



中国肉类食品综合研究中心
CHINA MEAT RESEARCH CENTER

www.cmrc.com.cn

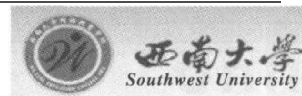
肉类研究

MEAT RESEARCH

2009.2

肉类保藏技术(十)

Meats Preservation(X)



活性包装在肉类保藏中的应用

凌 静

(西南大学 食品科学学院, 重庆 400716)

摘 要: 活性包装是新型的食品包装体系, 是一项具有挑战性的技术, 对食品安全及货架期的延长有着重大的影响。活性包装能够抑制微生物的生长繁殖, 提供更安全、可靠的产品。本文主要介绍了食品活性包装及其在肉制品保藏中的应用。

关键词: 活性包装; 肉制品; 保藏; 应用

Application of Active Packing in Meat Products for Preservation

LING Jing

(College of Food Technology Southwest University, Chongqing 400716)

Abstract: The active packing is a new food packing system, and an extremely challenging technique, which could have a significant impact on food shelf-life extension and food safely. Application of the active packing can inhibit the microbial growth to improve the safeties and qualities of food. This article mainly introduced the food active packing and the application in meat products for preservation.

Key words: active packing; meat products; preservation; application

中图分类号: TS201.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-8123(2009)02-0072-04

传统的肉类保鲜技术已不能满足人们的需求, 利用适当的材料和方法来包装肉制品, 使其营养流失最小, 同时使其安全健康, 因而“活性包装”应运而生。活性包装提高了肉制品的质量、安全性和健康性, 同时又能限制包装带来的污染问题。

使肉及肉制品腐败变质的主要因素有: (1) 微生物的污染及生长繁殖; (2) 脂肪氧化酸败; (3) 肌红蛋白的变色。这三种因素相互影响, 微生物繁殖会促进油脂氧化和肌红蛋白的变色, 而油脂氧化也会改变微生物菌系并促进肌红蛋白变色。因此, 一种好的肉类保鲜体系必须兼顾这些因素, 以及它们之间的相互作用^[1]。

1 活性包装

在真空包装(VP)、控制气氛包装(CAP)、调节气氛包装(MAP)中使用一类新的包装材料, 这些材料在商品储存流通中能动态地维持一种有利

于产品长期保存的包装微环境, 由于这些材料往往具有生态功能, 故称活性包装材料(Active Packaging Material)或生命支持材料(Support-Life Packaging Material)^[2]。

活性包装技术是通过包装材料与包装内部的气体及食品之间的相互作用, 有效地延长商品的货架期或改善食品的安全性和感官性质, 并保持食品的品质。活性包装不仅是产品与外界环境的屏障, 而且它结合了先进的食品包装和材料科学技术, 最大程度地保持包装食品的质量。目前已有的活性包装包括以下功能: 脱氧、脱乙烯、清除或释放CO₂、调湿、抗菌、吸收不良气味及释放乙醇等^[3]。许多活性包装已广泛应用于食品、医药及日用品的储运中。

1.1 脱氧剂^[4]

氧气是造成食品品质下降的主要因素。虽然

收稿日期: 2008-10-23

气体置换或真空包装可解决氧气所产生的问题,但机械除氧方法仍有2-3%的氧气残留在包装中,食品仍然会产生异味、造成营养损失、颜色发生变化,对于多孔性食物而言,会有更多的残留量;采用脱氧包装技术,可使包装内氧气的浓度降至0.01%。脱氧剂根据其组成可分为2种:一是以无机基质为主体的脱氧剂,如还原铁粉、亚铁盐类、次硫酸钠等,其原理是铁粉在水蒸气和氧气的存在下,被氧化成氢氧化铁。由于铁粉氧化需要水分的参与,故包装内需要维持一定的相对湿度,脱氧效果最佳。现已开发了水分活度为零的铁粉包装袋。脱氧包装以脱氧剂小包(sachet)为主,以铁粉为基质。日本已推出二价铁类的内贴式去氧剂产品,该产品贴于包装内侧或固定在内置标签上能有效地去除包装内的氧气;另一种是以有机基质为主体,如酶类、抗坏血酸、油酸等。使用脱氧剂时需要气体阻隔性材料,建议使用包装材料的透氧率为20ml/atm·m²·day,封口要完整。

