

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2015.02.002

# 香樟果抗菌包装材料的开发与性能研究

杨福馨, 魏丽娟, 余蕾希, 陈基玉, 杜运鹏, 王海丽

(上海海洋大学 食品学院, 上海 201306)

**摘要:** 采用涂布的方法, 研发了一种以香樟果为原料的抗菌纸包装材料, 并对其抗菌效果及涂布后的纸张性能进行了研究。影响抗菌纸性能的主要因素包括原料(香樟果)的质量、有机溶剂(体积分数分别为75%, 95%的酒精)、浸泡时间和涂布次数。研究结果表明: 用香樟果制备的纸材料具有较好的抗菌效果, 并且浸泡在酒精中的原料越多、浸泡时间越长、涂布次数越多、所得纸张的抗菌效果越好; 经涂布后的抗菌纸, 其质量增加, 动、静摩擦系数增大, 光洁度降低, 抗戳穿强度降低。

**关键词:** 香樟果; 抗菌纸材料; 涂布法; 纸张性能

中图分类号: TB484.6

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2015)02-0005-06

## The Development and Properties of Camphor Fruit Antibacterial Packaging Material

Yang Fuxin, Wei Lijuan, Yu Leixi, Chen Jiyu, Du Yunpeng, Wang Haili

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** An antibacterial paper packaging material with camphor fruit was developed through the method of coating. The antibacterial effects and the properties after coating were studied. The main factors that affected the performance of the antibacterial paper include the mass of material (camphor fruit), organic solvent (the volume fraction of 75%, 95% alcohol), soak time and the coating time. The results showed that the paper prepared with camphor fruit had good antibacterial performance, and the more material soaked in alcohol, the longer soaking time, the longer coating time, the better antibacterial effect of the antibacterial paper. After coating, the mass increased, dynamic and static friction coefficients were increased too, but the smoothness and anti-puncture were decreased.

**Key words:** camphor fruit; antimicrobial paper material; coating method; paper performance

## 0 引言

香樟, 又名木樟、乌樟、芳樟等, 为国家Ⅱ级重点保护野生植物<sup>[1]</sup>, 为亚热带地区(西南地区)重要的材用和特种经济树种, 在我国长江以南地区

多有种植, 为江南四大名木之一。香樟属樟科, 常绿乔木, 叶子较薄。香樟的各部分(包括根、枝干、叶、花、果实等)都有较为浓郁的樟脑香气, 可提取樟脑、樟油, 天然樟脑在医药、化工及国防领域中都有应用<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2014-11-20

基金项目: 上海市科委工程中心建设基金资助项目(11DZ2280300), 上海市助推计划基金资助项目(2013CL1312HY), 上海高校一流学科基金资助项目(A2-2019-14-0003)

作者简介: 杨福馨(1958-), 男(侗族), 贵州天柱人, 上海海洋大学教授, 主要从事包装工程理论与技术方面的研究, E-mail: fxyang@shou.edu.cn

通信作者: 魏丽娟(1989-), 女, 河南南阳人, 上海海洋大学硕士生, 主要研究方向为食品包装工程技术, E-mail: beckywlj@163.com

大多数易腐败食品,特别是水分含量较高(水的质量分数为20%~40%)的食品,经包装杀菌后会自带抗菌体系,但若包装被破坏,则原有抗菌体系会遭到破坏,不再具有抗菌抑菌效果<sup>[3]</sup>,此时,抗菌包装材料就显示出了它的优势。在抗菌包装材料研究中,包装材料的物理与机械性能及防腐剂的\*\*安全性是人们最为关注的两大问题,所以将可食性包装材料与抗菌成分有机结合是未来抗菌包装材料的发展方向<sup>[4-5]</sup>。而选择合适的抗菌剂,既能保证材料绿色安全,又能减少生产成本。

