



活性包装在肉产品中的研究及应用现状

李欢¹, 张东林¹, 莫妮¹, 韦广警¹, 李显强¹, 朱秋劲^{1,2,3,*}

(1. 贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州省农畜产品贮藏与加工重点实验室, 贵州 贵阳 550025;
3. 国家牛肉加工技术研发分中心, 贵州 惠水 550600)

摘要: 随着现代材料和生物科学技术的不断发展, 活性包装应运而生。活性包装通过改变包装环境来保持或改善包装内容物的特性, 延长货架期, 提高安全性和食品感官性状。为了对肉产品活性包装有一个更清晰明确的认识, 本文对其进行功能分类、阐述各类优劣特征、并进一步呈现各类发展应用现状。结果表明: 除异味保香型包装并未投入太多研究; 环糊精因其特有的空腔结构, 在肉产品活性包装方面将大有应用前景; 肉产品活性包装的发展更趋于生态环保性。

关键词: 活性包装; 肉产品; 研究现状; 生态环保性

A Review: Research and Application Status of Active Packaging for Meat Products

LI Huan¹, ZHANG Dong-lin¹, MO Ni¹, WEI Guang-jin¹, LI Xian-qiang¹, ZHU Qiu-jin^{1,2,3,*}

(1. School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China;
2. Key Laboratory of Agricultural and Animal Products Store and Processing of Guizhou Province, Guiyang 550025, China;
3. National Beef Processing Technology Research and Detection Sub-centre, Huishui 550600, China)

Abstract: Active packaging technology continues to emerge from the development of modern material science and biotechnology. Active packaging can extend the shelf life of foods contained therein by changing the interior environment to maintain or even improve their properties, thereby enhancing their safety and sensory attributes. This paper provides a clear and definitive understanding of active packaging for meat products by describing classification by functions and the advantages and shortcomings of various classes as well as reviewing the current status of their development and application. From this review conclusions are drawn as follows: scarce attention has been paid to odor-removing aroma-holding packaging; cyclodextrin will have promising applications in active packaging for meat products due to its special cavity structure; and the future development of active packaging for meat products tends to be more eco-friendly.

Key words: active packaging; meat product; research status; eco-friendly

中图分类号: TQ050.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123(2013)12-0023-05

随着人们对肉产品质量安全意识的不断提高, 利用科学材料与生物技术包装肉类制品, 使其营养流失小、保障安全, 已成为食品包装界关注的焦点。活性包装的诞生提高了肉产品的质量安全性、健康性, 同时又控制了食品包装带来的污染。

活性包装技术是结合先进的食品包装和材料科学技术, 通过调节包装材料与包装内部气体及食品之间的相互作用, 最大程度地保持包装食品品质或改善食品安全性, 有效地延长商品货架期的一种新型包装技术。

活性包装系统主要有2种形式: 一是先将活性物质装于特制小袋中, 再与食品一同于包装中, 发挥其作用;

二是将活性物质直接通过共混、填充或涂覆等方式融入包装材料的体系中(薄膜、瓶盖、衬垫等), 再缓慢释放起作用^[1]。目前用于肉产品的活性包装主要包括以下功能: 脱/抑氧、抗菌、除味保香、控水等。本文按照肉产品活性包装的功能分类, 从其定义、特性及研究应用现状来分别述析。

1 应用于肉产品的活性包装

1.1 脱/抑氧活性包装

1.1.1 脱氧活性包装

收稿日期: 2013-10-20

基金来源: 国家自然科学基金地区科学基金项目(31360373); 贵州省农业攻关项目[黔科合NY字(2011-3099)];

贵州省优秀科技教育人才省长专项基金黔省专合字(2010)7号

作者简介: 李欢(1991—), 女, 本科生, 研究方向为食品科学与工程。E-mail: hedianaihao@163.com

*通信作者: 朱秋劲(1969—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品营养与安全畜产品加工。E-mail: qiuqin_z@hotmail.com



脱氧活性包装主要指在密封包装容器内, 加入脱氧剂, 通过与氧气相互作用, 来降低包装环境中的氧气浓度, 使食品在低氧条件下保存的一种包装形式^[2]。封入脱氧剂包装常与真空或充气包装结合使用, 能有效弥补充氮包装气体置换率低的缺陷, 且效果更佳^[3]。

