

油墨溶剂在食品软包装中的残留及迁移规律

许亚宁, 王建清, 王玉峰, 王滢
(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 研究油墨溶剂在食品软包装材料中的残留及迁移行为, 为食品包装生产企业提供安全风险控制方面的参考。**方法** 采用顶空气相色谱-质谱联用 (HS-GC-MS) 技术, 对印刷油墨的挥发性溶剂在食品软包装中的残留进行定性定量分析, 以检出率较高的苯类溶剂甲苯、酯类溶剂乙酸丁酯和酮类溶剂丁酮为迁移研究对象, 分别以 PE, PP, PET/PP, PET/PE, OPP/PP, PET/PA/PP 为包装材料, 研究油墨溶剂在水性食品模拟液 (蒸馏水)、酸性食品模拟液 (体积分数为 3% 的乙酸)、醇性食品模拟液 (体积分数为 10% 的乙醇) 和脂肪性模拟液 (正己烷) 中的迁移残留行为。**结果** 研究表明, 印刷后的食品软包装材料中大部分都有苯类、酯类和酮类等有机挥发物的残留, 残留溶剂在食品模拟液中迁移量的大小依次为正己烷 > 乙醇 (体积分数为 10%) > 乙酸 (体积分数为 3%) > 蒸馏水, 而且对于不同的包装材料迁移量的大小也不同。**结论** 油墨溶剂在食品软包装材料上的残留和迁移行为, 主要与环境温度、食品性质以及包装材料的性能有关。

关键词: 油墨; 顶空气相色谱-质谱联用; 挥发性溶剂; 迁移

中图分类号: TB484 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)19-0097-07

Residue and Migration of Printing Ink Solvent in Soft Packaging Materials

XU Ya-ning, WANG Jian-qing, WANG Yu-feng, WANG Ying
(Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: The work aims to study the residual and migration behaviors of printing ink solvent in flexible packaging materials for food and provide a reference of safety risk control to food package manufacturers. Migration and residue behaviors of ink solvent in aqueous food simulation (distilled water), acidic food simulation liquid acetic acid (3%), alcohol (10% alcohol) and fatty food were studied with benzene solvent toluene, butyl acetate ester solvent and butyl ketone solvents of higher detection rate as migration research objects and with PE, PP, PET/PP, PET/PE, OPP/PP, PET/PA/PP as packaging materials. Studies showed that more flexible packaging materials for food had the residue of benzene, ester and ketone volatiles after printing. In simulation of liquid food migration, general migration amount of n-hexane was >10% ethanol > 3% acetic acid > distilled water. The different packing materials also had different migration amount. In conclusion, ink solvent residues and migration behaviors in the food flexible packaging materials primarily are related to the ambient temperature, food properties, and performance-related packaging materials.

KEY WORDS: printing ink; headspace gas chromatography - mass spectrometry; volatile components; migration

印刷油墨作为食品包装的重要组成部分, 担负着美化商品、传递信息、促进销售等作用^[1-3]。油

收稿日期: 2015-10-26

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAD16B05); 质检总局科技计划 (20143414)

作者简介: 许亚宁 (1990—), 女, 天津人, 天津科技大学硕士生, 主攻包装材料与技术。

通讯作者: 王建清 (1953—), 男, 湖南人, 天津科技大学教授、博导, 主要研究方向为包装材料与技术。

墨在使用过程中需要用溶剂调和,这些溶剂大多含有挥发性的有害物质。如果这些物质残留在包装材料中,就可能随着时间和环境的变化而迁移到食品中^[4-5],从而危害消费者的健康。国内目前使用最多的油墨溶剂是苯系物溶剂,含有大量苯类、酯类、酮类和醇类化合物。苯系物的吸入或食入易引发癌症和血液系统疾病,欧盟许多国家已禁止在食品生产和包装过程中引入苯类有机物。油墨溶剂常用的酯类如乙酸乙酯和乙酸丁酯,对人体的危害也不可小觑,少量对眼及上呼吸道均有强烈的刺激,高浓度容易导致心血管和神经系统的损伤^[6]。酮类中丙酮和丁酮吸入、食入会对眼睛、鼻子、喉、粘膜有刺激性,长期接触可致皮炎。醇类中异丙醇,1,2-丙二醇对人体也存在不良的影响^[7]。为了保护消费者的安全,对油墨溶剂在食品包装材料中的残留及迁移行为进行研究具有重要的意义^[8]。

