

# 植物油常见风险因子及控制措施

王公辉<sup>1</sup>, 李秋玫<sup>2</sup>, 孟祥永<sup>1</sup>, 陈吉江<sup>1</sup>, 初柏君<sup>3\*</sup>, 惠菊<sup>3</sup>

(1. 中粮福临门食品营销有限公司, 北京 100020; 2. 中粮油脂研发中心, 天津 300452;  
3. 中粮营养健康研究院有限公司, 营养健康与食品安全北京市重点实验室, 北京 102209)

**摘要:** 植物油作为日常生活必需品, 其食品安全性是老百姓和政府非常关心的问题, 植物油的风险因子有很多, 本文根据植物油生产中实际面临的问题并结合目前研究热点, 选取了7个风险因子进行论述, 分别为黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮、多环芳烃、矿物油、塑化剂、3-氯丙醇脂和反式脂肪。针对每个风险因子, 从危害分析入手, 对国内和国际限量标准进行了对比, 并结合国家或机构风险监测结果, 阐述了其含量大约范围, 最后根据风险因子的来源给出了控制措施和建议。

**关键词:** 植物油; 风险因子; 污染; 控制措施

## Common risk factors and control measures of vegetable oil

WANG Gong-Hui<sup>1</sup>, LI Qiu-Mei<sup>2</sup>, MENG Xiang-Yong<sup>1</sup>,  
CHENG Ji-Jiang<sup>1</sup>, CHU Bai-Jun<sup>3\*</sup>, HUI Ju<sup>3</sup>

(1. COFCO Fortune Food & Distribution Co., Ltd, Beijing 100020, China; 2. COFCO Oil Research and Development Center, Tianjin 300452, China; 3. Nutrition & Health Research Institute, COFCO Corporation, Beijing Key Laboratory of Nutrition, Health & Food Safety, Beijing 102209, China)

**ABSTRACT:** As a daily necessity, the food safety of vegetable oil is a great concern to the people and the government. There are many risk factors for the safety of vegetable oil. According to the actual problems in vegetable oil production and current research hotspots, this paper selected 7 risk factors, which were aflatoxin, zearalenone, polycyclic aromatic hydrocarbons, mineral oil hydrocarbons, phthalic acid esters, 3-chloropropanol and trans fats. In view of each risk factor, this paper started with hazard analysis, and compared with domestic and international standard limits. Combining with the results of risk monitoring of state or institution, the content range of risk monitoring was elaborated. Finally, control methods and suggestions were provided according to the source of risk factors.

**KEY WORDS:** vegetable oil; risk factors; contaminants; control methods

## 1 引言

植物油作为日常生活必需品, 其食品安全性是消费者和政府非常关心的问题, 同时也是植物油生产企业生存和发展的根本。为了保障老百姓“舌尖上的安全”, 政府监管部门近几年不断出台多项法律、法规和标准, 并且利用

监督抽检、风险监测和飞行检查等多手段并举来管控植物油产品安全<sup>[1]</sup>, 生产企业则通过不断研发创新、技术改造和精细化管理来提高产品食品安全性, 提升产品竞争力。本文从植物油加工过程分析, 阐述植物油常见风险因子的危害、形成原因及控制措施, 旨在为企业提升产品品质提供一定参考。

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2016YFD040140403)

Fund: Supported by National Key R&D Plan for the 13th Five-Year Plan(2016YFD040140403)

\*通讯作者: 初柏君, 硕士, 工程师, 主要研究方向为油脂产品开发。E-mail: chubaijun@cofco.com

\*Corresponding author: CHU Bai-Jun, Master, Engineer, Nutrition & Health Research Institute, COFCO Corporation, Beijing Key Laboratory of Nutrition, Health & Food Safety, Beijing 102209, China. E-mail: chubaijun@cofco.com

## 2 真菌毒素类风险因子

### 2.1 黄曲霉毒素

黄曲霉毒素(aflatoxins, AFT)是一种真菌毒素,主要由黄曲霉和寄生曲霉代谢产生,目前已经发现 20 多种,植物油中常见为 AFB<sub>1</sub>、AFB<sub>2</sub>、AFG<sub>1</sub>、AFG<sub>2</sub>,在众多油料中特别容易污染花生和玉米<sup>[2]</sup>,因此花生油和玉米油中含有黄曲霉毒素的风险性较大,尤其是通过纯物理压榨的花生油。黄曲霉毒素被公认为致肝癌物质,其中又属 AFB<sub>1</sub> 致癌性最强<sup>[3]</sup>,早在 1993 年国际癌症研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)已将 AFB<sub>1</sub> 定为 I 类致癌物,并且长期食用被黄曲霉毒素污染的食品会在体内蓄积,可引起蓄积中毒<sup>[4]</sup>。