据调查,至今世界上已有50多种脱氧剂,在日本、欧美超市中已广泛应用。其主要用于焙烤食品、比萨饼、面条、熏制食品、茶叶、肉类、奶酪、豆类、土豆片、干制食品、咖啡和巧克力等的包装上。目前食品行业使用最广的是日本三菱气体化学公司开发的脱氧剂小包,商品名为“Ageless”。

大多数的脱氧剂是用来控制霉菌的生长。霉菌的生长繁殖需要有氧气的存在,其会降低包装焙烤食品(如糕点、烤饼等)和包装奶酪的货架期。据实验表明,活性包装的焙烤食品存放30天左右都不会有霉菌产生,并且能大大改善了包装奶酪的质量^[5]。

使用脱氧包装也存在一定的问题,如包装可能会塌陷;包装水分活度高的食品可能产生异味;厌氧细菌可能生长繁殖;消费者可能误食脱氧剂小包等。针对以上问题,目前已开发出了脱氧膜(deoxidized film),其是将钡片或铂片包埋于阻隔层(PET/Saran/PVA/PE)及透氧层(PE)之间,制成多层脱氧膜,也可将葡萄糖氧化酶和乙醇氧化酶固定在包装膜的内侧,也有在包装膜内装入有机螯合物来达到吸氧目的。

1.2 乙烯脱除剂^[5]

果蔬自身能释放一定量的乙烯,促使激素生长,加速果蔬的成熟和衰老,缩短货架寿命。在包装的果蔬周围,当其释放的乙烯达到一定量(很低浓度)时,便会加速果蔬的腐烂、变质,只需在包装内部加入少量的乙烯脱除剂便可解决此问题

最近已有把乙烯脱除剂作为添加剂加入到包

装膜或托盘中,做成含有乙烯脱除剂的包装膜和托盘,但此类产品的缺陷在于不能直观显示包装中的乙烯脱除剂使用程度及剩余量。若能做出一种变色卡,根据色卡的颜色变化来判断乙烯脱除剂的使用程度,则其应用将会更为广泛。现在已商业化应用的乙烯脱除剂大部分是小包装形式的高锰酸钾,小包装膜采用对乙烯具有高透过性的材料,果蔬释放出的乙烯透过包装材料被高锰酸钾氧化,以达到脱除乙烯的目的,但高锰酸钾对人体有害,因而不能直接用于食品包装^[6]。

含钡的活性炭也能吸收乙烯并将其降解,常被放入小织袋内^[7];沸石、方石英及部分种类的碳酸盐等矿物质去除乙烯单体的效果十分明显,将其粉末混入PE、PP材料中,挤压成薄膜,就具有吸收乙烯的功能,日本便利用这种薄膜来运输花卉和果蔬。奥地利EIA Warenhandels公司利用沸石生产出的Profresh品牌添加剂,可以直接用于普通聚乙烯薄膜的生产,无需采用多层复合薄膜也可以获得较好的保鲜效果,但其会对包装制品的外观带来负面的影响,这是因为该种薄膜容易扭曲。

1.3 CO₂生成剂与除去剂^[8]

在新鲜食物的包装贮存过程中,往往会产生CO₂。CO₂有抑制微生物生长的作用,并能降低果蔬的呼吸速率。控制CO₂含量是控制O₂的一种补充,因此可在包装膜内装入CO₂产生系统或除去系统。一些食品其包装内部具有较高的CO₂浓度(10%-80%)有利于保持食品的良好品质,尤其是对肉禽类的贮藏更为重要,这是因为高浓度CO₂能够抑制微生物的生长繁殖^[9],而CO₂对塑料薄膜的透过率是O₂的3-5倍,因此就必须使用CO₂生成剂来维持包装中较高的CO₂浓度。能产生CO₂的系统很多,如将亚硫酸盐系脱氧剂与碳酸氢钠混合,不仅可以除氧,还可以产生大量的二氧化碳^[10]。

咖啡由于糖和氨基化合物的分解,在焙烤过程中会产生大量的CO₂;奶酪在贮藏中也会放出CO₂,为避免食品变质或胀破包装袋,就需要CO₂除去剂;如CO₂浓度过高,会使水果进入糖酵解阶段,导致其品质快速下降,此时也需要CO₂除去剂。含铁粉和氢氧化钙的小包,可用于新加工咖啡的包装,其能同时控制包装内的氧气和二氧化碳的含量,使咖啡的货架寿命延长3倍^[11]。

