

研究进展

乙醇气体发生剂在抗菌包装中的研究进展

马学芬¹, 王利强², 刘靖², 樊氏芳², 顾亚伟², 罗伦²

(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 中国包装总公司食品包装技术与安全重点实验室, 无锡 214122)

摘要: 综述了抗菌包装在食品包装中的研究进展, 概括了乙醇的杀菌机理以及乙醇气体在控制食品质量和延长保质期方面的主要应用。重点介绍了一种释放型抗菌包装——乙醇气体发生剂, 并对其在保鲜包装领域的应用前景与存在的问题进行了分析, 为深入研究乙醇作为抗菌剂的特性, 进一步开发气态型抗菌剂在食品抗菌包装中的应用, 提供科学的研究基础。

关键词: 抗菌包装; 释放型; 乙醇; 货架期

中图分类号: TB485.3; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)23-0144-06

Research Progress of Ethanol Emitter in Antimicrobial Food Packaging

MA Xue-fen¹, WANG Li-qiang², LIU Jing², FAN Shi-fang², GU Ya-wei², LUO Yi²

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Key Laboratory of Food Packaging Techniques and Safety of China National Packaging Corporation, Wuxi 214122, China)

Abstract: Research progress of antimicrobial packaging in food packaging was reviewed. The sterilization mechanism of ethanol was summarized. The application of ethanol vapor in food quality control and shelf-life extension was introduced. A release antimicrobial packaging, ethanol emitter, was introduced. The application prospect in fresh-keeping packaging and existing problems of the release antimicrobial packaging were analyzed. The purpose was to provide a base for developing the application of release antimicrobial packaging in food antimicrobial packaging.

Key words: antimicrobial packaging; release; ethanol; shelf-life

随着消费者对健康和食品安全意识的不断提高, 提高包装食品的保鲜度和品质已经成为食品工业发展的方向^[1]。在这种形势下, 活性包装等一些新的包装技术迅速发展。活性包装通过改变包装食品的保存条件来延长货架期、提高安全性和感官品质以保证食品质量来实现^[2]。作为活性包装的重要组成部分——抗菌包装, 它通过抑菌剂由包装材料到被包装食品的逐渐释放来抑制或减缓食物表面微生物的生长, 从而保护食品^[3]。近年来, 国内外研究人员对抗菌包装进行了大量研究, 并取得了一系列成果。作者拟对食品抗菌包装的研究现状进行综述, 并重点介绍了一种释放型抗菌包装, 即乙醇气体发生剂, 它以特

殊的优势正吸引着更多食品包装研究者的关注。

1 食品抗菌包装

与食品保鲜的传统抗菌方法不同, 抗菌包装技术通过抗菌小包或抗菌包装材料中抑菌剂向包装顶层空间或食品表面的释放, 达到抑制细菌生长的目的, 多适用于新鲜水果、蔬菜和肉类等食品的保鲜^[4]。包装系统内添加的抑菌物质主要有无机、有机和天然生物抗菌剂 3 类^[5]。这些抗菌剂被添加至包装后形成一个新的抗菌包装系统, 当前, 研究中常见的抗菌剂及其特性见表 1^[6]。当前关于抗菌包装材料的研究

收稿日期: 2012-10-12

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金 (JUSRP21115); 江南大学青年基金 (2007LQN18); 中国包装总公司科技计划项目 [2008]114 号; 江南大学校级创新团队发展计划 (PIRTJiangnan) 资助

