

论坛与资讯

现代食品包装新技术——活性包装

姜尚洁, 黄俊彦

(大连工业大学, 大连 116034)

摘要:目的 研究活性包装系统在现代食品包装中的应用和发展。方法 归纳不同类型活性包装系统在各类食品包装中的原理和应用,以及国内外的研发程度,同时预测将来的发展方向与趋势。结果 针对食品包装所开发的活性包装系统在除氧、控制CO₂含量、脱除乙烯、控制水分或湿度、抗菌等方面已经取得了一定的研究成果,并应用于食品包装领域。结论 健康、高效、安全的活性包装必然会在食品包装领域发挥愈来愈重要的作用,并且在不久的将来会成为食品活性包装技术的发展趋势。

关键词: 活性包装系统; 机理; 食品包装; 应用

中图分类号: TS 206.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2015)21-0150-05

New Technology of Modern Food Packaging—Active Packaging

JIANG Shang-jie, HUANG Jun-yan

(Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to study the development of active packaging system and its application in modern food packaging industry. The principle and application of different kinds of active packaging system in various food packaging were summarized, as well as the research progress all over the world, and the development direction and trend of active packaging system were prospected. Some achievements on the development of active packaging system for food packaging have been acquired in the fields of deoxygenation, control of CO₂, removal of ethylene, control of moisture or humidity, antibacterial, which have been applied in food packaging industry. Active packaging system will play more and more important role in the field of food packaging. In the future, development of healthy, effective and safe active packaging system is the direction of food active packaging technology.

KEY WORDS: active packaging system; mechanism; food packaging; application

在现代科学技术的进步和物质消费逐步提高的同时,人们愈来愈重视食品的安全性和质量问题。更多消费者愿意选购不被细菌所污染,不含化学添加剂与防腐剂,并可以长时间保证食物品质和安全性的食品。为了尽可能地满足这些需要,在少使用甚至不使用化学防腐剂的条件下,延长食品的货架期,保证食品的安全性,在众多的包装方法中,食品活性包装系统应运而生,并成为当代食品包装技术发展的新趋势^[1-4]。

1 活性包装

活性包装是将去氧剂、抗菌剂、异味(腐味)消除剂、水分和CO₂控制剂等与包装材料结合起来构成活性包装系统,从而延长食品货架期,有效地保持食品的营养和风味,提高其安全性和改善感官性的一种新型包装技术方法^[5]。活性包装不仅是产品与外界环境的屏障,而且结合了先进的食品包装和材料科学技

收稿日期: 2015-02-15

作者简介: 姜尚洁(1991—)女,辽宁辽阳人,大连工业大学硕士生,主攻包装材料。

通讯作者: 黄俊彦(1960—)男,辽宁大连人,大连工业大学教授,主要研究方向为包装技术与包装材料。

术,最大限度地保持了包装食品的质量。目前已有活性包装技术应用于生鲜食品、果蔬、医药及日用品的包装和储运中。

2 活性包装系统及其应用

根据活性物质的作用方式,活性包装系统可以分为两类:吸收类型的活性包装系统,它是在特制的小袋里安放活性物质,再和食品一起放在包装容器内部,活性物质能吸收多种不易于食品保鲜防腐的成分,如 O_2 、 CO_2 、乙烯,多余的水分和其他有害成分;活性包装系统为释放类型的系统,它将活性物质用添加、涂覆或共混等方式,直接与包装材料融合,如制成衬垫、薄膜等^[6],活性物质在完成包装之后缓慢逸散,向包装内加入或释放抗菌、防腐等活性物质^[7]。活性包装系统一般具有抑制氧气、脱除氧气、抗菌、控制水分或水蒸气、保香除味等功能。

2.1 除氧活性包装系统

除氧活性包装系统一般分为2种,一种是以无机基质为主体的脱氧剂^[8],需要在食品内保持较高的湿度,其脱除氧气的的能力才能良好,目前研发出了一种无水分活度的金属材料包装袋;另一种是以生物酶和有机酸等为主要成分。铁系氧气脱除剂由于安全性较高,原材料成本低且易获得,脱氧效果良好等众多优势,在市场上被大力推广^[9]。除氧剂通常先置于气体通透性良好的小袋内,然后放在食品包装袋中进行封口^[10-11]。

