

# 花椒油中邻苯二甲酸酯类塑化剂的污染现状及来源分析

张家余<sup>1,2</sup>, 张逸飞<sup>2</sup>, 薛楚玲<sup>1</sup>, 文成刚<sup>1</sup>, 赵麟<sup>1</sup>, 代倩<sup>1</sup>, 朱翔<sup>1,2</sup>

(1. 幺麻子食品股份有限公司, 四川眉山 620360; 2. 四川幺麻子生物科技有限公司, 成都 611430)

**摘要:**旨在为花椒油加工企业的风险控制以及花椒油的安全监督管理提供参考, 分析花椒油中邻苯二甲酸酯类塑化剂的污染现状及污染来源, 采用气相色谱-质谱联用仪测定 92 份花椒油样品中的邻苯二甲酸二正丁酯 (DBP) 和邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯 (DEHP) 含量, 并对其污染来源进行分析。结果表明: 目前市场上的花椒油产品存在不同程度的塑化剂污染, 其中 DBP 检出率为 74.00%, 含量范围为 0.07~10.59 mg/kg, DEHP 检出率为 93.48%, 含量范围为 0.07~1.86 mg/kg, DBP 和 DEHP 超标率分别为 17.39% 和 1.09%; 花椒油中 DBP 和 DEHP 的检出率和平均含量随麻度增加有上升趋势; 花椒原料及生产接触材料是花椒油中塑化剂主要污染来源。综上, 市场上的花椒油存在塑化剂污染风险, 应加强对原料的监控, 并在花椒油生产和储藏过程中全程控制塑化剂风险。

**关键词:**花椒油; 塑化剂; 邻苯二甲酸二正丁酯; 邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯; 污染来源

中图分类号: TS225.6; TS201.6 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2025)01-0066-06

## Pollution status and source analysis of phthalate plasticizers in *Zanthoxylum bungeanum* oil

ZHANG Jiayu<sup>1,2</sup>, ZHANG Yifei<sup>2</sup>, XUE Chuling<sup>1</sup>, WEN Chenggang<sup>1</sup>, ZHAO Lin<sup>1</sup>, DAI Qian<sup>1</sup>, ZHU Xiang<sup>1,2</sup>

(1. Yaomazi Food Co., Ltd., Meishan 620360, Sichuan, China;

2. Sichuan Yaomazi Biotechnology Co., Ltd., Chengdu 611430, China)

**Abstract:** In order to provide a reference for the risk control of *Zanthoxylum bungeanum* oil processing enterprises and the safety supervision and management of *Zanthoxylum bungeanum* oil, the pollution status and sources of phthalate plasticizers in *Zanthoxylum bungeanum* oil were analyzed. The contents of dibutyl phthalate (DBP) and bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) in 92 *Zanthoxylum bungeanum* oil samples were determined by gas chromatography-mass spectrometry and their pollution sources were analyzed. The results showed that there were different degrees of plasticizer pollution in *Zanthoxylum bungeanum* oil on the present market. The detection rate of DBP was 74.00% and its content was in the range of 0.07-10.59 mg/kg. The detection rate of DEHP was 93.48% and its content was in the range of 0.07-1.86 mg/kg. The over-standard rates of DBP and DEHP were 17.39% and 1.09%, respectively. The detection rate and average content of DBP and DEHP in *Zanthoxylum bungeanum* oil increased with the increase of amides content. Raw materials and production contact materials were the main pollution sources of phthalate plasticizers in *Zanthoxylum bungeanum* oil. To sum up, there is plasticizer pollution risk in *Zanthoxylum bungeanum* oil on the market, the monitoring of raw materials

should be strengthened, and plasticizer risk throughout the production and storage of *Zanthoxylum bungeanum* oil should be controlled.