1.4 水分吸收剂^[8]

包装食品在流通过程中,如表面有冷凝水,便会造成营养物质流出溶于水中,加速霉菌和细菌的繁殖。干燥剂能去除包装内的水汽,降低食品

表面的水分活度,延长食品的货架期。干燥剂主要采用小袋包装,其基质为石灰、白土、氧化钙、硅胶等。现研制开发出的吸水薄膜,能够降低冷冻食品表面的水分活度,延长保质期。这种包装膜系统将两层聚乙烯醇(PAV)薄膜以三明治形式夹合丙二醇,再将四周密封成一张包裹薄膜。聚乙烯醇膜具有很高的水分或水汽透过性,但对丙二醇具有阻隔性。具体使用时,再包上一层玻璃纸,当与新鲜的肉类或鱼类接触时,由于食品与丙二醇的水分活度不同(分别是0.99和0.0),水分便很快从食物表面脱离。这种活性包装可使鱼类的货架寿命延长3-4天,该吸水薄膜干燥后可重复使用10次。

1.5 抗菌剂^{[4][8]}

食品腐败变质的主要原因是由于微生物的生长繁殖。抗菌包装能杀死或抑制食品在加工、运输、贮藏过程中的微生物,延长食品的货架期和提高安全性。将包装材料和防腐剂组合、对包装材料的聚合物进行辐射处理或气流喷射等方法都可以使包装具有抗菌活性。

无机抗菌剂的抗菌成分主要是银、铜和锌。这些金属是以离子状态的形式存在,通过离子交换或直接合成,以制剂的形式与载体结合。几乎所有的无机抗菌剂都是使用无机质多孔体材料作为载体的,用于食品方面的要求符合食品添加剂的标准,以达到高标准安全性的要求。无机体系稳定,本身不具活性,要与其它试剂如水分混合才能发生反应。日本新研制的抗菌材料“Zeomic”是一种由离子工艺开发的无气味白色细粒无机粉末。该沸石阳离子被银离子交换,抑制细菌的繁殖,其优点是无毒,具有广谱抗菌性,耐热性高(高达800℃),且长期有效,耐酸、耐碱,但这种沸石较贵,通常添加量为1%-3%^[12]。

SO_2 也可以用来控制某些水果中霉菌的生长繁殖^[14]。目前常采用低浓度 SO_2 与冷藏结合作为杀菌剂来延长葡萄的保存期。由快速释放系统和慢速释放系统组成的真菌杀菌剂能释放少量的 SO_2 ,这种 SO_2 释放系统对新鲜葡萄的贮藏以及允许含有少量 SO_2 的加工食品的贮藏十分有利。

有机抗菌剂包括:有机酸及其盐、抗菌素、酶和杀真菌剂等。日本研制了一种酒精蒸汽释放小包,此小包由纸与乙烯醋酸乙烯酯(EVA)共聚物积层材料制成,内装55%的食品级酒精、10%的水分及35%的二氧化硅粉末。有时为了掩蔽酒精味,可加入少量的香料。小包的大小取决于食品的重量、食品的水分活性和要求的食品货架寿命。食品

的水分活度越低,所需的酒精量越少,此酒精蒸汽可控制10种不同的霉菌,15种细菌及3种致腐败的酵母菌。此方法可用于饼干、奶酪、半干鱼类等食品的保藏,特别适合鱼类的保藏^[13];一种能透过所包埋的山梨酸酯的可食性膜能阻止微生物的生长。一种能产生二氧化硫气体的膜能延长葡萄的货架寿命。在一种抗生素薄膜内侧涂一层结合金属的沸石,当空气透过时会产生臭氧,从而杀死食品表面的微生物,这种薄膜可使面包的保质期延长两星期。有些酒精释放膜贴在包装材料的内侧,适当的时候可向包装的顶相内释放酒精蒸汽;脱氧的酶系统活性包装在脱氧的同时能产生一些抗菌副产品。例如:葡萄糖氧化酶系统可降低食品表面的pH值,并可产生过氧化氢;酒精氧化酶也能产生过氧化物,从而起到保持食品品质的作用^[15]。

1.6 乙醇释放剂^[5]

