

# 食品包装材料的迁移规律及预防对策

戴宏民, 戴佩华

(重庆工商大学, 重庆 400068)

**摘要:** 由于食品包装材料“迁移”对食品安全造成的危害具有潜在性、隐蔽性, 已日益成为国内外研究的热点。在分析大量的理论及实验研究成果的基础上, 梳理出了食品包装材料 8 个方面的迁移规律, 并针对性地提出了预防迁移危害的 5 项对策。

**关键词:** 食品包装材料; 安全性; 迁移; 预防对策

**中图分类号:** TB484; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)11-0032-05

## Migration of Food Packaging Materials and Its Preventive Measures

DAI Hong-min, DAI Pei-hua

(Chongqing Industry and Commerce College, Chongqing 400068, China)

**Abstract:** Food packaging materials migration has become focuses of study at home and abroad due to its potential and hidden hazards to food safety. The migration rules of food packaging materials were summarized from eight aspects based on theoretical and experimental results. Five preventive measures to the migration hazards of food packaging materials were put forward.

**Key words:** food packaging materials; security; migration; preventive measure

食品包装材料中由于有害物质“迁移”对食品造成污染的事故在国内外多次发生, 2009 年在我国兰州又发生因包装材料中甲苯、二甲苯残留液超标导致的“有毒奶粉”事件, 同年欧洲食品安全局(EFSA)也在早餐麦片包装袋的油墨中检查出了可能迁移致癌的 4-甲基二苯甲酮物质。“迁移”危害的特点是潜在性、隐蔽性, 不易引起人们注意, 因而对人体健康的伤害也特别大。因此, 掌握食品包装材料的迁移规律、采取措施预防食品包装材料中的有害物质迁移已迫在眉睫, 越来越受到国内外的高度重视。

早在 20 世纪中叶, 美、欧等工业发达国家已认识到食品包装材料迁移的危害, 对迁移机理和物理本质开展了理论研究, 并用数学模型和实验测试对塑料、纸质食品包装材料(包括油墨、粘合剂)中化学物质的迁移量开展了理论及实验研究<sup>[1]</sup>; 20 世纪末 21 世纪初, 国内一些高校、科研院所和企业, 也在对迁移模型, 塑料包材中增塑剂的迁移, 回收塑料上污染物的迁移, 纸包装材料多氯联苯的迁移、油墨苯溶剂残留

的迁移等, 开展了实验测试研究<sup>[2-4]</sup>。国内外的理论及实验研究已揭示出食品包装材料的若干迁移规律, 为制定预防食品包装材料迁移的对策提供了依据。

## 1 食品包材的迁移规律

### 1.1 迁移的物理本质和数学模型

迁移的物理本质是扩散和热传导。迁移物质在包装薄膜和食品中被吸附或吸收, 在包装塑料膜中溶解, 再通过包装和被包装食品间的边界层或包装与周围大气的边界层间进行扩散; 同时在迁移物质扩散的过程中, 在加热时还存在传热运动。生理学家 Adolf Fick 指出, 传导和扩散有类似的物理属性, 因此可以采用 Fick 扩散定律来预测从食品包装材料向食品中迁移的物质的迁移量<sup>[1]</sup>。

Fick 扩散定律表明: 迁移量除与食品/包装体系的几何尺寸有关外, 关键是要确定迁移物质的扩散系数和分配系数。扩散系数可用偏于安全的“恶劣环

**收稿日期:** 2011-12-18

**基金项目:** 中国包装总公司科技资金[2009]114 号资助

**作者简介:** 戴宏民(1939—), 男, 重庆人, 重庆工商大学教授, 主要从事绿色包装工程和食品包装安全研究。

境”模型来确定;分配系数则以平衡时迁移物在聚合物中的浓度与在食品模拟液中的浓度之比来确定。由于根据 Fick 定律建立的数学模型进行了一系列前提和假设的简化,故确定的迁移量精确性较差,常用气相色谱仪等现代仪器上测定迁移量的实验结果,来修正扩散系数模型。用数学模型结合实验测试获得的结果,是制定食品包装材料安全限量法规的重要依据。

