

# AS 和 ABS 塑料类食品接触材料中丙烯腈的迁移研究

陈明<sup>1\*</sup>, 舒溢<sup>2</sup>, 茅辰<sup>1</sup>, 罗世鹏<sup>2</sup>

(1. 常州进出口工业及消费品安全检测中心, 常州 213022; 2. 常州出入境检验检疫局, 常州 213022)

**摘要:** **目的** 研究 AS(丙烯腈-苯乙烯)和 ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)塑料食品接触材料中丙烯腈的迁移行为。**方法** 采用顶空气相色谱法测定丙烯腈在不同食品模拟物 and 不同条件下的迁移量, 研究食品模拟物、温度和时间对丙烯腈迁移量的影响, 并和丙烯腈单体残留量作对比。**结果** AS 塑料食品接触材料中丙烯腈迁移量要高于 ABS 塑料; 在相同的使用时间和温度下, 50%乙醇模拟物中丙烯腈的迁移量最大; 在同种食品模拟物中, 丙烯腈迁移量随着接触时间的延长、接触温度的升高而增加。**结论** AS 塑料食品接触材料与 ABS 塑料食品接触材料相比, AS 塑料食品接触材料中丙烯腈在食品模拟物中更容易析出, 存在的安全风险更大。

**关键词:** AS 塑料; 丙烯腈; 苯乙烯; 食品模拟物; 迁移

## Research on migration of acrylonitrile in acrylonitrile styrene and acrylonitrile butadiene styrene plastic food contact materials

CHEN Ming<sup>1\*</sup>, SHU Yi<sup>2</sup>, MAO Chen<sup>1</sup>, LUO Shi-Peng<sup>2</sup>

(1. Changzhou Testing Center for Import-Export Industrial and Consumable Products, Changzhou 213022, China;  
2. Changzhou Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Changzhou 213022, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the migration of acrylonitrile from acrylonitrile styrene (AS) and acrylonitrile butadiene styrene (ABS) plastic food contact materials. **Methods** The migration of acrylonitrile in different kinds of food simulation was determined under different using conditions by the headspace gas chromatography, and the inference of food, simulation temperature and time to the migration of acrylonitrile was also studied, and the acrylonitrile monomer residue was compared to the migration of acrylonitrile. **Results** The migration of acrylonitrile in AS plastic food contact materials was higher than that of ABS plastic food contact materials. Under the same condition, the acrylonitrile migration in 50% ethanol is the biggest among the different food simulation. In the same simulating food, the acrylonitrile migration increased with the contacting time and temperature. **Conclusion** Compared to ABS plastic food contact materials, acrylonitrile in AS plastic food contact materials showed an easier migration to the food simulation, which indicated a greater security risk existing in AS plastic food contact materials.

**KEY WORDS:** acrylonitrile styrene plastic; acrylonitrile; styrene; food simulation; migration

基金项目: 江苏检验检疫局科技计划项目(2013KJ68)、质检总局科技计划项目(2014IK079)

**Fund:** Supported by the Science and Technology Project of Jiangsu Inspection and Quarantine Bureau (2013KJ68), the Technical Plan of General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (2014IK079)

\*通讯作者: 陈明, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料检测和研发。E-mail: chenmingciq@126.com

\*Corresponding author: CHEN Ming, Engineer, Changzhou Testing Center for Import-Export Industrial and Consumable Products, No. 1268, Longjin Road, Xinbei District, Changzhou 213022, China. E-mail: chenmingciq@126.com