作者简介: 马学芬 (1987—), 女, 杭州人, 江南大学硕士生, 主攻食品包装技术。

通讯作者: 王利强 (1977—), 男, 博士, 江南大学副教授, 主要研究方向为食品包装技术。

与报道很多,包装基材多为纸张、热塑性塑料和热固性材料。

表 1 抗菌剂及其对应的包装材料

Tab. 1 Antimicrobial agents and the corresponding packaging materials

抗菌剂	特性
无机抗菌剂 金属元素抗菌剂:金属及其化合物,如银、锌、铜等 以二氧化钛为代表的光催化型抗菌剂	耐热性好、广谱抗菌性、有效抗菌期长、毒性低、不产生耐药性;但是银系抗菌剂在塑料中使用工艺复杂
有机抗菌剂 醇、酚、醚类,如乙醇、对硝基苯酚等; 醛、酮、醌类,如戊二醛酸及盐类,如山梨酸、苯甲酸、乙酸; 酯类,如富马酸二甲酯; 腈类,如百菌清; 胍类,如氯己啶	杀菌速度快、抗菌效能高、加工方便、颜色稳定好;耐热性差、易产生耐药性
天然抗菌剂 动物类抗菌剂:氨基酸类、天然肽类、高分子糖类等 植物类抗菌剂:大蒜、金荞麦、鱼腥草	抗菌效率高、安全性能高、对人体无毒、无刺激、天然;但加工困难、有些耐热性较差

抗菌包装系统中,抗菌剂的应用形式各不相同。抗菌涂层包装能使抗菌剂从载体材料向食品表面缓慢释放,始终保持包装内部食品所需抗菌剂的浓度,解决了抗菌剂直接涂覆食品带来的缺陷,保证了食品安全^[7]。相关文献报道的涂层中抗菌物质主要有乳酸链球菌素(Nisin)、苯甲酸钠、山梨酸钾及天然抗菌物质等^[8]。抗菌剂的活性要得到充分发挥,载体材料与抗菌涂层的分子结构以及复合包装材料的制备工艺过程至关重要。Gallstedt 等人^[9]以壳聚糖-醋酸盐、乳清蛋白分离液、浓缩乳清蛋白溶液和小麦面筋蛋白 4 种物质为载体,对抗菌涂层进行研究,并对涂层的机械性能(断裂应力应变、撕裂强度)和气体透过性进行评估,结果表明,壳聚糖-醋酸盐是相对最有效的涂层载体,蛋白基载体能提高纸的强度和韧性。崔珊珊等人^[10]选择以壳聚糖为载体材料,研究了 Nisin 和乳酸钠的扩散情况及涂层的抑菌性能,得出涂层厚度是影响扩散系数的重要因素,且得到使扩散系数最大的因素组合。

离子键或共价键结合型抗菌包装系统,将抗菌剂加入到聚合物或其他包装材料中,通过共价键和离子键与包装材料结合。此类包装系统要求抗菌剂和包装基材必须具有彼此可结合的官能团。这类具有功能键的包装材料聚合物基材有 EVA(乙烯醋酸乙酯共聚物)、PVDC(聚偏二氯乙烯)、EVOH(乙烯乙烷醇共聚物)、PE(聚乙烯)和 PS(聚苯乙烯)等^[3]。Ap-

pendini 等人^[11]用表面改性聚苯乙烯(SMPS,即将多肽固定在聚苯乙烯材料上)对一些特定微生物进行抗菌实验测试,发现与未改性的材料相比,表面改性材料的抗菌性能大大提高。

除此之外,直接使用本身具有抗菌功能的聚合物作为包装材料也是抗菌包装的一种形式,如壳聚糖等。壳聚糖涂膜可减缓新鲜水果蔬菜的腐烂速度,也作为包装基材通过添加抗菌剂来加强其抗菌活性^[12]。

2 乙醇气体发生剂

将含有挥发性的抗菌剂与包装基材结合制成香囊或衬垫放入封闭包装内部是抗菌包装最成功的商业应用之一,乙醇气体发生剂就是其中较为典型的例子。乙醇抑制微生物繁殖的功能早为人们所熟知,早在 20 世纪 70 年代,日本就开始将乙醇作为食品的抗菌剂,最初仅将低浓度乙醇用于酱油、香辛等调味料及腌菜等,并有将乙醇作为其他食品抗菌剂或防腐剂的研究报告。随后日本对乙醇气体发生剂包装进行了前期研究,并形成了释放乙醇气体的薄膜和内包装小袋的应用专利,包括 Ethicap, Antimold102, Negamold 和 Ageless type SE。这些薄膜和小袋能将乙醇吸收或裹入载体材料,以实现包装内部空间中气态乙醇的释放控制。

2.1 乙醇杀菌机理

乙醇的杀菌机理主要表现在 3 个方面:一是破坏细菌蛋白质的肽键,使之变性;另一方面是侵入菌体细胞,解脱蛋白质表面的水膜,使之失去活性,引起微生物新陈代谢障碍;第三方面是乙醇的溶菌作用^[13]。

