

调查研究

2013—2018年市售食用植物油中部分真菌毒素检出状况分析

黄常刚^{1,2}, 闫兆凤^{2,3}, 邵懿², 杨欣², 杨大进²

(1. 武汉市疾病预防控制中心(武汉市卫生监督所), 湖北 武汉 430020; 2. 国家食品安全风险评估中心, 北京 100022; 3. 威海市疾病预防控制中心, 山东 威海 264200)

摘要:目的 通过调查我国市售食用植物油中黄曲霉毒素(AFs)、玉米赤霉烯酮(ZEN)和伏马菌素(FBs)含量, 了解我国市售食用植物油中典型真菌毒素污染状况, 为评估市售食用植物油安全状况提供依据。方法 在我国28个省(自治区、直辖市)采集各类食用植物油共5 968份, 用国家食品污染和有害因素风险监测工作手册规定的方法检测AFs、ZEN和FBs 3类真菌毒素, 并对实验数据进行描述性统计分析, 数据组间比较采用 χ^2 检验。结果 5 968份食用植物油中真菌毒素总检出率25.75%; 4 933份市售食用植物油中AFs检出率为13.42%, AFs总量最高含量达到1 043.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 超标率为1.62%, 且超标样品全部为花生油, 散装花生油样品超标情况尤为严重; 1 190份食用玉米油中ZEN检出率为72.35%, 最高含量达到2 326.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 超标率为11.76%; 667份食用玉米油中FBs检出率为2.85%, 总的检出率较低, 检出值大部分较低。结论 我国食用植物油中真菌毒素污染问题不容忽视, 其中花生油中AFs污染较为严重, 玉米油中ZEN污染较为严重, 需要重点进行跟踪监测并采取针对性的措施加强监管。

关键词: 食用植物油; 黄曲霉毒素; 玉米赤霉烯酮; 伏马菌素

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2025)01-0042-06

DOI: 10.13590/j.cjfh.2025.01.006

Result analysis of partial mycotoxins in commercial edible vegetable oils between 2013 and 2018

HUANG Changgang^{1,2}, YAN Zhao Feng^{2,3}, SHAO Yi², YANG Xin², YANG Dajin²

(1. Wuhan Center for Disease Control and Prevention (Wuhan Health Supervision institute), Hubei Wuhan 430020, China; 2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China; 3. Weihai Center for Disease Control and Prevention, Shandong Weihai 264200, China)

Abstract: Objective Investigating the contents of aflatoxins (AFs), zearalenone (ZEN) and fumonisins (FBs) in edible vegetable oils to find out the pollution status of typical mycotoxins and provide bases for evaluating the safety status of edible vegetable oils sold in China. **Methods** A total of 5 968 edible vegetable oils were collected from 28 provinces (autonomous regions, municipalities) in China, which would be then detected to determine the content of AFs, ZEN, FBs by national manual on risk monitoring of food pollution and harmful factors. The data obtained had been dealt using descriptive statistical analysis, while χ^2 square test was used to compare the data between groups. **Results** The total detection rate of mycotoxins in 5 968 edible vegetable oils was 25.75%. The detection rate of AFs in 4 933 commercial edible vegetable oils is 13.42% with the highest content of AFs 1 043.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$, while the exceeding standard rate is 1.62% and all the exceeding standard samples are peanut oils, especially the bulk peanut oil samples. The detection rate of ZEN in 1 190 edible corn oils is 72.35% with the highest content 2 326.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$, while the exceeding standard rate is 11.76%. The detection rate of FBs in 667 edible corn oils was 2.85%, while both the total detection rate and most of the detection values are low. **Conclusion** It is considered that mycotoxins pollution in edible vegetable oils in China could not be ignored, especially AFs pollution in peanut oils and ZEN pollution in corn oils. It is necessary to focus on tracking and monitoring and take targeted measures to strengthen supervision.