在肉产品包装中, 高含氧量不仅会加速微生物生长繁殖, 而且会导致肉产品氧化变色, 使其食品安全性及商品价值都受到直接损害。脱氧活性包装则能通过化学脱氧技术, 控制酶褐变及抑制需氧微生物的生长繁殖, 有效地保持其营养和风味, 同时, 抑制肌红蛋白的氧化, 起到脱氧护色的作用^[4]。目前通常使用的脱氧剂有铁粉系列、酶类如乙醇氧化酶、葡萄糖氧化酶等。

1.1.2 抑氧活性包装

CO₂具有抑氧作用, 可以通过抑制肉禽表面微生物的呼吸作用, 来抑制其生长繁殖。但由于CO₂对塑料薄膜的透过率是O₂的3~5倍, 包装内大部分CO₂易穿透薄膜流失。抑氧活性包装通过注入CO₂释放或生成剂来维持包装内较高的CO₂浓度, 一般CO₂的体积分数在10%~80%有利于保持肉产品(尤其是高度易腐肉)的良好品质, 抑制微生物生长繁殖, 降低pH值, 延长货架期^[5]。

能产生CO₂的体系有很多, 如亚硫酸盐系脱氧剂与碳酸氢钠混合体系等^[6]。

1.2 抗菌活性包装

抗菌包装是将抗菌剂以小包、膜或涂层的形式加入到一种或几种高聚物包装材料内。在食品贮藏运销过程中, 抗菌剂透过包装物释放到食品表面, 直接接触细菌, 抑制其生长繁殖甚至杀灭它, 进而延长食品的货架期^[7]。抗菌包装根据作用方式可分为固化型、吸收型和释放型。根据其来源可分为天然抗菌剂、无机抗菌剂和有机抗菌剂。

对于肉产品来说, 其表面很容易受微生物污染, 从而加速腐败并影响感官品质。使用抗菌剂活性包装, 能有效抑制甚至杀死肉产品表面微生物, 提高食品安全性。目前, 国际上主要使用乙醇、耐高温的银锌无机抗菌剂等释放型抗菌剂来抑制有害菌的生长繁殖, 乙醇对霉菌、酵母菌和细菌生长繁殖具有明显抑制作用, 常使用Freund乙醇释放剂^[8]。

1.3 控水活性包装

肉产品的包装在流通过程中对干燥是很敏感的, 一般包装材料会散失过多的水分, 过高的水分活度会加速微生物生长繁殖, 造成肉产品快速腐败, 缩短其货架期及降低其食用价值。干燥剂有降低水分活度、抑制霉菌、酵母和腐败菌的生长等作用。目前, 可通过选择水分透过率适当的包装材料或放入装有水分控制剂的小包, 在肉产品附近形成合理的相对湿度来解决这一问题。除此之外, 也通过在包装材料中融入吸水物质来控制食品的包装环境^[5]。

1.4 除异味保香活性包装

食品的气味和香味与包装之间的互相作用非常重要, 但是一般的包装材料会使人们所需风味物质透过包装材料散失掉, 食品的香味、口感和外观发生改变。而且有的肉产品会产生难闻的异味, 如鱼肉蛋白形成的胺, 肉类中的脂肪和油脂氧化后形成的醛, 这些异味都会使其发生变质并严重影响其感官。除异味保香活性包装则能除去难闻的胺类及醛类异味等, 目前, 一种含铁盐和有机酸的包装已得到使用, 能将胺氧化, 使食品保持良好的气味和风味, 延长其货架期^[9]。在包装材料内加入具有空腔结构(可包含香味物质)的物质也亟待研究。

1.5 其他类型的活性包装

1.5.1 纳米包装技术

纳米材料已成为近年来最热门的研究领域, 有其特殊的力学、热学、光学、磁性、化学等性质, 用于食品包装的纳米复合高分子材料具有排列紧密有序的微观结构。它在肉产品等食品包装工业中已得到广泛使用^[2]。用添加0.1%~0.5%纳米TiO₂制成的塑料薄膜来包装肉产品, 在防止肉品被紫外线破坏的同时, 又能使其保持新鲜。采用纳米复合技术制成的新型包装材料聚酶铵-6塑料(NPA6)与传统的尼龙塑料相比, 具有更多的先进性^[10]。