乙醇具有抗微生物性质,在医药和食品上都有应用。在包装面包或其它焙烤食品之前,在其表面喷洒一些乙醇,可以延长其货架期。商业上使用的是Freund乙醇释放剂,该种释放剂乙醇是包裹在硅胶内,硅胶置于对乙醇蒸汽具有高度透性的薄膜小袋中,这种小袋能在焙烤食品、奶酪、半干性鱼制品中使用。从薄膜渗透出的乙醇蒸汽沉积于食品表面,从而达到抑制霉菌和病原体生长的目的,直接扩散的抗菌剂还能结合到薄膜中;日本最近发明了一种新型的乙醇蒸汽产生方法,即把乙醇释放剂封在小包装内,再把小包装置于包装中,其具体做法是:把食品级乙醇吸附剂到精细的惰性粉末上,然后封到能透过水蒸气的小包装袋中。当置入食品包装中时,精细的惰性粉末吸收来自于食品的水分,从而释放乙醇蒸汽,乙醇蒸汽透过小包装膜到达食品包装的顶隙。此技术再日本已用在延长蛋糕货架期的包装上,可以防止霉菌生长从而延长蛋糕的货架期^[16]。

2 活性包装在肉类保藏中的应用

2.1 脱氧剂在肉类保藏中的应用^[3]

肉制品包装中高含氧量会助长微生物的生长繁殖、产生不良风味、使颜色发生变化、营养物质流失,从而降低了肉制品的货架期。为维持易变质食品质量或延长其保存期而使用的真空和充气包装被称为改善气氛包装(MA),虽其能大大降低包装袋中的氧气含量,但这种方法仍会使包装中有2%-3%的氧气残存,肉制品仍然会氧化变味,采用脱氧包装技术,就可使包装内的氧气浓度降低至0.01%,从而更有效地控制肉制品的质量^[17]。

典型的脱氧剂是利用化学方法使铁粉氧化或是利用酶来吸收氧气。化学方法是将铁粉盛在一个小袋中,使其被氧化成铁氧化物。这个小袋必须对氧气有高度的渗透性,在某些情况下,小袋对水蒸气的渗透也是有效的。小袋中吸收剂的类型和数量由包装中最初的氧含量、食品已溶解氧的量、包装材料的通透性、自然状态(尺寸、性状、重量等)和肉制品的水分活性来决定。这种基于铁氧化的吸收系统可以吸收许多肉制品中的氧气,可以应用在高低和中湿度的肉品中。它们在冷藏和保鲜的条件下也可应用,它们甚至可以在微波食品生产中发挥有效的除氧作用。

在酶的除氧体系中,氧气是通过酶与底物反应而出去的,通常应用葡萄糖氧化酶和酒精氧化酶。由于清除氧所用的酶比较昂贵,所以这种系统与铁系统相比成本比较高,并且酶氧化体系对环境中的温度、pH值、水分活度和底物状态很敏感。因此,限制了酶除氧系统的广泛应用。

2.2 CO₂释放体系在肉类保鲜中的应用

脂肪氧化也是肉制品腐败变质的一个因素,所以控制肉品中氧含量是防腐的方法之一。一般认为,真空包装是防止包装食品中微生物繁殖的有效方法,但真空包装的食品往往难以达到预期的贮存效果,这是由于包装物内部残留着少量的氧气,从而无法彻底阻止微生物的繁殖,而且某些厌氧细菌在贮存温度较高时也会生长繁殖^[18]。高水平的CO₂通常对肉类和禽类表面微生物的生长有一定的抑制作用。因为CO₂对食品包装塑料薄膜的穿透性大于氧气,所以包装内的大部分CO₂会穿透膜而流失。因此,注入CO₂体系就显得十分必要。对于高度易腐的肉制品同时应用氧气吸收体和CO₂注入体系可以延长其货架期^[19]。

每一种食品都有其最佳的包装气体组成,对应最长的货架期。气调包装基于这样的原因而建立,在产品包装过程中,直接调节包装袋内气体组成以获得高质量的产品,延长食品货架期。但气调包装不能控制整个销售环节中食品周围气体含量的变化情况。因此,在有些肉制品中应用CO₂释放体系来提高产品质量是很有必要的^[3]。

2.3 干燥剂在肉制品保鲜中的应用^[3]