为了减少植物油中 AFT 给消费者带来的危害,各国或组织制定严格限量,我国与欧盟 AFT 限量标准对比情况<sup>[5,6]</sup>见表 1。因为黄曲霉毒素的高毒特性,政府监管部门和研究机构也一直将该指标作为重点监管和研究对象,国内有研究机构在 8 省抽检 738 份植物油样品(含散装油和包装油)显示,黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 检出率为 17.21%,超标率为 3.52%,检出样品中花生油占 97.6%<sup>[7]</sup>,另有研究机构对北京市售 120 份不同种类小包装油产品抽检,显示 AFB<sub>1</sub> 检出率为 6.67%,检出值范围 2.03~3.61 μg/kg<sup>[8]</sup>,其中全部为花生油中检出,由此可见 AFB<sub>1</sub> 依然是花生油中最为常见的风险因子,植物油生产企业应对花生油中黄曲霉毒素重点控制,因玉米油在精炼过程中经过碱炼工艺,黄曲霉毒素可以被去除<sup>[9]</sup>,所以在市售产品种玉米油中黄曲霉毒素风险较小。

表 1 中国与欧盟食用植物油中黄曲霉毒素限量标准  
Table 1 Aflatoxin limit standards for edible vegetable oils in China and EU

国家或组织	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> /(μg/kg)	黄曲霉毒素总量 (B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +G <sub>1</sub> +G <sub>2</sub> )/(μg/kg)
中国	10(玉米油、花生油除外)、20(花生油、玉米油)	/
欧盟	2	4

作为花生油的生产企业,应首先从原料进行控制,每年收购季节前可以对花生主产区进行全面调研,以了解不同产区花生米黄曲霉毒素的污染情况,有研究表明东北产区(辽宁)和北方产区(山东、河南、河北)比长江流域及南方产区的花生米黄曲霉毒素含量低<sup>[4]</sup>,原料收购时可以有选择性区域采购;其次在生产过程中可以通过筛选、色选等手段将霉变粒剔除;储存过程也比较重要,在高温高湿季节应在低温库储存,降低储存原因导致的霉变<sup>[10]</sup>;最后压榨花生油产品应确保每罐进行检验,合格后方可用于贸易或灌装。目前针对花生油脱毒技术研究也较多,如吸附脱毒、

紫外照射脱毒、臭氧讲解脱毒等,但真正应用于实际生产中成熟工艺和设备较少。

### 2.2 玉米赤霉烯酮

玉米赤霉烯酮(zearalenone, ZEN)是一种易污染玉米、花生、芝麻等油料的真菌毒素,主要由镰刀菌属(主要为禾谷镰刀菌和大豆镰刀菌)产生的次级代谢产物,它是一种热稳定的非固醇类具有雌激素性质的毒素,会产生很强的生殖毒性以及致畸、致癌作用<sup>[11]</sup>。

目前国内还没有对植物油中 ZEN 制定限量标准,但欧盟标准可以供参考,2006 年欧盟规定植物油中 ZEN 的限量为 400 μg/kg<sup>[12]</sup>。近几年随着对植物油安全性的关注,一些检测机构也开展了许多针对植物油 ZEN 污染情况调研,有检测机构在天津抽检了 100 份植物油样品,总体 ZEN 检出率为 53%,在玉米油(检出率 70%)、菜籽油(检出率 66.7%)、芝麻油(检出率 71.4%)、大豆油(检出率 50%)、花生油(检出率 52%)中均有检出,最高含量达 384.5 μg/kg<sup>[13]</sup>,另有检测机构对山东地区植物油调查显示,抽检 256 份样品,ZEN 检出率为 72.1%,在玉米油、花生油、芝麻油、大豆油等油种中都有检出,最高为 437.4 μg/kg<sup>[7]</sup>,通过检测机构的的数据来看,植物油污染情况较为普遍,几乎涉及到所有油种,因此对于植物油厂家,应不仅关注玉米油,而应对所产油品种均需关注。

因 ZEN 为油溶性,难溶解在水中,所以在毛油中会富集<sup>[13]</sup>,但在后续加工过程中会脱除一部分,尤其在碱炼工艺、脱臭工艺 ZEN 降低较为明显,在最佳工艺条件下,综合脱除率可达到 95%以上,但脱色工艺对于 ZEN 脱除效果不是特别有效<sup>[14]</sup>。对于植物油中 ZEN 控制措施,建议首先控制原料中 ZEN 含量,选用新鲜少霉变原料,如玉米胚芽应尽量新鲜入榨,避免存储中受霉菌污染;其次加工过程中应通过试验找到最佳生产工艺,在确保其他常规指标合格情况下,针对不同油种选用最佳碱炼、脱臭参数;最后严把检测关,不仅针对玉米油,而应对所生产油种进行 ZEN 全面评估,对于高风险产品进行批批检测。

## 3 化合物污染类风险因子

### 3.1 多环芳烃

多环芳烃(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)是由 1 个以上苯环稠和而成的芳香型化合物<sup>[15]</sup>,是植物油中污染源较为广泛的风险因子,研究表明 PAHs 具有致癌、致畸和生殖毒性,能干扰内分泌系统,侵害中枢神经<sup>[16,17]</sup>,PAHs 包括萘、蒽、菲、芘等 400 多种化合物,常见的如苯丙(a)芘、苯丙(a)蒽、苯丙(b)蒽等,其中苯并(a)芘危害性最大,属一级致癌物。