文中采用顶空气相色谱-质谱联用(HS-GC-MS)技术^[9-11]对印刷油墨的挥发性溶剂在食品软包装中的残留进行定性定量分析,并以检出率较高的甲苯、乙酸丁酯和丁酮为迁移研究对象,分别以PE, PP, PET/PP, PET/PE, OPP/PP, PET/PA/PP为包装材料,研究油墨溶剂在水性食品模拟液(蒸馏水)、酸性食品模拟液(体积分数为3%乙酸,后文简称乙酸)、醇性食品模拟液(体积分数为10%的乙醇,后文简称乙醇)和脂肪性模拟液(正己烷)中的迁移残留行为,为食品或包装生产企业在油墨、包装材料的选择和产品质量控制方面提供参考。

1 实验

1.1 材料

材料:单层PE膜(厚度为30 μm)、OPP膜(厚度为30 μm),双层复合膜PET/PE, PET/PP, OPP/PP, 厚度均为50 μm;三层复合膜PET/PA/PP(厚度为70 μm),购自于天津大胡同塑料批发厂家;16种溶剂型凹版印刷油墨,来源于天津某食品包装印刷厂。

1.2 仪器设备与试剂

仪器设备:气相色谱-质谱联用仪(GC-MS), 2010;顶空自动进样器, AOC-5000, 均为日本岛津公司生产。

实验试剂:正丙醇、异丙醇、乙酸乙酯、乙酸丁酯、乙酸丙酯、甲苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯、1,2-丙二醇、乙酸异戊酯、正丁醇、丙酮、环己酮、丁酮等均为色谱标准试剂,购于天津元立化工有限公司;正己烷、冰醋酸、无水乙醇等均为色谱纯,购自天津江天化工有限公司。

1.3 方法

1.3.1 气相色谱质谱测试条件

1)气相色谱条件。色谱柱, Rtx-5MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm, 型号 i.d, 0.25 μm);升温方式,起始温度为50℃,以10℃/min升到85℃保持1 min,再以5℃/min升到150℃,保持4 min;进样方式为分流进样,分流比为5:1;接口温度为200℃;载气为高纯氦气(99.999%);压力为100 kPa;总气流速度为51.7 mL/min;柱流速为1.69 mL/min;吹扫流量为5.0 mL/min;进样量为1 mL气体量。

2)质谱条件。质量分离器为离子阱;离子化的方式为EI;离子源的温度为220℃;接线口温度为220℃;扫描方式为全扫描;扫描范围(m/z)为43~500。

3)顶空自动器进样条件。顶空加热平衡温度为90℃;顶空加热平衡时间为40 min;程序升温加热时间为22.5 min。

1.3.2 标准曲线的绘制

1)顶空法标准曲线。溶剂混合标准储备液:准确吸取15种溶剂各1 mL于20 mL的顶空瓶中,摇匀,放置在5℃冰箱中避光保存。准确吸取标准储备液0.04, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 μL于20 mL顶空瓶,立即封盖,将顶空瓶放入自动进样器中,进行GC-MS分析,绘制标准曲线。

2)食品模拟液标准曲线。以甲苯(丁酮、乙酸丁酯)污染物作为溶质,以模拟液蒸馏水、乙酸、乙醇和正己烷作为溶液。配置质量比分别为20, 10, 5, 2.5, 1.25 mg/kg,过滤后取1 μL进行HS-GC-MS分析,平行测定3次,绘制标准曲线。

1.3.3 样品前处理方法

1)印刷油墨中有害物成分分析样品前处理。依据QB/T 2929—2008《溶剂型油墨溶剂残留量及其测定方法》中前处理方法进行样品处理。取适量油墨,用涂布工具丝棒制备样品,试样厚度控

制在 $(35\pm 5)\mu\text{m}$ ，制样后悬空静置 2 h，将试样剪成 4 份总面积为 200 cm^2 ，立即置于 20 mL 顶空进样瓶中并盖上瓶盖，进行有害物成分分析。