Key words: Edible vegetable oils; aflatoxins; zearalenone; fumonisins

收稿日期: 2024-06-07

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFC1605202)

作者简介: 黄常刚 男 副主任技师 研究方向为食品卫生与检验 E-mail: hcg@whcdc.org

通信作者: 杨欣 女 研究员 研究方向为食品卫生

E-mail: yangxin@cfsa.net.cn

油料作物如花生、玉米等很容易受到真菌毒素污染, 而其中的真菌毒素通过多种加工方式加工后仍然可以迁移到食用植物油中并稳定存在, 最终通过膳食摄入进入人体, 使得油料作物和食用植物油中真菌毒素危害不容忽视^[1-3]。文献报道显示, 黄曲

霉毒素(Aflatoxins,AFs)和玉米赤霉烯酮(Zearalenone,ZEN)是目前公开研究中较为常见的对食用植物油造成污染的真菌毒素^[4-5]。

AFs是所有真菌毒素中毒性最强的一类,被国际癌症研究机构确立为Ⅰ类致癌物质^[1],能够污染玉米等多种油料作物^[5],摄入体内后能够对动物体产生致突变性、致癌性、致畸性和免疫毒性等多种危害^[6-7]。已有文献报道显示,花生油中AFB₁含量最高可达401 μg/kg^[8],广西食用植物油中AFB₁超标率达到了25.56%^[9]。ZEN具有雌激素属性,主要危害动物的生殖系统,对生物体产生生殖毒性、肝肾毒性、免疫毒性等危害,但对人体不致癌^[1,10],主要污染油料作物为玉米。ZEN在玉米油中的检出率普遍较高,报道的最高检出率为100%^[11-12],最高检出值来自一份德国的玉米胚芽油,ZEN含量达到1 730.00 μg/kg^[13]。伏马菌素(Fumonisin,FBs)是一类主要由串珠镰刀菌和一些镰孢菌产生的双酯化合物,其中FB₁和FB₂均被国际癌症研究机构确立为ⅡB类致癌物^[1]。FBs能够对动物体产生致癌性、肝肾毒性和免疫毒性^[14],一般主要污染花生和玉米,特别是在玉米中的污染最为严重^[5,7]。目前已知的关于食用植物油中FBs检出的报道较少,邓春丽等^[15]

分析了39份食用植物油,只发现了少量FBs检出且检出值均较低。

本研究对我国多个省(自治区,直辖市)的多类食用植物油进行了监测,对食用植物油中AFs、ZEN和FBs的污染状况进行调查分析,了解评估我国各地食用植物油中多类真菌毒素的污染状况,为更好地预防和控制食用植物油中真菌毒物的污染提供依据。

1 材料与方法

1.1 采样方法

按照国家食品污染和有害因素风险工作手册,2013—2018年在我国28个省(自治区,直辖市)采集菜籽油、大豆油、花生油、葵花籽油、调和油、亚麻籽油、玉米油、芝麻油和其他食用植物油,共采集各种食用植物油样品5 968份,采样环节包括商店、集贸市场、网店和生产加工环节,其中定量包装样品5 389份,散装样品579份。样品常温密封保存于阴凉干燥处,具体采样类别、采样地区及采样数量见表1。5 968份食用植物油中有4 933份监测四种AFBs,1 190份监测ZEN,667份监测FBs,少部分样品会同时监测两类或三类真菌毒素。

