

研究进展

缓释抗菌食品包装研究现状

唐亚丽, 黄秀玲

(上海大学, 上海 200072)

摘要: **目的** 介绍缓释抗菌包装在食品包装中的研究现状。**方法** 从实验和理论 2 方面详细讨论其发展现状, 并指出目前的研究瓶颈。**结果** 在实验研究方面, 多集中于单层抗菌材料, 对影响抗菌剂缓释过程的因素缺乏深入探讨。在理论模型研究方面, 缺少对活性成分释放机理的研究。**结论** 缓释抗菌包装的研究还处于初级阶段, 还有很多问题有待解决, 如加工方式、环境条件以及食品-材料界面等对缓释动力学过程的影响等。

关键词: 缓释; 抗菌包装; 食品安全; 模型

中图分类号: TB485.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)09-0132-04

Research Status of Sustained-release Antimicrobial Food Packaging

TANG Ya-li, HUANG Xiu-lin

(Shanghai University, Shanghai 200072, China)

ABSTRACT: **Objective** To introduce the research status of sustained-release antimicrobial packaging in food packaging. **Methods** The Paper discussed its development status from the experimental and theoretical aspects in detail and pointed out the current research bottleneck. **Results** In the experimental aspect, it mainly focused on single-layer antibacterial materials, lacking in-depth research into the factors impacting the release process. In the theoretical aspect, it rarely involved the investigation of release mechanism of the active ingredients. **Conclusion** Sustained-release antimicrobial packaging research is still in its infancy and there are many issues to be solved in the future, such as processing methods, environmental conditions and food-material interface effects on sustained-release kinetics etc.

KEY WORDS: sustained-release; antimicrobial packaging; food safety; model

传统食品包装使用惰性包装材料,起到承载食品和隔离环境因素的作用。随着食品加工、运输和贮存一体化技术的发展,对食品安全、食品品质、食品货架期等要求贯穿食品生产、分销、储存、零售等环节。现代食品包装不仅要满足消费者对食品防腐、货架寿命长、品质营养新鲜等要求,而且要满足食品对添加剂和防腐剂等的“无添加”或“少添加”的要求,由此对从生产加工地到销售市场,最后到消费者手中的食品安全和质量提出了新的挑战。

21 世纪初欧盟提出食品包装中“活性包装”的概念^[1]。活性包装是通过改善包装内部环境,在保持食品原有品质的同时,提高食品的安全性,延长食品货架期^[2]。可控缓释包装通过从包装材料向食品表面不断缓释活性成分,从而达到保护食品的作用,是近年来一种创新的活性包装技术^[3],Han 和 Floros 是首先将可控释放引入食品包装应用的学者之一^[4]。缓释抗菌包装通过缓慢地向食品中释放抗菌剂,使包装内部抗菌剂的浓度维持长期稳定,从而达到抗菌防腐

的目的。其替代了向食品中添加抗菌剂的传统食品保藏方法,能长时间保持食品的营养和风味,延长了货架期,提高了安全性,且能够有效解决食品的抗菌防腐难题^[5-7]。抗菌活性包装材料具有传统包装材料无法比拟的优势,应用和发展前景十分广阔,是目前食品及材料领域研究的前沿和热点。

1 研究现状

多年来,各国学者广泛重视与积极投入,在抗菌包装材料的研发、抗菌剂杀菌效果的监测、抗菌剂释放量的评估等方面^[8-23],取得了一系列重要成果。

1.1 实验研究现状

在抗菌包装材料研发方面,国内外学者已经研究了多种添加抗菌物质的聚合物或薄膜在食品包装中的应用潜力。刘鹏^[7]将壳聚糖与淀粉/聚乳酸共混粒料一同挤出,制备可降解抗菌材料,通过将抗菌材料直接贴片于含菌培养基中,培养一段时间,观察菌落生长情况,定性、定量考察不同含量的壳聚糖抗菌活性,同时对材料力学性能拉伸强度、断裂伸长率进行了测定。吕飞等人^[8]添加不同体积肉桂油到海藻酸钠膜液中制成可降解抗菌薄膜,将菌悬液均匀涂布于培养皿营养琼脂表面,再将薄膜放入培养皿中,测定抑菌率,并对薄膜性能进行了测试。