2) 油墨中溶剂迁移实验样品前处理方法：将 PE, PP, PET/PP, PET/PE, OPP/PP, PET/PA/PP 6 种塑料薄膜置于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中 4 h，使其中的残留有机溶剂充分挥发，检测无残留溶剂；将溶剂甲苯调和好油墨（调和体积比为 1：5），用天平称量上墨量 0.5 g 用丝棒均匀涂布印刷到薄膜上，放置 3 h，待油墨干燥；将印刷膜裁剪成 $12\text{ cm}\times 12\text{ cm}$ 大小，然后热封制成 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 包装袋；按上述浓度要求配置模拟液，量取 80 mL 食品模拟液，分别装入制好的包装袋中，进行热封；将迁移包装袋分别置于常温 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 室内和 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温箱中，在 2, 8, 12, 24, 72, 96, 120, 168, 240 h 时各取 $1\text{ }\mu\text{L}$ 用于 GC-MS 分析，每点 3 个平行样；将迁移包装袋剪成小块，尺寸大小 $0.5\text{ cm}\times 0.5\text{ cm}$ ，放到 20 mL 的具塞三角瓶中，倒入 20 mL 甲醇，震荡 30 min，静置 1 h 后过滤，取 $1\text{ }\mu\text{L}$ 用于 HS-GC-MS 分析。

2 结果与讨论

2.1 标准曲线的建立

油墨中 15 种常用溶剂总离子流谱见图 1，每种溶剂的线性方程及相关系数见表 1。从表 1 可以看出，15 种溶剂的标准曲线均具有较好的线性关系。

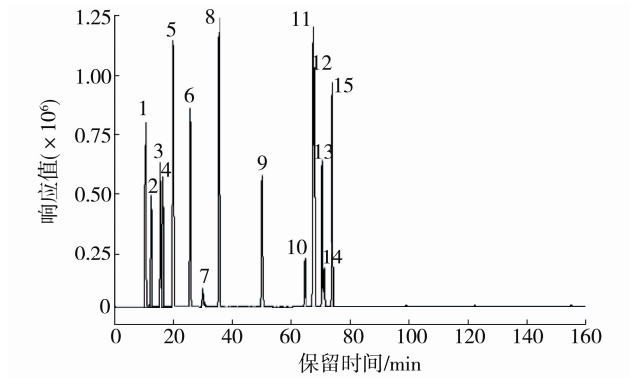


图 1 油墨中常用 15 种溶剂总离子流谱
Fig.1 15 kinds of commonly used solvent inks total ion spectra

表 1 油墨中 15 种溶剂的保留时间、线性方程及相关系数和方法检出限
Tab.1 Ink retention time, linear equations and correlation coefficient and the method detection limit of 15 kinds of solvents

序号	溶剂名称	保留时间/min	线性方程	相关系数 R^2	检出限/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-2})$
1	正丙醇	1.186	$y=1\times 10^7x+118\ 436$	0.9949	0.003
2	异丙醇	1.249	$y=1\times 10^7x-201\ 627$	0.9906	0.005
3	丁酮	1.565	$y=1\times 10^6x-306\ 069$	0.9992	0.003
4	乙酸乙酯	1.648	$y=2\times 10^6x-231\ 504$	0.9987	0.004
5	正丁醇	2.009	$y=2\times 10^6x+84\ 238$	0.9931	0.005
6	乙酸丙酯	2.571	$y=1\times 10^6x+10\ 545$	0.9965	0.005
7	1,2-丙二醇	3.002	$y=5\times 10^6x-394\ 829$	0.9991	0.004
8	甲苯	3.557	$y=4\times 10^6x+553\ 047$	0.9917	0.003
9	乙酸丁酯	4.984	$y=1\times 10^6x+36\ 507$	0.9947	0.003
10	二甲苯	6.444	$y=80\ 4511x+36\ 064$	0.9904	0.005
11	邻二甲苯	6.726	$y=4\times 10^6x-39\ 587$	0.9985	0.005
12	对二甲苯	6.768	$y=2\times 10^6x+274\ 067$	0.9949	0.005
13	乙酸异戊酯	7.037	$y=2\times 10^6x-38\ 584$	0.9991	0.005
14	环己酮	7.098	$y=55\ 3194x+10\ 385$	0.9965	0.004
15	间二甲苯	7.378	$y=4\times 10^6x+120\ 037$	0.9991	0.005

为了验证检测方法的准确性，对 15 种溶剂样品进行空白加标回收实验，每个实验进行 6 次平行测定，计算平均回收率和标准偏差。实验结果见表 2。

表 2 油墨中 15 种常用溶剂加标回收率和精密度
Tab.2 The standard addition recovery and precision of 15 kinds of commonly used solvents in the ink