因为 PAHs 的风险性,在世界范围内,有多个组织或国家针对 PAHs 制订了相关的管控标准,中国与欧盟限

量标准对比见表 2<sup>[18,19]</sup>。有研究机构对北京地区植物油中多环芳烃污染情况检测评估表明, 植物油中 PAHs 较为普遍, 16 种优控 PAHs 在其检测的 7 种植物油中均有检出, 污染值最高的前 3 种为芝麻油、花生油、葵花籽油<sup>[20]</sup>, 另有研究机构对江苏省食品中多环芳烃污染情况调查分析表明, 植物油中 PAHs 检出率为 100%, 其中苯并(a)芘检出率为 37.2%, 检出最高值为 4.72  $\mu\text{g}/\text{kg}$ <sup>[21]</sup>。

表 2 中国与欧盟食用植物油中多环芳烃限量标准  
Table 2 PAHs limit standards for edible vegetable oils in China and EU

国家或组织	苯丙(a)芘 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	苯丙(a)芘、苯丙(a)萘、苯丙(b)荧蒹和屈含量之和( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
中国	10	/
欧盟	2	10(除可可油和椰子油)、 20(椰子油)

植物油中 PAHs 的污染源主要有原料的带入, 如油料生产环境受污染, 油料在收割和晾晒过程中非食用油或沥青污染等<sup>[15]</sup>; 油脂加工过程中污染, 如非食用油污染, 含有 PAHs 浸出溶剂、石蜡油污染等; 加工过程中生产, 如油料焙炒温度过高或时间过长产生<sup>[22]</sup>; 包装物的迁移导致, 有研究表明聚乙烯原料包装贮藏的植物油中 PAHs 浓度与贮藏时间的平方根成正比<sup>[23]</sup>。因此, 控制植物油脂原料与加工污染源建议做到以下几点: (1) 选择质量良好的油料进行加工, 原料在收购前应对产地进行筛选, 尤其针对纯物理压榨植物油产品, 如芝麻油、花生油等; (2) 尽可能减少油料在机械收割、运输、加工等工艺中与污染源接触; (3) 优化产品加工工艺, 对热加工方式、加工时间和加工温度进行改善, 以减少加工过程产生 PAHs; (4) 限制浸提溶剂中的 PAHs 含量; (5) 系统排查生产加工过程中润滑油污染风险, 所有可能接触或污染到食品环节应使用经认证的食品级润滑油; (6) 改进油料和产成品包装材料, 选择合适包材和储藏方式, 降低因为迁移而导致的 PAHs 污染。

### 3.2 矿物油

矿物油(mineral oil hydrocarbons, MOH)是石油分馏产品的总称, 是 C10~C50 之间的复杂烃类混合物, 矿物油可分为饱和烷烃矿物油(mineral oil saturated hydrocarbons, MOSH)和芳香烃矿物油(mineral oil aromatic hydrocarbons, MOAH)<sup>[24]</sup>。人们食用受到 MOH 污染的食品存在中毒风险, 因矿物油和植物油可以互溶的特性, 植物油中污染了矿物油很难直观分辨。有关植物油中污染矿物油导致的中毒事件国内外均有报道, 1981 年, 西班牙首都马德里发生了一起菜籽油中污染有润滑油导致的食物中毒案, 有 2.5 万余人中毒, 1999 年 8 月, 广东肇庆端州区某毛绒厂员工因食用了含有矿物油的食用油造成 681 人食物中毒案件<sup>[25]</sup>。2008 年 4 月,

法国发现 4 万吨从乌克兰进口的葵花籽油受到矿物油污染, 随后英国、德国、比利时等欧盟国家也发现了类似的情况<sup>[26]</sup>。因此植物油中矿物油污染风险不容忽视。

目前国内还没有关于矿物油的标准限值, 2008 年欧盟发布委员会条例(EC) No 1151/2009 规定乌克兰出口葵花籽油中矿物油的限量为 50  $\text{mg}/\text{kg}$ , 但于 2014 年 8 月 26 日废止(EU) No 853/2014; 德国 BfR 要求食品中 MOSH(C10-C16)限量为 12  $\text{mg}/\text{kg}$ , MOSH(C17-C20)限量为 4  $\text{mg}/\text{kg}$ , MOSH(C20-C35)限量为 2  $\text{mg}/\text{kg}$ <sup>[27]</sup>。

2017 年 1 月 17 日, 欧盟委员会发布监测食品及食品接触材料中的矿物油碳氢化合物的建议性指导文件(EU) 2017/84, 指出矿物油碳氢化合物(MOH)可以通过环境污染、在收获和食品生产过程中使用的设备的润滑剂、加工助剂, 食品添加剂和食品接触材料存在于食品中。为了防止植物油中矿物油污染, 建议在生产加工过程中采取以下措施: (1) 防范源头控制, 油料在收储晾晒过程中容易被机械设备的润滑油、燃料油污染, 晾晒过程中接触沥青地面也是污染源之一, 因此应控制油料源头污染。(2) 控制加工过程污染, 应控制加工助剂如浸出溶剂、酸、碱等矿物油污染, 对加工可能接触的润滑油、石蜡油、导热油严格评估管控, 杜绝泄露导致的污染。(3) 杜绝运输风险, 运输环节也易形成矿物油污染, 在国内汽运和火车罐运输中应使用植物油专用罐车, 承运商应提供前三载证明, 在国际植物油船运中更要关注前三航次载货情况, 以防止在前面航次中承运了不符合要求的货物<sup>[28]</sup>。