樟脑丸有抗菌、防虫、防霉功效,若将香樟中的抗菌成分提取出来,同时采用一定的方法使其渗透到包装材料中,则可制备一种新的抗菌包装材料。纸质材料本身就来源于木材等天然原料,通过一定的工序,加入制备好的抗菌剂就可得到抗菌纸<sup>[6]</sup>。因此,本研究拟选用香樟果为原料,制备抗菌纸包装材料,并对其抗菌性能及纸材料的包装性能进行初步研究,以期\*\*为抗菌纸包装材料的开发提供一定的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 原料

香樟果,采摘自上海海洋大学校园内;保鲜薄膜、水的质量分数为4.5%~5.0%的A4白纸,市售。

#### 1.1.2 试剂与仪器

体积分数分别为75%和95%的酒精,国药集团化学试剂有限公司;电热恒温鼓风干燥箱,GZX-GF101-3-S型,常州恒隆仪器有限公司;薄膜摆锤冲击试验机,JM-3型,长春创元测试设备有限公司;定量测定标准试样取样器,FQ-DLD100A型,佛山市顺德区量仪电子设备有限公司;摩擦系数仪,MXD-01型,济南兰光机电技术有限公司;色差仪,NR110 3nh型,苏州诺威特测控科技有限公司;电子天平,FA1204B型,上海精科天美-上海天平仪器厂;搅拌机,KB-125型,恒富电机。

### 1.2 实验方法

以香樟果为原料开发纸质抗菌包装材料的具体实验流程如图1所示。

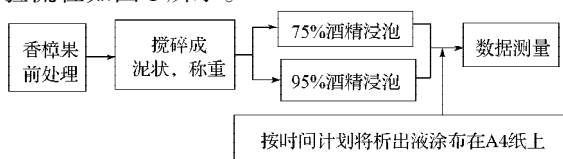


图1 实验流程图

Fig. 1 Experimental procedures

#### 1.2.1 香樟果抗菌纸合成方法的选取

抗菌纸的生产方式可分为以下5种:内部施胶、表面施胶、表面涂布、喷洒抗菌剂、使用抗菌纤维技术<sup>[7]</sup>。利用施胶和涂布2种方法生产抗菌纸时,抗菌剂的用量较少,并且抗菌剂的分布较为均匀,因此成为抗菌纸生产中常用的制备方法<sup>[8]</sup>。由于本次实验选用的是已经生产出来的纸张,故选用表面涂布的方法制备抗菌纸包装材料。

#### 1.2.2 香樟果抗菌成分的提取

提取香樟果中抗菌成分的具体操作如下<sup>[9]</sup>:

- 1) 将采摘下来的新鲜香樟果去除果托;
- 2) 将选出的香樟果放入搅拌机中处理2.0~2.5 min, 搅拌速度为2 000 r/min, 处理后的样品为泥状;
- 3) 用电子天平分别称取10, 15, 20 g香樟果泥, 并放入对应的烧杯中;
- 4) 往各烧杯中分别加入30 mL体积分数分别为75%和95%的酒精, 具体的分组编号及其酒精添加情况见表1。

表1 实验分组编号

Table 1 The test group number

烧杯 编号	香樟果泥 质量/g	酒精体积 分数(定量 30 mL)/%	烧杯 编号	香樟果泥 质量/g	酒精体积 分数(定量 30 mL)/%
1	15	75	5	20	75
2	15	75	6	15	95
3	15	75	7	15	95
4	10	75	8	15	95

对各组别样品进行持续90 h的观察,并从90 h内截取4个时间节点(24, 48, 72, 90 h),分别对每个编号的酒精溶液的析出情况进行测试并记录。因1~3号样品的实验条件相同,故只选取2号样品作为代表;同理,6~8号样品中,取6号样品为代表;加上4号样品(香樟果泥质量为10 g)和5号样品(香樟果泥质量为20 g),共4个样本,对其析出液的颜色进行统计,分析香樟果的质量、浸泡的酒精液浓度和浸泡时间3个因素对香樟果抗菌成分提取效果的影响情况。

#### 1.2.3 香樟果抗菌纸的制备

具体的操作方法如下:

- 1) 将书写纸(A4纸)裁剪成大小为150 mm × 150 mm的正方形;
- 2) 按照时间计划表,在剪好的纸上用毛刷均匀涂布(1, 2, 3次)香樟果提取物;
- 3) 要经过2次或3次涂布的纸张,需要在上次涂布完成后,用电热恒温鼓风干燥箱烘干,再进行第2次、3次涂布,每次的烘干条件为60 ℃, 2 min。

具体的涂布时间安排见表2。

表2 涂布时间计划表			
Table 2 The coating time schedule			
编号	涂布次数		
	48 h 时	72 h 时	90 h 时
1-a	1	1	1
2-b	2	2	2
3-c	3	3	3
4-d	1	1	1
5-e	1	1	1
6-f	1	1	1
7-g	2	2	2
8-h	3	3	3

注：1-a 为用1号烧杯酒精析出液涂布，以此类推。

4) 保存装袋，为后期的数据测量做准备。

感官上来说，用体积分数为95%的酒精浸泡后的析出液涂布的抗菌纸的色泽比75%的更深，而且气味也更浓，理论上可以认为该抗菌纸里面含有的抗菌成分更多。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 影响香樟果抗菌成分提取的因素

图2所示为实验所得部分样品经酒精浸泡24 h后的析出液照片。

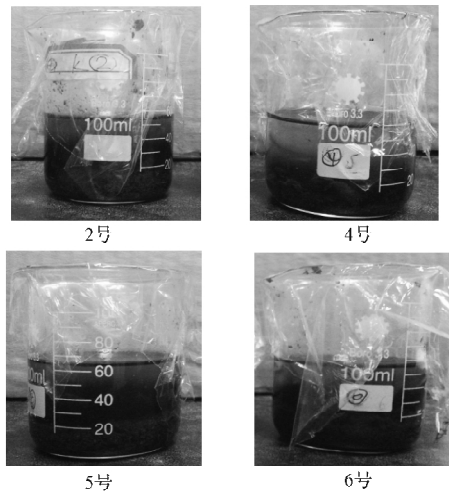


图2 酒精浸泡24 h后的析出液情况

Fig. 2 The alcohol precipitation liquid after 24 h

由图2可以看出，所选取的4个样品中，2号样品和5号样品的酒精浸泡香樟果析出液的颜色较深，4号和6号样品的析出液颜色相对较浅，这一结果表明：浸泡在酒精中的香樟果质量越大，其抗菌成分析出越多，析出液颜色越深。

将香樟果酒精析出液的颜色由紫色变化为无色的过程进行量化，分别计分为10~0，经过持续90 h的观察，所得2号、4号、5号和6号样品析出液的颜色统计得分结果见表3。

表3 香樟果酒精析出液的颜色情况						
Table 3 The color of the camphor fruit alcohol precipitation liquid						
编号	处理时间/h					
	24	48	72	90	110	120
2	4	5	7	8	8	8
4	3	4	6	7	7	7
5	6	7	8	9	9	9
6	5	6	7	8	8	8

注：10 为香樟果液紫色；0 为无色；10~0 为颜色由紫色逐渐变浅。

为便于观察各样品颜色的变化趋势，将其绘制成图3所示曲线图。

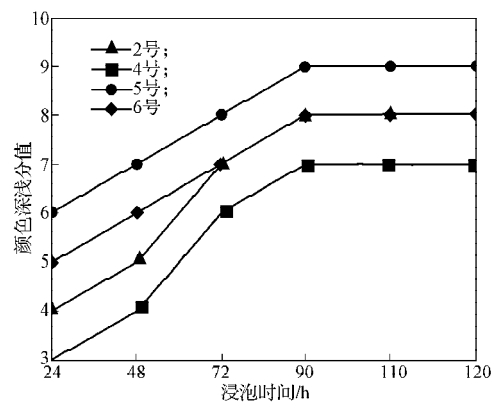


图3 香樟果酒精析出液的颜色变化

Fig. 3 The color change of the camphor fruit liquid alcohol precipitation

由图3可得出：

1) 一定时间内，香樟果酒精析出液的颜色越来越深，表明溶液中的抗菌成分随着浸泡时间的延长而不断增加。

2) 当浸泡时间为90 h左右，各样品酒精析出液的颜色不再加深，说明香樟果果泥里面的有机抗菌成分几乎全部析出。

3) 对比2号样品与6号样品的曲线变化，可知24~48 h内，2条曲线的斜率一致，而在48~72 h范围内，2号样品曲线的斜率增大，超过6号样品，表明体积分数为95%的酒精浸泡析出香樟果中的抗菌成分的速率比体积分数为75%的酒精的高。

