

抗菌纸的研究进展

黄崇杏, 鲍若璐, 段丹丹

(广西大学 轻工与食品工程学院, 广西 南宁, 530004)

摘要: 介绍了抗菌纸的分类, 阐述了抗菌剂的释放方式及抗菌纸的抗菌原理, 并叙述了国内外抗菌纸的研究现状和制造情况。

关键词: 抗菌; 抗菌纸; 抗菌剂

中图分类号: TB484.1

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2009)01-0034-05

Advances in Researches of Antimicrobial Paper

Huang Chongxing, Bao Ruolu, Duan Dandan

(Institute of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: The classification of antimicrobial paper is reviewed, the way of releasing antimicrobial agents from paper and its functioning principle are interpreted. Meanwhile, the present situation of domestic and international researches on antimicrobial paper and its manufacture are summarized.

Key words: Antibiosis; antimicrobial paper; antimicrobial agent

随着科技的发展和生活水平的提高, 人们越来越重视生活的质量和环境卫生。2003年突如其来的“非典”, 2004年蔓延全球的禽流感, 及2009年的甲型H1N1流感的爆发, 严重地危害了人类的健康。因此人们对日常生活中的生活用品提出了更高要求, 不仅要其本身无菌, 还要有抑菌和杀菌的功能。

纸质材料作为传统生活用品之一, 广泛用于医疗、食品包装、文献收藏、建筑装修等和生活密切相关的领域, 人们生活中处处都可能接触到纸张。因此, 为了防止纸张使用过程中有害细菌的传播和交叉感染所引起的各种传染病, 保护人体的健康, 研究和开发具有抗菌性能的生活和工业用纸具有重要的意义。

1 抗菌纸与抗菌剂的主要类型

抗菌是一个泛指名词, 包括灭菌、杀菌、消毒、抑菌、防毒、防腐等。抗菌纸即具有抗菌功能的纸张, 具体而言, 指各种具有抑制和杀灭细菌、霉菌能力的功

能性纸张, 是一个综合的概念。

按其用途, 抗菌纸可以分为: ①医用抗菌纸; ②食品包装抗菌纸; ③流通用纸, 如钞票等; ④装修用纸, 如壁纸等; ⑤工业用纸, 如电缆纸等; ⑥收藏用纸, 如文献等; ⑦其它用途用纸。

抗菌纸的核心成分是抗菌剂。纸张中加入极少量的抗菌剂制成抗菌纸, 再加工成制品, 即可起到杀菌和抑菌的作用。抗菌剂大体上可以分为: ①有机合成抗菌剂; ②无机抗菌剂; ③天然抗菌剂。

2 抗菌剂的释放方式

抗菌剂从材料中的释放方式主要有2种类型: 从基材内部释放出来(即基材释放方式)和从基材表面释放出来(即表面释放方式)。基材释放方式如图1中a)所示, 抗菌剂通过菌剂与主要物质结合和弱的相互作用力如静电力和氢键结合等, 通过传质现象从材料内部迁移出来释放到食品等目标物中。表面释放方式如图1中b)

收稿日期: 2009-06-26

作者简介: 黄崇杏(1977-), 女, 广西柳州人, 广西大学副教授, 主要研究方向为食品包装安全及绿色包装材料的研发,

E-mail: huangcx21@163.com

所示, 主要通过化学键键合在基材表面, 通过破坏静电力、化学键和氢键的连接而释放出来^[1-3]。

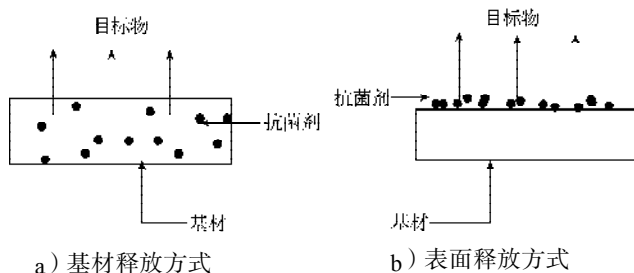


图1 抗菌剂的释放方式

Fig. 1 Release methods of antimicrobial agent

3 抗菌纸的抗菌原理

目前用于纸张的抗菌剂主要有无机抗菌剂、有机合成抗菌剂、天然抗菌剂3大类。抗菌纸的抗菌性主要是由抗菌剂产生的, 因此, 抗菌纸的抗菌机理主要是所添加的抗菌剂的抗菌机理。