## 1 引言

随着塑料工业的高速发展, 塑料已在很多方面取代了金属、玻璃、陶瓷、木材等传统材料, 成为各类食品接触材料中应用最为广泛、品种最多的一个大类, 在日常生活中几乎随处可见。ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)、AS(丙烯腈-苯乙烯)塑料属于其中的一大类, 因其具有高透明度、耐热、耐油和耐冲击性等特点<sup>[1-4]</sup>, 被广泛地用于制造水杯、冰箱内胆、榨汁机、豆浆机等生活用品和家用电器。但是, ABS、AS 中的聚合单体丙烯腈是一种对健康有着严重危害的化学物质, 一旦人体摄入过量, 轻者头晕、恶心, 重者直接造成呼吸中枢麻醉, 出现四肢阵发性强直抽搐、昏迷<sup>[5-8]</sup>。但该单体在生产过程中又不可避免地会残留在终产品中, 并在与食品接触过程中迁移到食品中。因此, 各国法规和标准对该单体的迁移量都做出了明确的规定。我国国标 GB 9685-2008《食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准》<sup>[9]</sup>规定丙烯腈单体迁移量不得超过 0.02 mg/kg, 欧盟 2011 年初发布第 10 号关于接触食品塑料的指令<sup>[10]</sup>, 将丙烯腈单体迁移量限值从 0.02 mg/kg 降低到 0.01 mg/kg。

2011 年韩国进口榨汁机 AS 材质丙烯腈单体含量超出限量被曝光<sup>[11]</sup>。至此, AS 塑料食品接触材料的卫生安全性问题又引起了人们的广泛关注。国内外有关丙烯腈检测方法的报道较多, 但有关 AS 塑料食品接触材料中丙烯腈的迁移行为却鲜有报道。

针对以上问题, 本研究采用顶空气相色谱法测定 ABS、AS 塑料食品接触材料中丙烯腈单体残留量和迁移量, 研究两者关系, 并测定不同食品模拟物中、不同使用条件下丙烯腈的释放量, 并对数据进行分析, 旨在探索丙烯腈在不同食品和使用条件下的迁移规律。

## 2 材料与方 法

### 2.1 仪 器

顶空-气相色谱仪(7890A-7694E, 美国 Agilent 公司); 恒温烘箱(FD115, 德国宾得); 电子天平(XS205, 梅特勒-托利多公司); 可调式移液器(德国 Eppendorf 公司)。

### 2.2 试 剂

丙烯腈(纯度 99.9%, Dr Ehrenstorfer 公司); N,N-

二甲基乙酰胺(顶空级色谱纯, 上海安谱实验科技股份有限公司); 乙醇(分析纯, 上海国药集团); 冰醋酸(分析纯, 上海国药集团); 实验用水为三级水(美国 Millipore 公司超纯水器制备)。

### 2.3 顶空气相测定条件

色谱柱: INNOWAX, 30 m×0.32 mm×0.25 μm。进样口温度 150 °C; 检测器 NPD; 检测器温度 330 °C。升温步骤: 首先在 40 °C 下(保持 8 min), 以 20 °C/min 的速率升温至 200 °C。柱流速 1.0 mL/min; 氢气流速 3 mL/min; 空气流速 60 mL/min; 顶空恒温箱温度 70 °C; 顶空平衡时间 30 min; 定量环 1 mL; 分流比 1:1。

### 2.4 标准溶液的配制

准确移取 1000 mg/L 丙烯腈标准品 1 mL 于 10 mL 容量瓶中, 加 N,N-二甲基乙酰胺稀释至刻度, 得浓度为 100 mg/L 的标准中间液。再按一定比例配制 成 2.5、5、10、15、20、25 mg/L 的标准系列溶液。然后, 分别移取水性模拟物 5 mL 于 6 个顶空瓶中, 用移液器分别加入 20 μL 不同浓度的丙烯腈标准系列溶液, 用隔垫和铝盖密封。丙烯腈标准工作溶液的浓度分别为 0.01 mg/L、0.02 mg/L、0.04 mg/L、0.06 mg/L、0.08 mg/L、0.10 mg/L。

### 2.5 实验方法

丙烯腈单体残留量: 将样品剪碎至单个颗粒 0.02 g 的细小颗粒, 称取 1 g 均匀试样至顶空气相瓶中, 加入 3 mL N,N-二甲基乙酰胺, 立即加盖密封, 试样溶解后上顶空-气相色谱仪分析。