作为一种应激剂,乙醇的主要目标是破坏细胞膜。微生物细胞膜的主要功能是形成一个渗透性屏障,调节细胞和外部环境间的溶质通道。乙醇是一种小分子,会影响到细胞膜的物理性能和生物学功能,它在脂-水界面与膜相互作用,弱化疏水性屏障得到极性分子的自由交流,从而扰动膜结构和功能^[14],乙醇分子与蛋白质分子的肽链环节反应,使得蛋白质分子发生变性。但是乙醇的杀菌作用也受其浓度限制,乙醇只有在高浓度时才对微生物有毒性^[15]。醇的毒性与细胞膜的脂肪链长度和疏水性(或亲油性)直接相关。与植物细菌相比,杀死真菌孢子需要相对更高浓度的乙醇^[16]。细胞质的渗透和细胞质泄漏的不平衡最终导致细胞解体,在乙醇浓度达到 70% 质量浓度时杀菌效率最高^[17]。

Thien Dao, Philippe Dantigny^[18]对乙醇控制真菌引起的食物腐败进行了研究,讨论了乙醇对真菌生长和繁殖以及真菌孢子失活的影响,并对腐败真菌对经济和食品质量的影响进行调查,包括最低抑菌浓度(MIC)和 D 值在内的许多参数,解释了乙醇对真菌作用机理的热力学关系。最终认为应用乙醇蒸气熏对食物的保鲜效果很好,对控制水果的腐烂以及延长货架期效果尤其明显。

2.2 乙醇气体发生剂载体的选择

乙醇气体保鲜包装技术其效果好坏与“包装材料”——载体的选择密切相关,而载体的结构组成又决定了这类包装产品的某些关键性能,如携载能力和缓释性等,这是包装材料制备工艺的依据和前提,因此载体材料的选择是研究者集中关注的热点问题。

2.2.1 天然高分子材料

乙醇气体发生剂释放体系中作为载体的天然高分子材料主要有淀粉、明胶、海藻酸盐、纤维素、环糊精、壳聚糖以及各种植物胶类等^[19]。有的材料不能完全适合应用要求,需加以改性通过接入不同的官能团得到改性天然高分子。由于食品行业的特殊要求,适合乙醇气体发生剂的载体材料主要有:淀粉类(主要是改性淀粉)、糊精类(如糊精、环糊精)、纤维素类。

1) 淀粉。淀粉是贮藏于大多数植物颗粒内的半晶体聚合物,资源丰富、价格低廉。主要有两种类型,即直链淀粉和支链淀粉,其中直链淀粉在稀的中性溶液中处于高度无规则的卷曲状态,形成螺旋结构。在 V-型直链淀粉结构中,直链淀粉外部呈左手单螺旋结构,内部具有较大的空洞,可以包埋各种各样的客体^[20]。利用淀粉分子链本身具有的螺旋结构及空间结构,对易挥发且具有刺激性气味的客体进行包埋,以实现对其缓慢释放。但原淀粉由于缺乏表面活性,难以形成精细、稳定的乳状液,故直接使用淀粉并不能有效地包埋客体物质。朱艳巧^[21]利用超声波法制备高直链玉米淀粉,无需外加表面活性剂即能获得精细、稳定的乳状液,可与客体进行很好的包合作用。除此之外,多孔淀粉因其表面布满直径为 1 μm 左右的小孔而得名,是天然生淀粉经过水解处理后形成的一种新型有机吸附剂和包埋材料,这种特殊的空间结构,使得淀粉类材料能对乙醇等易挥发且有气味的客体进行包埋。

2) 环糊精。环糊精(Cyclodextrins, CD)是由芽孢杆菌属的某些种产生的葡萄糖基转移酶(CGTase)作用于淀粉而生成的一类环状低聚糖。其最显著的特征是具有一个外亲水,内疏水,且有一定尺寸的立体空腔,可以和有机分子、稀有气体和无机化合物等形成包合物^[22]。根据组成葡萄糖单元数目的不同,环糊精分为多种,其中最常见的是聚合度分别为 6, 7 和 8 的 α -、 β -、 γ -环糊精。由于 β -环糊精在价格上相对便宜,且其易从制取液中结晶析出,故工业上的制备和应用以此为主。 β -环糊精特殊的结构,使其能对挥发性物质,如香料的芳香气味等稳定化、减缓挥发速度。食用级环糊精-乙醇包合物,通过控制乙醇缓慢释放,能有效抑制包装食品中霉菌生长。日本市场上已经出售含有环糊精-乙醇包合物的馄饨和饺子皮,具有良好的抗菌效果^[23]。