序号	溶剂名称	加标值/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)			测定值/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)				回收率/%	RSD/%
1	异丙醇	0.157	0.158	0.139	0.142	0.135	0.142	0.154	92.3	2.7
2	丁酮	0.191	0.178	0.202	0.193	0.188	0.164	0.183	96.7	1.3
3	乙酸乙酯	0.180	0.169	0.181	0.173	0.147	0.178	0.171	94.5	1.7
4	正丁醇	0.182	0.193	0.164	0.177	0.127	0.170	0.178	92.3	2.2
5	甲苯	0.173	0.173	0.180	0.125	0.179	0.130	0.165	91.7	2.5
6	正丙醇	0.213	0.213	0.182	0.232	0.174	0.241	0.223	98.9	2.7
7	乙酸丙酯	0.178	0.144	0.163	0.194	0.174	0.189	0.124	92.5	2.7
8	乙酸丁酯	0.177	0.181	0.163	0.164	0.163	0.199	0.177	98.7	1.6
9	二甲苯	0.174	0.159	0.158	0.179	0.178	0.168	0.164	96.3	0.9
10	邻二甲苯	0.176	0.174	0.154	0.160	0.154	0.181	0.156	92.8	1.2
11	对二甲苯	0.172	0.170	0.170	0.177	0.164	0.163	0.149	96.2	1.0
12	乙酸异戊酯	0.175	0.157	0.163	0.154	0.113	0.106	0.143	99.6	2.4
13	环己酮	0.178	0.166	0.179	1.575	0.153	0.143	0.126	85.8	1.8
14	间二甲苯	0.173	0.175	0.170	0.173	0.171	0.164	0.171	98.8	0.4
15	1,2-丙二醇	0.205	0.185	0.184	0.185	0.182	0.185	0.186	90.0	0.2

从表 2 可以看出,15 种样品的回收率均在 90% 以上,标准偏差在 0.2%~2.7%之间,说明检测方法具有较高的准确性和精密度。

2.2 印刷油墨残留溶剂分析

食品软包装常用印刷油墨的溶剂挥发性成分

见表 3。从表 3 中可以看出,食品包装材料的印刷油墨中含有不同种类的挥发性有机溶剂,16 种油墨样品中有 15 种检出了挥发性有机物,其中 12 种含有苯系物,苯系物的检出率高达 75%,酯类溶剂包括乙酸乙酯、乙酸丙酯、乙酸丁酯和乙酸异戊酯。

表 3 16 种印刷油墨的残留溶剂检测结果
Tab.3 The solvent residual test results of 16 kinds of printing ink

mg/m^2

名称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
丁酮	—	—	—	—	—	0.035	—	—	0.017	—	—	—	—	—	—	—
乙酸乙酯	—	—	—	—	—	—	—	0.036	—	—	—	—	—	0.051	—	—
甲苯	—	—	—	0.022	0.015	—	—	—	—	0.009	0.005	0.198	0.277	—	—	0.023
乙酸丙酯	0.006	0.012	—	0.012	0.032	0.109	0.204	0.005	—	0.858	0.43	—	0.351	—	—	0.005
乙酸丁酯	—	1.094	—	0.076	0.589	0.559	—	—	0.053	0.573	0.562	—	0.083	—	—	—
邻二甲苯	0.098	—	0.011	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
对二甲苯	—	0.395	—	—	0.005	0.639	—	—	0.016	—	—	—	—	—	—	—
乙酸异戊酯	—	0.016	—	—	—	0.013	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,2-丙二醇	—	—	—	—	0.324	—	0.023	0.005	0.008	—	—	—	—	—	—	—
溶剂总量	0.104	1.517	0.011	0.110	0.965	1.355	0.227	0.046	0.094	1.440	0.997	0.198	0.711	0.051	—	0.028
苯系物残留总量	0.098	0.395	0.011	0.022	0.020	0.639	—	—	0.016	0.009	0.005	0.198	0.277	—	—	0.023