1.5.2 抗氧化剂活性包装

抗氧化剂是一种必不可少的食品添加剂, 能阻止或延缓油脂的自动氧化, 防止食品在贮藏中因氧化导致的营养破坏、变色等现象, 提高其商品价值, 延长货架期。抗氧化剂活性包装主要是将一种或多种天然(蜂胶、茶多酚、迷迭香提取物等)或人工抗氧化剂融合到聚丙烯薄膜中, 防止肉品氧化腐败的包装形式^[11]。其中复合抗氧化剂活性包装对冷却肉的保鲜效果更佳, 不仅提高了其保鲜度, 而且有效延长其保鲜时间^[12], 是一种优良的包装材料。抗氧化剂活性包装如与其他活性包装联合使用, 其效果会更好。另外, 一些天然物质可同时起到抗氧化和抗菌的作用。

2 各活性包装的优缺点分析

2.1 脱氧或抑氧活性包装

2.1.1 脱氧活性包装

脱氧剂能够通过清除氧以减弱新陈代谢, 降低氧化腐败, 抑制活性色素和维生素氧化, 控制酶的褐变以及抑制需氧微生物生长, 从而保持肉类的品质, 并且其在肉产品的保鲜方面也具有除氧护色的作用。

2.1.2 抑氧活性包装

在肉产品的保藏中, 能抑制肉产品表面需氧菌的生长, 促进二氧化碳释放材料释放CO₂。二氧化碳生成剂可



以和脱氧包装结合,避免脱氧包装引起的包装坍塌情况的发生^[13]。

2.2 抗菌包装(抗菌防腐释放剂)

鲜肉的表面易受微生物侵染,高温加热、干制、盐腌、冷冻和冷藏等方法并不适于其保藏,而直接将抗菌剂添加于肉品表面又容易产生负面效果:抗菌剂会快速向肉品内部扩散而被中和失去作用,并且可能会导致肉品品质改变。使用抗菌活性包装能够克服这些缺点,从而在肉产品的保藏中取得更好的效果。与其他抗菌方法结合使用,效果加倍,如和辐照杀菌结合,食品表面的微生物受到抗菌物质的抑制,易对辐照敏感,此时采用较低剂量的照射,即可起到杀菌作用^[16]。

2.3 控水活性包装(潮气吸收剂)

水分活度过高会促进微生物的生长繁殖,进而加速肉产品的腐败,因此需要控水活性包装来保持肉产品中的水分活度^[5]。此类活性包装大多以干燥剂为主要吸湿材料,干燥剂分为无机干燥剂和有机干燥剂两类。

把控水材料融入到肉产品包装材料中能够防止干燥袋破裂带来的中毒。部分新型控水活性包装可防止因传统干燥剂造成的吸湿速度过快而造成食品严重脱水^[17]的弊端。

2.4 除异味保香活性包装

目前这种活性包装研究很少,用于肉类的发展方向上更是少之又少。

2.5 其他

2.5.1 纳米包装材料

近年来,纳米包装材料已成为食品行业中肉产品保鲜技术中热门的研究领域,其优点有:1)具有显著的抗菌特性,且抗菌持续时间长,稳定性高^[4];2)纳米TiO₂粉体可以有效地屏蔽紫外线,抑制肉产品因氧化而导致的变色作用^[15];3)纳米材料能阻止微小有机体进入肉产品。在可塑性、阻隔性、稳定性、抗菌性、保鲜性方面比传统材料显示出更大的优越性^[14];4)催化促进作用:纯天然的基础包装材料在纳米技术的改造下,能够发挥出更大的杀菌效果,一旦遇到水,便会对细菌发挥更强的杀伤力;5)吸附能力、渗透力很强,多次洗涤后仍有较强的抗菌能力。但是其制造成本高,一般应用于高端产品的包装,不适合普通肉产品的包装^[18]。

2.5.2 乙醇释放剂

乙醇能抑制霉菌和病原体生长,用其包装某些新鲜肉产品(如鲜肉、鲜鱼、禽类产品),乙醇蒸气可抑制10种不同霉菌、15种细菌及3种致腐菌的生长,使保存期延长5~20倍。但是乙醇释放剂可能给食品带来异味,影响食品风味^[19]。各类活性包装优缺点见表1。