4) 比较4号样品和5号样品的曲线，可发现5号样品的变化曲线一直位于4号样品的上方，表明其同等条件下的抗菌成分较多。因此，可以得出，香樟果泥的质量越大，含有的抗菌成分越多，浸出液的颜色越深。

### 2.2 香樟果抗菌纸的抗菌效果验证

采用菌落总数测定实验，并选用平板菌落计数法验证香樟果抗菌纸的抗菌效果，实验流程如下：

1) 将抗菌纸样品(大小相同,为150 mm × 150 mm)放入研钵中,再加入10 mL 蒸馏水研碎。

2) 将研磨好的浆状物倒入试管中,放于离心机内离心3 min。

3) 取上层清液,与制好的营养琼脂均匀混合(混合前将营养琼脂加热到流体状态)。

4) 将制备的培养基放在自然环境下培养,让其与大气充分接触。

5) 以12, 24, 36, 48, 60 h为时间节点,统计平板上的菌落数,所得统计结果如表4所示。

表4 菌落数统计表

Table 4 Statistics of the number of colonies 个

试验号	平板培养时间/h				
	12	24	36	48	60
空白	10	21	34	40	41
1-a, 48 h	7	19	30	35	37
1-a, 72 h	7	17	26	30	32
1-a, 90 h	6	16	25	28	29
4-d, 48 h	8	22	30	37	39
5-e, 48 h	7	18	27	29	30
6-f, 48 h	6	11	20	25	26
7-g, 48 h	5	11	20	22	24
8-h, 48 h	6	9	15	20	22

注: 1-a, 48 h表示用48 h 1号烧杯里的酒精析出液涂布1次, 1-a开头的都是涂布1次的; 以此类推。

由香樟籽无水乙醇提取物对供试菌菌丝生长及孢子萌发的抑制效果图,也可得出香樟果具有抑菌作用。分析表4中的数据可发现,相同的培养时间里,抗菌纸样品培养基中的菌落数大多比空白对照组要少,仅4-d, 48 h样品培养24 h统计的数据除外。为了准确探讨各因素对其抑菌性能的影响,将表4中的数据整合为图4~7,其中,图4为浸泡时间对菌落数的影响结果,图5为香樟果泥的质量对菌落数的影响结果,图6为涂布次数对菌落数的影响结果,图7为酒精浓度对菌落数的影响结果。

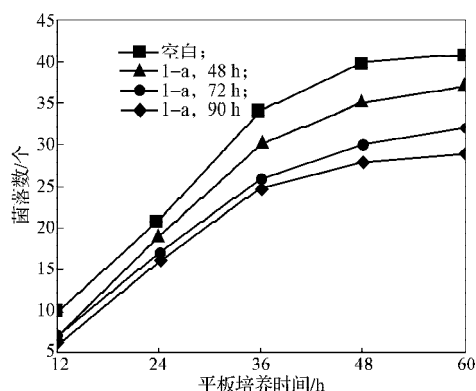


图4 香樟果泥不同浸泡时间对菌落数的影响

Fig. 4 Impact of camphor puree with different soaking time on the number of colonies

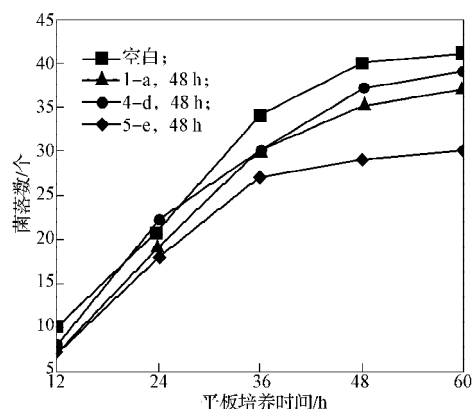


图5 不同质量的香樟果泥对菌落数的影响

Fig. 5 Impact of camphor puree with different weight on the number of colonies

由图4和图5可以得知:

1) 抗菌纸的菌落数曲线基本上均在空白纸下方,说明制备的抗菌纸具有一定的抗菌效果。

2) 同一样品,浸泡时间越长,涂布得到的抗菌纸的抗菌效果越好,本实验中,浸泡时间为90 h的样品纸的抗菌效果最好。

3) 其他条件一致时,香樟果泥的质量越大,析出的抗菌成分越多,抗菌效果越好。本实验设定下,果泥的质量为20 g时,析出的抗菌成分最多,制备的抗菌纸的抗菌效果最好。

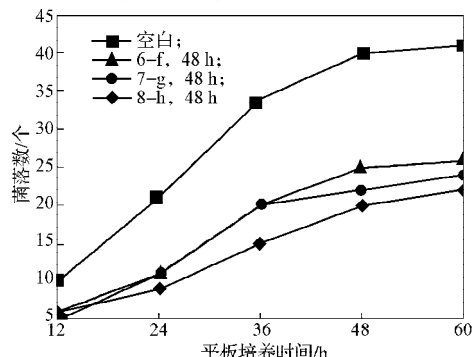


图6 涂布次数对菌落数的影响

Fig. 6 The influence of coating number on the number of colonies

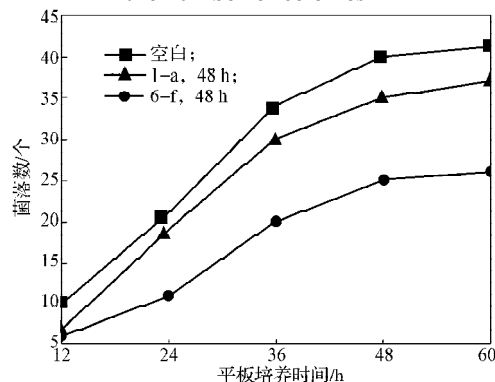


图7 酒精浓度对菌落数的影响

Fig. 7 The influence of alcohol concentration on the number of colonies

由图6和图7可以得知:

1) 其他条件相同的情况下,涂布次数越多,平板上的菌落数越少,抗菌效果越好。本实验中涂布3次时,平板上的菌落数最少,抗菌效果最好。

2) 通过对样品1-a, 48 h(酒精体积分数为75%)与6-f, 48 h(酒精体积分数为95%)曲线的比较可知,其他条件相同的情况下,用于浸泡的酒精体积分数较高(本实验为95%)时,从香樟果中析出的抗菌成分较多,抗菌效果较好。

图8所示为培养48 h后几个样品的平板菌落情况照片,从图8中可以看出,空白组平板中的菌落数远多于实验组的。

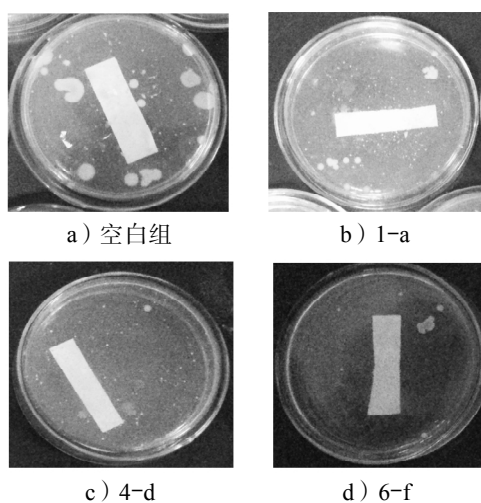


图8 48 h后样品的平板菌落情况对比照片

Fig. 8 Comparison photos of the flat colonies after 48 hours

通过空白组与实验组对照,可知香樟果里面含有抗菌成分,抗菌纸的抗菌效果受香樟果泥的质量、浸泡时间等因素的影响。单因素实验结果表明:香樟果泥的质量为20 g,浸泡时间为90 h,所得样品的抗菌效果较好。涂布次数以及酒精浓度也是影响抗菌效果的重要因素,当涂布3次、酒精体积分数为95%时,所得样品的抗菌效果较好。