Lee 等人^[9]将含质量分数为 3% 的乳酸链球菌素的乙酸乙烯酯-乙烯(厚度为 3 mm),涂布在纸表面制成抗菌材料,10℃下与模拟物(水(66%)+石蜡油(32%)+乳化剂(2%))接触 12 d,测定其释放量,并于 10℃下和鲜奶油接触,测定其对 M. 黄曲霉的灭菌效果。Mascheroni 等人^[10]在纸表面涂覆含香芹酚的小麦面筋和蒙脱土混合物制成抗菌材料,考察 30℃下,相对湿度为 40%,60%,80%和 100%,蒙脱土质量分数为 0,1%,2%,5%,7%时不同时间间隔下香芹酚的释放量,及蒙脱土质量分数为 0 和 5%时对空气中大肠杆菌的灭菌效果。Uz 等人^[11]通过干相反转技术制备含山梨酸钾的单层醋酸纤维素(CA)抗菌薄膜和三层醋酸纤维素抗菌薄膜,探讨了不同 CA 含量在相对湿度为 40%,干燥时间为 1 h,干燥温度为 25,50℃的条件下制得的抗菌薄膜在 4℃时,与 pH 值为 7 的水接触时山梨酸钾的释放量。

Kuorwel 等人^[12]热压成形不同厚度的热塑性材

料化学改性高直链热塑性玉米淀粉(TPS)和生物降解材料热塑性淀粉与聚酯混合物(APTPS),并在其表面涂覆含抗菌剂百里酚、香芹酚和芳樟醇的甲基纤维素与羟丙基甲基纤维素混合物制成抗菌材料,采用浸泡法考察温度为 15,25 和 35℃下材料中抗菌剂向异辛烷的释放量。Ramos 等人^[13]在 190℃下压膜成形含质量分数为 4%,6% 8% 的百里酚和香芹酚的 PP 抗菌膜,并监测了薄膜的微结构、热性能和物理性能,发现材料弹性模量降低,热稳定性受影响,结晶度和氧气阻隔性变低。同时采用贴片法考察抗菌剂对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的灭菌效果。

1.2 理论研究现状

理论方面主要借助 Crank 针对单层塑料包装材料中化学物迁移建立的数学模型^[24],评价活性成分抗菌剂的释放数学模型。Mascheroni 等人^[10]借助 Crank 针对单层塑料包装材料中化学物迁移预测模型,计算自制抗菌材料-纸表面涂覆含香芹酚的小麦面筋和蒙脱土混合物中香芹酚的释放量,并与对番茄灰霉病的灭菌数据对比分析,发现拟合效果比较吻合。Uz 等人^[11]借助 Crank 针对双层同种塑料中化学物迁移的数学模型,验证中间层含山梨酸钾的三层醋酸纤维素抗菌膜,在 50℃制膜干燥条件下,与温度为 4℃,pH 值为 7 的水接触时山梨酸钾释放量的一致性,结果发现拟合效果较吻合。Kuorwel 等人^[12]借助 Crank 针对单层塑料材料中化学物迁移预测模型,评价涂覆含抗菌剂百里酚、香芹酚和芳樟醇的甲基纤维素,与羟丙基甲基纤维素混合物的热压成形材料改性高直链热塑性玉米淀粉和热塑性淀粉与聚酯混合物的迁移效果,计算扩散系数。

Nobile 等人^[25]考察了抗菌膜玉米醇溶蛋白膜中不同浓度百里酚的释放杀菌有效性,通过贴片法讨论了在 37℃下对嗜热链球菌、25℃下对假单胞菌、30℃下对蜡样芽孢杆菌的杀菌效果,并与 Crank 针对单层塑料材料中化学物迁移预测模型的计算结果进行拟合,实验结果值分布在预测值的周围,具有一定偏差。Mastromatteo 等人^[26]自制含百里酚的可食性抗菌膜玉米醇溶蛋白与不同浓度斯佩尔特小麦麸皮,考察改变斯佩尔特小麦麸皮浓度及材料厚度。材料浸泡到室温下蒸馏水中百里酚的释放量,与 Crank 针对单层塑料材料中化学物迁移预测模型的计算结果进行拟合,拟合效果理想。

2 存在的问题

实验研究方面,研究人员对抗菌剂杀菌效果的评价已开展了大量研究,且集中于单层抗菌材料的探讨。抗菌剂的引入是否会引起包装材料基本物性的改变?是否影响其机械、阻隔、安全等与食品全程营养保持密切相关的关键性能指标的变化?食品、材料、抗菌剂、环境之间的相互作用如何?它们对抗菌剂的缓释过程有何影响?复合包装材料的缓释行为如何?这些问题都有待解决。