2.2.2 其他物理吸附材料

1) 二氧化硅。最初的商业化产品 Ethicap,就是由一定比例的食品级酒精和水吸附在二氧化硅粉末后一起混入由纸和乙基醋酸乙烯酯(EVA)共聚物复合而成的胶囊中制成的乙醇气体发生剂。二氧化硅颗粒具有吸附性能,特别是多孔二氧化硅,是很好的天然抗菌剂与乙醇气体发生剂载体。

2) 纸塑材料。一般使用的酒精保鲜剂其包装材料有纸塑复合包装纸、塑塑复合包装纸以及由纸、打

孔塑料膜层和底层塑料网层制成的包装纸,但这些材料都因机械性能不稳定、价格昂贵等因素存在使用缺陷,周亮^[24]就抗菌纸所用的抗菌剂进行了研究。目前已有的酒精保鲜剂包装纸专利产品由表层原纸层与塑料膜层贴合而成,目的在于提供一种酒精挥发速率稳定、不渗透的保鲜剂包装纸^[25]。

2.3 乙醇气体发生剂的应用及存在的问题

目前,乙醇气体发生剂主要用于3类食品,即糕点类、鱼制品及果蔬的保鲜,能有效延长被包食品在无霉货架期、减缓水果的采后腐烂率,但也存在一些亟待解决的问题。

2.3.1 无霉货架期的延长

早有研究表明乙醇气体发生剂可以延长无霉货架期^[26],其抑制作用一般通过使用一个封装小袋来实现,也就是日本所发明的“Ethicap”。这种乙醇气体发生剂可以延长含有苹果酱面包的保质期,且没有出现因为细菌发酵而胀袋的情况^[27]。之后也有研究人员分别使用乙醇发生剂对三明治、黑麦切片面包、英式松饼和烘焙面包等进行试验,结果都有比较理想的保鲜效果^[28]。除了单一的使用乙醇气体发生剂,近年来也有研究表明,其与脱氧剂结合的活性包装可以更好的保持食品品质。E. Latou 等人^[1]研究了乙醇气体发生剂、脱氧剂及其结合处理对延长全麦切片面包在 20 ℃ 下储存保质期的影响,结果发现,乙醇气体发生剂与脱氧剂对保持初步气味、味道和面包质地都有有利作用,而两者结合处理的保质期更长。

2.3.2 控制采后水果的腐烂

最初利用乙醇来控制采后水果的质量是通过浸渍的方法,但是这种方法无法持久的保证乙醇浓度,且一般在 1~2 个月,水果质量已无法再有保障。使用乙醇气体发生剂可以长时间、定量地向包装内部释放乙醇,给予水果比较稳定的保护环境,从而很好的解决了上述问题。Mosayyebzadeh 等人^[29]研究了乙醇气体发生剂对提高葡萄气调包装(MAP)效果的影响,实验结果表明,在贮藏期内乙醇使用可以减少葡萄的腐烂。同类的水果保鲜研究在国内外的相关文献中也有体现,乙醇在水果保鲜包装中的应用情况见表 2。

2.3.3 存在的问题

1) 乙醇浓度的确定。乙醇一般认为是安全(GRAS)的,可以作为抗菌剂应用于食品领域。在低水分活度的食品中,低浓度的乙醇(质量分数在 2%

~4% 之间)有一个特定的抗菌效果,而对于高水分活度的食品中,乙醇

表 2 乙醇在水果保鲜包装中的应用

Tab. 2 Application of ethanol in fruit fresh-keeping packaging

产品对象	处理方法	浓度	文献来源
餐桌葡萄	乙醇蒸气	5 mL/kg 葡萄	Chervin, Westercamp, Monteils, 2005 ^[30]
橘子和桃子	乙醇蒸气	20% ~ 70% (体积分数)	Lihandra, 2007 ^[31]
中国杨梅	乙醇蒸气	200 ~ 1500 μL/L	Zhang W S, 2007 ^[32]

