

中图分类号: R927.2; R955 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2025)23-0078-05
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2025.23.015



高效液相色谱法测定甘油果糖氯化钠注射液和五层共挤输液用袋中 7 种邻苯二甲酸酯类增塑剂含量

王晓兰¹, 李 静², 张小春¹, 蒲小聪¹, 曾念利¹, 郭燕燕¹, 成 婕¹, 江 燕^{1△}

(1. 四川省药品检验研究院·工业和信息化部产业技术基础公共服务平台, 四川 成都 611731; 2. 石家庄科技职业学院基础教学部, 河北 石家庄 050000)

摘要:目的 建立测定五层共挤输液用袋和甘油果糖氯化钠注射液中邻苯二甲酸二甲酯(DMP)、邻苯二甲酸二异丁酯(DIBP)、邻苯二甲酸二丁酯(DBP)、邻苯二甲酸二戊酯(DAP)、邻苯二甲酸二己酯(DHP)、双(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯(DEHP)、邻苯二甲酸双十二酯(DDP) 7 种邻苯二甲酸酯(PAEs)类增塑剂含量的高效液相色谱法。方法 提取溶剂为二氯甲烷, 色谱柱为 Waters Symmetry Shield™ RP₁₈ 柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 流动相为 1% 醋酸水溶液-甲醇(梯度洗脱), 流速为 1.0 mL/min, 柱温为 30 ℃, 检测波长为 277 nm, 进样量为 10 μL。结果 DMP, DIBP, DBP, DAP, DHP, DEHP, DDP 的质量浓度分别在 1.08~43.32 μg/mL、1.03~41.15 μg/mL、1.03~41.39 μg/mL、1.03~41.14 μg/mL、1.03~41.08 μg/mL、1.03~41.15 μg/mL、0.97~38.68 μg/mL 范围内与峰面积线性关系良好($r \geq 0.9999$, $n = 6$); 精密度、稳定性、重复性试验结果的 RSD 均小于 3.0%; 平均加样回收率分别为 90.53%, 98.59%, 97.69%, 89.23%, 101.33%, 91.72%, 98.15%, RSD 分别为 8.73%, 7.66%, 6.16%, 7.15%, 6.03%, 5.59%, 7.23% ($n = 9$)。五层共挤输液用袋中仅检出 DEHP(质量浓度为 1.25 μg/mL), 其余 6 种 PAEs 类增塑剂均未检出; 在长期试验和加速试验条件下, 甘油果糖氯化钠注射液中均未检出上述 7 种 PAEs 类增塑剂。结论 该方法操作简便、灵敏度高、重复性好、结果准确, 可用于甘油果糖氯化钠注射液中 7 种 PAEs 类增塑剂的含量测定, 并为其他塑料包装注射剂中 PAEs 类增塑剂的迁移考察提供了参考。

关键词: 高效液相色谱法; 五层共挤输液用袋; 甘油果糖氯化钠注射液; 邻苯二甲酸酯类增塑剂; 含量测定

Determination of Seven Phthalic Ester Plasticizers in Glycerol Fructose and Sodium Chloride Injection and Five - Layer Co - Extrusion Infusion Bags by HPLC

WANG Xiaolan¹, LI Jing², ZHANG Xiaochun¹, PU Xiaocong¹, ZENG Nianli¹, GUO Yanyan¹, CHENG Jie¹, JIANG Yan¹

(1. Sichuan Institute for Drug Control · MIIT Public Service Platforms for Industrial Technological Base, Chengdu, Sichuan, China 611731;

2. Department of Basic Teaching, Shijiazhuang Vocational College of Science & Technology, Shijiazhuang, Hebei, China 050000)

Abstract: Objective To establish a high-performance liquid chromatography (HPLC) method for the content determination of seven phthalic ester (PAEs) plasticizers [dimethyl phthalate (DMP), diisobutyl phthalate (DIBP), dibutyl phthalate (DBP), dipentyl phthalate (DAP), dihexyl phthalate (DHP), di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), and di(dodecyl) phthalate (DDP)] in Glycerol Fructose and Sodium Chloride Injection and five-layer co-extrusion infusion bags. **Methods** The extraction solvent was dichloromethane, the chromatographic column was Waters Symmetry Shield™ RP₁₈ column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), the mobile phase was 1% acetic acid aqueous solution-methanol (gradient elution), the flow rate was 1.0 mL/min, the column temperature was 30 ℃, the detection wavelength was 277 nm, and the injection volume was 10 μL. **Results** The linear ranges of DMP, DIBP, DBP, DAP, DHP, DEHP, and DDP were 1.08 - 43.32 μg/mL, 1.03 - 41.15 μg/mL, 1.03 - 41.39 μg/mL, 1.03 -

