

# 食品级塑料包装袋中邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二辛基酯向高温油炸食品中迁移的研究

赵电波, 张丽尧, 白艳红\*

(郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 郑州 450002)

**摘要:** **目的** 研究高温油炸油条经聚乙烯食品包装袋包装后, 包装材料中邻苯二甲酸二丁酯(DBP)和邻苯二甲酸二辛基酯(DnOP)两种物质向油条迁移行为。**方法** 样品经甲醇-饱和正己烷提取, 0.45  $\mu\text{m}$  微孔滤膜过滤后, 用 HP-5MS 弹性石英毛细管柱进行分离, GC-MS 进行检测。**结果** 油条与包装袋初始接触温度越高, DBP 和 DnOP 的迁移量越大, 当油条初始温度为 200  $^{\circ}\text{C}$  时用 PE 袋进行包装, 放置 60 min 后, 油条中 DBP 和 DnOP 的迁移量分别为 0.70、0.16 mg/kg; 包装后的油条随储藏时间的延长, DBP 和 DnOP 迁移量逐渐增大, 25  $^{\circ}\text{C}$  条件下贮藏 48 h, 油条中 DBP 和 DnOP 迁移量分别为 0.79、0.24 mg/kg, 4  $^{\circ}\text{C}$  条件下储藏贮藏 48 h 的样品中 DBP 和 DnOP 迁移量分别为 0.63、0.15 mg/kg。4  $^{\circ}\text{C}$  条件下储藏的样品中 DBP 和 DnOP 迁移量均低于 25  $^{\circ}\text{C}$  下储藏样品。**结论** DBP 和 DnOP 在油条中最大的迁移量发生在与包装材料接触的表面, 逐渐向油条内部发生渗透迁移。DBP 和 DnOP 的迁移对消费者健康造成潜在危害。

**关键词:** 食品级塑料包装袋; 邻苯二甲酸二丁酯; 邻苯二甲酸二辛基酯; 高温油炸食品; 迁移

## Migration of dibutyl phthalate and di-n-octyl phthalate in food-grade plastic packaging bags applied in fried food packaging

ZHAO Dian-Bo, ZHANG Li-Yao, BAI Yan-Hong\*

(College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**ABSTRACT: Objective** To investigate the migration of dibutyl phthalate (DBP) and di-n-octyl phthalate (DnOP) in food grade plastic packaging bag applied in fried bread stick packaging were investigated. **Methods** The samples were extracted with methanol- saturated n-hexane. The supernatant were separated by polar HP-5MS capillary column and analyzed by GC-MS after filtering through 0.45  $\mu\text{m}$  membrane filter. **Results** The amount of migration of DBP and DnOP increased with the initial package temperature increasing. The amounts of migration of DBP and DnOP were 0.70 mg/kg and 0.16 mg/kg respectively in fritter samples which were packaged at 200  $^{\circ}\text{C}$  and then stored at room temperature for 60 min. The amount of migration of DBP and DnOP increased with the storage time prolonging after samples were packaged at 200  $^{\circ}\text{C}$  initial temperature. The amounts of migration of DBP and DnOP in fritter samples which were packaged at 200  $^{\circ}\text{C}$  and then stored at 25  $^{\circ}\text{C}$  for 48 h were 0.79 mg/kg and 0.24 mg/kg, respectively. The amounts of migration of DBP and DnOP in fritter samples which were packaged at 200  $^{\circ}\text{C}$  and then stored at 4  $^{\circ}\text{C}$  for 48 h were 0.63 mg/kg and 0.15 mg/kg, respectively. The amounts of migration of DBP and DnOP in the samples which were stored at 4  $^{\circ}\text{C}$

\*通讯作者: 白艳红, 副教授, 主要研究方向为食品加工与质量控制。E-mail: baiyanhong@zzuli.edu.cn

\*Corresponding author: BAI Yan-Hong, Associate Professor, College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, No.5, Dongfeng Road, Zhengzhou 450002, China. E-mail: baiyanhong@zzuli.edu.cn

were lower than that at 25 °C. **Conclusion** The maximum amounts of migration of DBP and DnOP occurred in the skin of fritters which were directly contacted the packaging materials, and then migrated to the food inside. There was a potential hazard for the health of consumers because of the migration of DBP and DnOP.

