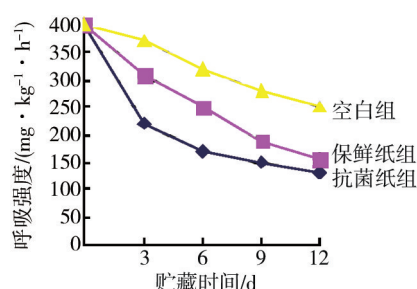


图4 圣女果贮藏过程中呼吸强度的变化情况

Fig.4 Changes of respiratory intensity during the storage of cherry tomatoes

因素影响较大。由图4所知,刚买来的圣女果呼吸强度相对较高,贮藏3 d后快速下降,6 d以后呈现缓慢下降趋势。随着贮藏时间的进一步增加,大量的水分被丧失掉了,3组圣女果的呼吸强度均变弱。

3 结语

用 β -环糊精包埋技术制备肉桂精油微胶囊,并与PVA混溶制备抗菌添加剂,对大肠杆菌和金色黄葡萄球菌具有很好的抑制作用,可有效阻止细菌的滋生。通过单因素实验法,确定了当肉桂精油微胶囊添加量为1.2 g/50 mL,PVA质量浓度为0.02 g/mL,将二者混合可制备具有较好抗菌性能的涂布抗菌剂。将该条件下制备的抗菌剂涂布于保鲜纸上制得抗菌纸,对圣女果具有较好的保鲜效果,可改善其感官评分,降低失重率和呼吸强度,延长圣女果的货架期。然而,由于时间关系,文中没有考虑纸张涂布后透气性的变化及肉桂精油与聚乙烯醇混溶后的释放能力,这将是今后研究的方向之一。

参考文献:

- [1] 李静,刘丽娜,王安建,等. 果蔬微生物保鲜技术的研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2014,33(4):337—342.
LI Jing, LIU Li-na, WANG An-jian, et al. Research Progress of Microbial Preservation Technology on Fruits and Vegetables [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2014, 33(4): 337—342.
- [2] 黄应维,许匆,马镭,等. 果蔬微生物保鲜技术的研究进展[J]. 现代食品科技,2013,29(6):1455—1458.
HUANG Ying-wei, XU Cong, MA Ke, et al. Application of Microbial Preservation Technology in Fruit and Vegetable Preservation[J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(6): 1455—1458.
- [3] 李家政. 果蔬自发气调包装原理与应用[J]. 包装工程,