表1 食用植物油采样信息
Table 1 Information of edible vegetable oil samples

序号	省(自治区,直辖市)	菜籽油	大豆油	花生油	葵花籽油	其他食用植物油	亚麻籽油	调和油	玉米油	芝麻油	总计
1	安徽省	13	11	4	3	3	—	46	53	4	137
2	北京市	—	11	3	5	2	—	29	6	4	60
3	福建省	2	1	138	3	2	—	26	47	—	219
4	甘肃省	44	10	8	3	27	2	18	42	3	157
5	广东省	57	60	259	20	8	—	—	108	1	513
6	广西壮族自治区	—	3	111	1	—	—	7	11	—	133
7	贵州省	2	—	13	—	1	—	30	46	—	92
8	河北省	1	81	104	20	11	—	108	127	12	465
9	河南省	3	30	147	1	4	—	99	141	6	431
10	黑龙江省	1	106	9	16	6	—	29	47	—	214
11	湖北省	—	—	65	—	—	—	2	61	—	128
12	湖南省	19	2	5	4	4	—	88	58	1	181
13	吉林省	2	61	6	10	2	—	24	140	—	245
14	江苏省	16	25	40	6	3	1	16	113	3	223
15	江西省	—	—	14	—	—	—	1	32	—	47
16	辽宁省	—	58	48	6	2	—	15	172	—	301
17	内蒙古自治区	3	23	9	34	2	36	13	100	—	220
18	宁夏回族自治区	2	4	2	1	4	—	12	30	—	55
19	青海省	—	—	11	—	—	—	—	9	—	20
20	山东省	5	111	334	4	7	—	80	199	2	742
21	山西省	2	25	5	4	3	22	52	24	—	137
22	陕西省	116	16	61	7	2	2	24	112	3	343
23	上海市	—	—	5	—	—	—	—	54	—	59
24	四川省	81	5	14	7	8	—	24	76	2	217
25	天津市	1	20	2	13	1	—	32	11	3	83
26	云南省	38	7	13	3	—	—	32	50	—	143
27	浙江省	—	—	19	—	—	—	2	249	—	270
28	重庆市	9	—	42	—	1	—	2	80	—	134
总计		417	670	1 491	171	103	63	811	2 198	44	5 968

注:“—”表示未采样;其他食用植物油包括稻米油、胡麻油、橄榄油、芥末油、茶油、藤椒油、棉籽油;表格中的数字表示份数

1.2 材料仪器

AFB₁、AFB₂、AFG₁、AFG₂ 标准品:纯度≥99%,购自美国 ROMER Labs 公司;乙腈:色谱纯,购自美国赛默飞世尔公司;黄曲霉毒素免疫亲和柱,购自青岛普瑞邦生物工程有限公司;高效液相色谱配荧光检测器(带>50 μL 进样环,普通体积流动池或大体积流动池),色谱柱 XBridge C18 柱(柱长 150 mm,内径 4.6 mm,填料粒径 5 μm),或相当者,柱后衍生装置光化学柱后衍生器-PHRED 光化学柱后衍生器,或者其他原理的柱后衍生器,购自美国沃特世公司。

ZEN、FB₁、FB₂、FB₃ 标准品及相应同位素内标:纯度≥99%,购自美国 ROMER Labs 公司;乙腈、甲醇、甲酸:色谱纯,购自美国赛默飞世尔公司;超高压液相色谱-串联质谱仪:配有电喷雾离子源,高速离心机:转速>10 000 r/min,色谱柱:C₁₈ 柱(柱长 100 mm,柱内径 3.0 mm;填料粒径 1.7 μm),购自美国沃特世公司。

1.3 检测方法

4 种 AFs 检测参照国家食品污染和有害因素风险监测工作手册-食品中黄曲霉毒素(B₁、B₂、G₁、G₂) 高效液相色谱串联荧光检测法(HPLC-RF)法测定的标准操作程序,样品中 AFs 用乙腈-水混合液提取,提取液经免疫亲和柱净化,HPLC-RF 分离检测,外标法定量,4 种 AFs 检出限均为 0.05 μg/kg;ZEN 和 3 种 FBs 检测采用国家食品污染和有害因素风险监测工作手册-食品中真菌毒素多组分测定的标准操作程序第一法(同位素稀释液相色谱-串联质谱法),样品中真菌毒素用乙腈-水-乙酸溶液提取,提取液经稀释、离心、过滤后,取上清液,液相色谱-串联质谱仪检测,内标稳定同位素稀释法定量,ZEN 检出限为 5.0 μg/kg,3 种 FBs 检测限均为 0.5 μg/kg。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 21.0 软件进行统计分析,数据组间比较采用 χ^2 检验,以 $\alpha=0.05$ 为检验标准。根据 GB 2761—2017 食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量^[16]规定,花生油、玉米油中 AFB₁ 限量值为 20 μg/kg,其他食用植物油中 AFB₁ 限量值为 10 μg/kg,结果超出上述值判定为超标样品;根据欧盟(EC) No 1881/2018^[17]规定,玉米油中 FB₁+FB₂ 限量值为 1 000 μg/kg,ZEN 限量值为 200 μg/kg,结果超出上述值判定为超标样品。