## 2.3 抗菌纸的性能测试与结果分析

### 2.3.1 抗菌纸的质量测定与结果分析

实验所得不同涂布次数下抗菌纸的质量变化情况如表5所示。

表5 不同涂布次数抗菌纸的质量变化

Table 5 Mass change of antibacterial paper with different coating times g

涂布 次数	空白	1-a	2-b	3-c	4-d	5-e	6-f	7-g	8-h
1	4.50	4.61	4.59	4.53	4.58	4.54	4.60	4.61	4.53
2	-	4.62	4.64	4.55	4.62	4.55	4.62	4.63	4.56
3	-	4.66	4.65	4.58	4.63	4.57	4.68	4.65	4.59

此处以每多涂布1次的平均增重率来反映抗菌纸的质量变化。分析表5中的数据可知,涂布1次的抗菌纸增重率为1.64%,2次涂布较1次涂布的增重率为1.34%,3次涂布较2次涂布的增重率为1.45%。每次涂布的平均增重率是1.48%。由此可以得出:涂布次数会增加抗菌纸的质量,因此在未来的生产中要特别注意。

### 2.3.2 摩擦系数的测量与结果分析

实验所得不同抗菌纸的摩擦系数见表6,其中 $u_s$ 为静摩擦系数, $u_d$ 为动摩擦系数。

表6 不同抗菌纸的摩擦系数

Table 6 The coefficient of friction of different antibacterial paper

摩擦 系数	样 品 编 号								
	空白	1-a, 48 h	1-a, 72 h	1-a, 90 h	4-d, 48 h	5-e, 48 h	6-f, 48 h	7-g, 48 h	8-h, 48 h
$u_s$	0.120	0.125	0.122	0.157	0.136	0.132	0.135	0.148	0.166
$u_d$	0.028	0.030	0.042	0.058	0.028	0.030	0.031	0.069	0.083

分析表6中的数据可知,编号为1-a, 48 h、72 h、90 h抗菌纸的摩擦系数数据变化较小,且与空白组数据接近;编号为4-d、5-e、6-f, 48 h的摩擦系数数据基本相同,说明香樟果泥在酒精中的浸泡时间、浸泡的香樟果质量对摩擦系数的影响较小;编号为6-f、7-g、8-h, 48 h的摩擦系数数据相差较大,说明涂布次数对摩擦系数的影响较大,当涂布3次时,动摩擦系数与静摩擦系数明显增大,分别为0.083和0.166。以上结果说明,随着涂布次数的增加,反复烘干涂布,抗菌纸越来越粗糙,光洁性变差。

### 2.3.3 抗菌纸的抗戳穿强度测试与结果分析

表7所示为不同涂布次数下的抗菌纸抗戳穿强度实验结果,且未涂布空白样品的抗戳穿强度为0.20 J,空白样品经烘干的抗戳穿强度为0.25 J。

表7 不同涂布次数抗菌纸的抗戳穿强度变化

Table 7 The anti-puncture strength change of antimicrobial paper with different coating times J

涂布 次数	1-a	2-b	3-c	6-f	7-g	8-h
1	0.24	0.24	0.25	0.23	0.24	0.24
2	0.24	0.22	0.24	0.22	0.24	0.23
3	0.23	0.22	0.23	0.22	0.21	0.21

注:每次烘干的条件为60℃,2 min。

分析表7中的数据可以得出:

1) 纸张未经涂布而烘干1次,纸张的抗戳穿强度最高,为0.25 J,说明在一定的温度和烘干时间范围内,纸张纤维在受热条件下失去水分而使纤维收缩,使纸张变得更加强韧。