日本Mitsubishi Electric公司推出了二价铁类的内贴式除氧剂Ageless系列产品,将该产品贴在内部的标签中或放置于包装袋的内侧就可以理想地吸收包装内的 O_2 ,无论在潮湿的空气中或是干燥的空气中均具有理想的除氧效果^[12]。

在薄膜制作过程中,通过加入脱氧剂来制作除氧薄膜的技术逐渐兴起,近期研究并开发出了一一种新型脱除氧气的薄膜用于包装,这类薄膜有3层,中间是利用聚丙烯膜加入除氧剂,结果发现,这种除氧膜可以使肉丸长期保证理想的口味和外观^[13]。柯木斯等科学家发明了一种新型材料,内部有金属脱氧剂层(铁),在气态水活化后可以进行作用,产生效果,其在奶酪的保鲜与贮存实验中,取得了良好的效果^[14]。

D. Granda-Restrepo团队开发出了一一种复合膜,复合膜内加入一定量的氧气去除剂,该复合膜可有效的保存奶粉中的维生素成分,从而有效地延长奶粉的保

质期^[15]。

2.2 控制 CO_2 含量活性包装系统

此类活性包装系统包含有能吸收和产生二氧化碳的体系。二氧化碳在抑制食品表面的细菌生长与微生物繁殖中发挥重要功能^[16],同时能降低新鲜果蔬呼吸的速率。在某些生鲜食品包装内部保持较高的 CO_2 浓度对保证食品的新鲜非常有利。果蔬一般能在高浓度 CO_2 条件下储存。果蔬呼吸作用会排出 CO_2 ,过多的 CO_2 会让果蔬进入发酵状态,并且排出的产物会让果蔬更易腐败变质,使微生物与细菌大量繁殖,降低果蔬的货架期。此时则需降低包装中 CO_2 浓度^[17]。常用的方法是在包装中加入 CO_2 吸收剂。 $Ca(OH)_2$ 、 $NaOH$ 、 KOH 、 CaO 等可以当做 CO_2 去除剂,减少果蔬体系中的 CO_2 含量。

在某些包装的内部维持 CO_2 的高浓度可以保持十分良好的食品品质,如肉类、家禽、鱼、草莓、奶酪等^[18]。近年来法国又研发出了一种新型的 CO_2 释放剂,被命名为Verifrais包装,目前被广泛应用在肉制品包装中。这种包装是一个自发的气调包装,在托盘上放一个有小孔的袋,并在托盘下方穿孔,在小袋中含有抗坏血酸盐和 $NaHCO_3$,将 CO_2 产生剂与 O_2 去除剂合在一起。当肉分泌出大量液体时,增大了 O_2 的吸收空间,产生大量 CO_2 ,保持整个包装完好^[19]。将碳酸氢钠与亚硫酸盐脱氧剂混合,能够起产生 CO_2 并且去除氧气的作用^[20]。

2.3 脱除乙烯活性包装系统

乙烯气体是新鲜水果与蔬菜在代谢过程中产生的气体,当乙烯气体被释放至一定量时,易使食物更快的腐败与变质^[21]。为了延长果蔬货架期,应尽量在果蔬的包装中减少乙烯气体的积聚。目前有2种脱除乙烯的方式被广泛采用:在果蔬贮藏中保持空气流动并选用高渗透性的包装材料,使果蔬在代谢过程中产生的乙烯最大限度地散发到包装外;覆上乙烯脱除剂薄膜或直接涂布乙烯脱除剂。目前已开发的几种脱除剂有3种。

1) 含高锰酸钾的硅胶乙烯脱除剂。它通过将乙烯氧化为水和二氧化碳除去乙烯。日本的Rengo公司生产的乙烯气体去除剂,通常放在小袋内,该种小袋采用的材料对乙烯具有较好的透气性,然后置于食品袋中,从而有效去除乙烯。