注:“—”表示未检出或低于检出限。

2.3 油墨溶剂向食品模拟液中的迁移实验

2.3.1 甲苯在包装中的迁移残留行为

甲苯在不同温度下在单层 PE 包装材料上的残留量及向 4 种食品模拟液(蒸馏水、乙酸、乙醇和

正己烷)中的迁移量见图 2,(图 2—4 中上升曲线为迁移量曲线,下降曲线为残留量曲线)。

根据自由体积的理论分析^[12],当包装体系(迁移物/聚合物/食品模拟物)所处环境温度较高时,迁移化合物分子的活化能也比较大,导致迁移物分

子容易发生迁移行为。从图 2 可以看出,甲苯在 40 °C

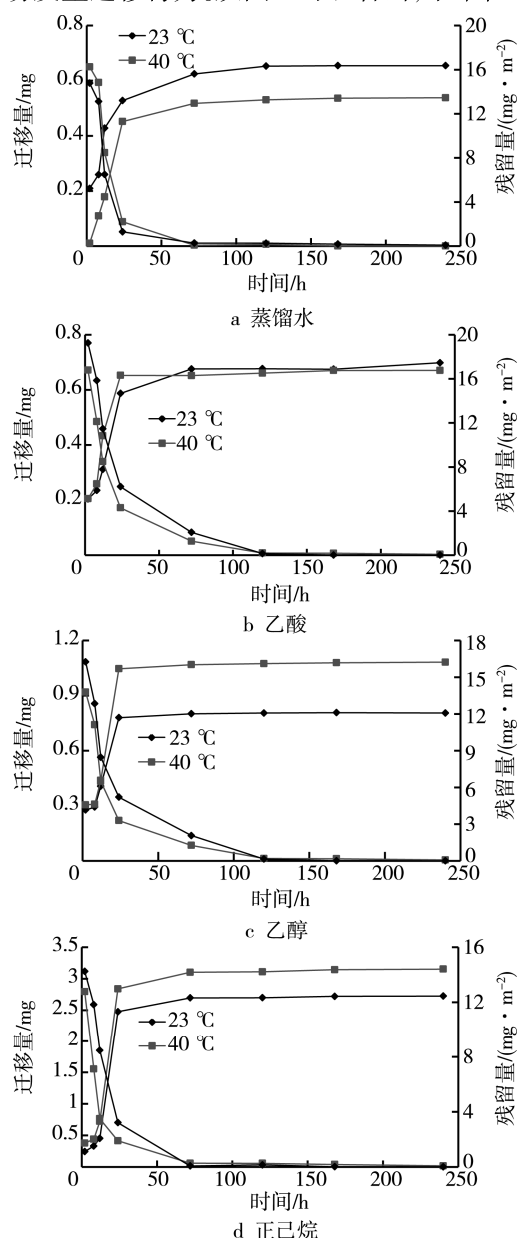


图 2 甲苯向 4 种食品模拟液中的迁移量

Fig.2 The migration amount of toluene to four kinds of food simulants

的迁移量明显高于 23 °C 时的迁移量。温度越高,迁移物质分散速度越快,到达迁移平衡的时间越短。

从图 2 还可以看出,食品模拟物对甲苯迁移量有显著的影响^[13],甲苯向食品模拟液中迁移量的大小依次为正己烷>乙醇>乙酸>蒸馏水,产生此现象是由于甲苯为非极性,正己烷也为非极性,即甲苯和食品模拟物极性越相近,根据“相似相溶”原理,甲苯在正己烷中的迁移量就越大。

将薄膜袋中甲苯的残留量进行研究比较,可以发现随着存放时间的延长,残留量均减少,在 6 h 之前甲苯残留量的挥发速率较快,此后平衡到定值,其中盛装不同食品模拟液包装袋的甲苯残留量大

小依次为蒸馏水 (0.016 mg/m²) > 乙酸 (0.008 mg/m²) > 乙醇 (0.007 mg/m²) > 正己烷 (0.006 mg/m²), 但残留量大小并没有太大的差异。由于油墨中的颜料颗粒比较小,比表面积大,对甲苯吸附能力很强,且聚合物薄膜本身对其也存在吸附作用^[14],故甲苯残留量没有明显差别。