**Key words:** *Zanthoxylum bungeanum* oil; plasticizer; dibutyl phthalate; bis(2-ethylhexyl) phthalate; pollution sources

收稿日期: 2023-06-17; 修回日期: 2024-07-23

基金项目: 四川省科技重点研发项目(2022YFN0019)

作者简介: 张家余(1996), 女, 助理工程师, 主要从事调味油研发的基础研究工作(E-mail)1600387158@qq.com。

通信作者: 朱翔, 高级工程师(E-mail)597696090@qq.com。

邻苯二甲酸酯类(PAEs)是最常用的塑化剂,约占塑化剂总产量的80%,其具有相容性好、性能全面、价格便宜等优势<sup>[1]</sup>,常被添加到塑料中以增加材料的柔韧性和可塑性。但是,PAEs属于环境激素类物质,具有类雌激素作用,有一定的生殖毒性,可能导致男性生精功能损害,干扰胎儿或者婴儿生长发育,也有可能损害人体的内分泌系统,引发畸变、癌变等<sup>[2-5]</sup>。日常生活中塑料制品的广泛应用导致大量的塑料垃圾进入环境中,造成水体、土壤、空气等的污染。调查显示<sup>[6-9]</sup>,我国很多水环境和耕地土壤受到PAEs污染,特别是邻苯二甲酸二正丁酯(DBP)和邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(DEHP)污染较为明显,导致农产品中PAEs的富集,给后续食品加工和生产带来塑化剂污染风险。对于油脂类产品,除原料外,生产环节中机器设备、加工助剂、包装材料和其他接触材料都可能带入塑化剂<sup>[10-11]</sup>,造成油脂类产品中塑化剂污染,因此油脂加工企业塑化剂风险控制尤为重要。根据市场监督抽检情况,我国各地市售食用油塑化剂检测不合格情况大多数为DBP、DEHP含量超标<sup>[12]</sup>。

花椒油作为常见市售调味品,受到广大消费者喜爱。但是,目前花椒油企业的规模都还较小,中小企业数量众多,多数企业在生产技术和风险控制方面还比较欠缺,且关于花椒油中塑化剂污染相关研究也较少。何旭峰等<sup>[13]</sup>分析了重庆三峡库区的14个花椒油样品中的PAEs塑化剂,发现花椒油产品DBP检出率和超标率较高,DEHP检出率较低,但是此研究样本量较少且具有地域局限性。为了全面了解花椒油行业塑化剂风险控制情况,本文分析了92份不同品牌花椒油样品,涵盖重庆、四川、陕西等地区的不同规模企业,采用气相色谱-串联质谱法(GC-MS)测定DBP、DEHP的含量,采用紫外分光光度计检测花椒油酰胺物质含量,以酰胺物质含量多少来表征花椒油麻度高低,分析塑化剂污染情况、塑化剂与麻度的关系及塑化剂污染来源,以期为提高花椒油的安全性提供数据参考,便于生产企业内部的塑化剂风险控制以及行业中塑化剂的安全监控。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

92份不同品牌花椒油样品,涵盖重庆、四川、陕西等地区的不同规模企业,购于淘宝、京东、天猫以及于西南地区相关企业进行采样。干花椒、鲜花椒,热油浸提花椒油、低温压榨花椒油、超临界CO<sub>2</sub>萃取花椒油(未进行去塑化剂处理),么麻子食品股份有

限公司;一级菜籽油,成都市新兴粮油有限公司;塑料扫把丝、尼龙绳、生料带、食品用保鲜膜,当地市场;17种邻苯二甲酸酯标准储备液(1 000 μg/mL),上海安谱实验科技有限公司;羟基-β-山椒素标准品,成都普斯生物科技股份有限公司;正己烷、乙腈、甲醇,色谱纯,西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;丙酮,色谱纯,成都市科隆化学品有限公司;二氯甲烷,色谱纯,天津市科密欧化学试剂有限公司。

#### 1.1.2 仪器与设备

气相色谱-质谱联用仪,美国安捷伦科技有限公司;L6S紫外分光光度计,上海仪电分析仪器有限公司;ME-204分析天平(精度0.000 1 g),上海梅特勒-托利多仪器有限公司;RE-52AA旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;HY-1涡旋振荡器,上海雷磁仪器有限公司;YM-040S超声波发生器,深圳市语盟超声波清洗机设备厂;TD4低速离心机,常州金坛良友仪器有限公司;SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵,巩义市科瑞仪器有限公司;固相萃取(SPE)柱,Si/PSA复合填料玻璃柱(1 000 mg,6 mL),上海安谱实验科技有限公司。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 DBP与DEHP含量测定