3.1 无机抗菌剂

无机抗菌剂是利用银、铜、锌、钛等金属及金属离子的杀菌或抑菌能力制得的一类抗菌剂, 分为溶出型和光催化型2大类。溶出型无机抗菌剂主要是利用银、铜、锌等金属或金属离子通过物理吸附或离子交换等方法负载于无机载体上制成制剂, 主要载体有活性炭、沸石、黏土、羟基石灰基、磷酸钛盐和磷酸锆盐等。抗菌机理包括接触反应抗菌和活性氧抗菌, 接触反应抗菌是金属离子接触细菌, 破坏细菌蛋白质结构, 造成细菌死亡或产生功能障碍; 当金属离子接触细菌的细胞膜时, 因微动力效应, 导致金属离子穿透细胞膜进入细菌内, 与其体内的蛋白质发生反应起到抗菌作用。活性氧抗菌是抗菌纸表面分布的微量金属元素起到活性中心的作用, 可吸收环境中的能量, 激活吸附在材料表面的空气或水中的氧产生羟自由基和活性氧离子, 如金属银和环境中的 H_2O 与 O_2 的反应产生自由基起到抗菌效果^[4]。

光催化型抗菌剂主要是利用 TiO_2 、 ZrO_2 等在一定光照条件下还原并发生氧化反应, 使细菌分解, 从而达到抑菌的目的^[5]。可以用做光催化型抗菌剂的材料主要为 n 型半导体材料, 如 TiO_2 、 ZnO 、 CdS 、 WO_3 、 SnO_2 、 ZrO_2 等。 TiO_2 是目前最常见的光催化型抗菌剂, 特别是锐钛型 TiO_2 。

3.2 有机抗菌剂

有机抗菌剂与无机抗菌剂相比, 有更长的使用历史。有机抗菌剂已达500种, 但常用的仅几十种。主要品种有: 季胺盐类、双胍类、醇类、酚类、有机金属类、吡啶类、咪唑类、噻吩类等。有机抗菌剂主要是通过化学反应破坏细胞膜, 使蛋白质变性、代谢受阻, 从而起到杀菌、防腐及防霉等作用。有机抗菌剂

的优点是杀菌速度快、抗菌效能高、部分抗菌剂无毒、加工方便、颜色稳定性好, 缺点是耐热性差、易在溶剂环境中析出、易产生耐药性、分解产物经常有毒^[6]。

3.3 天然抗菌剂

天然抗菌剂是人类最早使用的抗菌剂, 目前所常用的天然抗菌剂包括从动物体内、植物体内提取和微生物合成而得到的抗菌剂, 主要有壳聚糖、乳酸链球菌素、山梨酸、姜黄根醇、孟宗竹提取物和日柏醇等。

壳聚糖的抗菌机理有2种说法: 1) D.H.Young等^[7]提出的以带有负电荷的细胞膜为作用靶的机理。壳聚糖带有氨基正离子, 能够吸附在绝大多数带负电的细菌上, 在其表面形成一层高分子膜, 阻止营养物质向细胞内输送, 也可能是改变细胞膜的选择透过性, 致使细胞质流失, 细胞质壁分离, 从而起到抗菌杀菌作用。2) R.Muzzarelli等^[8]提出的以细菌中DNA为作用靶的抗菌机理。壳聚糖进入细胞体内, 吸附细胞体内带有负电荷的细胞质, 发生絮凝作用, 壳聚糖可能与DNA形成稳定的复合物, 干扰DNA聚合酶或RNA的合成, 从而抑制了细菌的繁殖。

乳酸链球菌素是从乳酸链球菌发酵产物中提取的一种多肽抗菌素类物质, 是世界公认的安全的天然生物性食品防腐剂和抗菌剂。但其抗菌范围较窄, 主要作用于革兰氏阳性细菌, 作用靶部位是细胞壁中的肽聚糖, 因而对革兰氏阴性细菌作用不大, 但如先用EDTA处理阴性细菌的细胞壁, 也能起到抑制作用^[9]。