## 1.2 影响迁移量的因素

食品包装材料向食品内的迁移量与包装的容积和表面积、食品中的脂肪含量、迁移成分的分子结构特性和挥发性有关,但是迁移的时间和温度因素对迁移量的影响最大。

食品包装容积增加,迁移量随迁移成分的浓度减小而减小;包装表面积增加,迁移量则随迁移成分浓度的增大而增加。包装材料厚度越大,油墨中化学物质渗透、迁移就越困难。

食物脂肪含量越高,化学物质越易穿透纸、塑等包装物而向食品迁移。在水性、酸性、酒精类和脂肪类 4 类食品中,化学物质在脂肪类食品中最易发生迁移。

小分子质量或挥发性的化学物质较易发生迁移,相对分子质量大于 1 000 的物质相对较难发生迁移。化学物质的迁移量与分子结构特性有关,如油墨的迁移量与迁移成分的分子结构特性、连结料树脂分子的极性、承印物基材的分子特性、残留溶剂的分子特性等有关。

温度越高,无论是薄膜中的高分子,或是残留溶剂等,都会发生剧烈的热运动,因而迁移就越严重。在 20 ℃ 下 6~12 个月达到的迁移平衡,40 ℃ 下只进行 10 d 就可等效达到<sup>[6]</sup>。在常温下,时间越长,化学物质向食品内的迁移量则会越大。湿度越大或油墨水分越多,油墨成分中有关物质受水分解的作用越严重,迁移量也会越大<sup>[7]</sup>。

## 1.3 最易发生迁移的化学物质和危害最大的迁移物

大量实验研究表明:纸、塑料、金属、玻璃、陶瓷等包装材料(含油墨、粘结剂和涂层)中许多小分子化学物质,包括挥发性有机化合物、芳香族碳水化合物、有机氯化物、增塑剂、稳定剂、着色剂、固化剂、防油剂、杀菌剂、表面活性剂、重金属元素残余、微量元素、金属容器内壁的有机涂层、陶瓷容器内表面釉层的重金属元素等,均会向与其直接接触的食品发生迁移;印刷油墨的苯溶剂残留及颜染料中的重金属,复合材料的有机溶剂型粘合剂也会通过渗透向与其非直接接

触的食品中迁移。

最易发生迁移的有害化学物质有:①为改善聚合物材料的加工和使用性能,在聚合过程中加入的各种小分子添加剂,如 DEHA 增塑剂、酞酸酯类增塑剂等;②塑料在聚合中的单体残留,如氯乙烯、苯乙烯等;③聚合物成分在某些条件下降解产生的小分子物质;④再生食品材料在循环过程中受到小分子肮脏物的污染,在再生生产过程中也会产生一些小分子物质;⑤印刷油墨或复合薄膜粘合剂的溶剂残留、有机挥发物和光引发剂<sup>[3]</sup>。

在可能和最易发生迁移的化学物质中,塑料的氯乙烯(VCM)单体残留、DEHA 增塑剂、酞酸酯类增塑剂等迁移物;回收塑料添加涂料的重金属及有害污染迁移物;纸包装的多氯联苯和多氯化合物、挥发性有机化合物(VOC)、双酚 A(BPA)的迁移物;油墨、粘合剂、涂料中的苯溶剂残留;金属容器内涂层的锌、铅、双酚 A 迁移物;有色玻璃容器的铅迁移物;陶瓷容器内表面釉层的铅、锌、镉迁移物等,对人体最为有害,可致癌、致毒、致畸以及内脏系统疾病等<sup>[9]</sup>。

## 1.4 塑料食品薄膜中双酚 A 的迁移规律

双酚 A(BPA)聚合的聚碳酸酯材料广泛用于食品包装中,制作婴儿奶瓶、餐具、饮料瓶和食品包装容器的涂层。双酚 A 在加热时能析出迁移到食物中,可能会扰乱人体代谢过程,对婴儿发育、免疫力有影响,甚至致癌;它还有雌性荷尔蒙,会导致婴儿出现女性化的变化。故美、加等国已将其列为危险化学物质,我国则禁止将双酚 A 用于婴幼儿食品容器。