丙烯腈迁移量: 按照国家标准 GB/T 23296.1-2009<sup>[12]</sup>, 采用填充法或全浸没的浸泡方式对样品进行浸泡, 浸泡过程中用铝箔纸密封。浸泡完成后, 移取 5.0 mL 水基食品模拟物于顶空瓶中, 用移液器加入 20 μL N,N-二甲基乙酰胺, 用隔垫和铝盖密封后上顶空-气相色谱仪分析。

### 2.6 食品模拟物与迁移条件的选择

由于实际食品的种类繁多, 成分复杂, 因此在迁移规律的实验研究中无法以实际食品作为研究对象, 选择合适的食品模拟物进行替代实验是目前比较科学有效的方法<sup>[13-15]</sup>。目前欧美、我国及日本对各类食品指定的食品模拟物各不相同, 见表 1。为全面考察 ABS、AS 食品接触材料中丙烯腈的迁移规律,

比较各国食品模拟物的差异, 本实验选择了蒸馏水、3%乙酸、4%乙酸、10%乙醇、20%乙醇和 50%乙醇 6 种食品模拟物。

为全面考察丙烯腈的迁移规律, 通过比较各国标准迁移条件差异, 见表 2, 同时考虑该类产品的实际使用条件, 我们最终选定欧盟法规为主的浸泡温度和时间, 并整合其他国家要求, 对 6 种食品模拟物不同接触时间和接触温度下丙烯腈的迁移量进行研究, 得出相应的迁移规律。蒸馏水、3%乙酸、4%乙酸、10%乙醇、20%乙醇、50%乙醇 6 类食品模拟物拟考察的检测条件见表 3。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 方法线性与灵敏度

将 2.4 节的丙烯腈标准工作溶液 0.01~0.1 mg/L 在顶空-气相色谱仪上测定, 浓度对其峰面积的线性回归方程和相关系数见表 4。丙烯腈的检测低限为 0.01 mg/L。

#### 3.2 ABS、AS 食品接触材料中丙烯腈单体残留量与迁移量关系

为考察 ABS、AS 塑料食品接触材料丙烯腈迁移量和丙烯腈单体残留量的关系, 试验选用 20 个相同

表 1 各国标准中测定丙烯腈所使用的模拟物

Table 1 Food simulation in different national food contact material standards

食品类别	欧盟	美国	中国	日本
水性食品(pH>4.5)	蒸馏水或 10%乙醇	蒸馏水	蒸馏水	蒸馏水
酸性食品(pH<4.5)	3%乙酸	—	4%乙酸	4%乙酸
含酒精类食品	20%乙醇	8%乙醇或 50%乙醇	20%乙醇或 65%(v/v)乙醇	20%乙醇
乳制品	50%乙醇	—	—	—

表 2 各国标准中的测试条件

Table 2 Test conditions in different national food contact material standards

	欧盟 EU No.10/2011 及其修正案	美国	中国	日本
检测条件	据实际使用条件, 选择可预见的最严厉的接触条件进行检测	根据食品类型和使用条件选择合适的检测条件	未具体规定	使用温度 100 °C, 检测条件为 60 °C, 0.5 h; 使用温度>100 °C, 检测条件为 95 °C, 0.5 h;

表 3 拟考察的检测条件

Table 3 Test conditions in this research

	20 °C	40 °C	60 °C	70 °C	100 °C
5 min	—	—	—	—	☆
0.5 h	☆	☆	☆	☆	☆
1 h	☆	☆	☆	☆	☆
2 h	☆	☆	☆	☆	☆
6 h	☆	☆	☆	☆	—
24 h	☆	☆	☆	☆	—
72 h	☆	☆	☆	☆	—
240 h	☆	☆	☆	☆	—

注: 以“☆”标识的为不同温度下, 拟考察的时间段; 以“—”划出的为跳过的时间段。

表 4 线性回归方程和相关系数

Table 4 Linear regression equation and relative coefficient

模拟物	线性回归方程	线性相关系数
蒸馏水	$Y=238.08X+0.0658$	0.9991
3%乙酸	$Y=183.34X+0.294$	0.9994
4%乙酸	$Y=182.55X+0.2184$	0.9995
10%乙醇	$Y=114.93X+0.4452$	0.9996
20%乙醇	$Y=114.14X+0.1696$	0.9994
50%乙醇	$Y=51.712X-0.1301$	0.9991