第一作者: 王晓兰, 女, 硕士, 主管药师, 研究方向为药品包装材料检测及药包材与药品相容性, (电子信箱)872683166@qq.com。

△通信作者: 江燕, 女, 硕士, 副主任药师, 研究方向为药品包装材料检测及药包材与药品相容性, (电子信箱)623828337@qq.com。

- [16] YUE HX, HU ZN, HU R, et al. ALDH1A1 in Cancers: Bidirectional Function, Drug Resistance, and Regulatory Mechanism [J]. Front Oncol, 2022, 12: 918778.
- [17] BARKAL AA, BREWER RE, MARKOVIC M, et al. CD24 signalling through macrophage Siglec - 10 is a target for cancer immunotherapy [J]. Nature, 2019, 572(7769): 392 - 396.
- [18] SKOWRON MA, BECKER TK, KURZ L, et al. The signal transducer CD24 suppresses the germ cell program and promotes an ectodermal rather than mesodermal cell fate in embryonal carcinomas [J]. Mol Oncol, 2022, 16(4): 982 - 1008.
- [19] AYRE CD, PALLEGAR KN, FAIRBRIDGE AN, et al. Analysis of the structure, evolution, and expression of CD24, an important regulator of cell fate [J]. Gene, 2016, 590(2): 324 - 337.
- [20] VANHARANTA S, SHU W, BRENET F, et al. Epigenetic expansion of VHL-HIF signal output drives multiorgan metastasis in renal cancer [J]. Nature Medicine, 2013, 19(1): 50 - 56.
- [21] PANAGIOTOU E, SYRIGOS NK, CHARPIDOU A, et al. CD24: A Novel Target for Cancer Immunotherapy [J]. J Pers Med, 2022, 12(8): 1235.

(收稿日期: 2025-04-28; 修回日期: 2025-08-17)

41.14 $\mu\text{g} / \text{mL}$, 1.03 – 41.08 $\mu\text{g} / \text{mL}$, 1.03 – 41.15 $\mu\text{g} / \text{mL}$, 0.97 – 38.68 $\mu\text{g} / \text{mL}$ ($r \geq 0.999\ 9, n = 6$), respectively. The RSDs of precision, stability, and repeatability test results were all lower than 3.0%. The average recoveries of seven PAEs were 90.53%, 98.59%, 97.69%, 89.23%, 101.33%, 91.72%, and 98.15%, with RSDs of 8.73%, 7.66%, 6.16%, 7.15%, 6.03%, 5.59%, and 7.23% ($n = 9$), respectively. **Conclusion** This method is simple, sensitive, reproducible, and accurate, which can be used for the content determination of seven PAEs plasticizers in Glycerol Fructose and Sodium Chloride Injection. It also provides a reference for the migration investigation of PAEs plasticizers in other plastic packaging injections.

Key words: HPLC; five – layer co – extrusion infusion bags; Glycerol Fructose and Sodium Chloride Injection; phthalic ester plasticizers; content determination