#### 1.2.1.1 样品处理及仪器条件

参考GB 5009.271—2016《食品安全国家标准食品中邻苯二甲酸酯的测定》并优化部分步骤,对样品进行处理。

液态样品:样品混匀后称样0.500 0 g,依次加入0.1 mL正己烷和3 mL乙腈,涡旋3 min,超声提取20 min,3 000 r/min离心5 min,收集上清液。残渣用乙腈重复提取2次,合并3次上清液,待SPE柱净化。依次加入5 mL二氯甲烷、5 mL乙腈活化SPE柱,此前液体不收集,将待净化液加入SPE柱,收集样品净化液,待净化液近干时加入5 mL乙腈冲洗,收集所有液体,加入1 mL丙酮,旋转蒸发器浓缩近干,用2 mL正己烷复溶,涡旋混匀,供GC-MS分析。同时做不加试样的空白对照组。

固态样品:制备均一样品,称样0.500 0 g,加入适量蒸馏水,涡旋混匀,再准确加入10 mL正己烷,涡旋、剧烈振摇混匀,然后超声提取20 min,3 000 r/min离心5 min,取上清液供GC-MS分析。同时做不加试样的空白对照组。

GC条件:HP-5MS色谱柱(30 m×250 μm×0.25 μm);进样口温度260℃;载气为高纯氦气,流速1.0 mL/min;不分流进样;进样量1 μL;升温程序为初始温度60℃,保持1 min,以20℃/min的速率

升至 220 °C, 保持 1 min, 以 5 °C/min 的速率升至 250 °C, 保持 1 min, 以 20 °C/min 的速率升至 290 °C, 保持 7.5 min。

MS 条件: 电离方式为电子轰击电离源(EI), 电离能量 70 eV, 传输线温度 280 °C, 离子源温度 230 °C, 溶剂延迟时间 4 min, 监测方式为选择离子扫描(SIM), 监测离子见表 1。

表 1 监测离子

Table 1 Monitoring ions

化合物	保留时间/min	定性离子( $m/z$ )	定量离子( $m/z$ )
DBP	10.910	205, 104	149
DEHP	17.034	167, 279	149

### 1.2.1.2 标准曲线的绘制与样品测定

将 17 种邻苯二甲酸酯标准储备液(1 000  $\mu\text{g/mL}$ )用正己烷逐级稀释成 0 ~ 1 000  $\mu\text{g/L}$  的标准工作溶液, 进气相色谱-质谱联用仪分析, 以化合物响应值( $y$ )为纵坐标, 标准溶液质量浓度( $x$ )为横坐标绘制标准曲线, 得到关于 DBP 的标准曲线方程为  $y = 123.44x + 1241.5$ ,  $R^2 = 0.9993$ , 关于 DEHP 的

标准曲线方程为  $y = 80.905x + 637.61$ ,  $R^2 = 0.9996$ 。

测定样品处理液的响应值, 代入标准曲线方程, 经计算得到样品中 DBP 和 DEHP 的含量。

### 1.2.2 麻度测定

参考 DBS 51/008—2019, 以羟基- $\beta$ -山椒素为标准品, 检测酰胺物质含量, 以酰胺物质含量多少表征麻度高低。

将羟基- $\beta$ -山椒素标准品用甲醇溶解、稀释, 配成质量浓度为 0 ~ 8  $\mu\text{g/mL}$  的系列标准溶液, 采用紫外分光光度计在波长 267 nm 处测定吸光值, 以甲醇进行空白校正, 羟基- $\beta$ -山椒素质量浓度( $x$ )为横坐标, 吸光值( $y$ )为纵坐标绘制标准曲线, 得到标准曲线方程为  $y = 0.1432x - 0.0081$ ,  $R^2 = 0.9999$ 。