水平残留量的 ABS、AS 塑料食品接触材料在 100 °C 接触温度下, 用 50%乙醇浸泡 0.5 h, 比较两者关系, 见表 5。

由表 5 可知, AS 塑料食品接触材料中丙烯腈迁移量检出率要高于 ABS 塑料食品接触材料, 且 AS 产品中丙烯腈迁移量较大, 部分迁移量大于欧盟法规 0.01 mg/kg 限量要求。而 ABS 产品中很少有检出, 检出的丙烯腈迁移量都小于 0.01 mg/kg。初步看来, ABS 塑料食品接触材料在食品模拟物中的丙烯腈释放量较小, 所以, 选用丙烯腈单体残留量较高的 AS 食品接触材料来研究丙烯腈迁移情况。

### 3.3 AS 塑料食品接触材料迁移情况

#### 3.3.1 AS 塑料食品接触材料中丙烯腈在不同食品模拟物中的迁移情况

在相同接触时间和温度条件下, 分别采用蒸馏水、3%乙酸、4%乙酸、10%乙醇、20%乙醇、50%乙醇作为模拟物, 所得丙烯腈迁移试验结果见表 6。

表 5 丙烯腈单体残留量与迁移量

Table 5 The monomer residues and migration of acrylonitrile

AS 产品	丙烯腈残留量(mg/kg)	丙烯腈迁移量(mg/kg)	ABS 产品	丙烯腈残留量(mg/kg)	丙烯腈迁移量(mg/kg)
产品 1	8	未检出	产品 21	7.60	未检出
产品 2	10.7	未检出	产品 22	11.2	未检出
产品 3	23.2	0.004	产品 23	24.2	未检出
产品 4	36.7	0.008	产品 24	35.7	未检出
产品 5	44.5	0.013	产品 25	42.5	未检出
产品 6	50.2	未检出	产品 26	51.3	未检出
产品 7	53.2	0.013	产品 27	54.2	未检出
产品 8	60.2	未检出	产品 28	61.5	未检出
产品 9	60.5	0.014	产品 29	62.7	未检出
产品 10	66.9	未检出	产品 30	66.9	未检出
产品 11	73.0	0.017	产品 31	74.0	未检出
产品 12	80.2	0.004	产品 32	80.5	未检出
产品 13	92.0	0.035	产品 33	94.0	未检出
产品 14	97.1	0.039	产品 34	98.1	未检出
产品 15	101	0.078	产品 35	103	未检出
产品 16	107.2	0.080	产品 36	106.1	未检出
产品 17	109	0.009	产品 37	109	0.004
产品 18	118.9	0.150	产品 38	118.3	未检出
产品 19	120.2	0.230	产品 39	121.4	0.003
产品 20	140	0.005	产品 40	142	未检出

表6 不用食品模拟物中丙烯腈迁移量数据(mg/kg)  
Table 6 The data of acrylonitrile in different kinds of food simulation (mg/kg)

浸泡条件	迁移量(mg/kg)					
	蒸馏水	3%乙酸	4%乙酸	10%乙醇	20%乙醇	50%乙醇
20 °C, 2 h	未检出	未检出	未检出	未检出	0.004	未检出
20 °C, 6 h	0.008	0.009	0.006	0.007	0.004	0.009
40 °C, 2 h	0.016	0.015	0.018	0.016	0.018	0.018
40 °C, 6 h	0.034	0.036	0.035	0.034	0.054	0.06
60 °C, 2 h	0.045	0.044	0.047	0.05	0.056	0.066
60 °C, 6 h	0.112	0.114	0.112	0.114	0.13	0.159
70 °C, 2 h	0.07	0.068	0.067	0.07	0.081	0.096
70 °C, 6 h	0.177	0.184	0.188	0.185	0.24	0.306