甘油果糖氯化钠注射液作为治疗急慢性颅内压增高、脑水肿的临床常用药,常用直接接触药品的包装形式为多层共挤输液用袋装(如三层共挤输液用袋装和五层共挤输液用袋装)。其中,多层共挤输液用膜制袋的材质为高分子有机物质,为延长高分子材料的寿命,抑制或延缓聚合物的氧化降解,提高柔韧性,常加入适当添加剂(如抗氧剂、增塑剂、润滑剂、着色剂等)^[1]。邻苯二甲酸酯(PAEs)常作为增塑剂添加至塑料制品中,以改善塑料制品的可塑性、柔韧性及延展性^[2-3]。PAEs已在全球各类环境介质、生物及人体中被检出,是一类普遍存在且浓度较高的有机污染物^[4],会干扰人体的内分泌^[5-6],同时具有潜在的致癌、致畸、致突变和生殖毒性^[7]。由于增塑剂与塑料聚合物链间不是化学键合,而是通过分子间的作用力连接,包装系统中的增塑剂在药品运输和储存过程中有可能迁移至药品中,导致药品被污染。张文华等^[8]的研究中列出了19种PAEs类增塑剂口服途径的每日允许暴露量(PDE)和安全性阈值(SCT),《食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准》(GB 9685 — 2016)^[9]对包装材料中添加剂的最大使用量、最大迁移量作了限量规定,为药品包装材料(简称药包材)相容性研究中PAEs类增塑剂的安全性评估提供了参考。本研究中基于安全考虑,对《化学药品与弹性体密封件相容性研究技术指导原则(试行)》(以下简称《指导原则》)^[1]中重点关注的邻苯二甲酸二丁酯(DBP)、双(2 – 乙基己基)邻苯二甲酸酯(DEHP)、邻苯二甲酸双十二酯(DDP),以及参考文献[3, 10 – 15]筛选出的邻苯二甲酸二甲酯(DMP)、邻苯二甲酸二异丁酯(DIBP)、邻苯二甲酸二戊酯(DAP)、邻苯二甲酸二己酯(DHP)共7种PAEs类增塑剂进行研究,建立了测定五层共挤输液用袋和甘油果糖氯化钠注射液中上述7种PAEs类增塑剂含量的高效液相色谱(HPLC)法,为该品种及其他塑料包装注射剂类产品中PAEs类增塑剂迁移情况的有效监测提供技术参考。现报道如下。

1 仪器与试药

1.1 仪器

XS205DU 型电子天平(瑞士 Mettler Toledo 公司,精

度为 0.01 mg); e2695 型 HPLC 仪(美国 Waters 公司); Milli – Q Advantage A10 型超纯水制水机(德国 Merck Millipore 公司); AS5150A 型超声波清洗机(天津奥特赛恩斯仪器有限公司,功率为 180 W,频率为 40 kHz)。

1.2 试剂

五层共挤输液用袋(某公司,批号为 D190701 – 1); 甘油果糖氯化钠注射液(某公司,批号分别为 A190701, A190702, A190703, 规格为每瓶 250 mL); DMP 对照品(批号为 G163559, 含量为 99.9%), DIBP 对照品(批号为 G141696, 含量为 99.5%), DBP 对照品(批号为 G141687, 含量为 99.4%), DAP 对照品(批号为 G159523, 含量为 98.9%), DHP 对照品(批号为 G141694, 含量为 97.9%), 均购自 Dr. Ehrenstorfer GmbH; DEHP 对照品(美国 Sigma – Aldrich 公司,批号为 MKCD5517, 含量为 99.5%); DDP 对照品(比利时 Acros 公司,批号为 A0343007, 含量为 97.0%); 甲醇(批号为 195912), 正己烷(批号为 195407), 均为色谱纯, 购自美国 Fisher Scientific 公司; 乙酸(色谱纯, 深圳市西恩威电子有限公司, 批号为 R310001); 二氯甲烷(分析纯, 成都市科隆化学品有限公司, 批号为 20170612); 水为超纯水(Milli – Q Advantage A10 超纯水处理系统制备)。

2 方法与结果

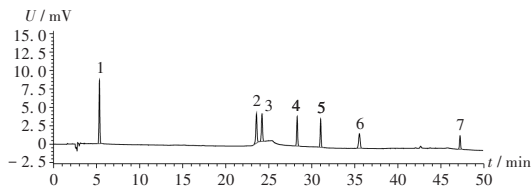
2.1 色谱条件与系统适用性试验

色谱柱: Waters Symmetry Shield™ RP₁₈ 柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm); 流动相: 1% 醋酸水溶液(A) – 甲醇(B), 梯度洗脱(洗脱程序见表 1); 流速: 1.0 mL / min; 柱温: 30 $^{\circ}\text{C}$; 检测波长: 277 nm; 进样量: 10 μL 。在此色谱条件下, 混合对照品溶液(质量浓度为 10 $\mu\text{g} / \text{mL}$)的色谱图见图 1。各化合物均满足分离度大于 1.5, 理论板数大于 5 000。

表 1 流动相梯度洗脱程序(%)

Tab. 1 Gradient elution program of mobile phase (%)