2.3.2 乙酸丁酯在包装中的迁移残留行为

乙酸丁酯在不同温度下向 4 种食品模拟液 (蒸馏水、乙酸、乙醇和正己烷) 中的迁移量及乙酸丁酯在单层 PE 包装材料上的残留量见图 3。

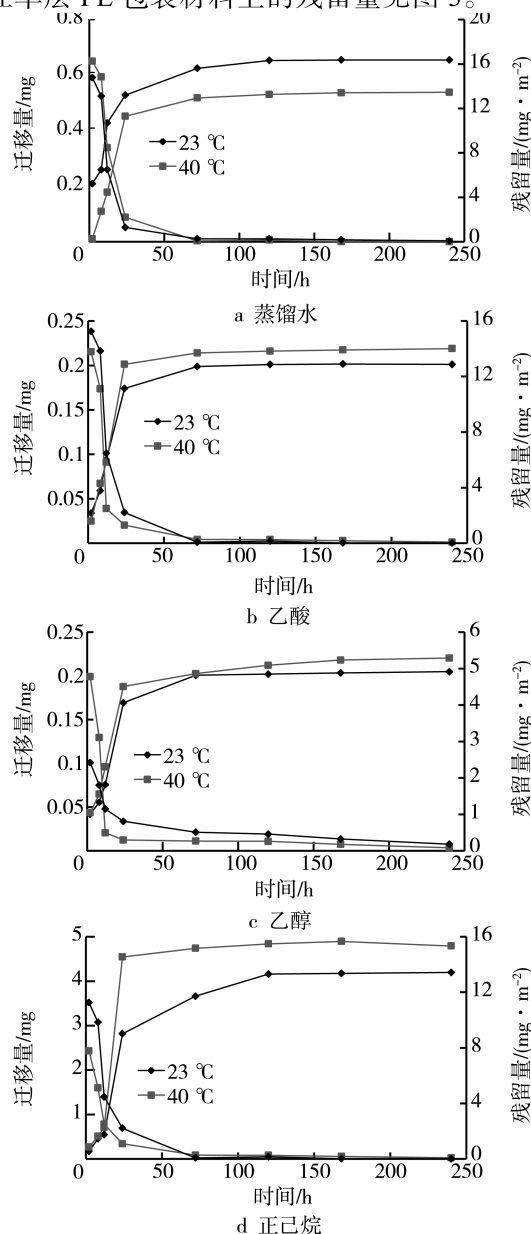


图 3 乙酸丁酯向 4 种模拟液中的迁移量

Fig.3 The migration amount of butyl acetate to four kinds of food simulants

实验结果表明,温度对于乙酸丁酯的迁移量也有较大影响,温度较高,迁移速率越快,但是随着气-固-液三相的平衡,迁移量变化较小,最终达到

平衡;乙酸丁酯向不同食品模拟液的迁移量大小依次为正己烷>乙醇>乙酸>蒸馏水,这与食品模拟物和乙酸丁酯的极性有关^[15],正己烷和乙酸丁酯的溶解度系数较为接近,故容易发生迁移;乙酸丁酯的残留量大小依次为正己烷(0.011 mg/m^2)>乙酸(0.009 mg/m^2)>乙醇(0.007 mg/m^2)>蒸馏水(0.005 mg/m^2)。与甲苯相比,乙酸丁酯的残留量较小,主要是由于乙酸丁酯的挥发速率大于甲苯,故包装材料上甲苯的残留量较大。