实验表明:双酚 A 向接触的食品中迁移具有如下规律:①在 4 类食品中均能迁移,尤其向酒精类模拟物中的迁移最严重;在微波加热尤其是大频率下,双酚 A 的迁移速率最快,因此塑料食品包装容器使用微波加热应谨慎防止有害物迁移。②在相同温度下,迁移量随时间增加而逐渐增加;在 60 ℃,接触时间大于 20 min 时,双酚 A 向酒精类食品模拟物的迁移量达到饱和。③在相同的接触时间下,随着温度的增加,双酚 A 在 4 类食品模拟物中的迁移量均逐渐增加;而当温度升至 60 ℃ 时,迁移量增速最大。因此对于含有双酚 A 的塑料食品包装,加热温度不宜超过 60 ℃<sup>[10-11]</sup>。

## 1.5 复合食品薄膜残留溶剂的迁移规律

复合薄膜由于具有多功能的保护性能,因而被广泛用于食品包装;但复合薄膜的粘合剂及印刷油墨中

均会有溶剂残留,溶剂残留主要是乙酸乙酯和甲苯,后者是公认的致癌物质,迁移到食品后将对人体产生巨大的伤害。溶剂残留迁移具有如下规律:①在4类食品模拟物中,乙酸乙酯的迁移量很小,甲苯迁移量大;甲苯在4种食品模拟物中的迁移量顺序为脂肪类食品>酒精类食品>水性类食品>酸性类食品,原因是甲苯与脂肪的极性相近,相容性好,故选择复合膜包装脂肪类食品应尤为慎重,必要时可增加内层膜的厚度阻止有机溶剂的迁移。②高频微波加热情况下残留溶剂的溶出速度较常温浸泡情况大,也表明复合膜食品包装使用微波加热时应慎防有害物迁移<sup>[12-13]</sup>。

### 1.6 塑料食品包装 VOC 的迁移规律

用于食品的塑料包装材料、尤其是复合塑料的制造、印刷过程均要使用大量的黏合剂、印刷油墨及有机溶剂,排放出数量众多的 VOC 污染物;在运输存储的过程中,包装材料里残留的 VOC 也会缓慢地迁移到包装袋的内部和大气中,对食品及环境造成污染;其中乙酸乙酯、甲苯、二甲苯、丙酮等多类物质均有毒性,可对人体呼吸系统、肝脏和神经系统造成伤害。其迁移有以下规律:①VOC 的迁出量随着放置时间的增加而越来越少,并逐渐趋于饱和;②VOC 的迁移与温度有关,温度越高,VOC 的迁移率就越高<sup>[14]</sup>。

### 1.7 纸质食品包装的迁移特性

纸质食品包装常需进行防水、防油、粘合、印刷等处理,其中存在的微量元素、蜡、荧光增白剂、施胶剂、有机氯化物、增塑剂、芳香族碳水化合物、有机挥发性物质、固化剂、防油剂、可抽提性氨、杀菌剂以及表面活性剂等小分子化学残留物,均可能迁移到食品中。其迁移特性为:①纸浆和纸质包装材料表面存有大量的有机挥发性物质,包括烷烃、链烯烃、醛、醇、酮、杂环类、丙烯酸类、硫化物类以及砷类物质,这些有机挥发性物质以散发气味的形式迁移到食品中<sup>[15-17]</sup>。②使用氯气漂白的包装纸中含有多氯代二苯并二恶英 PCDDs、多氯代二苯并呋喃 PCDF、多氯联苯 PCPs 等致癌物质,可迁移到被包装的食品内对人体造成巨大伤害。③茶叶袋纸、咖啡过滤纸、纸碟、厨房擦纸以及餐纸等均含荧光增白剂,含量约 50 mg/kg;打包食品纸袋中的荧光增白剂含量比较高,约为 430~1160 mg/kg。荧光增白剂在水中的溶解度远大于在油脂类中的溶解度,故在温度较高的情况下会迁移到湿度较大的食品中,一般很难迁移到油脂含量高的食品