时间	流动相 A	流动相 B	时间	流动相 A	流动相 B
0 min	40	60	42 min	0	100
10 min	40	60	52 min	0	100
20 min	23	77	53 min	40	60
27 min	10	90	58 min	40	60
35 min	10	90			



1. 邻苯二甲酸二甲酯 2. 邻苯二甲酸二异丁酯 3. 邻苯二甲酸二丁酯 4. 邻苯二甲酸二戊酯 5. 邻苯二甲酸二己酯 6. 双(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯 7. 邻苯二甲酸双十二酯

图1 混合对照品溶液高效液相色谱图

1. Dimethyl phthalate 2. Diisobutyl phthalate 3. Dibutyl phthalate
4. Dipentyl phthalate 5. Dihexyl phthalate 6. Di (2-ethylhexyl) phthalate 7. Di (dodecyl) phthalate

Fig.1 HPLC chromatogram of the mixed reference solution

2.2 溶液制备

分别取增塑剂DMP,DIBP,DBP,DAP,DHP,DEHP,DDP对照品各适量,精密称定,分别置10 mL容量瓶中,加甲醇定容,制成质量浓度均为1 000 μg/mL的单一对照品贮备液。分别精密量取上述单一对照品贮备液各2 mL,置50 mL容量瓶中,加甲醇定容,制成质量浓度分别为43.32,41.15,41.39,41.14,41.08,41.15,38.68 μg/mL的混合对照品溶液。

取五层共挤输液用袋,剪碎成约5 mm×5 mm大小,混匀,取2.5 g,精密称定,置纳氏比色管中,加25 mL二氯甲烷,超声处理(功率为180 W,频率为40 kHz)45 min,抽真空,旋蒸挥干溶剂,残渣用甲醇复溶,转移至25 mL容量瓶中,加甲醇定容,0.45 μm尼龙滤膜滤过,取续滤液,即得提取供试品溶液。

取甘油果糖氯化钠注射液25 mL,置纳氏比色管中,精密加入25 mL二氯甲烷,分离有机层,同法萃取2次,合并有机层,抽真空,旋蒸挥干溶剂,残渣用甲醇复溶,转移至10 mL容量瓶中,加甲醇定容,0.45 μm尼龙滤膜滤过,取续滤液,即得迁移供试品溶液。

2.3 方法学考察

线性关系考察:取2.2项下混合对照品溶液适量,加甲醇稀释成系列质量浓度的混合对照品溶液(见

表2),按2.1项下色谱条件进样测定,以峰面积(Y)为纵坐标、质量浓度(X,μg/mL)为横坐标进行线性回归。结果见表3,表明7种PAEs类增塑剂在各自质量浓度范围内与峰面积线性关系良好。

表2 混合对照品溶液质量浓度(μg/mL)

Tab.2 Mass concentration of the mixed reference solution (μg/mL)

PAEs	1	2	3	4	5	6
DMP	43.32	21.66	10.83	5.41	2.17	1.08
DIBP	41.15	20.58	10.29	5.14	2.06	1.03
DBP	41.39	20.70	10.35	5.17	2.07	1.03
DAP	41.14	20.57	10.29	5.14	2.06	1.03
DHP	41.08	20.54	10.27	5.13	2.05	1.03
DEHP	41.15	20.58	10.29	5.14	2.06	1.03
DDP	38.68	19.34	9.67	4.84	1.93	0.97

检测限与定量限确定:取对照品溶液(DMP,DAP质量浓度均为0.20 μg/mL,DIBP,DBP,DHP,DEHP,DDP质量浓度均为0.60 μg/mL)适量,按2.1项下色谱条件进行测定,以信噪比(S/N)为3:1时的质量浓度为检测限,以S/N为10:1时的质量浓度为定量限。结果见表3。

精密度试验:取2.2项下混合对照品溶液适量,稀释成质量浓度约为5 μg/mL的溶液,按2.1项下色谱条件连续进样测定6次,记录峰面积。结果见表3,表明仪器精密度良好。

加样回收试验:取甘油果糖氯化钠注射液(批号为A190701)25 mL,置纳氏比色管中,加25 mL二氯甲烷萃取,分离有机层,同法萃取2次,合并有机层,再分别精密加入2.2项下混合对照品溶液(质量浓度为40 μg/mL)0.5,1.0,2.5 mL,抽真空,旋蒸挥干溶剂,残渣用甲醇复溶,转移至10 mL容量瓶中,加甲醇定容,0.45 μm尼龙滤膜滤过,即得低、中、高质量浓度的加标供试品溶液,每个浓度平行3份,按2.1项下色谱条件进样测定,记录峰面积,并计算回收率。结果见表3,表明方法准确度良好。