2 结果

2.1 食用植物油中真菌毒素总体检出情况

本次监测的 5 968 份食用植物油样品中,检

出 AFs、ZEN 和 FBs 样品 1 537 份,总检出率达到 25.75%;超标样品 220 份,总超标率 3.69%。

2.2 食用植物油中 AFs 检出情况

监测 AFs 的总共 4 933 份食用植物油样品中,检出 AFs 662 份,检出率为 13.42%,超标样品为 80 份,超标率为 1.62%,且所有超标样品均为花生油。

2.2.1 不同种类食用植物油中 AFs 检出情况

亚麻籽油、其他食用植物油未检出 AFs,菜籽油、大豆油、葵花籽油、调和油和玉米油检出率均低于 3.00%,且最高检出值仅 5.48 μg/kg,为 1 份调和油中的 AFB₁,没有超标样品;芝麻油检出率达到 9.09%,但样品份数较少,且最高检出值仅为 3.62 μg/kg,检出项目为 AFB₁;花生油监测数量最多,为 1 491 份,总检出率达到 40.85%,超过国家标准限值的达到 5.37%(表 2)。

表2 不同种类植物油中 AFs 总体检出情况

Table 2 Total detection of AFs in different kinds of edible

vegetable oils

样品种类	样品 份数	检出 份数	超标 份数	检出率 /%	超标率 /%
菜籽油	417	6	0	1.44	0
大豆油	670	4	0	0.60	0
花生油	1 491	609	80	40.85	5.37
葵花籽油	171	4	0	2.34	0
其他食用植物油	103	0	0	0	0
调和油	811	17	0	2.10	0
亚麻籽油	63	0	0	0	0
玉米油	1 163	18	0	1.55	0
芝麻油	44	4	0	9.09	0
合计	4 933	662	80	13.42	1.62

2.2.2 4 种 AFs 检出情况比较

4 种 AFs 在监测的食用植物油中均有检出,且 4 种 AFs 检出率之间差异具有统计学意义($\chi^2=476.43, P<0.05$),其中 AFB₁ 检出率达到 12.39%,检出最高值和检出均值分别达到 899.00 μg/kg 和 2.36 μg/kg,均显著高于其他 3 种 AFs(表 3)。另外,AFB₁ 最高检出值 899.00 μg/kg 也远高于已检索文献报道的 401.00 μg/kg^[8],检出该值的样品为 1 份来自广东省湛江市的散装花生油。表 3 还列出了食用植物油中 AFs 总量检出情况,以美国限量标准(除牛奶外所有食品中 AFs 总量不得超过 20 μg/kg)判定,全部食用植物油样品中 AFs 总量超标样品 112 份,超标率达到 2.27%。

2.2.3 不同年份 AFs 检出情况比较

从监测年份看,2013、2014、2016、2018 年 4 种 AFs 均有检出,且检出率依次增高,到 2018 年达到 71.07%(表 4)。统计分析显示,4 个年份的 AFs 检出情况差异具有统计学意义(检出率: $\chi^2=802.40$,

表3 食用植物油中四种AFs检出情况比较
Table3 Comparison of four AFs detected in edible vegetable oils

监测项目	样品份数	检出份数	检出率/%	超标份数 ¹	超标率/%	检出范围 ² /(μg/kg)	含量均值/(μg/kg)	P ₉₅ /(μg/kg)
AFB ₁	4 933	611	12.39	80	1.62	0.025~899.00	2.36	4.14
AFB ₂		416	8.43	—	—	0.025~144.00	0.45	0.90
AFG ₁		113	2.29	—	—	0.025~80.50	0.12	0.025
AFG ₂		204	4.14	—	—	0.025~18.00	0.20	0.025
AFs总量		662	13.42	112	2.27	0.10~1 043.05	3.12	6.60

注:1.AFB₁超标以GB 2761—2017为标准判定,AFs总量超标以美国限量标准(除牛奶外所有食品中AFs总量不得超过20 μg/kg)判定;2.4种AFs检出限均为0.05 μg/kg,未检出样品以检出限一半计算

$P<0.05$)。如果仅从散装花生油来比较,4个年份的检出率依然逐次增高,且4个年份AFs检出率差异仍具有统计学意义(检出率: $\chi^2=32.67, P<0.05$);超标率显示出和检出率类似的特征。