2) 随着涂布次数的增加, 纸张抗戳穿强度减小, 说明纸张被反复涂布、烘干, 破坏了其原有的纤维排列与紧密度, 纸张的韧性降低而使得其抗戳穿强度越来越小。

### 3 结论

本研究以香樟果为原料, 制备了抗菌纸包装材料, 并对其抗菌效果及纸材料的包装性能进行了研究, 可得出如下结论:

1) 以香樟果为原料制备的抗菌纸材料, 具备一定的抗菌效果;

2) 其他因素不变的情况下, 香樟果泥的质量为 20 g, 浸泡时间为 90 h, 涂布次数为 3 次, 所得样品的抗菌效果较好;

3) 酒精的浓度会影响香樟果中抗菌剂析出的速率, 当酒精的体积分数为 95% 时, 香樟果泥中的抗菌成分析出较快, 抗菌效果较好;

4) 经涂布后的抗菌纸, 其质量增加, 动摩擦系数和静摩擦系数均增大, 光洁度降低, 抗戳穿强度相应降低。

#### 参考文献:

- [1] 王海波, 冯志全, 李海山. 香樟树可持续经营技术[J]. 中国林副特产, 2011(4): 69-70.  
Wang Haibo, Feng Zhiquan, Li Haishan. Camphor Tree Sustainable Management Technology[J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2011(4): 69-70.
- [2] 王歌云, 刘秀娟, 厉连斌. 樟脑衍生物的合成工艺研究[J]. 化学试剂, 2010, 32(10): 947-948.  
Wang Geyun, Liu Xiujuan, Li Lianbin. Studies on Synthetic of Camphor Derivatives[J]. Chemical Reagents, 2010, 32(10): 947-948.
- [3] 于天颖, 张平. 食品抗菌包装技术研究[J]. 保鲜与加工, 2005, 5(3): 46-47.
- [4] [佚名]. 抗菌剂、抗菌材料及其在包装中的应用[J]. 中国包装工业, 2008(3): 36-38.  
[Anon]. Antimicrobial, Antibacterial Materials and Their Applications in Packaging[J]. China Packaging Industry, 2008(3): 36-38.
- [5] 戴宏民, 戴佩燕. 食品包装材料生态化发展下的非石油基降解塑料[J]. 包装学报, 2015, 7(1): 1-6.  
Dai Hongmin, Dai Peiyan. Non-Petroleum Based Biodegradable Plastic with the Development of Ecologicalization in Food Packaging Materials[J]. Packaging Journal, 2015, 7(1): 1-6.
- [6] 李婷, 钟泽辉, 邵杰, 等. 食品抗菌包装材料的研究进展[J]. 包装学报, 2011, 3(2): 34-36.  
Li Ting, Zhong Zehui, Shao Jie, et al. Developments of Food Packaging Materials[J]. Packaging Journal, 2011, 3(2): 34-36.
- [7] 姚姝妮, 刘秉钺, 刘阳. 采用浆内添加方法生产抗菌纸的研究[J]. 上海造纸, 2007, 38(1): 54-58.  
Yao Shuwei, Liu Bingyue, Liu Yang. The Making of Antibacterial Paper by Internal Adding[J]. Shanghai Paper Making, 2007, 38(1): 54-58.
- [8] 杨开吉, 苏文强, 陈京环. 多功能抗菌纸的开发与应用[J]. 中国造纸, 2007, 26(9): 44-46.  
Yang Kaiji, Su Wenqiang, Chen Jinghuan. Development and Application of Multifunctional Antibacterial Paper[J]. China Pulp and Paper, 2007, 26(9): 44-46.
- [9] 余海忠, 孙永林, 廖雪义, 等. 鄂西北产香樟籽乙醇提取物成分及其抑菌活性研究[J]. 西南农业学报, 2010, 23(4): 1094-1098.  
Yu Haizhong, Sun Yonglin, Liao Xueyi, et al. Northwest of Camphor Seed Production of Ethanol Extract Composition and Its Antibacterial Activity[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2010, 23(4): 1094-1098.

(责任编辑: 廖友媛)