重复性试验:由于迁移样品中未检出7种PAEs类

表3 方法学考察结果

Tab.3 Results of the methodological investigation

PAEs	回归方程	r	线性范围	检测限	定量限	精密度试验的	稳定性试验的RSD(% ,n=3)		重复性试验(% ,n=6)		加样回收试验(% ,n=9)	
			(μg/mL)	(μg/mL)	(μg/mL)	RSD(% ,n=6)	混合对照品溶液	加标供试品溶液	平均回收率	RSD	平均回收率	RSD
DMP	$Y=3\,980.283\,1\,X+221.690\,1$	0.999\,9	1.08~43.32	0.25	0.83	0.35	1.35	1.33	99.65	0.30	90.53	8.73
DIBP	$Y=2\,780.479\,9\,X-432.758\,7$	0.999\,9	1.03~41.15	0.58	1.93	0.77	1.93	1.71	108.04	0.94	98.59	7.66
DBP	$Y=2\,632.033\,6\,X-553.601\,0$	1.000\,0	1.03~41.39	0.41	1.37	0.99	2.54	0.65	104.96	2.08	97.69	6.16
DAP	$Y=2\,422.333\,2\,X+167.357\,0$	1.000\,0	1.03~41.14	0.31	1.03	0.45	2.37	0.14	96.42	0.70	89.23	7.15
DHP	$Y=2\,166.717\,0\,X-9.424\,9$	0.999\,9	1.03~41.08	0.25	0.82	0.25	1.61	0.54	107.81	1.37	101.33	6.03
DEHP	$Y=1\,907.829\,9\,X-334.160\,5$	0.999\,9	1.03~41.15	0.53	1.75	0.46	1.71	0.64	98.12	0.71	91.72	5.59
DDP	$Y=1\,299.591\,5\,X-222.832\,4$	1.000\,0	0.97~38.68	0.46	1.54	0.90	2.04	1.31	105.77	1.82	98.15	7.23

增塑剂,故以加标样品进行重复性试验,按“加样回收试验”项下方法配制6份中间浓度加标供试品溶液,按2.1项下色谱条件进样测定,记录峰面积,并计算回收率。结果见表3,表明方法重复性良好。

稳定性试验:取“线性关系考察”项下混合对照品溶液(质量浓度为 $5\text{ }\mu\text{g}/\text{mL}$)及“重复性试验”项下中间浓度加标供试品溶液各适量,分别于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 放置0,28,55 h或0,31,55 h时按2.1项下色谱条件进样测定,记录峰面积。结果见表3,表明混合对照品溶液和加标供试品溶液 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 放置55 h的稳定性均良好。

2.4 提取与迁移样品含量测定

分别取五层共挤输液用袋(批号为D190701-1)和甘油果糖氯化钠注射液(批号分别为A190701, A190702, A190703)各适量,按2.2项下方法分别制备提取供试品溶液和迁移供试品溶液,将迁移供试品溶液分别置加速试验条件[温度 $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $(25\pm 5)\%$]下存放0个月、3个月、6个月和长期试验条件[温度 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $(40\pm 5)\%$]下存放6个月、12个月、24个月,分别按2.1项下色谱条件进样测定,记录峰面积,并按外标法计算含量。结果提取供试品溶液中检出微量DEHP(质量浓度为 $1.25\text{ }\mu\text{g}/\text{mL}$),其余6种PAEs类增塑剂均未检出;迁移供试品溶液在加速试验条件下存放0个月、3个月、6个月和在长期试验条件下存放6个月、12个月、24个月,3批样品中均未检出上述7种PAEs类增塑剂,表明上述7种PAEs类增塑剂在加速试验和长期试验条件下均未向甘油果糖氯化钠注射液中迁移。