由表6可知, AS塑料食品接触材料中丙烯腈在不同食品模拟物中均有一定的迁出, 由大到小顺序为50%乙醇>20%乙醇>10%乙醇、水、3%乙酸、4%乙酸, 即高醇类食品>低醇类食品>水性食品、酸性食品。初步推断: 食品模拟物50%乙醇更容易被AS塑料食品接触材料所吸附, 且丙烯腈更容易亲和乙醇介质, 根据相似相容原理, AS塑料食品接触材料在50%乙醇介质中会释放更多。20%乙醇和10%乙醇含酒精少, 丙烯腈释放会相对减少。水、3%乙酸和4%乙酸模拟物被AS塑料食品接触材料吸附较少, 从而丙烯腈迁移较少。因此AS塑料食品接触材料中丙烯腈在高醇食品中的迁移量较大, 潜在危险性较高, 其他类食品的迁移量也不容忽视。6种食品模拟物只有在20 °C条件下的迁移量小于欧盟限量0.01 mg/kg, 其他条件下均超过了此限量, 所以从食品安全角度考虑, AS塑料食品接触材料适合存放冷藏类食品, 且温度不易超过20 °C。因此, 选用提取能力最强的50%乙醇作为主要食品模拟物模型来研究AS塑料食品接触材料中丙烯腈在不同接触时间和接触温度下的迁移规律。

### 3.3.2 AS塑料食品接触材料中丙烯腈在不同接触时间下的迁移情况

为考察AS塑料食品接触材料在不同接触时间下丙烯腈的迁移情况, 选用50%乙醇为模拟物, 在20 °C、40 °C、60 °C和70 °C条件下试验AS塑料食品接触材料在0.5 h~10 d范围内丙烯腈迁移量的变化情况, 由于4种温度下迁移规律一致, 仅讨论40 °C和70 °C条件, 见图1。

从图1可知, 丙烯腈迁移量随着放置时间的延长呈现增大趋势。放置时间在2 h以内, 丙烯腈迁移量较低, 增幅较小; 在2 h~24 h时, 随着放置时间的继续延长, 丙烯腈迁移量迅速增大; 在24 h~10 d时, 丙烯腈迁移量增幅逐渐减小, 趋于平衡。

### 3.3.3 AS塑料食品接触材料中丙烯腈在不同接触温度下的迁移情况

为考察AS塑料食品接触材料在不同接触温度下丙烯腈的迁移情况, 以50%乙醇为模拟物, 接触时间为2 h, 分析AS塑料食品接触材料在20 °C~100 °C下丙烯腈迁移量的变化情况, 见图2。从图2中可知, 温度升高会促使AS塑料食品接触材料中丙烯腈的迁移量增大, 这符合分子活化能越大越容易迁出的理论。当温度为40 °C以下时, 丙烯腈的迁移量较低; 温度升高至40 °C以上时, 丙烯腈的迁移量逐渐增大, 100 °C时丙烯腈的迁移量高达0.358 mg/kg。因此温度较高的食物不适宜盛装在AS塑料食品接触材料中, 丙烯腈很容易释放并迁移至食品中去。

## 4 结论

通过以上研究我们得出: (1)AS塑料食品接触材料与ABS塑料食品接触材料相比, 丙烯腈在食品模拟物中更容易析出, 存在的安全风险更大。(2)AS塑料食品接触材料中丙烯腈, 在高酒精含量食品中迁移量最大, 即AS塑料制品盛装迁移量较大, 风险性较高; 低醇类食品、酸性食品、水性食品中, 丙烯腈迁移量相对较小, 但风险依然存在。(3)盛放时间越久, 丙烯腈的迁移风险就越高; 接触温度越高, 丙