最佳用量是 0.002 ~ 0.004 mL/cm² 或小于产品质量的 2%^[33]。蛋糕和面包等食品,若用大于 2% (质量分数,下同)乙醇处理,会引起消费者对产品气味的反感。2% 的乙醇在食品保鲜应用中可以适当延长无霉货架期,但对于阻止霉菌生长还不够。抑制霉菌所需要的乙醇浓度取决于整个包装系统中的水分活度。事实上,水分活度和水分都影响乙醇的蒸气压,水和乙醇在包装内部发生的相互作用在一定的水分活度下依平衡方式(吸附或吸收)而改变。因此,针对不同包装对象,合理确定乙醇浓度是应用乙醇气体发生剂的前提。

2) 乙醇气体发生剂包装材料的选择。乙醇气体发生剂为粉末制剂,不宜直接与食品接触,比较有效的方法是将其封入食品包装内,通过乙醇气体的缓慢释放,调节包装内部的乙醇浓度,从而延长抑菌时间、提高杀菌效果。但乙醇气体可能会导致包装薄膜出现胀袋现象,使材料的阻隔性能发生明显改变,进而导致使抗菌包装系统失效,因此,乙醇气体发生剂的应用需要改进其外包装。为了达到缓慢释放的目的,一般此类抗菌包装不适合使用乙醇透过率较大的材料,较多使用 KOP/CP, OPP 等乙醇阻隔性材料^[34],市场上常见的含铝箔复合材料由于其透过率为零,完全阻止乙醇气体的释放,同样不适合。乙醇气体也可能影响外包装材料对其他气体的渗透性,在考虑乙醇透过率的同时,也要考虑材料对氧气与水蒸气的透过性能^[35]。

3 结语

乙醇气体发生剂作为不直接加入食品的附加型

抗菌剂,除了能抑制霉菌等微生物的生长,还能通过抑制水分蒸发和淀粉老化来防止食品硬化,在日本等国家得到广泛应用,但是目前存在的问题,如价格相对直接用乙醇浸渍高等因素限制,很难在国内得到广泛应用。同时,不定量的添加乙醇气体后包装内食品的品质风味和安全性等问题也是阻碍其发展的原因。当前,抗菌剂微胶囊包埋技术逐渐成为研究的热点,运用微胶囊包埋技术,可以改善包装材料对乙醇浓度的控制,同时结合使用选择性阻隔材料来提高乙醇气体发生剂包装的安全性,为乙醇类抗菌包装开拓更广泛的发展空间。

参考文献:

- [1] FRANKE I, WIJMA E, BOUMA K. Shelf Life Extension of Pre-baked Buns by an Active Packaging Ethanol Emitter [J]. *Food Additives and Contaminants*, 2002, 19(3): 314-322.
- [2] 王长安, 邹永德, 陈晓翔. 抗菌食品包装研究进展[J]. *包装工程*, 2009, 30(10): 121-124.
WANG Chang-an, ZOU Yong-de, CHEN Xiao-xiang. Advances in Research of Antimicrobial Food Packaging [J]. *Packaging Engineering*, 2009, 30(10): 121-124.
- [3] APPENDINI P, HOTCHKISS J H. Review of Antimicrobial Food Packaging [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2002, 3: 113-126.
- [4] 李亚娜, 冯启路, 贺庆辉. 食品活性包装[J]. *中国包装*, 2008, 28(4): 69-71.
LI Ya-na, FENG Qi-lu, HE Qing-hui. Food Active Packaging [J]. *China Packaging*, 2008, 28(4): 69-71.
- [5] 付晓云, 黄薇. 无机抗菌剂在包装材料中的应用[J]. *包装工程*, 2009, 30(10): 194-196.
FU Xiao-yun, HUANG Wei. Application of Inorganic Antimicrobial in Packaging Material [J]. *Packaging Engineering*, 2009, 30(10): 194-196.
- [6] 赵俊燕, 罗世永, 许文才. 抗菌包装研究进展[J]. *包装工程*, 2012, 33(5): 132-137.
ZHAO Jun-yan, LUO Shi-yong, XU Wen-cai. Research Development of Antimicrobial Packaging [J]. *Packaging Engineering*, 2012, 33(5): 132-137.
- [7] 崔珊珊, 刘志刚, 卢立新. 抗菌涂层包装技术研究综述[J]. *食品与发酵工业*, 2009, 35(4): 132-135.
CUI Shan-shan, LIU Zhi-gang, LU Li-xin. Review of Antimicrobial Coating Packaging Technology [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2009, 35(4): 132-135.
- [8] NATRAJAN N, SHELDON B. Efficacy of Nisin-coated Polymer Films to Inactivate Salmonella Typhimurium on Fresh Broiler Skin [J]. *Journal of Food Protection*, 2000, 63(9): 1189-1196.
- [9] GAELLSTED M, BROTTMAN A, HEDENQVIST M S. Packaging-related Properties of Protein and Chitosan-coated Paper [J]. *Packaging Technology and Science*, 2005, 18(4): 161-170.
- [10] 崔珊珊. 含 Nisin 和乳酸钠抗菌涂层的持续释放性和抑菌性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
CUI Shan-shan. Research on the Properties of Sustained Release and Bacteriostatic of Antimicrobial Coating Containing Nisin and Sodium Lactate [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [11] APPENDINI P, HOTCHKISS J. Surface Modification of Poly Styrene by the Attachment of an Antimicrobial Peptide [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2001, 81: 609-616.
- [12] NATRAJAN N, SHELDON B. Efficacy of Nisin-coated Polymer Films to Inactivate Salmonella Typhimurium on Fresh Broiler Skin [J]. *Journal of Food Protection*, 2000, 63(9): 1189-1196.
- [13] RODNEY P J. Biological Principles for the Effects of Ethanol [J]. *Enzyme and Microbial Technology*, 1989, 11(3): 130-153.
- [14] DAO T, DANTIGNY P. Control of Food Spoilage Fungi by Ethanol [J]. *Food Control*, 2011, 22(3/4): 360-368.
- [15] HEIPIEPER H J, WEBER F J, SIKKEMA J, et al. Mechanisms Behind Resistance of Whole Cells to Toxic Organic Solvents [J]. *Trends in Biotechnology*, 1994, 12: 409-415.
- [16] LARSON E L, MORTON H E. Alcohols, Disinfection, Sterilization, and Preservation [M]. London: Lea and Febiger, 1991: 191-203.
- [17] HU Wen-zhong, JIANG A, TIAN Mi-xia, et al. Effect of Ethanol Treatment on Physiological and Quality Attributes of Fresh-cut Eggplant [J]. *Society of Chemical Industry*, 2010, 90: 1323-1326.
- [18] DAO T, DANTIGNY P. Control of Food Spoilage Fungi by Ethanol [J]. *Food Control*, 2011, 22: 360-368.
- [19] CHA Dong-su, CHINNAN M. Biopolymer-based Antimicrobial Packaging: A Review [J]. *Food Science and Nutrition*, 2004, 44(4): 223-237.
- [20] 王齐放, 赵喆, 刘洪卓. 直链淀粉与水杨酸包合物的制备及影响因素考察 [J]. *沈阳药科大学学报*, 2010, 27(6): 419-422.
WANG Qi-fang, ZHAO Zhe, LIU Hong-zhuo. Preparation of Inclusion Compound of Amylose/salicylic Acid and Its Influence Factors [J]. *Journal of Shenyang Pharmaceutical University*, 2010, 27(6): 419-422.