**KEY WORDS:** food grade plastic packaging bag; dibutyl phthalate; di-n-octyl phthalate; high temperature fried food; migration

食品塑料包装袋具有携带方便,耐撕裂、柔韧性好等优点,在生活中应用广泛。邻苯二甲酸酯类(phthalate esters, PAEs)化合物作为增塑剂,工业上生产食品包装袋时会不同程度地添加该类化合物。邻苯二甲酸二丁酯(DBP)和邻苯二甲酸二辛基酯(DnOP)是两种常用的 PAEs 物质<sup>[1,2]</sup>。食品塑料包装材料与食品接触后,增塑剂会发生不同程度地迁移,污染所包装的食品,进而干扰机体内分泌系统、导致生殖功能紊乱、致畸、致癌和影响机体免疫功能等<sup>[3-6]</sup>,对消费者健康造成潜在危害。美国环保署(USEPA)列出6种邻苯二甲酸酯类化合物作为重点污染物,其中包括 DBP 和 DnOP<sup>[7]</sup>。

随着各种分析检测技术精度的提高和人们对食品安全的重视,食品包装材料对包装食品安全性的影响日益受到关注。Aurela 等<sup>[8]</sup>对 29 种食品包装纸(含有塑料薄膜内衬)进行检测,发现 50%以上的包装纸中邻苯二甲酸酯类检出量均大于 5 mg/kg, DBP 的含量高达 200 mg/kg。杨科峰等<sup>[9]</sup>对上海市销售的塑料桶装食用调和油、花生油进行调查,发现食用油中存在一定量 DBP 和 DnOP。Saito 等<sup>[10]</sup>研究了用塑料包装材料包装的 29 种成人食品和 11 种儿童食品,结果表明 50%食品中含有邻苯二甲酸酯类,其中 DBP 的含量为 0.09~0.19 mg/kg。吴刚等对食品塑料包装材料中 PAEs 进行了研究,结果表明所选食品级塑料包装材料中均含有 PAEs 类物质, DBP 和 DnOP 检出量分别为 2.87 mg/kg 和 14.2 mg/kg<sup>[11]</sup>。Petersen 等<sup>[12]</sup>研究表明采用塑料餐盒、塑料包装袋和内衬塑料膜的纸制包装材料盛放或包装食品时,增塑剂均会不同程度迁移到食品中。大量文献研究表明塑料包装材料中的增塑剂已成为食品污染的重要来源。

本研究选用油条为高温油炸食品的代表,研究食品塑料袋与油条接触后 DBP 和 DnOP 在不同接触温度、接触时间,储藏温度和储藏时间影响下迁移现象,探索 DBP 和 DnOP 类化合物在食品中的迁移规律。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

背心形超柔软型 PE 食品包装袋;油条坯(长、宽、高分别为 14、4、3 cm,思念食品有限公司);食用大豆油(中粮集团)。

标准物质:邻苯二甲酸二丁酯(DBP)、邻苯二甲酸二辛基酯(DnOP)购于德国 Dr. Ehrenstorfer 公司;甲醇(色普纯,天津四友精细化学有限公司);其他试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

气相色谱-质谱仪(6890GC/5973MS,美国安捷伦公司);色谱柱:HP-5MS 弹性石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);RE-52AA 真空旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器);AL204 电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司);XH-C 旋涡混合器(金坛市医疗仪器厂);UP2200HE 超声波发生器(南京垒君达超声波设备有限公司)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 标准溶液配制

单标储备液的制备:准确称取 DBP 和 DnOP 标准品各 0.05 g,分别用甲醇稀释定容至 50 mL,配制成 1000 mg/L 的单标储备液于棕色容量瓶中。分别移取 2 种单标储备液各 1 mL,在容量瓶中混匀,用甲醇定容至 10 mL,配制成 100 mg/L 的混合标准储备液,置于 4 °C 冰箱中保存备用。根据实际实验需要,混合标准溶液可逐级用甲醇稀释至所需浓度。

#### 1.3.2 色谱/质谱条件

载气:氦气;流量:1.0 mL/min;进样方式:分流进样 4:1;进样量:1 μL;进样口温度:270 °C;升温程序:初温 50 °C,以 20 °C/min 升温到 220 °C,220 °C 保持 10 min;质谱离子源温度:230 °C;传输线温度:270 °C;离子化方式:EI;扫描模式:全扫描;扫描范围:30~55 °C Amn。