4 抗菌纸的研究现状和制造

目前抗菌纸还没有进行大规模的生产, 但由于它与人们的工作、生活休戚相关, 因此, 抗菌纸的研究和应用将是造纸工业新的热点之一。

赋予纸张抗菌性能可通过以下方式实现: 1) 纸浆内添加抗菌剂的方式; 2) 表面涂布、喷洒、施胶和浸渍等后加工方式; 3) 纤维改性使之具有抗菌纤维的方式; 4) 印刷油墨中添加抗菌剂的方式。

4.1 浆内添加抗菌剂

纸张是多孔的材料, 可以利用成纸多孔的性质来贮存和释放抗菌剂, 因此可通过浆内添加的方式赋予纸张抗菌性能。

方力平^[10]将抗菌剂按纸张的不同需要, 配置成一定干纸浓度的抗菌剂溶液, 然后加入到造纸工艺过程中的至少一个工序的浆液或成型纸中, 制成每t干纸内含有0.3~0.2 kg抗菌剂的抗菌纸, 具有一定的抗菌效果。佟会等^[11]利用具有抗菌功能基团的纳米粉体, 采用共价修饰的方法, 将季胺盐或季磷盐聚合物抗菌剂共价连接到纳米粉体上而得到的纳米抗菌剂, 将其添加到纸浆中, 抄纸得到抗菌纸。

姚妹妮等^[12]也进行了采用浆内添加方法生产抗菌

纸的研究。美国专利公开了一种抗菌纸,它是在牛皮纸的浆料中加入一种抗菌剂,可以降低牛皮纸中粘合剂的用量,使得牛皮纸有很强的抗水性和抗潮性,节约了生产的成本,同时提高了牛皮纸的适印性。

刘秉钺等^[13]对壳聚糖-铜络合物在抗菌纸上的应用进行了研究。研究表明,壳聚糖不仅能和铜离子发生络合反应,同时对铜离子有很强的吸附能力,1 g 壳聚糖能和4.9 g 硫酸铜反应。壳聚糖-铜络合物在纸浆内部施胶加入时,因为松香胶的加入而使留着率下降。在浆内施胶时加入壳聚糖-铜络合物时,增加壳聚糖-铜络合物的加入量,留着率变化不大。内部施胶加入壳聚糖-铜络合物,当加入量为0.095 %时,抑菌效果已超过90 %,而且不加松香胶施胶剂的抑菌效果要优于同时加入松香胶的抑菌效果。表面施胶加入壳聚糖-铜络合物比内部施胶加入的效果更好,加入质量分数为0.012 5 %时抑菌率就已经超过90 %。

Takegawa Masami^[14]在纸张中添加无毒无污染的天然抗菌剂制备了抗菌包装纸,将此纸作容器的内壁,可以用来运输易腐烂的食品。

Sadao Nishibori^[15]研制出一种可用作过滤材料、包装材料和装饰材料的多功能抗菌纸,通过纸浆中添加一定量的抗菌物质、特殊气味物质和氧化性物质,可用于防治空气污染、水污染和土壤污染。

浆内添加的方式需特别的湿部化学环境,且抗菌剂会因随着白水流失而利用率不高,还会增加制造成本,因此现在很少采用这种方法制备抗菌纸。

4.2 后加工方式添加抗菌剂

后加工方式添加抗菌剂的主要方法有表面施胶、喷淋、涂布和浸渍方法等。相比浆内添加抗菌剂方式而言,后加工方式不会造成生产过程中抗菌剂的浪费,因而是抗菌剂的主要添加方式,国内外有许多相关报道。如Choi Jung-hun^[16]将改性氟树脂、改性壳聚糖、低聚体材料及纳米材料等混合成多功能纸质文物加固保护胶液,用喷涂方式制得多功能抗菌纸。能保持纸质文物质感、色泽,具有透明无色、浸润渗透强、粘合力好、抗张强度高、耐折性好、耐老化、防霉抗菌等性能,并对字迹油墨能固色,使字迹的色泽不受影响。