2.2.4 不同包装食用植物油中AFs检出情况比较
散装样品检出率和超标率均显著高于定量包

装样品(表5),散装食用植物油中AFs检出率达到46.50%,超标率达到13.81%,均远高于定量包装的11.44%和0.03%(检出率: $\chi^2=439.82, P<0.05$;超标率: $\chi^2=479.57, P<0.05$)。从检出均值来看,散装样品(5.66 μg/kg)是定量包装样品(0.14 μg/kg)的40.43倍。

表4 食用植物油中AFs年度检出情况
Table 4 Annual detection of AFs in edible vegetable oils

样品种类	监测年份	样品份数	检出份数	超标份数	检出率/%	超标率/%
监测AFs的4 933份植物油	2013	3 719	247	3	6.64	0.08
	2014	888	237	20	26.69	2.25
	2016	205	92	22	44.88	10.73
	2018	121	86	35	71.07	28.93
	合计	4 933	662	80	13.42	1.62
散装花生油	2013	93	35	3	37.63	3.23
	2014	145	69	20	47.59	13.79
	2016	112	74	22	66.07	19.64
	2018	121	86	35	71.07	28.93
	合计	471	264	80	56.05	16.99

表5 不同包装形式食用植物油中AFs检出情况比较
Table 5 Comparison of AFs detection in edible vegetable oils with different packaging forms

样品包装	样品份数	检出数	超标数	检出率/%	超标率/%	总量检出均值/(μg/kg)	总量最高值/(μg/kg)
定量包装	3 461	396	1	11.44	0.03	0.14	33.25
散装	572	266	79	46.50	13.81	5.66	1 043.05
总计	4 933	662	80	13.42	1.62	0.78	899.00

2.3 食用玉米油中ZEN检出情况
监测ZEN的食用植物油样品共1 190件,全部为玉米油,共检出ZEN 861份,检出率为72.35%;超标样品达到140份,超标率为11.76%(表6)。

表6 食用玉米油中ZEN分年度检出情况
Table 6 Annual detection of ZEN in edible corn oils

监测年份	样品份数	检出份数	超标份数 ¹	检出率/%	超标率/%	检出范围 ² /(μg/kg)	含量均值/(μg/kg)	P ₅₀ /(μg/kg)	P ₉₅ /(μg/kg)
2014	343	210	41	61.22	11.95	2.50~2 326.00	96.04	16.90	554.50
2016	218	201	66	92.20	30.28	2.50~1 037.00	144.68	129.50	366.50
2018	629	450	33	71.54	5.25	2.50~492.00	58.96	30.80	205.60
合计	1 190	861	140	72.35	11.76	2.50~2 326.00	85.35	34.00	278.75

注:1.超标样品以欧盟玉米油中限量标准200 μg/kg判定;2.ZEN检出限为5 μg/kg,未检出样品以检出限一半计算

2.3.1 不同年份ZEN检出情况比较
从表6可以看出,2016年检出率和超标率都高于2014年和2018年,不同年份检出率和超标率差异均存在统计学意义(检出率: $\chi^2=64.38, P<0.05$;超标率: $\chi^2=97.71, P<0.05$)。全部玉米油中ZEN含量最高检出值出现在2014年(2 326.00 μg/kg);从检出均值和中位数来看,2016年玉米油中ZEN污染明显比2014年和2018年更为严重,这和检出率、超

标率的分析结果一致。
2.3.2 不同产地玉米油中ZEN污染比较
从产地来看,7个地区生产的玉米油中ZEN检出率和超标率之间差异均具有统计学意义(检出率: $\chi^2=161.02, P<0.05$;超标率: $\chi^2=44.24, P<0.05$)。华中地区检出率最高,达到84.75%,而西北、华东地区的超标率较高,分别达到17.02%和16.30%,提示上述地区生产的玉米油受ZEN污染更为严重。

东北地区生产的玉米油样品检出率最低,是唯一一个检出率低于 50% 的地区,且未检出超标样品,提示东北地区生产的玉米油受 ZEN 污染程度较其他地区更低(表 7)。

表 7 不同地区生产的食用玉米油中 ZEN 污染比较
Table 7 Comparison of ZEN pollution in edible corn oils produced in different regions