2) 含钡活性炭乙烯脱除剂。它能吸收并降解乙烯,这种物质不仅可以添加到塑料中用来制造薄膜,

也可用来做成小包吸收剂^[22-23]。G.Bailen 等人研究说明,将质量分数为1%的钡粉末加入活性炭中,可以增加对乙烯的吸附效果^[24]。L. a. terry 团队开发了一种新型乙烯气体脱除剂,这种脱除剂以金属钡为材料制成。当湿度约为100%,并且处于室温时,乙烯气体被吸附率能达到4162 $\mu\text{L/g}$,各项性质远超过 KMnO_2 ^[25]。

3) 无机多孔性矿物质乙烯脱除剂(如沸石)。目前开发出一些以乙烯脱除剂作为添加剂而制成的薄膜。例如将塑料材料与无机多孔性或粉末状的物质直接混合制成薄膜,使薄膜内部含有乙烯脱除剂,能够吸收乙烯气体。

2.4 控制湿度活性包装系统

在运输途中,如果食品因为温度差(冷凝)或者受潮而受潮,在表面结水,将导致营养成分在水中溶解而流失,加速细菌和霉菌的生长繁殖。选取石灰、CaO和硅胶等作为干燥剂可以减少水分,可以利用掌握小包装袋内干燥剂的吸湿透气率和多少等来调节湿度,延长货架寿命。姜发堂等研发出一种可食性脱水剂,用魔芋粉制成,其脱水率可高达150%^[26]。

此外,吸水薄膜也作为另一种脱水剂。日本公司开发的含有多层吸水膜的干燥剂,中间为丙二醇,由两层PVA夹合,然后进行封口,从而组成吸水薄膜。该产品可循环使用,经济环保。通常用来保存果蔬的保鲜包装一般具有阻隔水蒸气的功能,在包装袋内易产生高湿度条件,适合微生物的繁殖与生长。若是用普通方法吸收水分,则会因为吸水率过高造成水果和蔬菜脱水。P.v.mahajan 团队针对新鲜水果与蔬菜,制成一种比例为斑脱土(11):山梨糖醇(5): CaCl_2 (4)的新型干燥剂。这种干燥剂具有良好的持续吸水能力^[27]。

2.5 抗菌活性包装系统

影响食品保质期的其他重要因素是食物表面的细菌,应用抗菌包装可以抑制甚至杀死在储藏、运输、处理与加工过程中的细菌,使食品的保质期延长,增加安全性^[28-29]。抗菌剂包装材料实质上是在包装材料表面或在包装材料中将抗菌物质分散^[30],然后缓慢地渗入到食物中,或直接通过与高分子材料混合而制成抗菌包装薄膜^[31]。L. guti. irrez 通过在30 μm 的PP薄膜上涂布肉桂精油,用它包装焙烤食品,使食品保质期增加了3~10 d。J. Miltz 等在80 μm 的PE上固定玉米淀粉与皮隔膜蛋白(K4K20-S4)的共聚物,用于新鲜黄瓜包装,取得了理想的成果^[32]。J. Han 等选择反式肉桂醛、山梨酸、麝香草酚、香芹酚、迷迭香油等抗

菌物质作为涂布剂涂布于低密度聚乙烯/聚酰胺包装薄膜上,实验证明,该膜在1~3 Gy的辐照处理过程之后依然可以有抵抗细菌的活性,且薄膜具有较高的隔湿性,并保持良好的透氧性^[33]。在抗菌包装内部,抗菌物质会抑制食品表面的微生物,对辐射和光照较敏感,此时若使用较低剂量的照射,即可起杀菌的效果,进而有效提高食品的安全性。

大量实验结果表明,将低密度聚乙烯树脂与银系抗菌剂混合所制成的薄膜杀菌能力很强,最高可达98%,并且具有较高的吸附率和透过性。其缺点是断裂伸长、拉伸强度和透氧率均略有减少,但完全适应包装薄膜的各项性能标准和生产需求^[34]。