测定样品处理液在波长 267 nm 处的吸光值, 代入标准曲线方程, 经计算得到样品的麻度。

## 2 结果与分析

### 2.1 花椒油中塑化剂含量

按照 1.2.1 的方法检测 92 份花椒油样品中的塑化剂含量, 结果见表 2。

表 2 花椒油样品中塑化剂含量

Table 2 Plasticizer content in *Zanthoxylum bungeanum* oil

样品编号	塑化剂含量/(mg/kg)		样品编号	塑化剂含量/(mg/kg)	
	DBP	DEHP		DBP	DEHP
1	0.09 ± 0.00	0.52 ± 0.24	26	0.11 ± 0.05	1.00 ± 0.13
2	0.08 ± 0.01	0.32 ± 0.10	27	0.15 ± 0.07	0.09 ± 0.04
3	0.07 ± 0.02	-	28	0.07 ± 0.00	0.15 ± 0.05
4	-	-	29	0.08 ± 0.05	0.24 ± 0.03
5	0.14 ± 0.05	0.73 ± 0.06	30	-	0.33 ± 0.05
6	0.12 ± 0.03	0.10 ± 0.05	31	0.09 ± 0.03	0.28 ± 0.10
7	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	32	0.20 ± 0.08	0.19 ± 0.08
8	-	-	33	0.35 ± 0.09	0.36 ± 0.10
9	-	-	34	-	0.14 ± 0.06
10	0.07 ± 0.03	1.02 ± 0.03	35	-	0.16 ± 0.04
11	0.09 ± 0.02	0.16 ± 0.10	36	0.14 ± 0.05	0.37 ± 0.11
12	-	0.23 ± 0.03	37	0.20 ± 0.05	0.44 ± 0.09
13	0.17 ± 0.05	0.33 ± 0.05	38	0.10 ± 0.05	0.29 ± 0.03
14	0.15 ± 0.07	0.08 ± 0.09	39	-	0.28 ± 0.05
15	0.11 ± 0.05	0.50 ± 0.15	40	0.10 ± 0.01	0.30 ± 0.12
16	2.28 ± 0.10	0.25 ± 0.05	41	-	0.27 ± 0.15
17	-	0.11 ± 0.02	42	0.10 ± 0.01	0.28 ± 0.11
18	-	0.19 ± 0.02	43	0.11 ± 0.06	0.51 ± 0.14
19	0.07 ± 0.02	0.79 ± 0.18	44	-	0.44 ± 0.03
20	0.17 ± 0.04	0.19 ± 0.02	45	0.11 ± 0.05	0.69 ± 0.01
21	0.16 ± 0.08	0.39 ± 0.06	46	0.19 ± 0.07	0.18 ± 0.00
22	-	0.40 ± 0.10	47	-	0.22 ± 0.09
23	0.17 ± 0.06	1.27 ± 0.20	48	0.22 ± 0.02	0.47 ± 0.01
24	0.16 ± 0.05	0.15 ± 0.10	49	0.10 ± 0.00	0.23 ± 0.00
25	0.11 ± 0.03	0.11 ± 0.06	50	-	0.29 ± 0.02

续表 2

样品编号	塑化剂含量/(mg/kg)		样品编号	塑化剂含量/(mg/kg)	
	DBP	DEHP		DBP	DEHP
51	-	0.29 ± 0.02	72	-	0.27 ± 0.01
52	-	0.18 ± 0.03	73	-	0.07 ± 0.00
53	0.16 ± 0.08	0.15 ± 0.00	74	-	0.40 ± 0.03
54	0.42 ± 0.01	0.42 ± 0.03	75	0.35 ± 0.08	0.32 ± 0.01
55	0.20 ± 0.00	0.21 ± 0.02	76	0.28 ± 0.03	0.51 ± 0.04
56	0.18 ± 0.01	0.96 ± 0.5	77	10.59 ± 0.95	0.61 ± 0.01
57	-	0.17 ± 0.08	78	0.75 ± 0.13	0.60 ± 0.08
58	0.19 ± 0.01	0.64 ± 0.05	79	0.37 ± 0.10	0.16 ± 0.02
59	-	0.53 ± 0.03	80	0.86 ± 0.09	0.85 ± 0.10
60	0.07 ± 0.00	1.05 ± 0.17	81	0.49 ± 0.05	1.86 ± 0.13
61	0.25 ± 0.02	-	82	0.33 ± 0.06	0.54 ± 0.02
62	-	0.22 ± 0.11	83	0.48 ± 0.11	0.81 ± 0.03
63	0.09 ± 0.01	0.21 ± 0.01	84	0.33 ± 0.05	1.13 ± 0.15
64	0.13 ± 0.03	0.29 ± 0.02	85	0.33 ± 0.03	0.73 ± 0.6
65	-	0.42 ± 0.05	86	0.28 ± 0.07	1.22 ± 0.07
66	0.17 ± 0.01	0.61 ± 0.03	87	0.13 ± 0.00	1.02 ± 0.01
67	0.29 ± 0.05	0.23 ± 0.08	88	0.17 ± 0.02	1.19 ± 0.03
68	0.10 ± 0.02	-	89	0.29 ± 0.06	1.21 ± 0.06
69	0.22 ± 0.03	0.50 ± 0.24	90	0.19 ± 0.01	1.00 ± 0.01
70	0.11 ± 0.00	1.08 ± 0.09	91	1.49 ± 0.15	1.13 ± 0.05
71	0.33 ± 0.02	0.27 ± 0.00	92	0.31 ± 0.02	0.93 ± 0.11