Hamu Shiyouji等^[17]用纸浆和一些抗菌药剂抄造一种高强度的仿皮纸,用于植皮手术。

Kim Chul-Hwan等^[18]用nisin分别与聚丙烯酸和醋酸盐-乙烯聚合物混合,在纸上涂布,并检测nisin的迁移情况和涂层的抗菌活性。结果表明,醋酸盐-乙烯混合物能更快迁移到食物所含的水溶液中,并表现出较好的抑制金黄色葡萄球菌ATCC10,240的能力。在水中添加盐、糖和柠檬酸明显降低了nisin在聚丙烯酸中

的扩散。当nisin混合涂层在10℃与巴氏牛奶和橘子汁接触的时候,对所有好氧细菌都有较明显的抑制效果,而对酵母菌则没有明显的作用。

Lee Ho Chan等^[19]将nisin和壳聚糖以3 %的浓度用醋酸盐-乙烯聚合物为媒介在纸上涂布,得到抗菌纸。nisin和壳聚糖在涂料中的配合使用是希望能开发出一种能够抑制多种对食物有害和有毒的微生物的更广谱效果。8 d后,8.1 %~8.3 %的nisin和1.0 %~1.2 %壳聚糖已经迁移,两者互不影响。涂有nisin的纸比涂有壳聚糖的纸能更有效的抑制革兰氏阳性菌的生长,如*Listeria monocytogenes*,但后者在抑制大肠杆菌的生长方面更有效。在涂料中使用nisin和壳聚糖的混合物将会增强对两类细菌的抗菌能力,并能够提高牛奶和橘子汁在10℃储存的稳定性。

Tokuda Yoshiyuki等^[20]采用涂布加工法制得了一种抗菌纸,再与树脂薄膜或铝铂片黏合制得抗菌包装材料,不但抗菌性能优良,而且十分美观。

日本的一家公司制造出一种可用于食品包装的防腐纸,它的制作方法是,先将原纸浸入含有20 %琥珀酸,33 %的琥珀酸钠和0.07 %山梨酸的乙醇溶液中,然后对其进行干燥即成。用这种纸包装带卤汁的食品,可以在38℃高温下存放3周不变质^[21]。

Abbosh Oday等^[22]发明了一种擦手纸,这种擦手纸由两层组成,一层是具有吸水性的柔软层,另一层是无孔阻隔层。通过浸渍一定量的香水和抗菌剂制成,具有净化空气和抗菌的性能。

宋建勇等^[23]用洗必泰和成膜剂按比例配成浸液,浸轧普通纸内裤,并适当温度烘干而制成一次性抗菌纸内裤,经Quinn抗菌检测有良好与持久的抗菌作用,抗菌纸内裤使用1~3 d后抑菌率分别为99.5 %和92.3 %。

李柯等^[24]研究了有机硅抗菌剂CTU-1,将滤纸片浸没于20℃抗菌剂溶剂中30 s制得抗菌纸,在滤纸上的抑菌效果表明,当CTU-1抗菌剂在体积分数为0.5 %~2.5 %时,具有较好的抑菌效果。

杨飞等^[25]研究了造纸用无机载体抗菌沸石及抗菌纸,分析了无机载体抗菌沸石的制备工艺、结构表征及抗菌性能,对无机载体抗菌沸石造纸湿部添加、表面涂布中的应用和机理进行了研究,为无机载体抗菌沸石在造纸工业中的应用提供技术和理论依据。

张静等^[26]研究了几种具有抗菌功能的抗菌纸的制备方法,选用壳聚糖、乳酸链球菌素和表面接枝高分子抗菌剂的纳米 SiO_x 作为抗菌剂,分别以浆内添加、表面施胶、喷洒等工艺添加到纸上,制成抗菌纸,并分析了纸张性能和抗菌性能。王雪平^[27]将羟基-2,4-溴代-1,5-戊二醛抗菌剂通过涂布、喷施、浸渍方法制备纸币专用抗菌纸。Tanaka Mikio等^[28]开发出一种抗菌纸包装薄膜,主要是利用人造纤维抄造成纸再与抗菌