### 1.3.3 样品前处理方法

将大豆油烧至 6~7 成熟,油条坯放入油锅中,边炸边翻动,炸至条形笔挺饱满,色泽金黄无花斑时取出。

将不同温度的油条分别装入 PE 包装袋中至实验所需温度条件下存放,在不同时间取油条表皮,剪成大小均匀的小碎片,分别称取(2±0.1) g,置于 50 mL 具塞三角瓶中,加入 20 mL 甲醇-饱和正己烷提取剂,在旋涡混合器上充分混匀,置于超声波发生器中在 65 °C 条件下提取 40 min,然后移取 1 mL 上清液于旋转心形瓶中,旋转至蒸干,之后再加入 1 mL 正己烷,置旋涡混合器上混合均匀,注射器吸取,经 0.45 μm 微孔滤膜过滤后置于色谱瓶中,进样 1 μL,进行 GC-MS 检测分析。

取油炸处理后中心温度为 200 °C 的油条横向放置于食品塑料包装袋中,并采用大头针将油条 2/3 横切面与包装袋固定,使其充分接触,剩余 1/3 不接触包装袋。在不同储藏条件下取实验所需油条不同切面,对不同接触面中 DBP 和 DnOP 的含量进行 GC-MS 分析,分析测定方法同上。

### 1.3.4 包装初始接触温度对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响

油条坯经油炸取出,室温下分别冷却至表面温度为 200、150、100、50、25 °C,分别装入包装袋中,室温(25 °C)条件下放置 60 min。按前述样品处理方法对样品进行处理,测定不同初始接触温度下 DBP 和 DnOP 迁移量。

### 1.3.5 包装接触时间对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响

油条坯经油炸取出,在油条温度为 200 °C 时装入包装袋中,室温(25 °C)条件下分别放置 10、20、30、40、50、60 min,按前述样品的处理方法对样品进行处理,测定不同包装接触时间下 DBP 和 DnOP 迁移量。

### 1.3.6 储藏温度对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响

油条坯经油炸取出,油条温度为 200 °C 时装入包装袋中,分别置于 25 °C 和 4 °C 条件下储藏,储藏时间分别为 1、12、24、36、48 h,检测油条中 DBP 和

DnOP 的迁移量。

### 1.3.7 DBP 和 DnOP 在油条中的迁移性的研究

油条温度为 200 °C 时,将油条横切面 2/3 部分放置于 PE 包装袋中,分别置于 25 °C 和 4 °C 条件下储藏 1 h,选取油条不同的横切面,测定油条不同部位与包装材料接触 DBP 和 DnOP 的迁移量。

## 2 结果与分析

### 2.1 标准溶液色谱图

采用 HP-5MS(30 m)弹性石英毛细管柱可以快速分离 DBP 和 DnOP 两种化合物,如图 1。在 20 min 内 DBP 和 DnOP 化合物有效的分开,峰型尖锐,对称性好,出峰附近没有干扰峰,各峰之间的间隔适宜,说明该实验条件可以有效检测 DBP 和 DnOP。

以 DBP 和 DnOP 在色谱图中的峰面积对浓度进行线性回归分析,列出回归方程和相关系数,并测定最低检出限。从表 1 可以看出 DBP 和 DnOP 的线性范围均在 0~100 mg/L 之间,相关系数均大于 0.9909,最低检出限在 0.002~0.005 mg/L 之间,采用外标法定量,进样体积 1 μL,根据相应的回归方程计算被测样品中 DBP 和 DnOP 的浓度。根据本研究所得回归方程计算出该实验所选取的包装材料中 DBP 和 DnOP 自然本底含量为分别 14.71、2.69 mg/kg,均符合欧盟相关标准的规定(2007/19/EC)<sup>[13]</sup>。

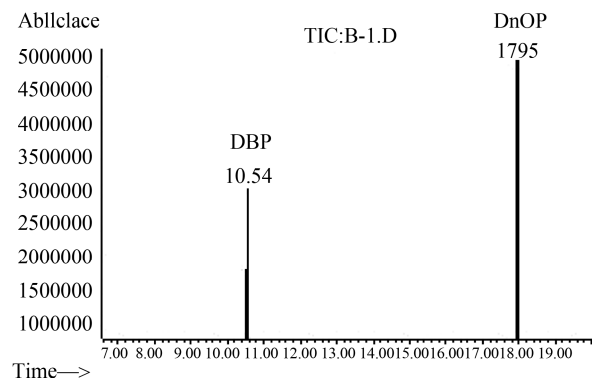


图 1 DBP 和 DnOP 标准样品的 GC-MS 色谱图  
Fig. 1 The GC-MS chromatogram of DBP and DnOP

表 1 GC-MS 法分析 DBP 和 DnOP 的回归方程、相关系数、线性范围和检出限

Table 1 Regression equation, correlation coefficient, linear range and detection limit of DBP and DnOP by GC-MS