3 讨论

3.1 PAEs类增塑剂迁移风险评估意义

据报道,DMP,DBP,DAP,DEHP的PDE(口服途径)分别为8.00,0.50,0.36,2.50 mg/d,DIBP,DHP,DDP的PDE参照DAP的PDE(口服途径)为 $0.36\text{ mg}/\text{d}^{[8]}$ 。人用药品注册技术要求国际协调会(ICH)Q3D指出,口服途径的PDE是注射途径PDE的10倍。故DMP,DBP,DEHP的PDE(注射途径)分别为0.80,0.05,0.25 mg/d,DAP,DIBP,DHP,DDP的PDE(注射途径)均为 $0.036\text{ mg}/\text{d}$ 。甘油果糖氯化钠注射液成人每日最大用量为1000 mL(4袋),据此计算其分析评价阈值(AET), $AET(\text{g}/\text{袋})=PDE(\text{g}/\text{d})/\text{每日用药量}(\text{袋}/\text{d})$ 。由此计算出DMP,DBP,DEHP的AET值(注射途径)分别为每袋200.0,12.5,62.5 g,DAP,DIBP,DHP,DDP的AET值(注射途径)均为每袋9.0 g。根据2.4项下含量测定结果可折算出单个五层共挤输液用袋中DEHP含量为每袋 $209.62\text{ }\mu\text{g}$ (单个袋以 16.77 g 计);若全部迁移至药液中,将远超其AET值(每袋62.5 g),故需开展迁移试验,以评估五层

共挤输液用袋中DEHP是否对药液造成安全风险。

3.2 检测波长与流动相选择

采用HPLC仪分析化合物时,选择合适的紫外吸收波长是确保分析结果准确性和效率的关键。前期试验发现,7种PAEs类增塑剂在190~300 nm波长范围内均有最大吸收。本研究中结合流动相和7种化合物的紫外吸收特性,最终选择277 nm作为检测波长。

HPLC仪常用流动相包括乙腈、甲醇、水及其不同比例的混合物,还可加入易挥发的酸碱试剂如甲酸、乙酸、氨水等调节pH值。前期试验发现,采用1%醋酸水溶液和甲醇可有效避免各化合物的拖尾现象,保持峰形更好、基线更平稳。故本研究中选择1%醋酸水溶液-甲醇作为流动相系统进行梯度洗脱。

3.3 溶剂选择

分别考察了以50%乙醇溶液、二氯甲烷、正己烷、药液(甘油果糖氯化钠注射液)为溶剂,超声提取45 min时的效果。结果50%乙醇溶液和药液中均未检出上述7种PAEs类增塑剂;二氯甲烷、正己烷提取五层共挤输液用袋时均检出DEHP。同时考虑二氯甲烷的沸点($39.8\text{ }^{\circ}\text{C}$)低于正己烷的沸点($69\text{ }^{\circ}\text{C}$),更易挥发,故本研究中选择二氯甲烷作为提取溶剂。

3.4 样品含量测定结果分析

虽然有机溶剂提取结果显示检出微量DEHP(质量浓度为 $1.25\text{ }\mu\text{g}/\text{mL}$),但在加速试验和长期试验条件下,3批样品中均未检出上述7种PAEs类增塑剂,故认为7种PAEs类增塑剂未对甘油果糖氯化钠注射液造成安全风险。《指导原则》^[1]建议,药品生产企业选择多层共挤输液用袋或其他塑料类药品包装系统时,仍需根据药品的性质、成分、pH,多角度地综合评估PAEs类增塑剂的迁移风险,以保证其产品质量及用药安全。

3.5 方法评价

本研究中建立的方法操作简便、灵敏度高、重复性好、结果准确,可用于甘油果糖氯化钠注射液中7种PAEs类增塑剂的含量测定,并为其他塑料包装注射剂中PAEs类增塑剂的迁移考察提供了参考。

参考文献

- [1] 国家药品监督管理局药品审评中心. 化学药品与弹性体密封件相容性研究技术指导原则(试行)[A/OL]. (2018-04-26) [2025-02-01]. <https://www.cde.org.cn/zdzy/domesticinfo?zdzyIdCODE=a38135dfe72524a15d357e060f2b82d4>.
- [2] 伍剑,罗霞,陈杰,等. 德阳市常见塑料包装食品中邻苯二甲酸酯类化合物残留量检测及结果分析[J]. 现代预防医学,2023,50(21):3980-3984.
- [3] 周迎鑫,翁云宣,吕怡晖,等. PVC保鲜膜中邻苯二甲酸酯的迁移行为研究[J]. 中国塑料,2023,37(8):86-92.