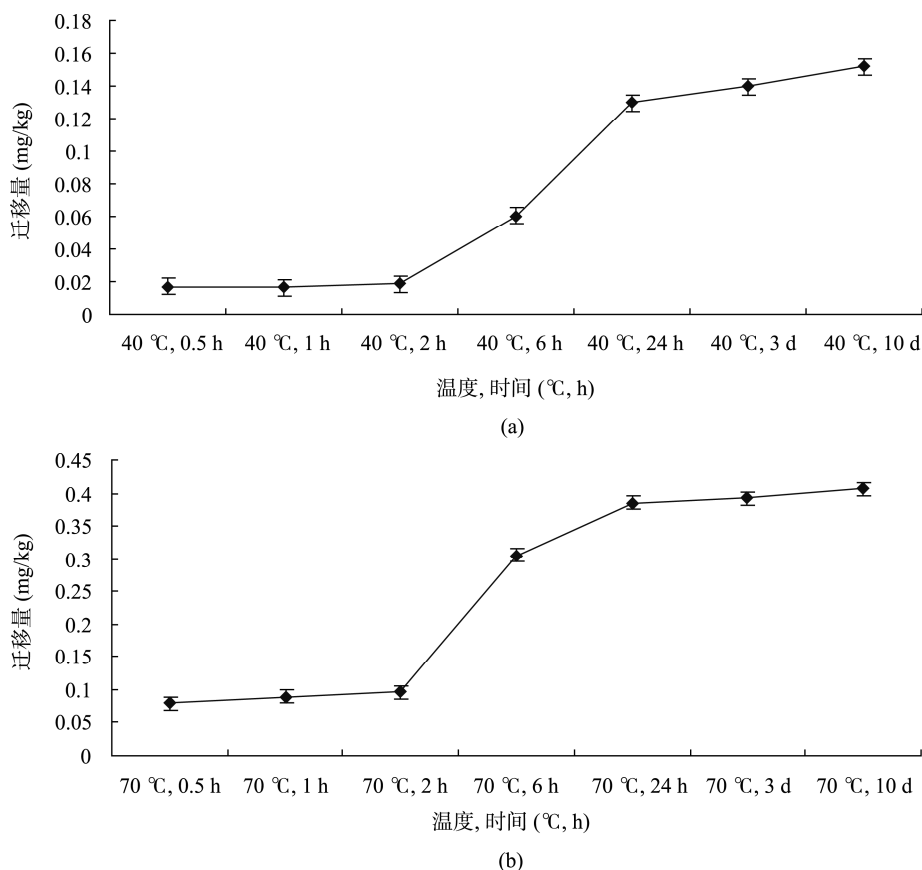


图 1 不同接触时间下丙烯腈的迁移量

Fig. 1 Migration of acrylonitrile under different contact time

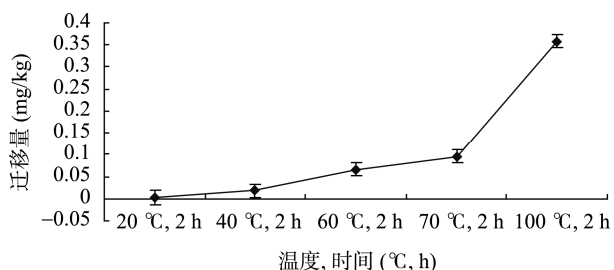


图 2 不同接触温度下丙烯腈的迁移量

Fig. 2 Migration of acrylonitrile under different contact temperatures

烯腈分子活化能越大, 就越容易迁出, 迁移风险越高。后续将通过与厂家的交流合作来继续追踪 AS 塑料食品接触材料中丙烯腈迁移量和产品生产工艺、原料选取的相关性, 以更全面地保障 AS 食品接触材料的安全性。

#### 参考文献

[1] 郝建淦, 贾润礼, 刘志伟. ABS 改性的研究进展[J]. 塑料助剂,

2013, 97: 1-3.

Hao JG, Jia RL, Liu ZW. Research on the modification of ABS [J]. *Plastics Addit*, 2013, 97: 1-3.

[2] 牛晓旭, 孙伟. ABS 生产技术进展[J]. *河北化工*, 2011, 34(8): 54-56.

Niu XX, Sun W. Production technology of ABS [J]. *Hebei Chem Ind*, 2011, 34(8): 54-56.

[3] 焦宁宁. ABS 生产技术进展[J]. *弹性体*, 2000, 10(2): 36-47.

Jiao NN. Production technology of ABS [J]. *China Elastomers*, 2000, 10(2): 36-47.