化合物	回归方程	相关系数( $R^2$ )	线性范围(mg/L)	检出限(mg/L)
DBP	$Y=0.545X+2.6534$	0.9909	0~100	0.005
DnOP	$Y=0.9196X+0.5542$	0.9924	0~100	0.002

## 2.2 包装初始接触温度对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响

包装材料与样品初始接触温度对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响如图 2。随包装时初始接触温度的逐渐升高,油条中 DBP 和 DnOP 迁移量逐渐增加。当油条与包装材料初始接触温度为 100℃,油条中 DBP 的迁移量为 0.39 mg/kg,超出相关标准所规定的极限迁移量(0.30 mg/kg)<sup>[13-16]</sup>。当油条与包装材料初始接触温度为 200℃时,此时包装材料出现溶化、收缩等现象,并附着于油条表面,此时 DBP 迁移量为 0.70 mg/kg,超出相关标准所规定的极限迁移量(0.30 mg/kg)一倍之多<sup>[13-16]</sup>。当油条与包装材料初始接触温度为 200℃时 DnOP 迁移量高达 0.16 mg/kg。尽管相关标准<sup>[13,15,16]</sup>未规定 DnOP 极限迁移量,但是 SN/T2037-2007 中规定 DnOP 的检出限量为 2.0 mg/kg<sup>[14]</sup>,同时我国卫生部 2011 年第 16 号公告中明确规定食品中不得添加 DnOP。采用塑料包装材料包装高温油炸食品,随包装初始接触温度的升高,包装材料中的邻苯二甲酸酯类增塑剂会迁移到食品的量越多,对消费者的健康造成潜在危害越严重。张双灵等和王成云等研究表明 PVC 膜中增塑剂迁移量随温度的升高而增加<sup>[17,18]</sup>。本研究也证实了油炸食品与包装材料接触时初始温度越高, DBP 和 DnOP 迁移量越大。接触初始温度是影响包装材料中增塑剂迁移的关键因素之一。

## 2.3 包装接触时间对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响

包装材料与样品接触时间对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响如图 3。由图 3 可知,未经 PE 食品塑料包装的油条中不含 DBP 和 DnOP,在装入 PE 食品塑料包装袋后,随着油条与包装袋接触时间的延长, DBP 和 DnOP 的迁移量均逐渐增大。当油条与包装材料接触时间为 40 min,油条中 DBP 迁移量为 0.34 mg/kg,超出了超出相关标准所规定的极限迁移量(0.30 mg/kg)<sup>[13-16]</sup>。油条与包装材料接触时间为 40 min 时油条中 DBP 的迁移量较接触时间 20 min 时增加了 325.0%。当油条与包装材料接触时间达到 60 min 时,油条中 DBP 的迁移量为 0.70 mg/kg,超出上述标准<sup>[13-16]</sup>所规定极限迁移量(0.30 mg/kg)一倍之多,此时 DBP 迁移量较接触时间为 40 min 时增加了 102.9.0%。当接触时间达到 60 min 时, DnOP 的迁移量 0.16 mg/kg;此时 DnOP 迁移量较接触时间为 40 min 时增

加了 66.7%。尽管相关标准<sup>[13,15,16]</sup>未规定 DnOP 极限迁移量,但是 SN/T2037-2007 中规定 DnOP 的检出限量为 2.0 mg/kg<sup>[14]</sup>,同时我国卫生部 2011 年第 16 号公告中明确规定食品中不得添加 DnOP。采用塑料包装材料包装高温油炸食品,随包装时间的延长,包装材料中的邻苯二甲酸酯类增塑剂迁移到食品中的量越多,对消费者健康造成潜在危害越大。Goulas 等<sup>[19]</sup>、Fugit 等<sup>[20]</sup>、王超英等<sup>[21]</sup>研究表明随接触时间的延长,食品塑料包装材料中增塑剂迁移量逐渐上升。本研究也证实了油炸食品与塑料包装材料接触时间越长,增塑剂的迁移量增加。因此接触时间也是影响包装材料中增塑剂迁移的一个关键因素。

