

# 数字印刷油墨及食品接触包装材料的迁移研究进展

钟泽辉, 李婷, 杨辉, 邵杰, 陈智芳, 刘阳, 孙艺

(湖南工业大学包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 应用迁移的基本知识, 分析了数字印刷油墨和食品接触包装材料在食品中的迁移及其研究现状, 发现食品中的迁移已影响到人们的健康生活。数字印刷油墨和包装材料在食品中的迁移研究, 还可为其他新型包装材料的开发提供参考。

**关键词:** 数字印刷油墨; 食品包装材料; 迁移; 食品安全

**中图分类号:** TB484; TS802.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2011)01-0040-04

## Development in the Migration of Digital-Printing Inks and Food-Contacted Packaging Materials

Zhong Zehui, Li Ting, Yang Hui, Shao Jie, Chen Zhifang, Liu Yang, Sun Yi

(School of Packaging and Material Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** Based on the basic knowledge of migration, the developments in the migration of digital-printing inks and food-contacted packaging materials in foodstuff in recent years are analyzed. The result shows the migration in foodstuff has seriously affected people's normal life. Studying this issue profoundly can provide references to other new packaging materials researches.

**Key words:** digital-printing inks; food packaging materials; migration; food safety

食品包装中有毒有害物质的迁移会对食品产生严重的污染, 迁移问题已成为业内研究者关注的课题<sup>[1]</sup>。其中研究者们对包装材料在食品中的迁移研究较多, 但有关数字印刷油墨的迁移研究却相对较少。因此, 加强数字印刷油墨与食品接触类包装材料的迁移研究具有举足轻重的意义。

### 1 迁移

迁移是指包装中的残留物或用来改善包装材料加工性能的添加剂从包装材料里向与食品接触的内表面

扩散, 并被溶剂化或溶解的过程<sup>[2]</sup>。总迁移极限和特定迁移极限是迁移中的 2 个重要概念。迁移是一个扩散和平衡的过程, 而国内外关于这个过程的测定还没有统一的标准。

测定物质的迁移过程一般为: 1) 对食品进行分类。根据食品特征, 美国食品和药品管理局 (Food and Drug Administration, FDA)、欧盟委员会 (European Commission, EC) 分别将食品分为 9 类和 8 类, 我国则将其分为 4 类, 即中性食品、酸性食品、油脂食品和酒精性饮料。食品的分类越细化, 迁移研究的精确度

收稿日期: 2010-09-30

基金项目: 湖南省科学计划基金资助项目 (2008FJ3031), 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划基金资助项目 (湘教通 [2010]244-492)

作者简介: 钟泽辉 (1970-), 男, 湖南株洲人, 湖南工业大学教授, 主要从事包装印刷新材料及印刷适性, 印刷图形, 图像处理的研究与教学, E-mail: zzehui@163.com

越高。2)对迁移物的稳定性进行研究。迁移物的稳定性将直接影响到研究实验的效果。3)选择合适的食品模拟物。国内外关于中性食品、酸性食品和酒精性饮料食品模拟物的选择分别为水、醋酸和乙醇水溶液;但在油脂食品模拟物的选择上有分歧,中国选用正己烷,而国外采用橄榄油,并且当橄榄油不适用时,还可采用95%乙醇水溶液、异辛烷和聚亚苯基氧化物在内的介质进行试验。另外,国外在对某一研究对象进行实验时,只对与使用条件相关的模拟物进行试验,但国内则采用4种模拟物分别进行实验<sup>[3]</sup>。4)利用数学模型进行迁移分析。即在前期工作基础上进行制样,并运用相关分析方法建立数学模型来评估迁移物在食品中的迁移状况。

目前,越来越多的学者致力于研究迁移的对象。随着研究的深入,人们发现迁移物不再是以前的有毒油墨或其他有形物质,新出现的数字印刷油墨和食品包装材料也存在不同程度的迁移现象<sup>[4-6]</sup>。