注: - 表示未检出。下同

Note: -. Not detected. The same below

由表 2 可知,花椒油样品中 DBP、DEHP 两种塑化剂检出率达到 96.74%,其中 DBP 检出率为 74.00%,含量范围为 0.07 ~ 10.59 mg/kg, DEHP 检出率为 93.48%,含量范围为 0.07 ~ 1.86 mg/kg。按照国家市场监督管理总局国市监食生〔2019〕214 号文件规定的油脂类食品中 DBP 和 DEHP 最大残留量分别为 0.3、1.5 mg/kg,本次检测样品中 DBP 超过限量值的共有 16 个,超标率为 17.39%,最高的超过限量值 34 倍,而 DEHP 超过限量值的有 1 个,超标率为 1.09%。

由此可以看出,市面上花椒油大多受到 DBP 和 DEHP 污染,其中:DEHP 污染更普遍,但是 DEHP 含量基本上都在国家限量要求以内;DBP 超标率较高,且部分样品 DBP 含量超过限量值几十倍。经过分析企业背景信息发现,塑化剂超标样品基本上都来自小微型企业,这说明目前花椒油加工企业对于塑化剂污染风险的控制还有待加强,特别是规模较小的企业。

## 2.2 花椒油麻度与塑化剂含量的关系

根据花椒油样品的麻度(酰胺物质含量),将其分为 0~3 mg/g、3~5 mg/g、大于 5 mg/g 3 组,每组分别有 12、59、21 个样品,并将麻度与塑化剂含量进行对比,得到花椒油麻度与塑化剂含量的关系,如图 1 所示。

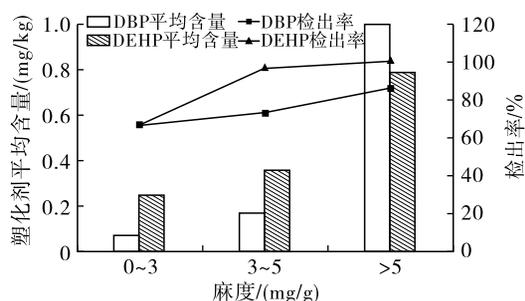


图 1 花椒油塑化剂含量与麻度的关系

Fig. 1 Relationship between contents of plasticizer and amide in *Zanthoxylum bungeanum* oil

从图 1 可以看出,随着花椒油麻度升高,塑化剂检出率和平均含量都增大。麻度 0~3 mg/g、3~5 mg/g、大于 5 mg/g 3 组样品 DBP 检出率分别为 66.67%、72.88%、85.71%,且在麻度大于 3 mg/g 时就有不合格样品检出,麻度大于 5 mg/g 时不合格样品占 47.62%,而 DEHP 检出率分别为 66.67%、96.61%、100%,只有在麻度大于 5 mg/g 时有 1 个不合格样品检出。从结果来看,花椒油塑化剂检出率和平均含量均随着麻度增加有上升趋势。

花椒油的麻度与其生产工艺相关,花椒油的生产工艺主要有热油浸提、低温压榨、超临界 CO<sub>2</sub> 萃

取,其中热油浸提、低温压榨两种工艺采用鲜花椒为原料,超临界 CO<sub>2</sub>萃取以干花椒为原料。因此,分别检测 10 批次不同工艺花椒油的麻度和塑化剂情况,进一步考察生产工艺的影响,结果如表 3 所示。