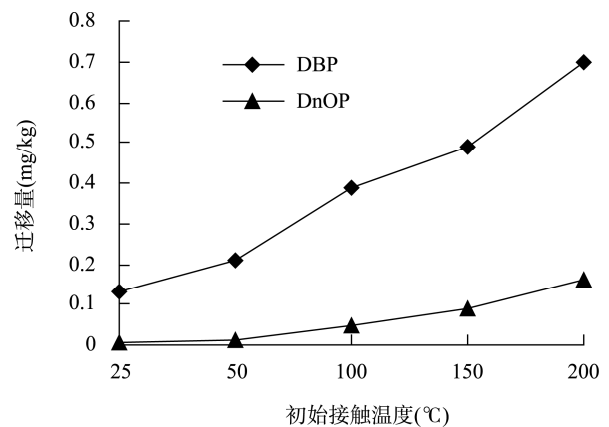


图 2 包装初始接触温度对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响 (接触时间为 60 min)

Fig. 2 Effect of the initial package temperature on migration of DBP and DnOP (package time: 60 min)

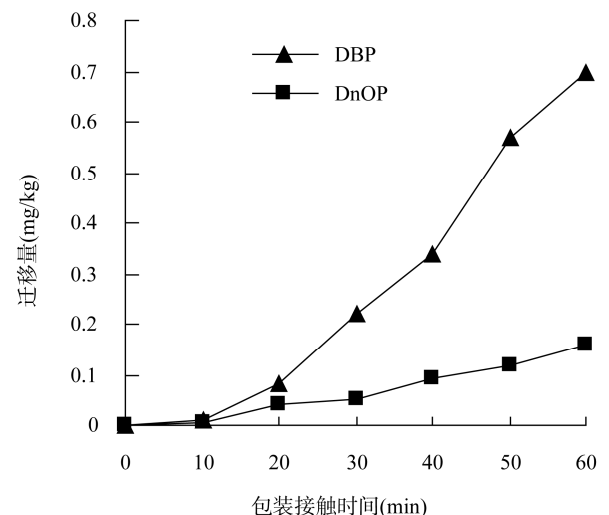


图 3 包装接触时间对 DBP 和 DnOP 迁移量的影响(初始接触温度 200℃)

Fig. 3 Effect of the package time on migration of DBP and DnOP (initial temperature: 200 °C)

## 2.4 包装后储藏温度对DBP和DnOP迁移量的影响

包装材料与样品接触后储藏温度对DBP和DnOP迁移量的影响如图4。由图4可知,在25℃和4℃条件下随储藏时间的延长DBP和DnOP迁移量逐渐增加。当样品在25℃和4℃储藏24h后,样品中DBP的迁移量分别为相关标准<sup>[13-16]</sup>所规定极限迁移量(0.30 mg/kg)的2.43和1.97倍;在25℃和4℃条件下储藏48h后样品中DBP的迁移量分别为相关标准所规定极限迁移量(0.30 mg/kg)的2.63和2.1倍。尽管在本研究中DnOP的最大迁移量为0.24 mg/kg,在标准<sup>[14]</sup>所规定的限量范围内(2.0 mg/kg),但是长期食用采用含有DnOP增塑剂的包装材料包装储藏高温油炸食品也会对消费者的健康造成潜在危害。25℃储藏时,同一储藏时间下DBP和DnOP的迁移量均显著高于4℃储藏条件下DBP和DnOP的迁移量( $P < 0.05$ )。综上可知,低温储藏能明显减少DBP和DnOP的迁移量。

由图3和图4可知,油条和食品塑料包装袋接触1 min至60 min范围内,油条自身的温度相对较高,DBP和DnOP的迁移速率相对较快,迁移量也相对较高。包装接触时间在1 h至48 h范围内,随时间延长油条自身温度逐渐降低,DBP和DnOP迁移量增加缓慢。