中<sup>[18]</sup>。④作为增塑剂的邻苯二甲酸酯 PAEs 物质具有生殖毒性、胚胎毒性和遗传毒性,但因其水解和光解速率非常缓慢,迁移入纸包装的量很少<sup>[19-21]</sup>。⑤不同种类的小分子污染物和挥发物都可能迁移到不同脂肪含量的干食物中,其迁移量由纸样性质、食品中的脂肪含量、化学物的性质和迁移物的挥发性决定;对高脂肪量的食物,接触时间越长、温度越高,迁移量越大<sup>[22]</sup>。⑥在 70 °C 下进行 30 min 的迁移试验,印刷油墨中烷基苯会渗透纸质包装材料迁移到食品中<sup>[23]</sup>。⑦在高温条件下,迁移物向模拟液中的迁移速度很快,在 70 °C 下需要 4 h 达到的迁移平衡,在 100 °C 下 1 h 就可达到迁移平衡<sup>[24]</sup>。⑧在冷藏或室温下,用覆有 PE 膜的纸材料包装食品,其 PE 膜对迁移并不具有完全的阻隔性,但是污染物在 0.03 mm 厚涂层的纸中较 0.012 mm 厚涂层中的迁移过程有所缓慢;如覆 PP 膜,随其厚度增加,污染物向食品中的迁移量会减少,但是在饮食中的迁移物浓度仍会大于 0.5 μg/kg,表明 PP 膜对污染物的迁移不具有可靠的阻隔性<sup>[25-26]</sup>。

### 1.8 塑料食品包装的迁移特性

塑料在食品包装材料中应用最广泛,主要有 PS, PE, PP, PA, PET, PC 和用聚氨酯作粘合的复合薄膜等,它是最常见发生迁移危害的材料,故是当前研究迁移的重点。其迁移特性为:①塑料合成高分子材料中最可能发生迁移的成分大多是低相对分子质量化合物,如聚合物的单体、加工助剂和添加剂、复合薄膜粘结剂和印刷油墨的溶剂残留(主要是苯溶剂残留)等。②聚氯乙烯中氯乙烯单体向食品迁移后对人体心血管有害,美国已禁止用于食品包装;聚苯乙烯的苯乙烯单体迁移后则使食品带有有害的异臭味,美国对 5473 个家庭 1 年内消费的奶酪及其聚苯乙烯包装罐进行的评估表明,聚苯乙烯包装罐中残存的苯乙烯单体已迁移到乳酪中,致使被统计人群的每天摄入量为 1~35 μg,平均达到 12 μg 左右<sup>[27]</sup>。③邻苯二甲酸酯类物质 PAEs(包括邻苯二甲酸二乙基己酯 DEHP、邻苯二甲酸二丁酯 DBP、邻苯二甲酸二环己酯 BBP、邻苯二甲酸丁基苯基酯 DCHP 等)是塑理想增塑剂,它在遇到水和有机溶剂等物质后会不断从塑料制品中溶出,转移到食品或环境中,影响人体内分泌,严重时将导致畸形、癌变和致突变,其毒性近年已受到国际上重视<sup>[28]</sup>。④多层塑料或者纸塑复合的牛奶包装常采用光固化胶印油墨印刷装潢,其中作为

光引发剂的 2-异丙基噻吨酮 2-ITX 会透过包装渗透、迁移到牛奶或奶粉之中,对人体造成伤害。德国对市场上 137 种牛奶包装进行调查,发现其中 36 种包装中存在 2-ITX 的残留,占 26%,并且 2-ITX 已经向奶制品内发生迁移的有 27 种,在被包装牛奶中 2-ITX 的最高检出量达到  $357 \mu\text{g}/\text{kg}^{[29]}$ 。⑤双酚 A, VOC 和溶剂残留在塑料食品包装的迁移特性见前述内容。

## 2 食品包装预防迁移的对策

### 2.1 用安全的材料替代受限制或可疑的材料

根据对食品包装迁移规律的分析和国际上有关法规的规定,为避开食品包装材料迁移的风险,食品包装应选用低风险、安全的材料替代受限制或可疑的材料,包括:用 PET 替代 PVC、用 PP 替代 PS;对食品包装用纸,为避免极毒物质多氯联苯对水源的污染,须用氧化法漂白替代含氯物质漂白;而对常发生迁移危害的有机溶剂型的粘合剂和印刷油墨,则需用水溶剂型取代有机溶剂型,由于光引发剂易通过包装材料向食品迁移,故 UV 油墨也不宜用于食品包装;为避免油墨中有害重金属超过限量,切忌过分印刷装璜;广泛应用的复合薄膜食品包装,为避免油墨有害物质渗透,可适当增加内层薄膜的厚度。