膜黏合而成, 具有质轻、无毒、抗菌性能优良的优点。

4.3 纤维改性

纤维表面性能对纸张性能有非常重要的影响, 人们设法通过对纤维进行表面改性来达到期望的表面性能, 以满足纸张特殊性能的要求。目前常用的纤维表面改性方法有物理改性、生物改性及化学改性3种方法, 其中对于表面化学改性的研究报道较多。成都交大晶宇科技有限公司的科研人员在不影响人民币原有湿强度、韧性和外观的前提下, 采用物理方法将一种名为“氧化锌晶须复合抗菌剂”的抗菌材料加入人民币中, 可有效杀灭细菌或抑制细菌生产, 使人民币“无菌”。抗菌材料加入人民币中, 运用多重杀菌原理, 对人民币上的大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等有害细菌进行灭杀, 杀灭和抑制细菌可达99%以上^[29]。

刘秉钺等^[30]采用 CuSO_4 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 Na_2S 对聚丙烯腈(俗称腈纶)进行改性处理, 以制备铜系抗菌剂, 然后将抗菌剂配入植物纤维抄纸。抗菌剂的加入量为2%时, 72 h抑菌率即仍超过90%, 随着抗菌剂加入量的提高成纸的白度下降, 裂断长减少, 而撕裂指数和耐破指数明显升高。

北京安美尔集团与中国纺织大学采用纳米技术共同研制成功抗菌卫生巾、卫生护垫、卫生化妆巾等。它利用先进的纳米技术, 将超微粒与合成纤维原料共混在一起制成, 具有强大的抗菌功能。经中华预防医学会认证, 该产品与同类产品相比较分散性更好、抗菌能力更强、安全性可靠, 吸水性强, 透气性好^[31]。

4.4 印刷油墨中添加抗菌剂

在印刷过程中将抗菌剂以油墨的形式添加到基材上, 也可起抗菌的效果。何金星等^[32]发明了一种有抗菌功能的扑克, 制作工艺是在压光过程使用的油墨中加入油墨质量百分比为0.01%~2%的银系抗菌剂或生物抗菌剂壳聚糖。此种扑克的抗菌性可保持2年, 对大肠杆菌、枯草杆菌、金黄色葡萄球菌、甲肝病毒、真菌等具有较好的抗菌、抑菌功能。使用这种扑克, 能大大增加使用的安全性, 有效防止疾病的发生。

王灿才等^[33]研究了应用于水松纸的抗菌水性油墨。在研究国内外水性油墨的技术的基础上, 从水松纸的印刷性能和卫生要求出发, 通过一系列的试验和探索, 研制出了能满足水松纸凹印的抗菌水性油墨。

5 结语

目前, 国内外在塑料、涂料、纺织物、陶瓷等材料方面的抗菌试验已有成熟的技术, 相应的产品也逐渐得到推广。而作为具有广泛用途的纸, 抗菌纸的研究在我国才刚刚起步, 还需要大力开展相关研究, 需要学科交叉知识和跨行业的技术协作。

未来抗菌纸的研究主要在以下几个方面:

1) 纸用抗菌剂的开发选用研究: 天然无毒、耐高温、稳定、具有缓释效果的抗菌剂的研发是其主要趋势和方向;

2) 抗菌纸的安全性研究: 纸用抗菌剂的可能的毒性研究, 抗菌剂和纸张间的相互作用影响研究;

3) 抗菌剂在纸中的添加方式研究: 研究科学的添加方式, 如具有缓释效果的添加到聚合物中的方式, 以达到降低成本、增强抗菌效果、改善纸张性能等方面的目的;

4) 抗菌纸的生产工艺优化及检验标准的研究: 抗菌纸的生产工艺与传统纸张的生产有所不同, 需要研究相关的工艺优化, 并确定相关的行业检验标准, 引导行业健康迅速的发展;

5) 抗菌纸的应用研究: 纸张作为一种无毒、环境友好和可回收利用的生活材料, 还有很广泛的应用前景, 为了保护人们的健康、拓宽抗菌纸的应用领域, 开展抗菌纸的应用研究有重要意义。