水分活度过高会使微生物的生长繁殖加速,进而加速了肉制品的腐败。另外,某些肉制品在保鲜获冷冻条件下颜色和风味会发生很大变化,在室温下保存会使腐败加速。日本的Showa Denko Co开发了一种薄膜,该薄膜为双层薄膜,在双层

之间含有丙二醇。将这种薄膜覆在鱼体表面,能够吸收水分,同时抑制病原菌的生长,可使海鱼的货架期增长2-4天。

2.4 抗菌包装在肉类保鲜中的应用

肉及其制品在存放过程中,由于受微生物、酶、氧气等因素的影响会发生一些不良变化,将会严重降低肉制品的食用价值和商品价值,缩短食品的货架期并增加食源性疾病的危害。所以,必须采取有效的保鲜方法来阻止这种变化的发生,而抗菌包装以其方便、有效的特点倍受人们的关注,特别是鲜肉,因为微生物污染主要发生在其表面,不适于加热、干燥、冷藏、冷冻和盐腌等保藏方法,所以可采取喷洒或浸渍抗菌剂来延缓其腐败。然而,直接将抗菌剂添加于肉制品表面效果不佳,因为该活性物质与肉品表面接触并很快从表面向其内部扩散而被中和失去作用;另一方面,将抗菌剂添加到肉品中可能会导致肉品成分中某些活性物质的部分失活。因此,使用含油抗菌剂的包装膜更为有效,既可减缓抗菌剂从包装材料向肉品表面的迁移,还可使其维持所需的高浓度,在肉品流通、运输、贮存期间保持其活性^[20]。目前,国际上流行使用能释放抗菌剂的膜或小包来抑制有害菌的生长繁殖,可用于肉制品抗菌包装材料的防腐剂主要有:有机酸及其盐、乳酸链球菌素(Nisin)和乙醇等^[21]。其它具有防腐效果的化学防腐剂、气体、酶制剂和天然成分也被混入到包装材料中。在肉制品表面直接涂上抗菌涂层或采用含抗菌物质的薄膜包装均能有效地抑制微生物的生长,延长食品的保质期。采用的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素等。

Natrajan和Sheldon研究发现,用甲基纤维素(MC)和羟丙基甲基纤维素(HPMC)作为载体,加入乳酸链球菌制成的涂膜剂,对于抑制金黄色葡萄球菌和单核细胞增生李斯特氏菌很有效^[22]。

Han和Flores研究了含山梨酸钾的低密度聚乙烯(LDPE)膜的抗菌效果。结果表明:在LDPE膜中复合1.0%的山梨酸钾,能显著降低酵母的生长速率,并能明显延长霉菌生长前的延滞期。Weng等报道了一种具有抗菌活性的聚乙烯异丁烯共聚物(PEMA)膜(0.008-0.010mm厚)的制造方法,在这种膜中复合苯甲酸或山梨酸等抗菌物质。研究结果表明,这种薄膜能有效抑制真菌的生长^[23]。

银-沸石是常用的塑料复合的抗菌剂,它能破坏微生物的结构并抑制大部分代谢酶,具有相当

广的抗菌谱。将银沸石碎制成一薄膜 (3~6 μm) 加入到与食品接触的模材料的表面,且随着食品中的水溶液进入到其暴露的孔状结构的空隙时则释放出 Ag^+ 。但加入过量的银-沸石可能会影响薄膜的热封强度及其它物理性质,如透明度等,因此通常的加入量为 1%~3%^[24]。

近来对在可食性膜中结合各种抗菌剂也有研究。Padgett, T. 等人将溶菌酶和乳酸链球菌素分别混入玉米蛋白或大豆蛋白中制成可食性包装膜,发现均能很好地抑制革兰氏阳性菌植物乳杆菌(NCD01752)和埃希氏菌的生长,而添加 EDTA 后,这些膜抑制大肠杆菌的效果增强^[25];Rodrigues 和 Han 研究了把溶菌酶、Nisin 以及 EDTA 加入到小麦蛋白分离物(WPI)中,制成可食抗菌薄膜。这种含溶菌酶或 Nisin 的膜对抑制热杀索丝菌很有效,但对单核细胞增生李斯特氏菌却没有多大作用;Appendini 和 Hotchkiss 采用不同的载体把溶菌酶固定化,研究其抗菌效率,结果表明采用三乙酸纤维素(CTA)作为固定溶菌酶的载体是抗菌活性最强,这种膜可大大降低溶壁微球菌的生存能力^[26]。