### 2.2 加大力度开发安全可靠的食品包装材料

应从以下方面开发安全可靠的食品包装材料:首当其冲的是针对重要迁移污染源——有机溶剂型油墨及粘合剂,开发质量稳定的水(醇)溶剂型油墨及粘合剂、豆油基油墨和低 VOC 油墨(VOC 质量分数 $< 1\%$ );第二是对易迁移的化学物质,尽量用不易迁移的大分子量物质取代小分子的易迁移物质,如用大分子的增塑剂取代邻苯二甲酸酯类增塑剂(如 DEHP 等);第三是在包装材料与器具中严格限制或禁用毒性大的有害迁移物质,如苯、氯乙烯单体、双酚 A 和 VOC 等。

### 2.3 从生产源头抓好“良好作业规范”

“良好作业规范”(GMP)是欧美对生产与食品接触的材料与器具而制定的行之有效的作业规范。GMP 规定生产企业必须严格控制包装材料、辅料的有毒有害成分,食品必须在符合卫生要求的条件下包装;企业须具备必要的检测分析能力,控制最终食品包装产品中的有害成分在规定限量以内,确保包装材料与容器在正常或可预见的使用条件下,其构成成分

转移到食品中的量不得危害人体健康。

我国目前已在塑料食品包装材料与器具生产企业进行 GMP 认证,今后应加速在各类食品包装企业推行 GMP 认证制度。实施绿色包装减量化原则,从源头上减少对包装材料及印刷油墨等的用量,对减少或避免食品包装的迁移危害也十分重要。

### 2.4 加速制定食品包装材料与器具的安全限量法规

用法规治理迁移危害是根本之策。美欧在这方面已有较完整体系的法规,我国则距此还有较大差距。无论从保证食品安全,还是应对国际绿色贸易壁垒,我国均应尽快建立与国际接轨、包括对食品包装材料迁移量进行检测评估的食品安全风险评估中心,开展食品包装材料迁移量的数学模型及实验测试的研究;并尽快制定食品包装材料(含辅助材料)成分含量、溶剂残留成分、迁移量等的安全限量标准体系,规定检测灵敏度的要求和与食品接触成分毒理学试验的推荐方法。

### 2.5 实施食品标签制度、改变消费生活习惯

国家食品管理部门应提醒消费者避免迁移带来的污染,增强消费者的自我保护意识。为此,应强制实行食品标签制度,食品标签除表达商品的尺寸、体积、价格、产地、成分、口味、生产日期、有效期等基本信息外,还需提供食品包括包装中可能存在的有害物质、食品包装可以达到的最高温度等信息。英国食品标准局即规定食品包装上必须注明可以达到的最高温度;加拿大则规定温度为  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上的食物不能用普通的含有易迁移物质或未加厚的食品塑料袋包装。

某些生活习惯,如用印刷后的纸、塑料去包装刚烧烤或油炸后的食品,或用手指从舌头上蘸取口水后翻阅书报,或食用油墨味重的包装食品,均有可能使油墨中有害物质通过迁移进入口中而伤害身体。凡是保存时间长的食物,尤其是包装脂肪类的食品(如火腿肠等)应实行冷藏;在冷藏或室温下保存食品,不要采用 PP 覆膜纸,可选用厚涂层的 PE 覆膜纸;使用微波炉加热塑料袋食品时,也最好将食品取出放在碗中加热。改变不良的消费生活习惯,将最终摆脱油墨迁移带来的污染。