随着抗菌纸研究开发的不断发展, 各类抗菌纸的应用将会得到迅速地推广, 促进相关产品的更新和升级, 具有巨大的社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] Daeschel M A, Mcguire J, Al-Makhlafi H. Antimicrobial Activity of Nisin Adsorbed to Hydrophilic-and Hydrophobic Silicon Surfaces[J]. Food Protection, 1992, 55(9): 732-735.
- [2] Halek G W, Garg A. Fungal Inhibition by a Fungicide Coupled to An Ionomeric Film[J]. Food Safety, 1989(9): 215-222.
- [3] Kroschwitz J. I Concise Encyclopedia of Polymer Science and Engineering[M]. New York: John Wiley&Sons, 1990: 793.
- [4] 杨开吉, 苏文强. 纸张抗菌剂的研究进展[J]. 造纸化学品, 2006, 18(5): 26-29.
- Yang Kaiji, Su Wenqiang. Research Progress of Antibacterial Agent for Paper[J]. Paper Chemicals, 2006, 18(5): 26-29.
- [5] 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, 2006, 26(9): 44-46.
- Yang Kaiji, Su Wenqiang, Chen Jinghuan. Development and Application of Multifunctional Antibacterial[J]. China Pulp & Paper, 2006, 26(9): 44-46.
- [6] 季君晖, 史维明. 抗菌材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 9.
- Ji Junhui, Shi Weiming. Antibacterial Material[M]. Beijing: Publisher of Chemical Industry, 2003: 9.
- [7] Young D H, Knoli E. Release of Calcium from Suspension-Cultured Glycine max Cells by Chitosan, Other Polycations, and Polyamines in Relation to Effects on Membrane Permeability[J]. Plant Physiology, 1983, 73: 698-702.
- [8] Muzzarelli R, Jeuaiauc C, Gooday G W. Chitin in Nature and Technology[M]. New York: Plenum Press, 1985: 210.
- [9] Hurst A. Nisin[J]. Advances in Applied Microbiology, 1991