2.5 乙醇释放体在肉类保险中的应用^[3]

乙醇也具有一定的抗菌性,可在包装袋中放入乙醇释放包。这种乙醇释放包在日本已开始商业化生产并大量使用,高水分含量的食品如鲜肉、鲜鱼、禽类产品使用后,可大大延长货架期。用其包装某些新鲜食品,乙醇蒸汽可抑制 10 种不同霉菌、15 种细菌及 3 种致腐败菌的生长,使保存期延长 5~20 倍。

3 前景与展望

活性包装是一种新型的食品包装技术,它不仅能包裹食品,而且能够起到许多有益的作用。活性包装可以通过包装使食品与环境相互协调,创造一种适宜食品保藏的内部条件,从而保持食品原有的品质,延长食品的货架期。

参考文献

- [1] 李湘利, 张子德, 刘静. 肉类保鲜机理研究现状及发展趋势[J]. 肉类工业, 2005, (7): 15~17
- [2] 金国斌. 活性包装材料[J]. 包装, 2006, (9): 18~20.
- [3] 陈洪生, 孔保华, 刁静静. 活性包装在肉类保鲜中的应用[J]. 肉类工业, 2007 (2): 12~14.
- [4] 邱伟芬. 食品的活性包装[J]. 食品科学, 1998, (8): 11~14.
- [5] 黄光荣. 食品活性包装[J]. 杭州应用工程技术学院学报, 2001(1): 22~25.
- [6] 黄泽雄. 食品活性包装材料[J]. 中国包装工业, 42~44.
- [7] Rooney M L. Active Food Packaging [M]. London: Chapman & Hall, 1995. 3~17.
- [8] 吴光斌, 等. 食品活性包装的现状与研究进展[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2004, (2): 131~137.
- [9] Boskou G, Debevere J. Reduction of trimethylamine oxide by *Shewanella* spp under modified atmospheres in vitro. Food Microbiol, 1997, (14): 543~553.
- [10] Jaxsens L, Devlieghere F, Falcato P. Behaviour of *Listeria monocytogens* and *Aeromonas* spp on fresh cut produce packaged under equilibrium modified atmosphere [J]. J Food Port, 1999, (62): 1128~1135.
- [11] 孙容芳, 张慧敏, 谭锋. 食品包装及发展趋势[J]. 肉类工业, 2001 (3): 29~32.
- [12] 张宁, 彭志英, 徐建祥. 抗菌食品包装研究进展[J]. 食品工业, 2002, (4): 39~41.
- [13] Robertson, Gordon L. Food Packaging - Principles and Practice. Marcel Dekker Inc, New York, NY, 1992, 1~10.
- [14] 张唯一. 果蔬采后生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1993, 106~109.
- [15] Labuza, T. F. An Introduction to Active Packaging for Food. Food Technology, 1996(4): 68~71.
- [16] Davies A R. Advances in modified atmosphere packaging. In: G W Gould (ed). New methods in food preservation. London: Blackie Academic & Professional, 1995: 304~320.
- [17] 刑淑婕, 等. 活性包装在未来肉制品包装上的作用[J]. 肉类工业, 2001, (7): 47~48.
- [18] 李玉娥, 张红梅. 延长肉品保质期的途径[J]. 肉类工业, 2003(1): 15~17.
- [19] Murat Ozdemir John D Floros. Active Food Packaging Technologies. Food Science and Nutrition. 2004, 44 (3): 185~193.
- [20] 付丽, 孔保华. 抗菌包装在肉类保鲜中的应用[J]. 食品工业科技, (8): 128~130.
- [21] 于天影, 张平. 食品抗菌包装技术研究[J]. 保鲜与加工, 2005 (3): 46~47.
- [22] Haydn C. Nanocrystalline materials and coating[J]. Materials Science and Engineering, 2004, 45(1): 1~88.
- [23] Elena I S, Victor V K, et al. Stability of Ag nanoparticles dispersed in amphiphilic organic matrix[J]. Journal of Crystal Growth, 2004, 21: 325~329.
- [24] 曾庆祝, 曾庆孝. 食品包装新技术[J]. 食品科学, 2002, 23(11): 161~163.
- [25] Padgett T, et al. Incorporation of food-grade antimicrobial compounds into biodegradable packaging films[J]. Food Protection, 1998, 66(10): 1330~1335.