## 2 数字印刷油墨的迁移

随着印刷技术的数字化和网络化,运用电子档案由电脑直接将印刷数据传送到印刷机的数字印刷,已成为当今重要的印刷技术之一。目前,市面上的数字印刷油墨品种有:干粉数字印刷油墨、液态数字印刷油墨、固态数字印刷油墨、电子油墨、UV/EB油墨等。这些油墨均稠而不黏,具有一定的渗透力,固化速度较快,不含有机溶剂且污染性小。虽然数字印刷油墨有了很大的改进,但是再“绿色”的油墨也会释放一定量的有害物质。广泛使用的食品印刷油墨就含有大量有毒化学物质,如重金属、残留溶剂、有机挥发物及多环芳烃(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)等<sup>[7]</sup>。

由于数字印刷油墨的毒性及材料本身存在的缺陷,各种包装材料均存在油墨的色渗透和色迁移问题,如塑料包装材料中,塑料膜的高分子链热运动的非结晶区易发生扩散渗透现象,且温度和湿度升高都会加速渗透的进行;纸包装材料中,毛细管孔径和斑点、孔洞、压花等缺陷的存在,都为色迁移和色渗透提供了条件;金属包装材料中,焊接需要的牢靠程度决定着焊料及印刷油墨渗入的多少,且高酸性食品易出现氢胀、穿孔,印刷后期残留溶剂和重金属易渗入食品;复合包装材料中,材料涂覆层加工所用溶剂、复合中的油墨、层间黏合剂等易渗入食品<sup>[8]</sup>。因此,应加强对数字印刷油墨的迁移性能研究,以减少由印刷油墨带来的食品污染。

## 3 食品包装材料的迁移

在食品包装材料中,纸、塑料、金属和玻璃占据主导地位<sup>[9]</sup>。目前,常规使用条件和非常规使用条件( $\gamma$ 辐射、微波加热、高压处理)下包装材料在食品中的迁移所带来的食品安全问题越来越受到重视。

### 3.1 塑料包装材料的迁移

塑料中的迁移主要是具有一定毒性的聚合单体、低聚物和添加剂(抗氧化剂、光稳定剂、热稳定剂、增塑剂等)的迁移。这些添加剂中含有特定官能团(酯基、酰胺基、醛基和羰基等),故易受热分解和水解,导致食品受到污染。

### 3.2 纸包装材料的迁移

纸包装材料的迁移主要包括纸浆中的蒸煮剂和漂白剂等,造纸中的防水剂、增强剂、杀菌剂等化学药品,以及使用二次纤维造纸所带来的残余油墨等的迁移。这些物质中含有很多有毒有害物质,比如印刷油墨中的微量元素(重金属及其化合物)、荧光增白剂和染料、有机氯化物、芳香族碳水化合物、固化剂及杀菌剂等,这些物质在包装材料中都有一定的迁移能力,造成了一定的食品污染,并已不同程度危害着人们的身体健康。

### 3.3 金属包装材料的迁移

常用的金属食品包装材料有:不锈钢制品、铝制品及罐头类。目前不锈钢包装制品和铝包装制品主要存在重金属污染问题;罐头类包装产品包括有涂层和无涂层2类,无涂层类存在焊接处铅迁移和罐内层锡迁移的问题,严重污染了食品;有涂层类虽避免了铅、锡污染,但罐内涂层的迁移问题更加复杂。

### 3.4 玻璃包装材料的迁移

玻璃包装材料一直备受食品包装产业青睐,但其高透明性使一些有害光线能穿透玻璃,损害内装物,故生产中常添加着色剂。玻璃包装材料中易迁移的物质主要是无机盐和离子,且玻璃中会溶出 $\text{SiO}_2$ ,对食品产生不良影响。