### 3.3 塑化剂

塑化剂属于邻苯二甲酸酯类物质(phthalic acid esters, PAEs), 大约包含 30 多种化合物, 塑化剂在工业中应用比较广泛, 能使塑料材料提高伸长率、柔韧性, 改变塑料材料的强度和脆性<sup>[29]</sup>。塑化剂易溶于酒精和油脂, 因此含有塑化剂的塑料制品与植物油接触后易迁移到油中, 造成植物油被污染。研究表明, 长期暴露于含有塑化剂的食品会对身体健康产生一定危害, 严重时会致癌、致畸、致突变, 尤其易损害生殖系统<sup>[30]</sup>。

鉴于塑化剂的危害性, 2011 年原卫生部发布了《关于通报食品及食品添加剂邻苯二甲酸酯类物质最大残留量的函》(卫办监督函[2011]551 号)规定了 3 种塑化剂限量标准(见表 3)。目前国内对食用油中塑化剂污染研究也较多, 有机构对吉林省部分地区市售食用植物油产品中塑化剂含量进行检测分析, 抽检的 155 个样品中, 塑化剂超标率为 11.6%, 以邻苯二甲酸二丁酯(dibutyl phthalate, DBP)、邻苯二甲酸二辛酯(dioctyl phthalate, DEHP)污染为主<sup>[31]</sup>。另有机构对烟台市成品及散装食用油中塑化剂含量的调查显示, 成品食用油检出率为 26.7%, 但均符合标准, 散装油检出率为 95%, 超标率为 45%<sup>[32]</sup>, 可见食用油中塑化剂污染风险较为严重, 尤以散装油更为严峻。

表 3 我国食用植物油中塑化剂限量标准  
Table 3 PAEs Limit Standards for Edible Vegetable Oils in China

塑化剂类别	限量值 (mg/kg)
邻苯二甲酸二辛酯	1.5
邻苯二甲酸二异壬酯	9.0
邻苯二甲酸二正丁酯	0.3

植物油中塑化剂的来源为在油料储运和油脂加工过程中与含有塑化剂的塑料制品直接接触而迁移的结果,例如油料清理不干净而带入的塑料地膜和编织袋,生产过程中油品输送中用到的塑料管线,油品储存中接触到的塑料垫片、密封圈等<sup>[33,34]</sup>,《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》中对各个环节进行了研究,分析了可能的来源途径,同时明确了污染主要环节<sup>[35]</sup>。针对植物油塑化剂的污染风险,建议采取以下防控措施:(1) 油料清理环节应彻底清除塑料类异物,如编织袋、塑料薄膜等,及时清理振动筛、输送刮板等设备内的塑料异物。(2) 生产中与油品直接接触的管道、软管、垫片、密封圈应首选不锈钢材质,如必须使用塑料材质时,应选专业生产供应商,并且在采购后进行塑化剂检测,确认后方可使用。(3) 定期对生产系统进行排查,高风险环节进行增强模拟试验。(4) 外部采购油品应设立塑化剂内控标准,严把原料关。(5) 防止运输过程中装卸油软管污染和人为塑料制品接触污染。

## 4 加工过程易产生类风险因子

### 4.1 3-氯丙醇脂

3-氯丙醇脂(3-chloropropanol, 3-MCPD)是脂肪酸氯丙醇酯中的一个重要化合物,因在植物油中检出率较高,成为近几年食品行业尤其是植物油行业研究的热点<sup>[36]</sup>,3-氯丙醇脂在人体肠道胰酯酶的作用下而释放出游离 3-氯丙醇,会产生一定毒性,国际癌症研究机构(IARC)在 2011 年将氯丙醇酯列为 2B 级致癌物,科学研究认为 3-氯丙醇具有致癌性、遗传毒性、肾脏毒性<sup>[37]</sup>。

目前在我国还没有植物油的 3-MCPD 限量标准,但是国家风险评估中心已经将该项目列为食品风险评估项目,并于 2014 年发布《第四次中国总膳食研究膳食氯丙醇酯污染及暴露评估》报告<sup>[38]</sup>。联合国食品添加剂专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)制定的 3-MCPD 的限量标准为每日最高允许摄入量为 2 μg/kg BW。近几年,也有机构对市场上的植物油产品进行检测评估,有机构 2014 年 10 月至 2016 年 5 月在深圳地区随机抽取检测植物油样品 279 份,3-MCPD 检出率 71%,平均含量为 0.801 mg/kg,该机构还对 49 份自榨植物

油样品进行检测,均未检出 3-MCPD<sup>[39]</sup>,这也说明 3-MCPD 在纯压榨产品中产生较少,而主要在精炼过程中生成。另有研究人员检测了 11 个品种 143 份植物油样品,3-MCPD 检测率为 74.8%,平均值为 1.18 mg/kg<sup>[40]</sup>,可见植物油中含有 3-MCPD 较为普遍。