- (27): 85-123.
- [10] 方力平. 一种抗菌纸及其造纸工艺: 中国, 99113875[P]. 2001-11-01.
- Fang Liping. The Paper Making Process of a Kind of Antibacterial Paper: China, 99113875[P]. 2001-11-01.
- [11] 佟会, 邱树毅. 季铵盐类抗菌剂及其应用研究进展[J]. 贵州化工, 2006(5): 1-7.
- Tong Hui, Qiu Shuyi. Research on Progress of Quaternary Ammonium Salt and Its Application[J]. Guizhou Chemical Industry, 2006(5): 1-7.
- [12] 姚姝妮, 刘秉钺, 刘阳, 等. 采用浆内添加方法生产抗菌纸的研究[J]. 上海造纸, 2007, 38(1): 53-57.
- Yao Shuwei, Liu Bingyue, Liu Yang, et al. The Making of Antibacterial Paper by Internal Adding[J]. Shanghai Pulp & Paper, 2007, 38(1): 53-57.
- [13] 刘秉钺, 王井, 姚姝妮, 等. 壳聚糖-铜络合物在抗菌纸上的应用[J]. 中华纸业, 2004, 25(4): 43-45.
- Liu Bingyue, Wang Jing, Yao Shuwei, et al. The Application of Complex Compound of Chitosan and Copper on the Antibacterial Paper[J]. China Pulp & Paper Industry, 2004, 25(4): 43-45.
- [14] Takegawa Masami. Antibacterial Sheet and Perishable Article Storage Container Employing The Same: JP, 2005219759[P]. 2005-08-18.
- [15] Sadao Nishibori. Laminated Photocatalytic Pulp Paper and Process for Producing the Same as well as Splitting and Disaggregating Apparatus Using for the Process: US, 2004140071[P]. 2004-07-22.
- [16] Choi Jung-hun. Method of Manufacturing Tissue Papers: WO, 2004035926[P]. 2004-04-29.
- [17] Hamu Shiyuji, Takeuchi Toshiyuki. Antimicrobial Regenerated Leather Paper: JP, 11172581[P]. 1999-06-29.
- [18] Kim Chul-Hwan, Cho Sung-Hwan. Development of Functional Additives and Packaging Paper for Prolonging Freshness of Cut Flowers. Palpu Chonggi Gisul[J]. Journal of Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 2002, 34(2): 32-41.
- [19] Lee Ho Chan, An Duck Soon, Park Hyun Jin, et al. Wide-Spectrum Antimicrobial Packaging Materials Incorporating Nisin and Chitosan in the Coating[J]. Packaging Technology and Science, 2003, 16(3): 99-106.
- [20] Tokuda Yoshiyuki, Kobayashi Mitsuru, Kawashima Tadashi. Antibacterial Packing Material and Container: JP, 11178899[P]. 1999-07-06.
- [21] 何京. 高科技食品包装用纸[J]. 包装与食品机械, 2003, 21(3): 45-46.
- He Jing. The Food Packaging Paper of High-Technology[J]. Packaging and Food Machinery, 2003, 21(3): 45-46.
- [22] Abbosh Oday, Dryburgh Ian hamilton, Lawson Nigel, et al. Improvement in Wipes: GB, 2421927[P]. 2006-07-12.
- [23] 宋建勇, 林辉, 刘鹏林, 等. KBT一次性抗菌纸内裤的抗菌效果[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 1998, 19(2): 4-5.
- Song Jianyong, Lin Hui, Liu Penglin, et al. The Antibacterial Effective of One-off Sanitary Antibacterial Paper Underwear [J]. The Acta of Qiqihar Medical College, 1998, 19(2): 4-5.
- [24] 李柯, 陈自力, 田原, 等. 有机硅抗菌剂在纤维整理上的应用[J]. 有机硅材料及应用, 1999(5): 19-22.
- Li Ke, Chen Zili, Tian Yuan, et al. The Application of Organosilicon Antibacterial Paper on the Treatment to the Fibers[J]. The Application of Organosilicon Materials, 1999(5): 19-22.
- [25] 杨飞, 陈克复, 杨仁党, 等. 抗菌剂及其在抗菌纸中的应用[J]. 中国造纸, 2006, 25(8): 51-55.
- Yang Fei, Chen Kefu, Yang Rendang, et al. Anti-Bacteria Agent and Its Application in Antibacterial Paper[J]. China Pulp & Paper, 2006, 25(8): 51-55.
- [26] 张静, 冯学愚, 邱树毅. 壳聚糖在抗菌纸中的应用——抗菌纸技术性能测试[J]. 贵州工业大学学报: 自然科学版, 2006, 35(3): 66-69.
- Zhang Jing, Feng Xueyu, Qiu Shuyi. The Application of Chitosan on the Antibacterial Paper: the Test of Technology Performance of the Antibacterial Paper[J]. The Journal of Guizhou Industry University: Natural Science Edition, 2006, 35(3): 66-69.
- [27] 王雪平. 羟基-2,4-溴代-1,5-戊二醛及抗菌纸币的制备方法及应用: CN, 1271518[P]. 2000-11-01.
- Wang Xueping. The Application and the Making Method of Hydroxy-2,4-Bromo-1,5-glutaraldehyde and Antibacterial Paper: CN, 1271518[P]. 2000-11-01.
- [28] Tanaka Mikio, Hirose Kazuhiko. Antibacterial Paper Product: JP, 2001206455[P]. 2001-07-31.
- [29] [佚名]. 抗菌钞票纸研制成功[J]. 道纯化工, 2003(12): 24.
- [Anon]. The Success in Developing of Antibacterial Currency Paper[J]. Titaning Chemical Technology, 2003(12): 24.
- [30] 刘秉钺, 王井, 蒋万, 等. 铜系广谱抗菌纸的研制[J]. 中国造纸, 2003, 22(11): 31-32.
- Liu Bingyue, Wang Jing, Jiang Wan, et al. The Research on the Copper Antibacterial Paper[J]. China Pulp & Paper, 2003, 22(11): 31-32.
- [31] 郑咸雅. 纳米美容纸[J]. 湖南造纸, 2001(4): 13.
- Zheng Xianya. Manometer Beauty Paper[J]. Hunan Pulp & Paper, 2001(4): 13.
- [32] 何金星, 迟广, 何小明. 一种抗菌扑克牌及制备方法中国, 03148805[P]. 2004-07-21.
- He Jinxing, Chi Guang, He Xiaoming. The Preparation Methods of Playing Cards: China, 03148805[P]. 2004-07-21.
- [33] 王灿才, 王所杰. 水松纸抗菌水性油墨研究[J]. 包装工程, 2007(3): 7-9.
- Wang Cancai, Wang Suojie. The Research on Tipping Paper Antibacterial Water-Based Ink[J]. Packaging Engineering, 2007(3): 7-9.

(责任编辑: 徐海燕)