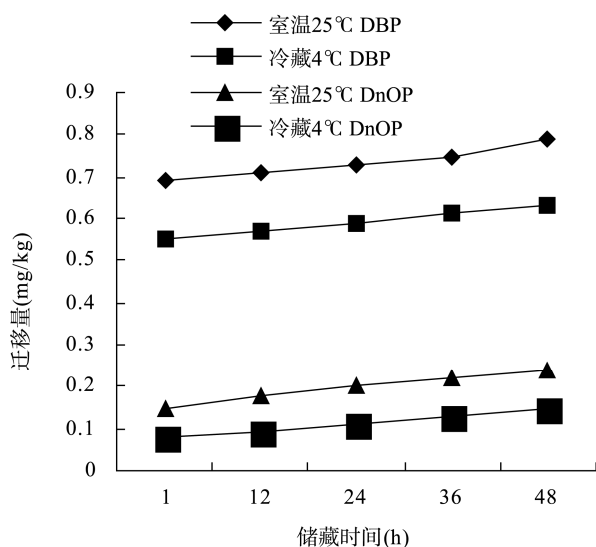


图4 储藏温度对DBP和DnOP迁移量的影响

Fig. 4 Effect of the storage temperature on migration of DBP and DnOP

## 2.5 DBP和DnOP在油条中的迁移行为

本研究对DBP和DnOP在油条中的迁移行为进行了研究。当PE食品塑料与油条接触的初始温度为200℃,在25℃条件下储藏1h,包装材料与样品接触面中DBP和DnOP的迁移量分别为0.69、0.15 mg/kg,样品中心的迁移量分别为0.13、0.03 mg/kg;4℃储藏条件下,包装材料与样品接触面中DBP和DnOP的迁移量分别为0.56、0.08 mg/kg,样品中心的迁移量分别为0.03、0.01 mg/kg。实验表明包装材料中DBP和DnOP向食品中的迁移是从接触部位向食品中其他部位逐渐渗透迁移的,其迁移行为同包装材料是否与食品接触和接触面积有关。

## 3 结论

本研究以高温油炸油条作为研究对象,分析了塑料包装袋中DBP和DnOP在油条中的迁移规律。油条与包装袋初始接触温度越高,DBP和DnOP的迁移量越大。将温度为200℃油条放入包装PE袋中60 min,油条中DBP和DnOP的迁移量分别为0.70、0.16 mg/kg。油条与包装袋接触时间越长,DBP和DnOP迁移量越大。油条温度为200℃时包装并置于25℃条件下贮藏48 h,油条中DBP和DnOP迁移量分别为0.79、0.63 mg/kg。油条经包装后,4℃条件下储藏的样品中DBP和DnOP迁移量均低于25℃下储藏样品。包装材料中DBP和DnOP从接触部位向食品中其他部位逐渐渗透迁移。

## 参考文献

- [1] Xu XR, Li XY. Sorption behaviour of benzyl butyl phthalate on marine sediments: Equilibrium assessments, effects of organic carbon content, temperature and salinity [J]. *Mar Chem*, 2009, 115: 66-71.
- [2] Bosnir J, Puntari D, Galic A, *et al.* Migration of phthalates from plastic containers into soft drinks and mineral water [J]. *Food Technol Biotechnol*, 2007, 45(1): 91-95.
- [3] Kotowaka U, Garbowska K, Isidorov A. Distribution coefficients of phthalates between absorption fiber and water and tis using in quantitative analysis [J]. *Anal Chim Acta*, 2006, 560: 110-117.
- [4] Ito R, Miura N, Ushiro M, *et al.* Effect of gamma-ray irradiation on degradation of di(2-ethylhexyl) phthalate in polyvinyl chloride sheet [J]. *Int J Pharm*, 2009, 376: 213-218.
- [5] Ishido M, Masuo Y, Sayato J. Dicyclohexyl phthalate causes hyperactivity in the rat Concomitantly with impairment of tyro-