- [21] 朱艳巧. 淀粉-肉桂醛包合物的超声波法制备及其在聚乳酸膜中的应用[D]. 无锡: 江南大学, 2010.
ZHU Yan-qiao. Preparation of Starch-cinnamaldehyde Inclusion Complex by the Ultrasound and Its Application in Polylactic Acid-based Film [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2010.
- [22] 张伶俐. β -环糊精包合物的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2007.
ZHANG Ling-li. Studies on β -CD Inclusion Complex [D]. Urumqi: Xinjiang University, 2007.
- [23] 金征宇, 徐学明, 陈寒青, 等. 环糊精化学——制备与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 268.
JIN Zheng-yu, XU Xue-ming, CHEN Han-qing, et al. Cyclodextrin Chemistry: Preparation and Application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 268.
- [24] 周亮. 抗菌纸的研究进展[J]. 包装工程, 2005, 26(5): 103-104.
ZHOU Liang. Progress in Research of Antibacterial Papers [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5): 103-104.
- [25] 东莞市广益食品添加剂实业有限公司. 酒精保鲜剂包装纸及其制备方法: 中国, 200810025653 [P]. 2008.
Dongguan Guangyi Food Additive Industry Company Limited. Alcohol Preservative Packaging Paper and Its Preparing Method: China, 200810025653 [P]. 2008.
- [26] NORTHOLT M D, FRISVAD J C, SAMSON R A. Occurrence of Food-borne Fungi and Factors for Growth [J]. Introduction to Food-borne Fungi, 1996: 243-250.
- [27] SMITH J P, OORAIKUL B, KOERSEN W J, et al. Shelf-life Extension of a Bakery Product Using Ethanol Vapor [J]. Food Microbiology, 1987, 4: 329-337.
- [28] LATOU E, MEXIS S F, BADEKA A V, et al. Shelf Life Extension of Sliced Wheat Bread Using Either an Ethanol Emitter or an Ethanol Emitter Combined with an Oxygen Absorber as Alternatives to Chemical Preservatives [J]. Journal of Cereal Science, 2010, 52: 457-465.
- [29] MOSAYYEBZADEH A, MOSTOFI Y. Ethanol Vapor Could Improve the Efficacy of Modified Atmosphere Packaging to Control Gray Mold in Iranian Table Grape [J]. Acta Horticulturae, 2010, 876: 217-220.
- [30] CHERVIN, WESTERCAMP, MONTEILS. Ethanol Vapours Limit Botrytis Development over the Postharvest Life of Table Grapes [J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 36(3): 319-322.
- [31] LIHANDRA, MANGGIASIH E. Assessment of Ethanol, Honey, Milk and Essential Oils as Potential Postharvest Treatments of New Zealand Grown Fruit [D]. Auckland: AUT University, 2007.
- [32] ZHANG Wang-shu, LI Xian, WANG Xiao-xiao, et al. Ethanol Vapour Treatment Alleviates Postharvest Decay and Maintains Fruit Quality in Chinese Bayberry [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 46(2): 195-198.
- [33] SHAPER M, NELSON D A, LABUZA T P. Ethanol Inhibition of Staphylococcus Aureus at Limited Water Activity [J]. Journal of Food Science, 1978, 43(5): 1467-1469.
- [34] 赵江. 抗菌包装技术及检测重点[J]. 中国包装, 2010, 30(2): 40-41.
ZHAO Jiang. Antimicrobial Packaging Technology and the Key Point of Testing [J]. China Packaging, 2010, 30(2): 40-41.
- [35] BLACK R G, QUAIL K J, REYES V, et al. Shelf-life Extension of Pita Bread by Modified Atmosphere Packaging [J]. Food Australia Official Journal of CAFTA and AIFST, 1993, 45(8): 387-391.

(上接第 123 页)

- [4] 王尚义. 最新印刷纸实用知识手册[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1997.
WANG Shang-yi. Practical Knowledge of The Latest Printing Paper Manual [M]. Beijing: Graphic Communications Press, 1997.
- [5] 范凌群. 平版胶印技术问答[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2000.
FAN Ling-qun. Questions and Answers of The Offset Lithography Technology [M]. Beijing: Graphic Communications Press, 2000.
- [6] 黎妹红, 杜晔, 刘吉强. 一种用于卷筒纸印刷的智能套准系统[J]. 计算机工程, 2011, 37(22): 287-289.
LI Mei-hong, DU Ye, LIU Ji-qiang. Intelligent Register System for Web-press [J]. Computer Engineering, 2011, 37(22): 287-289.
- [7] 于丽杰, 李德胜. 彩色印刷套准识别方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(5): 163-165.
YU Li-jie, LI De-sheng. Study on Identifying Register State of Color Printing [J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(5): 163-165.
- [8] 张海燕. 卷筒纸胶印机[M]. 北京: 化学工业出版社, 1996.
ZHANG Hai-yan. Web Offset Press [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1996.