表 3 不同工艺花椒油的麻度及塑化剂含量

Table 3 Contents of plasticizer and amide in *Zanthoxylum bungeanum* oil produced by different processes

工艺	麻度/(mg/g)	塑化剂含量/(mg/kg)	
		DBP	DEHP
超临界 CO <sub>2</sub> 萃取	203.66 ± 10.72	1.50 ± 1.10	3.77 ± 1.77
低温压榨	18.16 ± 1.95	0.43 ± 0.22	1.70 ± 0.89
热油浸提	2.52 ± 0.30	0.12 ± 0.07	0.19 ± 0.02

由表 3 可以看出:不同工艺生产的花椒油麻度差异很大,麻度越高的工艺其塑化剂含量也越高。热油浸提工艺是用热植物油提取鲜花椒中的有效成分,所得花椒油中主要成分为浸提所用植物油,其麻度和塑化剂含量相对较低;低温压榨工艺采用压榨方式直接压榨鲜花椒,得到的花椒油麻度和塑化剂含量较热油浸提高;超临界 CO<sub>2</sub>萃取工艺采用干花椒为原料,干花椒的麻度和塑化剂含量比鲜花椒的高,故得到的花椒油麻度和塑化剂含量最高。结果表明,如果没有对超临界 CO<sub>2</sub>萃取和低温压榨工艺生产的花椒油进行去塑化剂工艺处理,将会存在一定的塑化剂污染风险。

## 2.3 花椒油中塑化剂污染来源

### 2.3.1 原料

分别检测了 10 批次干花椒、鲜花椒样品塑化剂含量,结果如表 4 所示。

表 4 花椒原料中塑化剂含量

Table 4 Plasticizer content in *Zanthoxylum bungeanum*

样品	检出率/%		含量范围/(mg/kg)	
	DBP	DEHP	DBP	DEHP
鲜花椒	20	30	0.07 ~ 0.08	0.18 ~ 0.25
干花椒	100	100	0.27 ~ 0.44	0.15 ~ 0.66

由表 4 可知:部分鲜花椒原料中检出塑化剂,含量较低;但干花椒原料均有 DBP 和 DEHP 检出,且 DBP 含量较高。由于土壤、水体环境受到 PAEs 污染,花椒果实中普遍含有塑化剂成分。鲜花椒水分较多,塑化剂浓度较低,而干花椒水分含量低,且在干花椒加工过程中也可能带入塑化剂污染,故干花椒中塑化剂含量偏高。王文昌等<sup>[14]</sup>研究超临界萃取工艺下干花椒中塑化剂的迁移规律时发现,花椒原料中均有检出 DBP 和 DEHP,且含量较高,这与本研究结果一致。

另外,热油浸提工艺常采用菜籽油制备花椒油。邹柯婷等<sup>[15]</sup>调查得出市售菜籽油 DBP 和 DEHP 检

出率均超过 90%,其中 DBP 超标率为 54.8%,DEHP 超标率为 12.9%。宇盛好等<sup>[16]</sup>研究上海市售植物油塑化剂膳食暴露情况,检测结果显示,菜籽油中 DBP 超标率为 9.2%,平均含量为(0.10 ± 0.34) mg/kg。有关新疆等西部地区进口植物油塑化剂污染情况调查结果显示,PAEs(主要包括 DBP 和 DEHP)在进口植物油中普遍存在,检出率高达 56.83%<sup>[17]</sup>,新疆口岸进口菜籽油中 DBP 检出率为 100%,含量为 0.15 ~ 0.48 mg/kg<sup>[18]</sup>。以上研究结果说明,不管是国内的还是进口的菜籽油,都存在塑化剂污染风险,在生产过程中应严格把控原料油风险。

### 2.3.2 生产接触材料

花椒油生产过程中所使用的设备零件、工具、原料包材等也含有塑化剂成分,也可能迁移到产品里。花椒油生产多用菜籽油,因此取未检出塑化剂的一级菜籽油按照 0.5% 的添加量<sup>[11]</sup>分别添加塑料扫把丝、尼龙绳、生料带、食品用保鲜膜等杂质,加热到 120 °C 后自然冷却,静置过夜,检测样品中塑化剂含量,结果如表 5 所示。