理论研究方面,将 Crank 针对塑料包装材料中化学物向食品中扩散迁移建立的数学模型直接用于抗菌剂释放量的理论评估,但缺少对活性成分释放机理的研究。已有的复合材料迁移模型大多考虑同种包装材料的复合^[27-28],忽视了关键界面效应的影响,对诸如材料层间界面效应、材料与食品的界面效应及其对缓释过程的影响目前尚无涉及。

3 结语

笔者从实验研究和理论研究 2 方面阐述了缓释抗菌包装在食品工业中的发展现状,并指出了目前的研究瓶颈。目前缓释抗菌包装技术的研究和应用,还处于起步阶段,有许多问题仍需要深入研究。

首先,现有研究在考虑缓释食品包装时,一般都是在评价抗菌剂的灭菌效果,而对含抗菌剂的包装材料的加工方式、抗菌剂的影响及包装材料的宏观和微观改变的研究相对较少,包装材料层间界面、包装材料与食品界面对缓释动力学的研究尚未充分开展。食品、缓释包装和环境三者之间的作用规律,使这一问题变得更为复杂。

其次,向包装材料中添加一定浓度的具有特定功能的活性成分,其对包装材料和食品品质的影响。同时包装材料与食品之间的相互作用机理,储藏和运输环境对包装-食品体系的影响,活性成分如何通过包装材料阻隔层释放到食品中发挥作用,这些都是全新的现象。

加入抗菌剂的复合包装材料在经历挤出、复合、干燥等一系列过程后,其性能特别是对食品储藏与运输相关的物理性能的变化值得研究;外界环境、包装材料、抗菌剂、食品、复合包装材料层间界面、材料食

品界面等对抗菌剂释放过程的影响机制有待建立;抗菌剂的缓释过程属于第三相(活性成分)从第一相(包装材料)通过 2 类界面(复合材料内部层间界面、材料与食品界面)向第二相(食品)扩散的过程,需要建立能科学反映各主要因素影响规律、揭示缓释机理的动力学方程。再者,作为一种新型的包装方式,其实际应用可行性、消费者可接受性等方面也需要进行研究。

参考文献:

- [1] VERMEIREN L,DEVLEIGHIERE F,VAN BEEST M,et al. Developments in the Active Packaging of Foods[J]. Trends in Food Science & Technology,1999,10(3):77—86.
- [2] GRANDA-RESTREPO D,PERALTA E,TRONCOSO-ROJAS R,et al. Release of Antioxidants from Co-extruded Active Packaging Developed for Whole Milk Powder[J]. International Dairy Journal,2009,19(8):481—488.
- [3] MASTROMATTEO M,MASTROMATTEO M,CONTE A,et al. Advances in Controlled Release Devices for Food Packaging Applications[J]. Trends in Food Science & Technology,2010,21(12):591—598.
- [4] HAN J H,FLOROS J D. Simulating Diffusion Model and Determining Diffusivity of Potassium Sorbate through Plastic to Develop Antimicrobial Packaging Films[J]. Journal of Food Processing and Preservation,1998,22(2):107—122.
- [5] VERONIQUE C. Bioactive Packaging Technologies for Extended Shelf Life of Meat-based Products[J]. Meat Science,2008,78(1/2):90—103.
- [6] APPENDINI P,HOTCHKISS J H. Review of Antimicrobial Food Packaging[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies,2002,3(2):113—126.
- [7] 刘鹏. 淀粉/聚乳酸/壳聚糖共混抗菌材料制备中若干基础科学问题的研究[D]. 广州:华南理工大学,2010.
LIU Peng. Several Basic Science Research Issues Antibacterial Materials Prepared by Blending in Starch/ Polylactic Acid/Chitosan[D]. Guangzhou:South China University of Technology,2010.
- [8] 吕飞,丁祎程,叶兴乾. 肉桂油/海藻酸钠薄膜物理性能和抗菌性能分析[J]. 农业工程学报,2012,28(2):268—272.