3 活性包装在肉产品的研究与应用

活性包装技术具有高端的技术先进性及惊艳的呈现效果,近几年以来被日本、美国、西欧等国家广泛研究和发展,我国相关学者和企业也在着手这一领域的研制与开发(表2)。

表1 各活性包装优缺点对比

Table 1 The advantages and disadvantages of active packaging

活性包装	脱抑氧	抗菌	控水	乙醇释放剂	纳米
优点	脱氧:设备简单、操作方便、效率高、使用灵活、克服真空包装和充气包装脱氧不彻底的缺点 ^[10] 。 抑氧:灵活性强、针对性强。	克服了传统抗菌方法的局限性 ^[14] 。无机:耐热性好,抗菌广谱,有效期长,毒效低,不产生耐药性;有机:抗菌作用速度快,添加时可操作性好,颜色稳定性好,具有一定的特异性;天然:广谱抗菌,具有很好的生物相容性,资源丰富 ^[14-15] 。	可防止因传统干燥剂造成的吸湿速度过快,而造成食品的严重脱水。	抑制霉菌和病原体生长。	抗菌持续时间长,不氧化和迁移,稳定性高,不污染环境等。防止紫外线对食品的破坏作用,还可使食品保持新鲜。
缺点	脱氧可能会使一些容易发生变形的包装塌陷 ^[5,13-14] ;水分活度高的食品包装内有可能有异味。而抑氧促进毒素的产生及厌氧菌的生长。	无机:银系抗菌剂易变色,制造困难,在塑料中使用工艺较复杂;有机:耐热性差,易分解,分解产物有毒;天然:耐热性差,加工困难。	技术品种少,大多是无机干燥剂,而有机干燥剂制造成本较高,在我国未广泛应用。	易可能给食品带来异味,影响食品风味。	制造成本较高,一般应用于高端产品的包装,不适合普通食品的包装。

表2 活性包装在肉类产品中的研究与应用

Table 2 Research and application of active packaging in meat products

大类	研究者	活性剂	形式	机理	适用肉品
脱/抑氧	2000年瑞士汽巴公司	Shelfplus O ₂ 系列抑氧剂		由外到内为:印刷层、被动阻隔层、主动吸氧层、食品接触层。阻隔层可阻止外界氧向包装内渗透,包装内氧气可经食品接触层在吸氧层被清除。	鲜猪肉、腌肉
	法国SARL Codimer公司 ^[20]	erifrais 二氧化碳释放剂		将亚硫酸盐脱氧剂与碳酸氢钠混合,可以同时起到除氧和产生二氧化碳的作用。	鲜肉
	美国W.R公司	抗坏血酸或硫化物	Darex吸氧瓶盖、瓶塞	活性成分能够吸收包装瓶顶部空气态氧。	肉罐头
抗菌	2006年天津科技大学王建清等 ^[21]	丁香等全天然精油组合物	“精油”薄膜	从中提取出的精油按一定比例制成抑菌、抗氧化的活性包装薄膜,它可使肉类的货架寿命延长2~8倍。	牛肉
	Neetoo等 ^[22]	nisin	含nisin的抗菌涂层	4℃条件下nisin剂量为2000IU/cm ² 时能显著抑制真空包装熏鲑鱼中Listeria monocytogenes的生长。	熏鲑鱼
控水	Murat ^[24]	胶体物质	干燥袋	一些胶体放入小袋中,可以逐步吸收肉品组织中流出的水分	冷冻肉
除异味保香	日本Anico公司	铁盐和有机酸	“去胺味”薄膜	胺类物质被聚合物薄膜吸附时,该包装袋能将胺氧化。	鱼肉



3.1 脱氧或抑氧型

包装内的氧气能加速肉产品氧化,促使大多数细菌生长繁殖进而肉类变质。脱氧包装技术有效解决了这个问题,并且克服了机械除氧(气体置换或真空包装等)不彻底的缺点,使包装内氧气体积分数降至0.01%,保证了肉产品的品质,有效延长其货架期。

传统的氧气吸收体系是利用化学方法使铁粉氧化(1977年发明)或是利用酶来吸收氧气,有被消费者误食可能性及氧化不稳定。2000年瑞士汽巴公司/Ciba利用Shelfplus O₂系列抑氧剂生产出Combitherm 23115/408牌号薄膜等多层吸氧薄膜,这种薄膜由外到内依次:印刷层、被动阻隔层、主动吸氧层、食品接触层。阻隔层可阻止外界氧进入,吸氧层可经食品接触层清除包装内的氧气,最适合用在包装物内湿度饱和的环境中。类似于除氧剂,利用CO₂抑氧也不失为一种好发展方向。法国Codimer公司研发的Verifrais将亚硫酸盐脱氧剂与碳酸氢钠混合的二氧化碳释放剂,可以同时起到除氧和抑氧的作用,可用于新鲜肉产品保藏^[20]。其他文献将二氧化碳气体和柠檬酸、乙酸、肉桂醛等配合用于鲜大马哈鱼的保鲜,结果很令人满意^[5]。也可以用SO₂来抑氧,但CO₂更环保更价廉无毒^[5]。