表 5 各种杂质对花椒油中塑化剂含量的影响

Table 5 Effect of impurities on plasticizer content in *Zanthoxylum bungeanum* oil mg/kg

杂质	DBP	DEHP
塑料扫把丝	-	4.21 ± 0.13
尼龙绳	-	0.12 ± 0.05
生料带	8.79 ± 0.31	-
保鲜膜	0.22 ± 0.02	12.92 ± 0.58

由表 5 可知,含有杂质的一级菜籽油均有塑化剂检出,其中含有生料带和保鲜膜的样品检出 DBP,含有塑料扫把丝、尼龙绳、保鲜膜的样品检出 DEHP,含有生料带的样品 DBP 含量高达 8.79 mg/kg,含有保鲜膜的样品 DEHP 含量达到 12.92 mg/kg,说明在生产过程中这些生产接触材料容易带入塑化剂污染。

有研究表明<sup>[10-11]</sup>,在花生油等食用植物油加工过程中可能接触到的原料包装袋、输送机传送带、塑料或橡胶输油管、连接软管、各种密封垫或密封圈等材料中 DBP 和 DEHP 含量均较高。潘静静等<sup>[12]</sup>分析了食品接触材料中 PAEs 的迁移风险,结果发现,聚氯乙烯(PVC)、聚四氟乙烯(PTFE)涂层、印刷油墨、合成橡胶、回收尼龙、回收聚乙烯(PE)等食品接触材料或制品在高油脂和高温条件下 PAEs 迁移风险均较高,建议企业警惕使用。

超市所售油脂类产品,包装材料主要分为塑料、玻璃、金属 3 类,其中绝大多数是塑料材质,占比超过 80%<sup>[19]</sup>。有研究表明,市售的塑料桶装植物油 DBP、DEHP 的含量随着储存时间延长呈增长趋势,温度升

高会加快 DBP 迁移到油脂中<sup>[20-21]</sup>。樊继彩等<sup>[22]</sup>调查了食品包装和直接接触材料的塑化剂污染情况,结果显示,在采集包含超市、批发市场、网店、餐饮环节等途径的食品包装和直接接触材料样品中,DBP、DEHP 检出率和检出浓度均较高。王艳等<sup>[23]</sup>研究表明,不同材质的火锅底料包材中 DBP 检出率达到 90%,但含量并未超过国家限量要求。目前市面上也有部分花椒油采用塑料瓶包装,如果包材中塑化剂迁移量不符合要求,在储存过程中就容易导致产品塑化剂超标。所以,花椒油采用塑料瓶包装时必须特别关注塑化剂风险控制问题,企业选择合适的塑料包材能够有效控制塑化剂迁移而污染产品。

### 3 结论

本文分析了 92 份花椒油样品,其 DBP 检出率为 74.00%,含量范围为 0.07 ~ 10.59 mg/kg,DEHP 检出率为 93.48%,含量范围为 0.07 ~ 1.86 mg/kg,DBP 和 DEHP 超标率分别为 17.39% 和 1.09%,可见市场上的花椒油存在塑化剂污染风险。分析发现花椒油中 DBP 和 DEHP 的检出率和平均含量随麻度升高有上升趋势。花椒油中的塑化剂污染来源包括原料及生产接触材料等。环境污染易导致原料含有塑化剂,应在加工过程中采取措施,加强对原料的监控。另外生产中接触到的设备零件、工具、包装材料等也容易带入塑化剂污染,在花椒油生产和储藏过程中应全程控制塑化剂风险。

### 参考文献:

[1] 向斌. 食品包装中塑化剂问题解析[J]. 中国包装, 2011, 31(9): 51-53.

[2] 刘欢,易声伟,赵博. 塑化剂污染的现状与防控措施[J]. 食品安全导刊,2021(20):19, 21.

[3] MIURA R, IKEDA - ARAKI A, ISHIHARA T, et al. Effect of prenatal exposure to phthalates on epigenome - wide DNA methylations in cord blood and implications for fetal growth: The Hokkaido study on environment and children's health[J/OL]. Sci Total Environ, 2021, 783: 147035 [2023 - 06 - 17]. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147035>.