2.3.3 丁酮在包装中的迁移残留行为

丁酮在不同温度下向4种食品模拟液(蒸馏水、乙酸、乙醇和正己烷)中的迁移量及丁酮在单层PE包装材料上的残留量见图4。

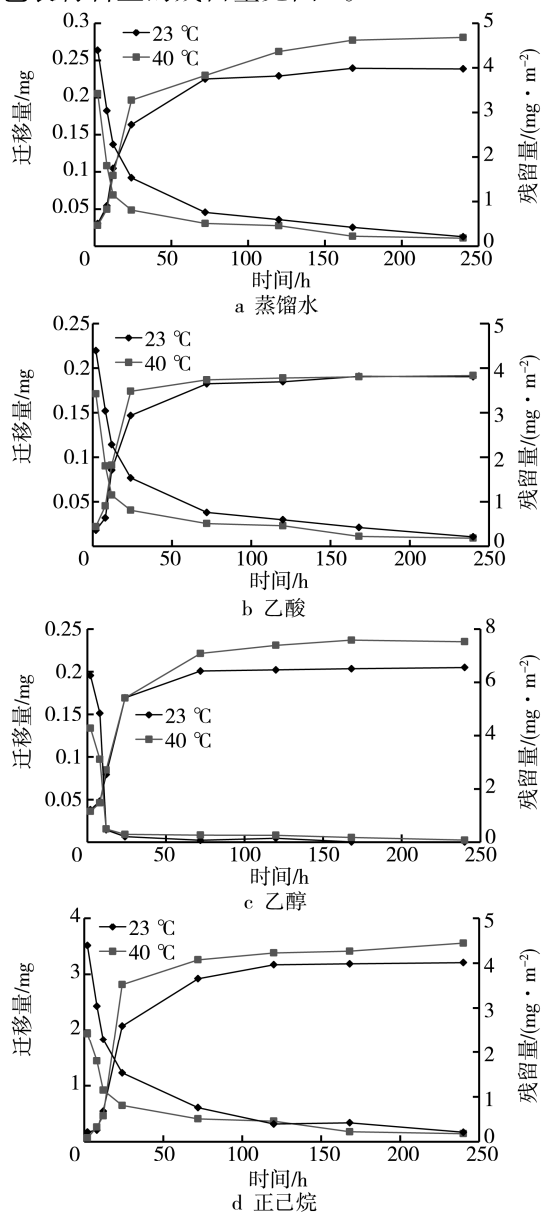


图4 丁酮向4种食品模拟液中的迁移量

Fig.4 The migration amount of butanone to four kinds of food simulants

研究结果表明,温度对丁酮的影响与甲苯、乙酸丁酯相同;丁酮向不同食品模拟液中的迁移量大小为正己烷>蒸馏水>乙醇>乙酸;在常温 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下,丁酮残留量的大小依次为蒸馏水>乙醇>正己烷>乙酸。

2.4 包装材料对油墨溶剂迁移量的影响

在常温(23 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 条件下,不同的包装材料对残留溶剂达到平衡时的迁移量存在不同程度的影响,主要是与包装材料的性质结构、残留溶剂的化学性质以及食品模拟物的化学性质有关,实验结果见图5。

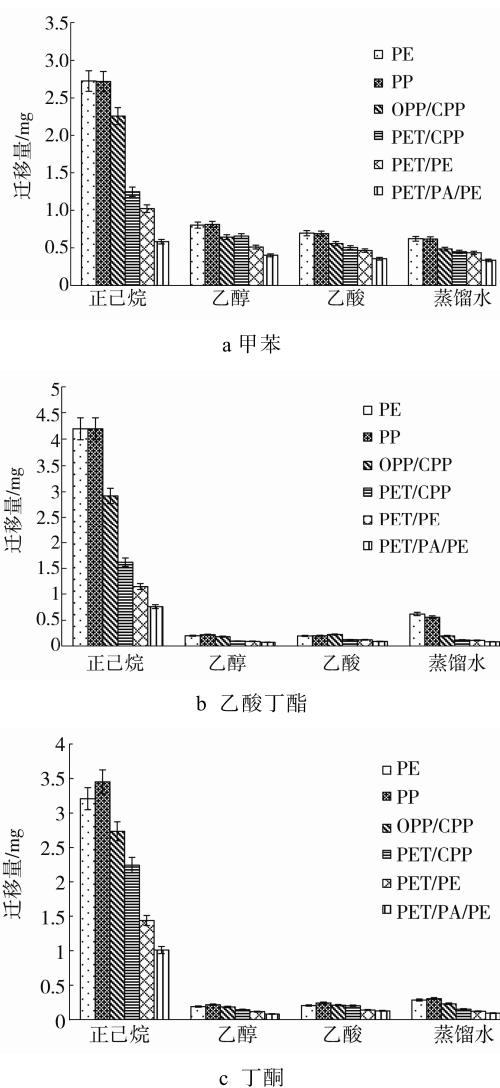


图5 不同包装材料对油墨溶剂迁移量的影响

Fig.5 Effect of different materials on the migration quantity of printing ink solvent

由于不同的材料本身的结构和理化性质不同,吸附溶剂的能力也不尽相同。单层包装中,对甲苯、

乙酸丁酯和丁酮的吸附能力大小依次为 PP<PE。在复合包装中,内层为 CPP 的复合材料对甲苯的吸附量相对多,导致迁移量也随之增加。与单层包装材料相比,复合包装材料具有较好的阻隔性能,有机挥发性溶剂不易向食品中迁移。不同性质的食品模拟液对迁移量也存在影响,甲苯、乙酸丁酯和丁酮向正己烷中的迁移量较多,这是基于“相似相溶”原则,正己烷的溶解度参数与3种溶剂的溶解度参数较为接近。

3 结语

采用顶空气相色谱-质谱联用(HS-GC-MS)技术,对印刷油墨的挥发性溶剂在食品软包装中的残留和迁移行为进行了分析,结果表明,油墨溶剂在食品软包装中的迁移与温度有关,温度越高,迁移速率越大。残留溶剂在食品模拟液中的迁移量的从大到小依次为正己烷、乙醇、乙酸和蒸馏水,而且溶剂在复合包装材料中的迁移量明显低于在单层包装材料中的迁移量,因此,在实际生产中应尽量采用复合材料作为食品包装材料。