### 3.5 其他

随着单一组分包装材料缺陷的逐渐呈现,越来越多的复合型包装材料得到运用,比如纸塑复合包装材料、塑塑复合包装材料等。虽然这些新型材料在一定程度上解决了环保等问题,但其中的迁移问题也不容忽视,这些有待于进一步研究。

## 4 国内外食品中迁移问题的研究进展

国内外对数字印刷油墨和食品包装材料的迁移都有所研究,但更多地集中在包装材料迁移上。国内,刘

志刚等人运用高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC) 结合数值分析方法, 分析研究了 23, 40, 60 °C 下二丁基化羟基甲苯 (butylated hydroxytoluene, BHT), Irganox 1706, Irgafos 168 这 3 种聚烯烃抗氧化剂向无水乙醇的迁移情况。结果表明, 温度对迁移速度 (即达到平衡的时间) 起决定性作用, 即温度越高, 扩散系数越大, 迁移越快<sup>[10]</sup>。朱勇等人应用有限元法分析了塑料包装材料在共挤和储存过程以及溶胀情况下添加剂的扩散情况。通过仿真模型可模拟混合不规则边界条件下的添加剂迁移, 为塑料包装材料中的迁移问题提供了研究工具<sup>[11]</sup>。黄秀玲等人以真实纸塑包装-化学物质-食品体系为依据, 研究了化学物质在厚度有限、分配系数不同的纸和塑料涂层内的迁移情况。结果表明, 该模型不仅可用于纸塑复合包装材料, 还可用于双层同种塑料包装材料<sup>[12]</sup>。崔珊珊等人分别研究了 25 °C 条件下, 由 Nisin 和壳聚糖制成的抗菌涂层在 100 mL 质量分数为 2% 的蔗糖溶液、质量分数为 2% 的 NaCl 溶液及水中的扩散量。结果表明, 不同模拟液中 Nisin 的扩散系数不同, 在蔗糖溶液中的扩散系数最大, 在 NaCl 溶液中的扩散系数最小<sup>[13]</sup>。

国外, Frank Welle 等人分析了 40 °C 下 <sup>60</sup>Co 辐照剂量分别为 0, 17.6, 44.5, 56.9 kGy, 辐照 24 h 后, 经异辛烷浸渍的低密度聚乙烯 (low-density polyethylene, LDPE)、高密度聚乙烯 (high-density polyethylene, HDPE)、聚丙烯 (polypropylene, PP)、聚酰胺 (polyamide, PA) 和聚对苯二甲酸乙二醇酯 (polyethylene terephthalate, PET) 材料中, 异辛烷的总迁移量、特定迁移量和材料的气味变化情况。结果表明, 非极性食品模拟液 (异辛烷) 和极性食品模拟液体 (乙醇, 体积分数为 95%) 在辐照下的总迁移量没有明显差别, 且大大低于欧盟规定的 10 mg·dm<sup>-2</sup>; 辐射聚合物的特定迁移量随着辐照剂量的增加而增多; 不同辐射剂量下的 LDPE 和 PET 的气味变化不同<sup>[14]</sup>。V. I. Triantafyllou 等人研究了 70 °C 和 100 °C 下不同食品模拟物从回收率为 30% 的瓦楞纸、回收率为 100% 的洗碗巾向小麦粉、婴幼儿护肤霜和奶粉中的迁移情况。研究表明, 脂肪含量最高的物质中有机污染物的迁移程度最高, 且接触时间和温度对模拟污染物向食品迁移的影响显著<sup>[15]</sup>。Ana Sanches-Silva 等人研究了 6 种食品包装印刷材料光引发剂在食品中的迁移, 分析比较了 30 d 接触期后光引发剂 Irgacure 184, benzophenone, Irgacure 651, Irgacure 907, 2-异丙基硫杂蒽酮 (2-isopropylthioxan-then-9-one, ITX) 和对二甲氨基苯甲酸异辛酯 (2-ethylhexyl 4-(dimethylamino)benzoate, EHA) 在不同食品模拟物 (蒸馏水, 体积分数为 3% 的醋酸