3.2 抗菌型

早期加入抗菌剂的方法是直接将抗菌剂添加入到肉产品中,这样不仅效果不佳^[11],抗菌活性降低很快,而且可能会导致肉品成分中某些活性物质部分失活。因此,使用含有抗菌剂的包装膜或涂层更为有效,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^[5]。2011年第十一届“挑战杯”华南理工大学在校研究生将天然无毒的抗菌剂壳聚糖混入一种或几种高聚物包装材料中,通过抗菌剂的缓慢溶出,释放产生抗菌活性,在包装内部维持长期稳定的抗菌剂浓度,从而达到抗菌防腐的目的。Neetoo等^[22]通过敏感性测试研究了含乳酸链球菌素(nisin)的抗菌涂层对不同的*Listeria monocytogenes*菌株的抑制效果,结果表明,4℃下nisin剂量为2000 IU/cm²时能显著抑制真空包装熏鲑鱼中*Listeria monocytogenes*的生长。另一种抗菌膜正在测试中,将病原体的抗体与包装材料结合,用以检测病原体。这是抗菌活性包装的创新突破点,但同时它也存在一些限制:这种抗菌膜无法检测出每克检样中菌落数低于10⁴CFU/g的病原体^[23]。还有一些研究将具有抗菌作用的基团通过化学修饰,引入并固定于包装物表面来发挥抗菌作用^[17]。

3.3 控水型

肉产品在贮藏运销中,会因为各种生理生化反应,导致内部水分分离出来,造成营养物质流失、微生物繁殖,最终产品腐败变质、感官变劣。可以通过放入装有

干燥剂的小包,来去除包装内部过量的水分。Murat^[24]在小袋中装入胶体,利用胶体特有的理化性质,来逐步吸收肉品组织在消费流通中渗透流出的水分,这是早期的控水活性包装形式。另外在单层或双层聚乙烯醇(PAV)薄膜中融入吸湿材料也在进一步研究中。日本Showa Denko公司开发了一种可重复使用的薄膜:在2层PAV薄膜中镶嵌一层丙二醇,丙二醇具有极佳的吸湿性能,与食品的水分活度分别是0.0和0.99,当与新鲜的肉类或鱼类接触时,它能很快的吸收食品表面的水分,避免微生物繁殖,再经PAV薄膜排出水分或水汽,这种活性包装可使鱼类的货架寿命延长3~4d。

3.4 除异味保香型

这类活性包装主要是吸除食品包装中对产品品质不利的气体:食品本身的不愉悦气味、与包装环境相互作用所产生的不良挥发物质、食品由于自身生理失调产生的异味^[1]等。在日本,Anico公司已经开始销售这样一种包装:在包装袋内放入混合物:铁盐和有机酸,这种混合物能够将难闻的胺类物质氧化,从而保持产品的良好感官品质。除此之外,环糊精^[1]因其特有的结构在这方面大有发展前景。Kimmele等^[25]用环糊精来包合D-柠檬烯、 α -蒎烯等香料,并将其加入到包装材料中从而使其持久放香。据此研究也可以猜想,可否将肉品特有的香味包合在环糊精中来提高肉品感官品质。专利US5177129^[26]将空载环糊精涂覆在罐的内表面,可以清除对啤酒口感造成不良影响的乙醛,其在肉产品中的应用也令人期待。

4 结 语

活性包装技术近几年迅猛发展,它的市场需求在2014年预计超过17亿美元^[27],但在我国肉产品市场中应用尚未普及,大多数仍以冷藏方式延长货架期^[4],这可能是成本方面原因。除异味保香型的研究也较少,建议充分发挥利用物质的结构功能(如环糊精等)来探究发展。活性包装的发展趋势应为:在不断提升其专业性及科学先进性的同时,更应注重其生态环保性。尽量避免活性物质直接接触食品,防止二者之间深层次的复杂相互影响;尽量使用天然活性物质,更安全健康;另外,趋向使用生物降解/合成的包装材料,虽然生产成本较高,但其总成本尚未很高,且保藏效果较好,更具有生态环保意义^[28-30]。

参考文献:

- [1] 许文才,黄少云,李东立,等.基于环糊精包合技术的活性包装研究进展[J].包装工程,2010,31(9):122-125.
- [2] 潘超,王鹏,朱斌.鲜肉及肉产品包装新技术[J].肉类工业,2010(3):13-17.