[4] 刘莎,贺娟娟,常可为,等. 孕早期邻苯二甲酸酯暴露对胎停育的影响研究[J]. 现代预防医学, 2021, 48(5): 824-828, 943.

[5] 宫雅雯,李圆龙,崔彤,等. 邻苯二甲酸酯对男性(雄性)生殖毒性的研究进展[J]. 中国计划生育学杂志, 2021, 29(3): 629-634.

[6] 柳春红,孙远明,杨艺超,等. 邻苯二甲酸酯类增塑剂的污染及暴露评估现状[J]. 现代食品科技, 2012, 28(3): 339-341, 338.

[7] 卓丽,石运刚,蔡凤珊,等. 长江干流、嘉陵江和乌江重

庆段邻苯二甲酸酯污染特征及生态风险评估[J]. 生态毒理学报, 2020, 15(3): 158-170.

[8] 李海峰,任红松,刘河江,等. 农业土壤邻苯二甲酸酯污染对农产品质量安全的影响及其防治对策[J]. 江西农业学报, 2020, 32(7): 85-89, 98.

[9] 熊希瑶,贺聪聪,焦啸宇,等. 水生态环境中邻苯二甲酸酯(PAEs)塑化剂的赋存及行为归趋[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2021, 40(3): 238-245.

[10] 韩瑞丽,杨克英,袁婷兰,等. 花生油中塑化剂污染的来源分析及管控方法[J]. 中国油脂, 2020, 45(3): 80-84.

[11] 邹燕娣,包李林,周青燕,等. 食用植物油中邻苯二甲酸酯类塑化剂来源和风险控制措施研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(5): 123-127.

[12] 潘静静,钟怀宁,李丹,等. 食品接触材料及制品中邻苯二甲酸酯类塑化剂的风险管控[J]. 中国油脂, 2019, 44(4): 85-90.

[13] 何旭峰,熊有明,周祥德,等. 三峡库区调味油脂产品中邻苯二甲酸酯类塑化剂的含量测定和分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(4): 1543-1549.

[14] 王文昌,吴娟娟,连运河,等. 花椒和生姜及其提取物中邻苯二甲酸酯类检测方法及其迁移规律的研究[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(4): 313-319.

[15] 邹柯婷,秦国富,李永波. 市售菜籽油中 16 种邻苯二甲酸酯类塑化剂的含量监测分析[J]. 中国油脂, 2016, 41(8): 62-65.

[16] 宇盛好,李亦奇,张露菁,等. 上海市市售食用植物油中邻苯二甲酸二丁酯膳食暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2020, 32(6): 692-696.

[17] TANG Z, GONG Z, JIA W, et al. Occurrence and exposure risk assessment of phthalate esters in edible plant oils with a high - frequency import rate in West China [J]. RSC Adv, 2022, 12(12): 7383-7390.

[18] 房芳,巩志国,申雯轩,等. 新疆高频进口植物油中塑化剂含量及摄入风险评估[J]. 中国油脂, 2021, 46(12): 79-83.

[19] 段丽丽,句荣辉,王辉,等. 市售五类食品的包装材料类别及有害物质迁移调查研究[J]. 北京农业职业学院学报, 2018, 32(4): 52-58.

[20] 刘海韵,姜梅,王颖,等. 烟台市售塑料包装食用油中塑化剂监测及迁移分析[J]. 中国油脂, 2017, 42(4): 85-88, 98.

[21] 刘玉兰,张明明,朱远坤,等. 储存条件对塑料瓶装大豆油中塑化剂含量影响的研究[J]. 中国油脂, 2015, 40(6): 43-48.

[22] 樊继彩,何华丽,任韧,等. 不同采样环节采集食品包装材料中 20 种邻苯二甲酸酯类塑化剂污染状况调查[J]. 中国卫生检验杂志, 2020, 30(12): 1520-1522, 1525.

[23] 王艳,唐毅,赵欠,等. 火锅底料包材中 17 种塑化剂及迁移量测定与分析[J]. 食品工业, 2022, 43(8): 284-288.