## 3 结语

总结了包装材料 8 方面的迁移规律,并针对性地提出了 5 条预防迁移的对策。食品安全问题关系到

民生问题,加强对迁移规律的研究,可以更好地预防其危害,也可以为制订相应的国家标准提供依据。

#### 参考文献:

- [1] 皮林格,巴纳.食品用塑料包装材料[M].北京:化学工业出版社,2004.  
PILLINGER, BARNABY. Plastic Food Packaging Materials[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [2] 王蓉珍,李波.塑料食品包装中化学物迁移模型研究进展[J].包装工程,2009,30(12):54-56.  
WANG Rong-zhen, LI Bo. Plastic Food Packaging Chemical Transport Model Research [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12): 54-56.
- [3] 王志伟,孙彬青,刘志刚.包装材料化学物迁移研究[J].包装工程,2004,25(5):34-36.  
WANG Zhi-wei, SUN Bin-qing, LIU Zhi-gang. Packaging Materials, Chemicals Migration Studies [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 34-36.
- [4] 孙彬青,王志伟,刘志刚.用气相色谱分析 PET 瓶中化合物的迁移[J].包装工程,2006,27(10):45-48.  
SUN Bin-qing, WANG Zhi-wei, LIU Zhi-gang. PET Bottles by Gas Chromatographic Analysis of Compounds Migrating [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(10): 45-48.
- [5] 王晓兵.包装材料中挥发性有机污染物检测及迁移规律研究[D].无锡:江南大学,2009.  
WANG Xiao-bing. Volatile Organic Compounds in Packaging Materials and Migration of Detection [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [6] 王志伟.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 Zhi-wei. Many More Types of Food Packaging Materials Migration Studies [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 1-7.
- [7] 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):24-26.  
LIU Xiao-xia, ZHANG Bin, CHEN Jing. Ink Color of Color Migration and Infiltration of the Impact of Food Packaging Materials [J]. Guangxi Light Industry, 2007 (11): 24-26.
- [8] 刘延莉.纸质食品包装材料的研究现状[J].包装工程,2009,30(6):34-37.  
LIU Yan-li. Paper Food Packaging Materials Research [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(6): 34-37.
- [9] 刘浩,赵笑虹.食品包装材料安全性分析[J].中国食物与营养,2009(5):41-43.  
LIU Hao, ZHAO Xiao-hong. Food Packaging Materials, Security Analysis [J]. Chinese Food and Nutrition, 2009 (5): 41-43.
- [10] 郭莹莹,王丽,赵珺,等.食品包装聚碳酸酯成型品双酚 A 检测及迁移特性研究[J].食品工业科技,2011(3):54-56.  
GUO Ying-ying, WANG Li, ZHAO Jun, et al. Food Packaging, Molded Polycarbonate of Bisphenol A and Migration Characteristics of Detection [J]. Food Science and Technology, 2011(3): 54-56.
- [11] 王玉春,刘赵荣,弓巧娟.电化学分析法对食品包装材料中双酚 A 的检[J].食品科学,2010,31(20):303-306.  
WANG Yu-chun, LIU Zhao-rong, GONG Qiao-juan. Electrochemical Analysis of Bisphenol A in Food Packaging Materials Detection [J]. Food Science, 2010, 31(20): 303-306.
- [12] 邝贤峰.复合包装残留溶剂问题的解决对策[J].中国包装工业,2002,96(6):26-28.  
KUANG Xian-feng. Composite Packaging Solution to the Problem of Residual Solvents Countermeasures [J]. China's Packaging Industry, 2002, 96(6): 26-28.
- [13] 毛希琴,郑顺利,于利军,等.比较国内外塑料食品包材及溶剂残留管理现状[J].包装工程,2008,29(3):42-46.  
MAO Xi-qin, ZHENG Shun-li, YU Li-jun, et al. More Domestic and Foreign Plastic Food Packaging Materials and Solvent Residue Management Status [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(3): 42-46.
- [14] 王晓兵.包装材料中挥发性有机污染物检测及迁移规律研究[D].无锡:江南大学,2009.  
WANG Xiao-bing. Volatile Organic Compounds in Packaging Materials and Migration of Detection [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [15] SALAFRANCA, CACHO, NERIN. Determination of Volatile and Semi Volatile Modelcontaminants in Recycled High Impact Polystyrene from Food Contact Applications. Comparison of Extraction by Purge-and-trap, Co-evaporation and Total Dissolution, Chromatographia, 51:615-622.
- [16] TICE P A, OFFEN C P. Odors and Taints from Paperboard Food Packaging [J]. Tappi Journal, 77:149-154.
- [17] ZIEGLER G. Odorous Compounds in Paperboard as Influenced by Recycled Material and Storage [J]. Packag Technal Sci, 14:131-136.