研究表明植物油中 3-MCPD 主要来源于油脂精炼环节,脱臭工段是 3-MCPDE 生成的最主要工段,脱臭温度、脱臭时间均影响 3-MCPDE 的生成,而精炼环节中的脱胶、脱酸、脱色环节对 3-MCPD 的生成不明显<sup>[41,42]</sup>。根据以上的检测和研究结果,植物油中 3-MCPD 应首先控制精炼环节氯离子引入量,应使水洗、酸炼、碱炼、脱色环节中所用加工助剂的氯离子含量尽可能低,尽量避免强酸的使用。因在氯离子存在的情况下脱臭环节高温过程产生 3-MCPD,因此在脱臭环节应严格控制脱臭温度,各工厂根据所精炼品种和参数不同,应摸索在精炼过程中控制 3-MCPD 含量的最佳工艺参数和加工助剂品种。

### 4.2 反式脂肪酸

反式脂肪酸(trans fatty acids, TFAs)是含有反式双键的脂肪酸的简称,研究表明,大量食用含有反式脂肪酸的食物会加速动脉硬化、导致心血管疾病和糖尿病等<sup>[43]</sup>,近几年还有研究表明高 TFAs 摄入会影响肠道功能,可增加大肠癌或结肠癌的发病风险<sup>[44,45]</sup>。因此健康的生活方式应尽可能的减少 TFAs 摄入。植物油在加工精炼过程中会产生一定量的 TFAs,是日常饮食中摄入 TFAs 中的一个重要来源。

虽然各油脂生产企业已把 TFAs 作为重要的控制对象,但目前国内对于大部分植物油中 TFAs 还没有明确的标准限值,仅在橄榄油国家标准(GB 23347-2009)中有对不同等级的橄榄油的 TFAs 标准要求,不过国家已经对 TFAs 予以重视,2013 年 1 月开始实施的标准《预包装食品标签通则》中强制规定“食品配料含有或生产过程中使用了氢化和(或)部分氢化油脂时,在营养成分表中还应标示出反式脂肪(酸)的含量”。国际方面,2003 年丹麦首先立法禁止销售反式脂肪含量超过 2%的食材<sup>[45]</sup>。2013 年 11 月 7 日,美国食品和药物管理局(FDA)宣布,基于现有科学证据及专家委员会的结论,已初步决定禁用对人体健康不利的人造反式脂肪。对于植物油中 TFAs 的含量情况,有机构抽检了 96 份植物油样品,显示 TFAs 含量超过 1%的占比 40%,超过 2%占比 12.5%<sup>[46]</sup>,有学者对新疆石河子地区葵花籽油 TFAs 进行分析,含量超过 1%样品占比 27%,超 2%样品占比 3.8%<sup>[47]</sup>。可见成品植物油中大部分产品 TFAs 低于 2%,参考国际标准,植物油途径摄入不是造成反式脂肪酸风险的主要原因<sup>[48]</sup>。但是对于植物油厂家应关注 TFAs 的产生来源并进行相应控制,确保产品的安全性和竞争力。

一般认为 TFAs 产生于精炼环节的脱臭过程,与脱臭

的时间和温度正相关<sup>[49,50]</sup>。因此对于生产厂家, 应对所生产植物油品种进行跟踪检测, 摸清在现有生产工艺下 TFAs 含量水平, 进而通过参数的改进尽可能降低其含量, 并与竞品对标, 确保产品的质量竞争的竞争性, 其次应积极探索新脱臭技术的应用, 如适度精炼加工中低温短时的脱臭技术等。

## 5 结 论

植物油的风险因子有很多, 本文根据植物油生产中的实际面临的问题并结合目前研究热点, 选取了 7 个风险因子进行论述, 分别为真菌毒素类风险因子黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮, 化合物污染类风险因子多环芳烃、矿物油、塑化剂, 加工过程中产生的风险因子 3-氯丙醇酯和反式脂肪, 这些风险因子与消费者健康息息相关。从本文研究看, 市场产品中风险因子超标现象依然存在, 国内标准与国际标准限值之间有一定的差距, 有些风险因子在国内还没有限量要求。随着消费者对食用油安全性的重视以及研究机构研究的深入, 食用油的风险因子会越来越受到重视, 因此对于食用油生产企业, 应对风险因子进行前瞻性研究和控制, 不断提高产品的安全性和竞争力。对于政府监管部门, 建议健全风险因子的风险评估体系和制定合理限量标准, 必要时应与国际接轨, 避免国际间贸易技术壁垒。同时也建议各企业和研究机构关注国际和国内食用油质量安全风险热点问题, 对相关风险更深入和细致研究。