2.6 其他类型的活性包装系统

1) 可食用膜活性包装。目前业界正在着重研究利用天然生物材料制成的可食用包装膜,这种包装膜不但包括营养成分和抗菌物质,并且可以起到包装的作用^[35-37]。在添加增塑剂后,淀粉、纤维素、树胶、蛋白质等天然物质均可转变为可生物降解和不同性质的可食用膜^[38-39]。

2) 指示型活性包装。该类型的活性包装可直接显示指标,有利于让消费者更直观地了解食品的状态与贮藏状况。如细菌指示剂包装可以反映食品包装内部的大肠杆菌、沙门氏菌等细菌的增长情况;时间温度指示包装能反映出食品包装内部环境温度随时间的改变;新鲜指示剂包装可以反映出当前食品的品质;微波指示剂包装可以更加清楚明了地反应微波食品的变化,使消费者更直观、更便捷地了解该食品的烹调。

3) 高氧自发性活性包装。目前,在欧洲市场上,一种新型活性包装系统大量应用在水果蔬菜包装,该活性包装袋具有高氧自发性,可以根据各种水果和蔬菜的生理特性,来调节袋内 O_2 、 CO_2 和 N_2 的比例,如对于易腐烂的水果和蔬菜可以用体积分数为10%~20%的 CO_2 和体积分数为80%~90%氧。这种包装可以有效减少被包装物的氧化褐变,使酶的催化能力大大降低,防止果蔬无氧呼吸所引起的发酵反应,从而保证果蔬的质量与品质,同时具有延长果蔬的保质期,减少细菌的繁殖与生长,防止生鲜食品腐败等优点。在8 $^{\circ}\text{C}$ 气温下,利用高氧活性包装袋保存新鲜蘑菇,保质期可以长达8 d^[40-41]。

3 结语

随着当今社会经济的快速发展,消费者对于食品

的安全性要求也随之提高,这为活性包装系统的开发与应用提供了更广阔的发展空间和平台。虽然活性包装在我国商品包装中的应用尚未普及,然而在当今人们越来越重视食品品质与食品安全的形势下,活性包装系统将在今后的食品包装市场中具有更加广阔的发展与应用前景。可以预测,在未来很短的时间内,活性包装系统将会是一场革命性的巨大改变。作为一种新兴的智能包装技术,活性包装系统在食品包装领域,一定会朝着高效、健康、安全的方向发展,在不久的将来,将会拥有其他包装不可替代的地位。

参考文献:

- [1] GUTIÉRREZ L, SÁNCHEZ C, BATTLE R, et al. New Antimicrobial Active Package for Bakery Products[J]. Trends in Food Science & Technology, 2009, 20(2): 92—99.
- [2] 王洪江,孙城,曲颖. 食品包装复合材料现状及发展趋势[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(1): 58—62.
WANG Hong-jiang, SUN Cheng, QU Ying. Current Status and Development Trends of Compound Food-packaging Materials[J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(1): 58—62.
- [3] 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, 2004, 9(2): 131—136.
WU Guang-bin, WU Yong-pei. Research Status and Progress of Food Active Packaging[J]. Journal of Jimei University, 2004, 9(2): 131—136.
- [4] 袁晓林,李艳. 活性包装材料与技术探讨[J]. 包装工程, 2006, 27(3): 30—33.
YUAN Xiao-lin, LI Yan. Discussion on Active Packaging Material and Technology[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3): 30—33.
- [5] 王天军,彭伟,王瑜. 工业防腐剂应用手册[M]. 北京:化学工业出版社, 2012.
WANG Tian-jun, PENG Wei, WANG Yu. Industrial Preservatives Used Manual[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012.
- [6] 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—130.
XU Wen-cai, HUANG Shao-yun, LI Dong-li, et al. Research Progress of Active Packaging Based on Cyclodextrin Inclusion [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(9): 122—130.
- [7] 陈晨伟,段恒,杨福馨,等. 释放型食品抗氧化活性包装膜研究进展[J]. 包装工程, 2014, 35(13): 36—42.
CHEN Chen-wei, DUAN Heng, YANG Fu-xin, et al. Research Progress in Release-type Food Antioxidant Active Packaging Film[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(13): 36—42.
- [8] 李欢,张东林,莫妮,等. 活性包装在肉产品中的研究及应用现状[J]. 肉类研究, 2013, 27(12): 23—27.
LI Huan, ZHANG Dong-lin, MO Ni, et al. A Review: Research and Application Status of Active Packaging for Meat Products[J]. Meat Research, 2013, 27(12): 23—27.
- [9] POLYAKOV V A, MILTZ J. Modeling of the Humidity Effects on Oxygen Absorption by Iron-based Scavengers[J]. Journal of Food Science, 2010, 75(2): 91—99.
- [10] 张海红,黄蓉,严现霞. 脱氧包装在蛋糕保鲜中的应用研究[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(6): 50—53.
ZHANG Hai-hong, HUANG Rong, YAN Xian-xia. Application Study of Deoxy-package in Cake Storage[J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(6): 50—53.
- [11] 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.
PAN Chao, WANG Peng, ZHU Bin. New Packing Technologies for Fresh Meat and Meat Products[J]. Meat Industry, 2010(3): 13—17.
- [12] 李亚娜,冯启路,贺庆辉. 食品活性包装[J]. 中国包装, 2008(4): 69—71.
LI Ya-na, FENG Qi-lu, HE Qing-hui. Food Active Packaging [J]. China Packaging, 2008(4): 69—71.
- [13] SHIN Y, SHIN J, LEE Y. Effect of Oxygen Scavenging Package on the Quality Change of Processed Meatball Product[J]. Food Science and Technology, 2009, 18(1): 73—78.
- [14] COMES C, CHIMBOMBI E, SUN D, et al. Effect of Oxygen-absorbing Packaging on the Shelf Life of a Liquid-based Component of Military Operational Rations[J]. Food Engineering and Physical Properties, 2009, 74(4): 167—176.
- [15] GRANDA-RESTREPO D, PERALTA E, TRONCOSO-ROJAS R, et al. Release of Antioxidant from Coextruded Active Package Developed for Whole Milk Powder[J]. International Dairy Journal, 2009, 19(8): 481—488.
- [16] 凌静. 活性包装在肉类保藏中的应用[J]. 肉类研究, 2009(2): 72—76.
LING Jing. Application of Active Packing in Meat Products for Preservation[J]. Meat Research, 2009(2): 72—76.
- [17] LACOSTE A, SCHAICH K, ZUMBRUNNEN D, et al. Advancing Controlled Release Packaging through Smart Blending[J]. Packaging Technology and Science, 2005(18): 77—87.
- [18] 郑凌君,张东芳. 活性包装在肉制品保鲜中的应用[J]. 肉类工业, 2013(3): 38—40.