- Packaging Materials When the Oxygen through the Influence of Sex on Pork Quality[J]. *China Packaging*, 2006(1):78-81.
- [2] 彭珊珊, 骆小贝. 糕点脱氧包装保藏的研究[J]. *包装工程*, 2004, 25(4):147-148.  
PENG Shan-shan, LUO Xiao-bei. The Application of Deoxidizer in Storing Cake[J]. *Packaging Engineering*, 2004, 25(4):147-148.
- [3] GB/T 6672-2001, 塑料薄膜和薄片厚度测定[S].  
GB/T 6672-2001, Plastic Film Thickness and Chips Determination[S].
- [4] GB/T1038-2000, 塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法[S].  
GB/T 1038-2000, Plastics-film and Sheeting-determination of Gas Transmission-differential-pressure Method. [S].
- [5] GB/T 5009. 37-2003, 食用植物油卫生标准的分析方法测定[S].  
GB/T 5009. 37-2003, Edible Vegetable Oil Health Standard Methods of Analysis Method for Determining [S].
- [6] 李颜丽. 乳饮料脂氧化特性及其包装保质期的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2009.  
LI Yan-li. Lipid Oxidation Characteristics and Packaging Paper the Influence of the Expiration Period [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [7] 李娟. 蛋糕货架寿命试验研究与理论预测[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2010.  
Li Juan. Cake Shelf Life Test Research and the Theoretical Prediction[D]. Daqing: heilongjiang August Agricultural Reclamation University, 2010.
- [8] 王雪洁, 陆佳平. 软包装材料透氧率对食用油氧化特性的影响[J]. *包装工程*, 2010, 31(10):40-42.  
WANG Xue-jie, LIU Jia-ping. Influence of Oxygen Permeability of Flexible Packaging Materials on Edible Oil Oxidation [J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31(10):40-42.

(上接第 36 页)

- [18] DAMANT A P, CASTLE L. Determination of Fluorescent Whitening Agents in Paper and Board Packaging Materials by Capillary Electrophoresis[J]. *Journal of Microcolumn Separations*, 1999, 11(1):259-262.
- [19] LIU Hui-jie, SHU Wei-qun. *Acta Academiae Medicinae Militaris Tertiae*[J]. 2004, 26(19):1778-1781.
- [20] PAGE B D, LACROIX G G M. The Occurrence of Phthalate Eater and Di-2-ethylhexyl Adipate Plasticizers in Canadian Packaging and Food Sampled in 1985-1989: a Survey[J]. *Food Additives and Contaminants*, 1995, 12(1):129-151.
- [21] AURELA B, KULMALA H. Phthalates in Paper and Board Packaging and Their Migration into Tenax and Sugar[J]. *Food Additives and Contaminants*, 1999, 16(12):571-577.
- [22] TRIANTAFYLLOU V I, AKRIDA - DEMERTZI 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(4):1759-1768.
- [23] AURELA B. Migration of Substances from Paper and Board Food Packaging Materials[D]. 2001.
- [24] TRIANTAFYLLOU V I, AKRIDA-DEMERTZI K, DEMERTZIS P G. Migration Studies from Recycled Paper Packaging Materials: Development of an Analytical Method for Rapid Testing[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2002, 467:253-260.
- [25] CHOI J O, JITSUNAR F, ASAKAWA F, et al. Migration of Surrogate Contaminants in Paper and Paperboard into Water through Polyethylene Coating Layer[J]. *Food Additives and Contaminants*, 2002, 19(12):1200-1206.
- [26] SONG Y S, BEGLEY T, PAQUETTE K, et al. Effectiveness of Polypropylene Film as a Barrier to Migration from Recycled Paperboard Packaging to Fatty and High-moisture Food [J]. *Food Additives and Contaminants*, 2003, 20(9):875-883.
- [27] VITRAC O, LEBLANC Jean-Charles. Consumer Exposure to Substances in Plastic Packaging. Assessment of the Contribution of Styrene from Yogurt Pots[J]. *Food Additives and Contaminations*, 2007, 24(2):194-215.
- [28] 丁鹏, 赵晓松, 刘剑锋. 酞酸酯类化合物 (PAES) 研究新进展[J]. *吉林农业大学学报*, 1999, 21(3):119-124.  
DING Peng, ZHAO Xiao-song, LIU Jian-feng. Phthalate Compounds (PAES) New Development [J]. *Jilin Agricultural University*, 1999, 21(3):119-124.
- [29] ROTHENBACHER T, BAUMANN M. 2-Isopropylthioxanthone(2-ITX) in Food and Food Packaging Materials on the German Market [J]. *Additives and Contaminations*, 2007, 24(4):438-444.