## 参考文献

- [1] 冯殿清. 食品安全管理与法规监管保障体系的有效性探究[J]. 现代食品, 2019, (6): 107-109.  
Feng DQ. Research on the effectiveness of food safety management and regulatory system [J]. Mod Food, 2019, (6): 107-109.
- [2] 罗小虎, 王韧, 王莉, 等. 黄曲霉毒素检测方法研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2013, (10): 54-58.  
Luo XH, Wang R, Wang LL, et al. The development of detection methods for aflatoxins [J]. Cere Feed Ind, 2013, (10): 54-58.
- [3] 黄伟, 谌先明. 黄曲霉毒素的危害及预防措施[J]. 畜禽业, 2014, (10): 38-41.  
Hang W, Chen XM. Harm of aflatoxins and preventive measures [J]. Livestock Poul Ind, 2014, (10): 38-41.
- [4] 李娟. 2009年中国十二省花生黄曲霉毒素污染调查及脱毒技术研究[D]. 武汉: 湖北大学, 2011.  
Li J. Survey of aflatoxin contamination in peanuts sampling from twelve China provinces in 2009 and detoxification method study on aflatoxin [D]. Wuhan: Hubei University, 2011.
- [5] GB 2716-2011 食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量[S].  
GB 2716-2011 National food safety standards-Mycotoxin limit in food [S].
- [6] Maurice OM. Risk assessment for aflatoxins in foodstuffs [J]. Int Biodet Biod, 2002, 50(3): 137-142.
- [7] 徐文静, 刘丹, 韩小敏, 等. 2015年我国部分地区市售食用植物油中黄曲霉毒素污染调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2018, 30(1): 63-68.  
Xu WJ, Liu D, Han XM, et al. Survey on the natural occurrence of aflatoxins in edible vegetable oil collected from some regions of China in 2015 [J]. Chin J Food Hyg, 2018, 30(1): 63-68.
- [8] 何景, 杨丹. 北京市地区小包装食用油中真菌毒素污染状况调查[J]. 中国油脂, 2019, 44(6): 79-82.  
He J, Yang D. Contaminations of mycotoxin in small package edible oil in Beijing [J]. Chin Oils Fats, 2019, 44(6): 79-82.
- [9] 肖军霞, 张岩, 黄国清, 等. 黄曲霉毒素去除方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2012, 3(5): 395-399.  
Xiao JX, Zhang Y, Huang GQ, et al. Research progress on the removal of aflatoxins [J]. J Food Saf Qual, 2012, 3(5): 395-399.
- [10] 刘冬梅, 曹成, 俎建英, 等. 不同贮藏条件下花生中黄曲霉毒素变化趋势[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(5): 1920-1923.  
Liu DM, Cao C, Zhu JY, et al. Variation trend of aflatoxins content in peanut under different storage conditions [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(5): 1920-1923.
- [11] 武亭亭, 杨丹. 粮食加工品中玉米赤霉烯酮和呕吐毒素污染情况调查[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(12): 3674-3678.  
Wu TT, Yang D. Investigation on zearalenone and deoxynivalenol contamination in grain-related food [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(12): 3674-3678.
- [12] Drzymala SS, Weiz S, Heinze J, et al. Automated solid-phase extraction coupled online with HPLC-FLD for the quantification of zearalenone in edible oil [J]. Anal Bioanal Chem, 2015, (407): 3489-3497.
- [13] 朱文倩. 玉米油中玉米赤霉烯酮的测定和去除[D]. 无锡: 江南大学, 2018.  
Zhu WQ. Research on determination and removal effects of zearalenone in corn oil [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018.
- [14] 裴姬晓. 玉米油中玉米赤霉烯酮的控制和去除方法研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2016.  
Pei YX. Research on control and removal effects of zearalenone in maize oil [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2016.
- [15] 侯利霞, 仇记红. 食用油中多环芳烃研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2017, 38(3): 115-122.  
Hou LX, Qiu JH. Research progress of PAHs in edible oils [J]. J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed), 2017, 38(3): 115-122.
- [16] 段小丽, 陶澍, 徐东群, 等. 多环芳烃污染的人体暴露和健康风险评估方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.  
Duan XL, Tao S, Xu DQ, et al. Human exposure and health risk assessment method for polycyclic aromatic hydrocarbons pollutions [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2011.
- [17] 王欣心, 金银龙. 多环芳烃遗传毒性研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2010, 27(2): 174-177.  
Wang XX, Jin YL. Research progress on genotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons [J]. J Environ Health, 2010, 27(2): 174-177.
- [18] 郑添添, 张立实, 王君, 等. 食用植物油中EU15+1PAHs污染情况及精炼过程对其含量的影响[J]. 中国油脂, 2016, 41(12): 76-80.  
Zheng TT, Zhang LS, Wang J, et al. Contamination degree of EU15 + 1 PAHs in edible vegetable oil and effect of refining process on their content [J]. China Oils Fats, 2016, 41(12): 76-80.