- 2011, 32(5):33—38.
- LI Jia-zheng. Principle and Application of Voluntary Modified Atmosphere Packaging for Fruit and Vegetable[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(5):33—38.
- [4] GYUSUN K, SEONGHYUK K. A Study of Antibacterial Paper Packaging Material Coated with Chitosan-Ag Nanocomposite Prepared by Green Synthesis[J]. Palpu Chongi Gisul/Journal of Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 2014, 46(2):8—15.
- [5] GENG Xing-lian, FILIPE C, PELTON R, et al. Antibacterial Paper from Photocatalytic TiO_2 [J]. Appita Journal, 2008, 61(6):456—460.
- [6] DAVID T W, FOULK J A, MCALISTER I I, et al. Antibacterial Properties and Drying Effects of Flax Denim and Antibacterial Properties of Nonwoven Flax Fabric[J]. BioResources, 2010, 5(1):244—258.
- [7] 王文果, 庞杰. 多糖涂膜保鲜果蔬的研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2006, 25(4):358—363.
- WANG Wen-guo, PAGN Jie. The Reviews of Polysaccharide Coating in the Preservation of Fruits and Vegetables[J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 2006, 25(4):358—363.
- [8] MA Ying, LIU Peng-tao, SI Chuan-ling, et al. Chitosan Nanoparticles: Preparation and Application in Antibacterial Paper[J]. Journal of Macromolecular Science, 2010, 49(5):994—1001.
- [9] SHARMA R R, SINGH D, SINGH R. Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables by Microbial Antagonists: A review[J]. Biological Control, 2009, 50(3):205—221.
- [10] 李文帅, 郭彦峰, 侯秦瑞, 等. 自然气调包装对采后猕猴桃保鲜效果和品质的影响[J]. 包装工程, 2011, 32(7):14—17.
- LI Wen-shuai, GUO Yan-feng, HOU Qin-rui, et al. Influence of Modified Atmosphere Packaging on Fresh Keeping and Quality of Post-harvest Kiwifruit[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(7):14—17.
- [11] 李磊, 牛坤, 马庆一. 可食性膜阻水特性的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(2):145—150.
- LI Lei, NIU Kun, MA Qing-yi. Research on Water Vapor Barrier Properties of Edible Films[J]. Food Science, 2008, 29(2):145—150.
- [12] 赵丹, 孙旻, 陈光. 肉桂精油的抑菌作用[J]. 吉林农业大学学报, 2013, 35(4):402—405.
- ZHAO Dan, SUN Yang, CHEN Guang. Inhibition Activity of Cinnamon Oil[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2013, 35(4):402—405.
- [13] 郝喜海, 孙森, 邓靖, 等. 丁香精油微胶囊抗菌包装薄膜[J]. 塑料, 2012, 42(1):64—66.
- HAO Xi-hai, SUN Miao, DENG Jing, et al. Microcapsule Antibacterial Film from Clove Oil[J]. Plastics, 2012, 42(1):64—66.
- [14] 邓靖, 谭兴和, 刘婷婷, 等. 肉桂精油- β -环糊精微胶囊的制备[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(2):89—91.
- DENG Jing, TAN Xing-he, LIU Ting-ting, et al. Preparation of Cinnamon Essence Oil- β -cyclodextrin Microcapsule[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 26(2):89—91.
- [15] 董林利, 邓靖, 汤建新. PVA 活性包装膜对圣女果保鲜性能研究[J]. 包装工程, 2014, 35(9):27—31.
- DONG Lin-li, DENG Jin, TANG Jian-xin. Fresh-keeping Performance of Active Polyvinyl Alcohol Packaging Film for Cherry Tomatoes[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9):27—31.
- [16] 巩惠芳, 杜正顺, 汪良驹, 等. 气调处理延长草莓果实保鲜效应的研究[J]. 南京农业大学学报, 2009, 32(2):35—39.
- GONG Hui-fang, DU Zheng-shun, WANG Liang-ju, et al. Study on the Effect of Controlled Atmosphere on Extending Storage of Strawberry Fruits[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2009, 32(2):35—39.
- [17] 许秀真. 常温条件下魔芋葡甘聚糖复合膜对龙眼贮藏研究[J]. 食品科学, 2007, 28(2):338—342.
- XU Xiu-zhen. Study on Composite Film Application with Konjac Glucomannan to Longan Storage in Normal Temperature[J]. Food Science, 2007, 28(2):338—342.
- [18] 顾仁勇, 傅伟昌, 李佑稷, 等. 肉桂精油抑菌及抗氧化作用的研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(10):29—31.
- GU Ren-yong, FU Wei-chang, LI You-ji, et al. Study on the Anti-oxidation and Bacteriostasis of Cinnamon Essential oil[J]. Food Research and Development, 2008, 29(10):29—31.

(上接第23页)

- droxyvalerate) Bio-plastic in Tropical Coastal Waters[J]. Applied And Environment Microbiology, 1999, 2(65):431—437.
- [15] 黄智奇, 梁祝贺, 张雷娜, 等. 三聚氰胺甲醛树脂(MF)改性淀粉胶黏剂的研究与应用[J]. 包装工程, 2011, 32(4):

29—32.

- HUANG Zhi-qi, LIANG Zhu-he, ZHANG Lei-na, et al. Development and Application of Starch Adhesive Modified by Melamine Formaldehyde Resin[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(4):29—32.