参考文献:

- [1] 许文才,李东立,魏华. 国内外食品包装安全研究进展[J]. 包装工程, 2009, 30(8): 87.
XU Wen-cai, LI Dong-li, WEI Hua. Domestic and Foreign Food Packaging Safety Research Progress[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8): 87.
- [2] 钟泽辉,李婷,杨辉,等. 数字印刷油墨及食品接触包装材料的迁移研究进展[J]. 包装学报, 2011, 3(1): 40—43.
ZHONG Ze-hui, LI Ting, YANG Hui. Migration of Digital Printing Ink and Food Contact Packaging Material Progress[J]. Packaging Sinica, 2011, 3(1): 40—43.
- [3] POÇAS M D, OLIVEIRA J C, PEREIRA J R, et al. Modelling Migration from Paper into a Food Simulant[J]. Food Control, 2011, 22(2): 303—312.
- [4] TEHRANY E A, FOURNIER F, DESOBRY S. Simple Method to Calculate Partition Coefficient of Migrant in Food Simulant/polymer System[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(1): 135—139.
- [5] SHAHBAZIKHAH P, ASADOLLAHI-BABOLI M, KHAKSAR R, et al. Predicting Partition Coefficients of Migrants in Food Simulant/Polymer Systems Using Adaptive Neuro-fuzzy Inference System[J]. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2011, 22(8): 1446—1451.
- [6] 申松梅,曹先仲,宋艳辉,等. 多环芳烃的性质及其危害[J]. 贵州化工, 2008, 33(3): 61—63.
- SHEN Song-mei, CAO Xian-zhong, SONG Yan-hui, et al. The Nature and Harm of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons[J]. Guizhou Chemical, 2008, 33(3): 61—63.
- [7] 孟哲. 食品包装材料上油墨中残留烷基苯成分分析及其迁移性的 GC-MS 研究[J]. 高等学校化学学报, 2007, 28(6): 1039—1042.
MENG Zhe. Inks on food Packaging Material and Residual Benzene Mobility Component Analysis by GC-MS Research[J]. Chemical Journal, 2007, 28(6): 1039—1042.
- [8] PENNARUN P Y, DOLE P, FEIGENBAUM A. Overestimated Diffusion Coefficients for the Prediction of Worst Case Migration from PET: Application to Recycled PET and to Functional Barriers Assessment[J]. Packaging Technology and Science, 2004, 17(6): 307—320.
- [9] 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): 127.
WANG Zhi-wei, HUANG Xiu-ling, HU Chang-ying. Migration of Many Types of Food Packaging Materials [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 127.
- [10] 毛希琴. 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. Plastic Food Packaging Materials and Solvent Residue Management Situation in China and Abroad Comparison[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(3): 42—46.
- [11] 熊中强,于艳军. 食品包装材料中的挥发性和迁出性有机残留的检测—顶空气相色谱法[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(6): 1237—1239.
XIONG Zhong-qiang, YU Yan-jun. Food Packaging Materials in and Move Out of the Volatile Organic Residues Detected-headspace Gas Chromatography[J]. Chinese Journal of Health Laboratory, 2009, 19(6): 1237—1239.
- [12] PEROU A, LAOUBI S, VERGNAUD J. Model for Transfer of Contaminant During the Coextrusion of Three-layer Food Package with A Recycled Polymer, Effect on the Time of Protection of the Food of the Relative Thicknesses of the Layers[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1999, 73(10): 1939—1948.
- [13] REYNIER A, DOLE P, FEIGENBAUM A. Migration of Additives from Polymers into Food Simulants: Numerical Solution of A Mathematical Model Taking into Account Food and Polymer Interactions[J]. Food Additives and Contaminants, 2002, 19(1): 89—102.
- [14] POÇAS M F, OLIVEIRA J C, OLIVEIRA F A R, et al. A Critical Survey of Predictive Mathematical Models for Migration from Packaging[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2008, 48(10): 913—928.
- [15] CANELLAS E, AZNAR M, NERIN C, et al. Partition and Diffusion of Volatile Compounds from Acrylic Adhesives Used for Food Packaging Multilayers Manufacturing[J]. Journal of Materials Chemistry, 2010, 20(24): 5100—5109.