- [19] GB 2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].  
GB 2762-2017 National food safety standards-Contaminant limit in food [S].
- [20] 乌日娜, 金芬, 苏杭, 等. 北京地区食用植物油中多环芳烃污染特征与健康风险评价[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(6): 843-849.  
Wu RN, Jin F, Su H, *et al.* Contamination characteristics and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible vegetable oil in Beijing [J]. *Chin J Oil Crop Sci*, 2016, 38(6): 843-849.
- [21] 陈蓓, 阮丽萍, 李放, 等. 2015~2017年江苏省食品中多环芳烃污染状况的调查分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(24): 6569-6575.  
Chen B, Ruan LP, Li F, *et al.* Investigation and analysis of polycyclic aromatic hydrocarbon pollution level in food in Jiangsu province from 2015 to 2017 [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(24): 6569-6575.
- [22] 汪学德, 王合宝, 刘玉兰. 降低芝麻油中的苯并[a]芘含量工艺参数的研究[J]. 粮油加工, 2010, (10): 29-31.  
Wang XD, Wang HB, Liu YL. Study on technological parameters for reducing benzo[a]pyrene content in sesame oil [J]. *Cere Oils Process*, 2010, (10): 29-31.
- [23] Scimko P, Khunova V, Simon P, *et al.* Kinetics of sunflower oil contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated recycled low density polyethylene film [J]. *Int J Food Sci Technol*, 1995, 30: 807-815.
- [24] 杨春艳, 张九魁, 柯润辉, 等. SPE-PTV-GC-FID 法定量分析食用植物油中的饱和烃类矿物油[J]. 中国食品添加剂, 2018, (1): 165-174.  
Yang CY, Zhang JQ, Ke RH, *et al.* Quantitative analysis of mineral oil saturated hydrocarbons(MOSH)in edible vegetable oils by solid phase extraction-programmed temperature vaporizer-gas chromatography-flame ionization detection(SPE-LVI-GC-FID)method [J]. *Chin Food Add*, 2018, (1): 165-174.
- [25] 白满英, 李芳, 魏义勇. 食用植物油掺入矿物油的鉴别[J]. 中国油脂, 2001, (3): 64.  
Bai MY, Li F, Wei YY. Identification of edible vegetable oil mixed with mineral oil [J]. *Chin Oils Fats*, 2001, (3): 64.
- [26] 欧盟采取措施防止乌克兰受污染葵花子油流入[DB/OL]. [2008-5-24]. <http://news.hexun.com/2008-05-24/106212123.html>.  
EU measures to prevent contaminated sunflower oil from entering Ukraine [DB/OL]. [2008-5-24]. <http://news.hexun.com/2008-05-24/106212123.html>.
- [27] Purcaro G, Barp L, Moret S. Determination of hydrocarbon contamination in foods. A review [J]. *Anal Methods*, 2016, 8(29): 5755-5772.
- [28] 张强, 刘一军, 袁芳, 等. 进口散装食用植物油运输工具污染防控体系研究[J]. 食品安全导刊, 2017, (30): 64-65.  
Zhang Q, Liu YJ, Yuan F, *et al.* Study on pollution prevention and control system of imported bulk vegetable oil transportation tools [J]. *Chin Food Saf Magz*, 2017, (30): 64-65.
- [29] 崔虹, 王雪平. 浅谈食品中塑化剂的来源、危害与测定方法[J]. 华章, 2011, (25). Doi: 10.3969/j.issn.1009-5489.2011.25.290  
Cui H, Wang XP. Talking about the source, harm and measuring method of plasticizer in food [J]. *Hua Zhang*, 2011, (25). Doi: 10.3969/j.issn.1009-5489.2011.25.290
- [30] 祝惠惠, 罗世鹏, 刘君峰, 等. 快餐和早点包装中邻苯二甲酸酯类塑化剂迁移风险的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(11): 3571-3575.  
Zhu HH, Luo SP, Liu JF, *et al.* Studies on migration risk of phthalic acid esters in packaging of fast food and breakfast [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(11): 3571-3575.
- [31] 赵立群, 石金娥, 张宁, 等. 2018年吉林省部分地区市售食用植物油产品中塑化剂含量的检测结果分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(6): 1465-1469.  
Zhao LQ, Shi JE, Zhang N, *et al.* Analysis of plasticizer content in commercial vegetable oil products sold in some of areas of Jilin province in 2018 [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(6): 1465-1469.
- [32] 王颖, 刘海韵, 张桂芳, 等. 烟台市成品及散装食用油中塑化剂含量的调查[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(10): 4267-4271.  
Wang Y, Liu HY, Zhang GF, *et al.* Determination of plasticizers in finished and bulk oil in Yantai [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(10): 4267-4271.
- [33] 邹翀, 尤梦圆, 刘金勇, 等. 食用油中邻苯二甲酸酯类物质的来源分析及预防措施[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(7): 102-107, 111.  
Zou C, You MY, Liu JY, *et al.* Source analysis and preventive measures of phthalate esters in edible oil [J]. *J Chin Cere Oils Assoc*, 2014, 29(7): 102-107, 111.
- [34] 徐颖, 郭立新, 蔡曹盛. 食用油中增塑剂溶出的原因分析及风险预测[J]. 中国油脂, 2012, 37(5): 48-50.  
Xu Y, Guo LX, Cai CS. Analysis and risk forecast of phthalate dissolved in edible oil [J]. *Chin Oils Fats*, 2012, 37(5): 48-50.
- [35] 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.  
Zou YT, Bao LL, Zhou QY, *et al.* Source and risk control measure of phthalate esters plasticizers in edible vegetable oil [J]. *Chin Oils Fats*, 2019, 44(5): 123-127.
- [36] 刘青, 阮君, 曾广丰, 等. 气相色谱-串联质谱法同时测定食品中的氯丙醇酯和缩水甘油酯[J]. 现代食品科技, 2018, 34(4): 242-248, 257.  
Liu Q, Ruan J, Zeng GF, *et al.* Simultaneous determination of chloropropanolate and glycidyl ester in food by gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2018, 34(4): 242-248, 257.
- [37] Hamlet CG, Sadd PA, Crews C, *et al.* Occurrence of 3-chloro-1,2-propanediol (3-MCPD) and related compounds in foods: A review [J]. *Food Add Contam*, 2002, 19(7): 619-631.
- [38] 任雪梅, 田洪芸, 程月红. 食品中氯丙醇酯类物质的研究概况[J]. 食品安全导刊, 2019, (6): 166-168.  
Ren XM, Tian HY, Cheng YH. Research progress of chloropropanol esters in food [J]. *Chin Food Saf Magz*, 2019, (6): 166-168.
- [39] 徐万娜, 廖仕成. 深圳地区人群食用油中 3-氯丙醇酯膳食暴露评估[J]. 现代预防医学, 2018, 45(15): 2747-2751.  
Xu WN, Liao SC. Exposure assessment of 3-Chloro-1,2-propanediol(3-MCPD) esters of edible oil, Shenzhen [J]. *Mod Prev Med*, 2018, 45(15): 2747-2751.
- [40] 里南. 食品中脂肪酸氯丙醇酯的污染调查与暴露评估[D]. 福州: 福建农林大学, 2012.  
Li N. Study on the occurrence of fatty acid esters of chloropropanols in food and exposure assessment [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2012.
- [41] 王凤艳, 周澍堃, 刘孟涛, 等. 食用油加工过程中 3-氯丙醇酯类酯生