水溶液, 体积分数分别为 10%, 20%, 30%, 60%, 95% 的乙醇水溶液) 中的迁移情况, 并根据菲克第二扩散定律建立的数学模型, 比较了不同模拟物、温度和光引发剂下的扩散和分配系数, 为更好地理解光引发剂在食品中的迁移机理奠定了基础<sup>[16]</sup>。Erika Mascheroni 等人研究了抗菌聚乳酸聚合物包装薄膜中蜂胶的扩散, 即往聚乳酸聚合物薄膜中加入蜂胶, 并以水和乙醇混合溶液作为模拟液, 使用菲克模型计算聚乳酸/食品模拟物界面上添加剂的迁移量, 并得出分析模型。结果表明: 该模型可分析不同蜂胶多酚的传质现象, 还可以预测从改性聚乳酸/蜂胶薄膜中迁移到水中的茶多酚量<sup>[17]</sup>。

## 5 结语

对数字印刷油墨和包装材料迁移性质的研究能极大地促进食品安全包装行业的发展。食品中的迁移问题虽已受到越来越多专家学者的关注和研究, 但仍需注意以下问题:

1) 在食品分类上, 我国对食品的分类还过于笼统。细化食品分类, 研究新型食品模拟物, 尤其是脂类食物模拟物, 能大大提高模拟实验的精确度。

2) 在纸、塑料和纸塑复合包装材料的迁移问题上, 虽然建立了仿真模拟评估包装材料在食品中的迁移情况, 但关于食品用印刷油墨迁移的研究不多。油墨在现代包装中必不可少, 因此加强对数字印刷油墨迁移研究刻不容缓。

3) 可将数字印刷油墨和食品包装材料的迁移研究拓展到其他新型功能材料中, 如抗菌材料、纳米材料等。通过研究其中功能性组分 (如抗菌剂) 的迁移特性, 促进功能包装材料的开发与应用。

## 参考文献:

- [1] 包 讯. 关注食品包装的包装材料——各国对“包装材料向食品的迁移”问题的重视度越来越高[J]. 包装世界, 2009(2): 26.  
Bao Xun. Concerned about the Packaging Materials of Food Packaging: The Issue of "Migration of Food Packaging Materials" Getting More and More Attention[J]. Packaging World, 2009(2): 26.
- [2] 王志伟, 黄秀玲, 胡长鹰. 多类型食品包装材料的迁移研究[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 1-7.  
Wang Zhiwei, Huang Xiuling, Hu Changying. Study on Migration of Different Type Food Contact Materials[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 1-7.
- [3] 王微山, 于 苓, 刘容宏. 国内外食品包装模拟物的选用