- sine immunoreactivity [J]. *J Neurochem*, 2004, 91: 69-76.
- [6] Anderson J, Ibrahim C. Reproductive toxicity of phthalate esters [J]. *Mol Nutr Food Res*, 2010, 54: 148-157.
- [7] 肖乃玉, 陆杏春, 郭清兵, 等. 塑料食品包装中邻苯二甲酸酯类增塑剂迁移研究进展[J]. *包装工程*, 2010, 31(11): 123-127.  
Xiao NY, Lu XC, Guo QB, *et al*. Research Progress of Phthalate Plasticizer Migration in Plastic Food Packaging [J]. *Packag Eng*, 2010, 31(11): 123-127.
- [8] Aurela B, Kulmala H, Soderhjelm L. Phthalates in paper and board packaging and their migration into Tenax and sugar [J]. *Food Addit Contam*, 1999, 16(12): 561-577.
- [9] 杨科峰, 历曙光, 蔡智鸣. 食用油及其加热产物中酞酸酯类增塑剂的分析[J]. *环境与职业医学*, 2002, 19(2): 37-39.  
Yang KF, Li SG, Cai ZM. Determination of Phthalic Acid Ester in Edible Oil and the Condensate of Its Fume [J]. *Chin J Environ Occup Med*, 2002, 19(2): 37-39.
- [10] Saito I, Ueno E, Oshima H, *et al*. Levels of phthalates and adipates in processed foods and migration of di-isonyl adipate from polyvinyl chloride film into foods[J]. *J Food Hyg Soc Japan*, 2002, 43(3): 185-189.
- [11] 吴刚, 虞慧芳, 傅科杰, 等. 食品塑料包装材料中邻苯二甲酸酯类化合物的 GC-MS 分析方法[J]. *检验检疫科学*, 2006, 16(5): 33-35.  
Wu G, Yu HF, Fu KJ, *et al*. Method for Determination of Phthalate Esters in Food Plastic Packaging Materials by GC/MS [J]. *Inspect Quarant Sci*, 2006, 16(5): 33-35.
- [12] Petersen JH, Breindahl T. Plasticizers in total diet samples, baby food and infant Formulae[J]. *Food Addit Contam*, 2000, 17(2): 133-141.
- [13] 2007/19/EC, Amending Directive 2002/72/EC, Relating to plastic materials and articles intended to come into contact with food and Council Directive 85/572/EEClaying down the list of simulants to be used for testing migration of constituents of plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs [S].
- [14] SN/T2037-2007 与食品接触的塑料成型品中邻苯二甲酸酯类增塑剂迁移量的测定气相色谱质谱联用法[S].  
SN/T2037-2007 Determination the migration of phthalates in plastic articles intended to come into contact with foodstuffs-GC/MS [S].
- [15] GB/T 21911-2008 食品中邻苯二甲酸酯的测定[S].  
GB/T 21911-2008 Determination of phthalate esters in food [S].
- [16] GB 9685-2008 食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准 [S].  
GB 9685-2008 Hygienic standards for uses of additives in food containers and packaging materials [S].
- [17] 张双灵, 郭康权. 三种温度下食品级 PVC 膜中增塑剂 DEHP 对猪肉的渗透[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(1): 291-293.  
Zhang SL, Guo KQ. Migration amount of Di-2-ethylhexyl phthalate from food-grade PVC film into meat at three temperatures [J]. *Trans CSAE*, 2009, 25(1): 291-293.
- [18] 王成云, 张少文, 张伟亚, 等. PVC 食品保鲜膜在模拟油中己二酸酯类增塑剂的迁移行为研究[J]. *上海塑料*, 2007, (1): 29-32.  
Wang CY, Zhang SW, Zhang WY, *et al*. Study on the Migration of Adipates in PVC Thin Films for Food Strapping Dipped in Stimulant Oil [J]. *Shanghai Plastics*, 2007, (1): 29-32.
- [19] Goulas AE, Anifantaki KI, Kolioulis D G, *et al*. Migration of di-(2-ethylhexylexy)Adipate Plasticizer from Food-Grade Polyvinyl Chloride Film into Hard and Soft Cheeses [J]. *J Dairy Sci*, 2000, 83(8): 1712-1718.
- [20] Fugit JL, Taverdet JL, Gauvrit JY, *et al*. Treatment of plasticized PVC to reduce plasticizer/solvent migration: optimization with an experimental design [J]. *Plym Int*, 2003(52): 670-675.
- [21] 王超英, 李碧芳, 李攻科. 固相萃取/高效液相色谱联用分析水样中邻苯二甲酸酯[J]. *分析测试学报*, 2005, 24(5): 35-38.  
Wang CY, Li BF, Li GK. Determination of phthalate esters in water samples by solid-phase microextraction and high performance liquid chromatography [J]. *J Instrum Anal*, 2005, 24(5): 35-38.

(责任编辑: 张宏梁)

## 作者简介



赵电波, 讲师, 主要研究方向为食品  
质量与安全控制。

E-mail: zhaodb212@163.com



白艳红, 博士, 副教授, 硕士生导师,  
主要研究方向为畜产品加工与质量控制。

E-mail: baiyanhong@zzuli.edu.cn