- 成的影响因素研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(10): 106–110, 122.
- Wang FY, Zhou SK, Liu MT, *et al.* 3-MCPD fatty acid ester in edible oil processing study on the influencing factors of generation [J]. *J Chin Cere Oils Assoc*, 2017, 32(10): 106–110, 122.
- [42] 向晓玲. 食用油中 3-MCPD 酯的检测、风险评估及山茶油精炼工艺优化[D]. 杭州: 浙江大学, 2018.
- Xiang XL. Detection and exposure assessment of 3-MCPD ester in edible oils and optimization of refining process of camellia oil [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018.
- [43] 毕灵潇. 中国市售食品中反式脂肪酸含量的现状研究[J]. 食品安全导刊, 2016, (24): 47.
- Bi LX. Study on the current situation of trans fatty acids content in chinese market food [J]. *Chin Food Saf Magz*, 2016, (24): 47.
- [44] 姚昭, 李丹丹, 樊马龙, 等. 膳食反式脂肪酸摄入与大肠癌发生风险相关性的 Meta 分析[J]. 营养学报, 2018, 40(2): 109–114.
- Yao Z, Li DD, Pan ML, *et al.* Meta-analysis of the relationship between dietary trans fatty acid intake and risk of colorectal cancer [J]. *J Nutr*, 2018, 40(2): 109–114.
- [45] 梁帅. 不同食用油脂摄入对小鼠肠道脂肪酸组成及免疫屏障功能的影响[D]. 大连: 大连工业大学, 2017.
- Liang S. Effects of different edible oils intake on intestinal fatty acid composition and immune barrier function in mice [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2017.
- [46] Wang Y, Proctor SD. Current issues surrounding the definition of trans-fatty acids: Implications for health, industry and food labels [J]. *British J Nutr*, 2013, 110(8): 1369–1383.
- [47] 李双, 邵仕萍, 陈秀明, 等. 食用植物油中反式脂肪酸的含量研究[J]. 中国检验检疫, 2018, 26(5): 18–20.
- Li S, Shao SP, Chen XM, *et al.* Study on the content of trans fatty acids in edible oil [J]. *Chin Inspect Test*, 2018, 26(5): 18–20.
- [48] 王晓菡, 汪学德, 王威, 等. 石河子部分地区葵花籽油反式脂肪酸含量与品质分析[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(3): 30–35.
- Wang XH, Wang XD, Wang W, *et al.* Quality and trans fatty acids contents of sunflower oils from parts of Shihezi in Xinjiang [J]. *Grain, Oil Food Sci Technol*, 2016, 24(3): 30–35.
- [49] 谢岩黎, 严瑞东, 霍权恭, 等. 食用油脂及加工食品中反式脂肪酸的风险评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(4): 1190–1199.
- Xie YL, Yan RD, Huo QG, *et al.* Risk assessment for trans-fatty acids content of edible oils and fats and processed foods [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 1190–1199.
- [50] 王兴国, 金青哲, 白长军, 等. 大豆油精准适度加工关键新技术开发与示范[J]. 中国油脂, 2015, 40(9): 7–12.
- Wang XG, Jing QZ, Bai CJ, *et al.* Exploitation and demonstration of novel and key technology of accurate and moderate processing of soybean oil [J]. *Chin Oils Fats*, 2015, 40(9): 7–12.
- [51] 郭瑞华, 郑妍, 杨天奎. 从油脂加工控制反式脂肪酸[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2802–2806.
- Guo RH, Zheng Y, Yang TK. Control of trans fatty acids by oil processing [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, 6(7): 2802–2806.

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介

王公辉, 硕士, 工程师, 主要研究方向为质量食品安全管理。

E-mail: wanggh@cofco.com

初柏君, 硕士, 工程师, 主要研究方向为油脂产品开发。

E-mail: chubaijun@cofco.com