- 比较及化学物迁移研究[J]. 科技资讯, 2008(27): 239-240.
- Wang Weishan, Yu Ling, Liu Ronghong. Selection of Food Packaging Simulants and Migration of Chemical Substances at the Domestic and Abroad[J]. Science and Technology Information, 2008 (27): 239-240.
- [4] 张双灵, 赵奎浩, 郭康权, 等. 食品包装化学物迁移研究的现状及对策分析[J]. 食品工业科技, 2007, 28(9): 169-172.
- Zhang Shuangling, Zhao Kuihao, Guo Kangquan, et al. Migration of Chemicals in Food Packaging Situation and Countermeasures[J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(9): 169-172.
- [5] 戴宏民, 戴佩华, 周均. 食品包装材料的迁移及安全壁垒研究[J]. 重庆工商大学学报: 自然科学版, 2009, 26(1): 40-48.
- Dai Hongmin, Dai Peihua, Zhou Jun. Research into Migration and Security Barrier of Food Package Materials[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University: Natural Science Edition, 2009, 26(1): 40-48.
- [6] 王向阳, 姜丽佳, 施青红, 等. 食品包装薄膜残留苯和甲苯在食品中的迁移研究[J]. 食品科技, 2010, 35(4): 303-306.
- Wang Xiangyang, Jiang Lijia, Shi Qinghong, et al. Study on Migration of Residual Benzene and Methylbenzene in Food Packing Films into Food[J]. Food Science and Technology, 2010, 35(4): 303-306.
- [7] 苏传健, 张黎明. 食品包装印刷油墨存在的安全隐患及控制[J]. 中国印刷物资商情, 2006(10): 54-56.
- Su Chuanjian, Zhang Liming. Security Risks and Control of Food Packaging Printing Inks[J]. Printing Materials Business of China, 2006(10): 54-56.
- [8] 刘筱霞, 张彬, 陈静. 油墨的色迁移和色渗透对食品包装材料的影响[J]. 广西轻工业, 2007(11): 27-28.
- Liu Xiaoxia, Zhang Bin, Chen Jing. Influence of Color Migration and Infiltration of Ink to Food Packaging Materials [J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2007 (11): 27-28.
- [9] 和东芹, 位玉灵. 浅析包装材料对食品安全性的影响[J]. 邯郸职业技术学院学报, 2004, 17 (1): 41-44.
- He Dongqin, Wei Yuling. Impact of Packaging Materials to Food Safety[J]. Journal of Handan Polytechnic College, 2004, 17 (1): 41-44.
- [10] 刘志刚, 胡长鹰, 王志伟. 3种聚烯烃抗氧化剂迁移的试验分析及数值模拟[J]. 包装工程, 2007, 28 (1): 1-3.
- Liu Zhigang, Hu Changying, Wang Zhiwei. Experimental Analysis and Numerical Simulation on Migration of Three Antioxidants in Polyolefins[J]. Packaging Engineering, 2007, 28 (1): 1-3.
- [11] 朱勇, 郭新华, 王志伟, 等. 塑料食品包装材料添加剂迁移的数值模拟[J]. 包装工程, 2009, 30(1): 8-10.
- Zhu Yong, Guo Xinhua, Wang Zhiwei, et al. Numerical Simulation on Migration of Additives from Plastic Food Packaging Materials into Foods[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1): 8-10.
- [12] 黄秀玲, 王志伟, 李明. 纸塑复合包装材料中化学物迁移的改进预测模型及其通用性[J]. 化工学报, 2009, 60 (12): 3153-3158.
- Huang Xiuling, Wang Zhiwei, Li Ming. Modified Migration Model of Chemical Substances from Paper Through Plastic Coating Layer and its Universality[J]. CIESC Journal, 2009, 60(12): 3153-3158.
- [13] 崔珊珊, 卢立新, 刘志刚. 食品模拟液对抗菌涂层中Nisin扩散性的影响[J]. 包装学报, 2009, 1(1): 16-18.
- Cui Shanshan, Lu Lixin, Liu Zhigang. Effect of Food Simulant on the Diffusibility of Antimicrobial Coating Film Containing Nisin[J]. Packaging Journal, 2009, 1(1): 16-18.
- [14] Frank Welle, Alexandra Mauer, Roland Franz. Migration and Sensory Changes of Packaging Materials Caused by Ionising Radiation[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, 63: 841-844.
- [15] Triantafyllou V I, Akrida D K, Demertzis P G. A Study on the Migration of Organic Pollutants From Recycled Paperboard Packaging Materials to Solid Food Matrices[J]. Food Chemistry, 2007, 101: 1759-1768.
- [16] Ana Sanches-Silva, Catarina Andre, Isabel Castanheira, et al. Study of the Migration of Photoinitiators Used in Printed Food-Packaging Materials into Food Simulants[J]. Agric. Food Chem., 2009, 57: 9516-9523.
- [17] Erika Mascheroni, Valérie Guillard, Federico Nalin, et al. Diffusivity of Propolis Compounds in Polylactic Acid Polymer for the Development of Anti-Microbial Packaging Films[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 98: 294-301.

(责任编辑: 徐海燕)