- [3] 邢淑婕, 刘开华, 严佩峰, 等. 活性包装在未来肉产品包装上的作用[J]. 肉类工业, 2001(7): 47-48.
- [4] 郭辽朴, 李洪军. 肉产品包装研究进展[J]. 肉类工业, 2007(10): 45-48.
- [5] 凌静. 活性包装在肉类保藏中的应用[J]. 食品科学, 2009, 30(2): 72-76.
- [6] 李毕忠, 李泽国, 阳文, 等. 食品活性包装用抗菌材料技术进展[J]. 中国塑料, 2012, 26(3): 10-15.
- [7] 骆扬. 鲜肉包装技术的发展及运用[J]. 肉类研究, 2008, 22(2): 68-71.
- [8] 郑凌君, 张东芳. 活性包装在肉产品保鲜中的应用[J]. 肉类工业, 2013(3): 21-23.
- [9] 孙菁梅. 活性包装的应用及发展前景[J]. 中国包装, 2010(12): 50-52.
- [10] LOPEZ M M C, GARCIA S D, PERNAS A A, et al. Effect of PPG-PEG-PPG on the tocopherol-controlled release from films intended for food-packaging applications[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2012, 60(33): 8163-8170.
- [11] 刘功. 国际活性包装最新发展新动态[J]. 中国包装, 2008(12): 26.
- [12] 王佩华, 赵大伟, 聂春红, 等. 复合抗氧化剂在食品贮藏保鲜中的应用研究进展[J]. 农业科学, 2011, 39(12): 213-216.
- [13] 李亚娜, 冯启路, 贺庆辉. 食品活性包装[J]. 中国包装, 2008(4): 56-62.
- [14] 吴光斌, 吴永沛. 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.
- [15] 邓钰. 浅谈食品活性抗菌包装技术[J]. 印刷质量与标准化, 2010(7): 14-17.
- [16] 贺琛, 王臻, 梅婷, 等. 食品活性包装研究的进展与趋势[J]. 包装食品与机械, 2011, 29(3): 40-44.
- [17] 徐斐燕, 陈健初, 吴丹. 食品抗菌包装技术进展[J]. 粮油加工与食品机械, 2004(6): 64-67.
- [18] 王长安, 陈晓翔, 邹永德, 等. 活性-智能食品包装的应用进展[C]//第十三届全国包装工程学术会议论文集, 2010: 421-426.
- [19] 吕飞, 叶兴乾, 刘东红. 食品抗菌包装系统的研究与展望[J]. 农业机械学报, 2009(6): 138-142.
- [20] SUPPAKUL P, MILTZ J, SONNEVELD K, et al. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications[J]. Journal of Food Science, 2003, 68(2): 408-420.
- [21] 王建清, 杨志岩, 付振喜, 等. 精油组合物、制备方法及其使用方法: 中国, CN200910070409. X[P]. 2011-04-20.
- [22] NEETOO H, MU Ye, CHEN Haiqiang, et al. Use of nisincoated plastic films to control *Listeria monocytogenes* on vac-hum-packaged cold smoked salmon[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008 122(1/2): 8-15.
- [23] 荆莹, 靳焱. 活性包装在肉品保藏中的发展及应用[J]. 肉类研究, 2010, 24(5): 142-145.
- [24] MURAT O J. Active food packaging technologies[J]. Food Science and Nutrition, 2004, 44(3): 185-193.
- [25] KIMMELE D I, COOKSEY D K. Flexible packaging materials incorporating beta-cyclodextrin inclusion complexes for controlled release of food flavors[EB/OL]. (2002-06-19). http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper_14260.htm
- [26] WILLIAM S, BOBO J. Interior can coating com-positions containing cyclodextrins: USA, US5177129[P]. 1991.
- [27] 郝晔. 美国活性包装和智能包装市场的需求年均增长率达8.30%[J]. 包装装潢印刷, 2010(4): 9-10.
- [28] 詹存. 肉产品常用的包装材料[J]. 上海包装, 2003(4): 25.
- [29] KUORWEL K K, CRAN M J, SONNEVELD K, et al. 抗菌活性生物降解膜的研究与应用[J]. 中国家禽, 2011(10): 31-37.
- [30] 李洋. 研究报告称生物基塑料具有巨大的市场潜力[J]. 包装装潢印刷, 2010(4): 9.