[4] 于志省. ABS 树脂研究进展[J]. *高分子通报*, 2012, 5: 40-46.

Yu ZS. Study progress on ABS [J]. *Polymer Bull*, 2012, 5: 40-46.

[5] 仇维刚. 食品包装材料中丙烯腈的测定[J]. *食品研究与开发*, 2004, 25(3): 119-120.

Qiu WG. Determination of acrylonitrile in food packings materials [J]. *Food Res Dev*, 2004, 25(3): 119-120.

[6] 孟平蕊, 李良波. PS 食品容器中单体及其二、三聚体的 GC/MS 分析[J]. *合成树脂及塑料*, 2004, 21 (5): 15-19.

- Meng PR, Li LB. Analysis of styrene dimer and trimer in polystyrene packing materials by GC/MS [J]. *China Syn Resin Plast*, 2004, 21(5): 15-19.
- [7] 刘艇飞, 邓弘毅, 陈彤. 与食品接触的材料和物品—有限制的塑料物质, 食品和食品模拟物中丙烯腈迁移量的测定[J]. *分析试验室*, 2009, 28: 206-208.
- Liu TF, Deng HY, Chen T. Materials and articles in contact with food-plastic materials limited, determination of acrylonitrile migration quantity in food and food simulants [J]. *Chin J Anal Lab*, 2009, 28: 206-208.
- [8] 陈明, 张敏, 祝惠惠, 等. 顶空气相色谱法测定与食品接触的ABS材料中苯乙烯迁移量[J]. *塑料科技*, 2014, 42(5): 110-113.
- Chen M, Zhang M, Zhu HH et al. Determination of the migration of styrene from ABS plastic food contact materials by headspace gas chromatography [J]. *Plast Sci Technol*, 2014, 42(5): 110-113.
- [9] GB 9685—2008 食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准[S]
- GB9685-2008 Hygienic standards for uses of additives in food containers and packaging materials [S]
- [10] Commission Regulation (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on plastic material and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the European Union* [S]. OJ L 12, 15.1.2011:1.
- [11] 陈明, 寇海娟, 商贵芹, 等. 国内外 ABS、AS 塑料食品接触材料法规的研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, 4(4): 1077-1082.
- Chen M, Kou HJ, Shang GQ, et al. Research of domestic and foreign regulations on ABS and AS plastics as food contact materials[J]. *J Food Safe Qual*, 2013, 4(4): 1077-1082.
- [12] GB/T 23296.1—2009 食品接触材料 塑料中受限物质向食品及食品模拟物特定迁移试验和含量测定方法以及食品模拟物暴露条件选择的指南[S].
- GB/T 23296.1—2009 Materials and articles in contact with foodstuffs-plastics substances subject to limitation-guide to test methods for the specific migration of substances from plastics to foods and food simulants and the determination of substances in plastics and the selection of conditions of exposure to food stimulants [S].
- [13] 姜欢, 商贵芹, 陈智栋, 等. 脲醛树脂制品中甲醛在食品模拟物中迁移的规律[J]. *食品与机械*, 2013, 29(2): 73-76.
- Jiang H, Shang GQ, Chen ZD, et al. Research on migration rules of urea formaldehyde in food stimulants [J]. *Food Mach*, 2013, 29(2): 73-76.
- [14] 寇海娟, 商贵芹, 邵晨杰. 我国和欧盟食品接触材料迁移试验方法的分析比较[J]. *包装工程*, 2012, 33(3): 35-37.
- Kou HJ, Shang GQ, Shang CJ. Analysis and comparison of migration test method of food contact material in our country and European union [J]. *Pack Eng*, 2012, 33(3): 35-37.
- [15] 陈志锋, 潘健伟, 储晓刚, 等. 我国食品包装卫生标准现状分析[J]. *食品与机械*, 2006, 22(3): 3-7.
- Chen ZF, Pan JW, Chu XG, et al. Analysis of Chinese hygiene standard system on food packaging [J]. *Food Mach*, 2006, 22(3): 3-7.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



陈明, 本科, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料检测和研发。  
E-mail: chenmingciq@126.com