- ZHENG Ling-jun, ZHANG Dong-fang. Application of Active Packaging on Meat Products Preservation[J]. Meat Industry, 2013(3):38—40.
- [19] 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.
- [20] 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.
- LI Bi-zhong, LI Ze-guo, YANG Wen, et al. Technical Development of Antimicrobial Materials for Food Active Packaging[J]. China Plastics, 2012, 26(3):10—15.
- [21] 黄泽雄. 食品活性包装材料[J]. 中国包装工业, 2004(8):42—44.
- HUANG Ze-xiong. Food Active Packaging Material[J]. China Packaging Industry, 2004(8):42—44.
- [22] 高玉臣. 活性包装系统[J]. 包装工程, 2006, 27(5):306.
- GAO Yu-chen. Active Packaging System[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(5):306.
- [23] AARON L, BRODDY T, BETTY B, et al. Innovative Food Packaging Solutions[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(8):107—116.
- [24] BAILEN G, GUILLEN F, CASTILLO S, et al. Use of a Palladium Catalyst to Improve the Capacity of Activated Carbon to Absorb Ethylene, and Its Effect on Tomato Ripening[J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2007, 5(4):579—586.
- [25] TERRY L A, ILKENHANS T, POULSTON S, et al. Development New Palladium-promoted Ethylene Scavenge[J]. Post-harvest Biology and Technology, 2007, 45(2):214—220.
- [26] 姜发堂. 可食性干燥剂: 中国, CN1706544[P]. 2005—12—14.
- JIANG Fa-tang. Edible Desiccant: China, CN1706544[P]. 2005—12—14.
- [27] MAHAJAN P V, RODRIGUES F A S. Development of a Moisture Absorber for Packaging of Fresh Mushrooms (Agaricus Bisporous)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(3):408—414.
- [28] 梁彦, 赵鹏, 宋人楷. 冷杀菌技术及其在包装与食品加工机械上的应用[J]. 包装与食品机械, 2003, 21(2):23—26.
- LIANG Yan, ZHAO Peng, SONG Ren-kai. The Cold Wiping out Bacterium Technology and the Packaging and Food Processing Machinery Applications[J]. Packaging and Food Machinery, 2003, 21(2):23—26.
- [29] 骆扬. 鲜肉包装技术的发展及运用[J]. 肉类研究, 2008, 22(2):68—71.
- LUO Yang. The Appliance and Progress of Fresh Meat Package Technology[J]. Meat Research, 2008, 22(2):68—71.
- [30] 荆莹, 靳烨. 活性包装在肉品保藏中的发展及应用[J]. 食品科技, 2010, 35(9):142—145.
- JING Ying, JIN Ye. Application of Active Packaging in Meat Products for Preservation[J]. Science and Technology of Food, 2010, 35(9):142—145.
- [31] COMA V. Bioactive Packaging Technologies for Extended Shelf Life of Meat-based Products[J]. Meat Science, 2008, 78(1/2):90—103.
- [32] MILTZ J, RYDLO T, MOR A, et al. Potency Evaluation of a Dermaseptin S4 Derivative for Antimicrobial Food Packaging Applications[J]. Packaging Technology Science, 2006, 19(6):345—354.
- [33] HAN J, CASTELL-PEREZ M E, MOREIRA R G. The Influence of Electron Beam Irradiation of Antimicrobial-coated LDPE/Polyamide Films on Antimicrobial Activity and Film Properties[J]. LWT—Food Science and Technology, 2007, 40(9):1545—1554.
- [34] 陈希荣. 纳米抗菌包装材料的开发与应用[J]. 中国包装工业, 2009(2):56—59.
- CHEN Xi-rong. Development and Application of Nanometer Anti-virus Packaging Material[J]. China Packaging Industry, 2009(2):56—59.
- [35] FANG Ming, CHEN Ji-hua, XU Xiu-li, et al. Antibacterial Activities of Inorganic Agents on Six Bacteria Associated with Oral Infections by Two Susceptibility Tests[J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 2006, 27(6):513—551.
- [36] LI Shu-cai, LI Ya-na. Mechanical and Antibacterial Properties of Modified Nano ZnO/High Density Polyethylene Composite Films with a Low Doped Content of Nano ZnO[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 116(5):2965—2969.
- [37] 孙军平. 无机纳米抗菌剂在透明PE薄膜中的应用[D]. 贵阳: 贵州大学, 2008.
- SUN Jun-ping. Application of Inorganic Nanometer Anti-virus Agent in Transparency PE Film[D]. Guiyang: Guizhou University, 2008.
- [38] 李爱珍, 邵秀芝, 张建华. 可食性包装膜的研究进展及其发展前景[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(1):54—57.
- LI Ai-zhen, SHAO Xiu-zhi, ZHANG Jian-hua. The Study Progress and Prospects of Edible Packaging Film[J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(1):54—57.
- [39] 周红锋, 焦霞. 利用无机物和多糖制作复合膜的研究[J]. 包装与食品机械, 2010, 28(6):17—20.
- ZHOU Hong-feng, JIAO Xia. Study on the Composite Membrane Made of the Mineral and Amylose[J]. Packaging and Food Machinery, 2010, 28(6):17—20.
- [40] GOULD G W. New Methods in Food Preservation[M]. London: Blackie Academic & Professional, 1995.
- [41] 李跃宾. 活性包装—未来的趋势[J]. 塑料包装, 2004, 14(3):55—57.
- LI Yao-bin. Active Packaging—The Trend of the Future[J]. Plastic Packaging, 2004, 14(3):55—57.