- LYU Fei, DING Wei-cheng, YE Xing-qian. Cinnamon Oil/Alginate Film Physical Properties and Antibacterial Performance Analysis[J]. *Journal of Agricultural Engineering*, 2012, 28(2): 268—272.
- [9] LEE C H, AN D S, LEE S C, et al. A Coating for Use as an Antimicrobial and Antioxidative Packaging Material Incorporating Nisin and α -tocopherol[J]. *Journal of Food Engineering*, 2004, 62(4): 323—329.
- [10] MASCHERONI E, GUILLARD V, GASTALDI E, et al. Antimicrobial Effectiveness of Relative Humidity-controlled Carvacrol Release from Wheat Gluten/Montmorillonite Coated Papers[J]. *Food Control*, 2011, 22(10): 1582—1591.
- [11] UZ M, ALTINKAYA S A. Development of Mono and Multi-layer Antimicrobial Food Packaging Materials for Controlled Release of Potassium Sorbate[J]. *LWT—Food Science and Technology*, 2011, 44(10): 2302—2309.
- [12] KUORWEL K K, CRAN M J, SONNEVELD K, et al. Migration of Antimicrobial Agents from Starch-based Films into a Food Simulant[J]. *LWT—Food Science and Technology*, 2013, 50(2): 432—438.
- [13] MECITOĞLU Ç, YEMENICIOĞLU A, ARSLANOĞLU A, et al. Incorporation of Partially Purified Hen Egg White Lysozyme into Zein Films for Antimicrobial Food Packaging[J]. *Food Research International*, 2006, 39(1): 12—21.
- [14] RAMOS M, JIMÉNEZ A, PELTZER M, et al. Characterization and Antimicrobial Activity Studies of Polypropylene Films with Carvacrol and Thymol for Active Packaging[J]. *Journal of Food Engineering*, 2012, 109(3): 513—519.
- [15] BUONOCORE G G, DEL NOBILE M A, PANIZZA A, et al. A General Approach to Describe the Antimicrobial Agent Release from Highly Swellable Films Intended for Food Packaging Applications[J]. *Journal of Controlled Release*, 2003, 90(1): 97—107.
- [16] MARCOS B, AYMERICH T, MONFORT J M, et al. Use of Antimicrobial Biodegradable Packaging to Control *Listeria Monocytogenes* during Storage of Cooked Ham[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 120(1/2): 152—158.
- [17] GEMILI S, YEMENICIOĞLU A, ALTINKAYA S A. Development of Cellulose Acetate Based Antimicrobial Food Packaging Materials for Controlled Release of Lysozyme[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 90(4): 453—462.
- [18] MASCHERONI E, CHALIER P, GONTARD N, et al. Designing of a Wheat Gluten/Montmorillonite Based System as Carvacrol Carrier: Rheological and Structural Properties[J]. *Food Hydrocolloids*, 2010, 24(4): 406—413.
- [19] GEMILI S, YEMENICIOĞLU A, ALTINKAYA S A. Development of Antioxidant Food Packaging Materials with Controlled Release Properties[J]. *Journal of Food Engineering*, 2010, 96(3): 325—332.
- [20] HANUŠOVÁ K, ŠTASTNÁ M, VOTAVOVÁ L, et al. Polymer Films Releasing Nisin and/or Natamycin from Polyvinylidenechloride Lacquer Coating: Nisin and Natamycin Migration Efficiency in Cheese Packaging[J]. *Journal of Food Engineering*, 2010, 99(4): 491—496.
- [21] BALASUBRAMANIAN A, LEE D S, CHIKINDAS M L, et al. Effect of Nisin's Controlled Release on Microbial Growth as Modeled for *Micrococcus Luteus* Probiotics Antimicrob[J]. *Proteins*, 2011, 3(2): 113—118.
- [22] DUNCAN T V. Applications of Nanotechnology in Food Packaging and Food Safety: Barrier Materials, Antimicrobials and Sensors[J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2011, 363(1): 1—24.
- [23] 郝喜海, 孙森, 邓靖, 等. 丁香精油微胶囊抗菌包装薄膜[J]. *塑料*, 2012, 41(1): 64—66.
- HAO Xi-hai, SUN Miao, DENG Jing, et al. Clove Oil Microcapsules Antimicrobial Packaging Film[J]. *Plastic*, 2012, 41(1): 64—66.
- [24] CRANK J. The Mathematics of Diffusion[M]. Oxford: Clarendon Press, 1975.
- [25] NOBILE M A D, CONTE A, INCORONATO A L, et al. Antimicrobial Efficacy and Release Kinetics of Thymol from Zein Films[J]. *Journal of Food Engineering*, 2008, 89(1): 57—63.
- [26] MASTROMATTEO M, BARBUZZI G, CONTE A, et al. Controlled Release of Thymol from Zein Based Film[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2009, 10(2): 222—227.
- [27] HAN J K, SELKE S E, DOWNES T W, et al. Application of a Computer Model to Evaluate the Ability of Plastics to Act as Functional Barriers[J]. *Packaging Technology and Science*, 2003, 16(3): 107—118.
- [28] PEROU A L, LAOUBI S, VERGNAUD J M. Model for Transfer of Contaminant during the Coextrusion of Three-layer Food Package with a Recycled Polymer[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 1999, 73(10): 1938—1948.