序号	样品产地	样品份数	检出份数	超标份数	检出率/%	超标率/%
1	华东	644	525	105	81.52	16.30
2	华北	131	72	3	54.96	2.29
3	东北	130	42	0	32.31	0
4	华中	118	100	14	84.75	11.86
5	华南	69	53	5	76.81	7.25
6	西南	51	36	5	70.59	9.80
7	西北	47	33	8	70.21	17.02
总计		1 190	861	140	72.35	11.76

2.4 食用玉米油中 FBs 检出情况

本次共监测 667 份玉米油样品,其中检出 FBs 19 份,检出率为 2.85%,不存在超标样品(最高检出值 946.00 μg/kg)(表 8)。

分年度看,2014—2016 年总体检出率分别为 1.51%、10.68% 和 1.29%,检出率之间的差异具有统计学意义($\chi^2=27.02, P<0.05$)。2015 年 103 份样品检出 11 份,阳性样本均来自河北省,且其中有 10 份样品同时检出 3 种 FBs;2014 年和 2016 年监测样品只有零星 FB₁ 和 FB₃ 检出。

从监测项目来看,FB₁、FB₂ 和 FB₃ 检出份数分别为 15、11 和 13 份,检出率分别为 2.25%、3.27% 和 3.87%,差异不具有统计学意义($\chi^2=2.28, P>0.05$)。

2.5 多毒素同时检出分析

5 968 件食用植物油样品中,同时检出两种或两种以上真菌毒素的样品 473 件,占总数的 7.93%,其中绝大部分(458 件,占总数的 7.67%)同时检出两种或两种以上 AFs。

由表 9 可以看出,同时检出两种 AFs 的样品占比最高,甚至超过了只检出一种 AFs 的样品数(204 份),且同时检出三种或四种 AFs 的样品比例也不低,说明食用植物油中多种 AFs 同时污染问题不容忽视。

除了 AFs 外,其他 4 种毒素均只监测了食用玉

米油样品,因此其他多毒素同时检出包括以下情形:同时监测 3 种 FBs 的 336 玉米油样品中,有 10 份同时检出 3 种 FBs,占 2.98%;同时监测 ZEN 和 3 种 FBs 的 218 份玉米油样品中,有 3 份同时检出 ZEN 和 FB₃,占 1.38%;同时监测 4 种 AFs、ZEN 和 FB₁ 的 301 份玉米油样品中,有 2 份同时检出 AFB₁ 和 ZEN,占 0.66%。上述真菌毒素同时检出的问题在全部玉米油样品中占比较低,说明玉米油样品中多毒素共同污染问题虽然存在,但风险较低。

3 讨论

食用植物油中 AFs 检出率达到 13.42%,超标率达到 1.62%,显示食用植物油存在一定程度的 AFs 污染,带给消费者一定健康风险。AFs 检出率和超标率从 2013—2018 年均逐年升高,且 4 个年份检出率和超标率差异均具有统计学意义;仅从散装花生油分析,这一规律同样适用。出现这一趋势的原因和监测工作进展密切相关,2013 年开展的普遍筛查,而 2014 年到 2018 年的监测更加有针对性(聚焦风险更高的植物油种类),到 2018 年监测的 121 份样本全部为东南沿海省份的散装花生油,这正是监测发现受 AFBs 污染最为严重的样品类别。本次监测也发现,除花生油外的其他食用植物油受 AFs 污染的风险较低,花生油特别是散装花生油受 AFs 污染的风险显著增加,这和国内陆晶晶等^[8]、程恒怡等^[9]和徐文静等^[18]获得的结论是一致的。

食用玉米油中 ZEN 检出率达到 72.35%,按照欧盟标准评判超标率达到 11.76%,提示玉米油中 ZEN 污染风险较高,这一结果和李昕等^[19]、何景和杨丹^[20]报道的监测结果一致。但是本次监测发现玉米油中 ZEN 最高检出值达到 2 326.00 μg/kg,这一检出值和已有报道的 1 730.00 μg/kg 相比仍然高出不少^[13],3 个年份玉米油中 ZEN 含量 P₉₅ 值均高于欧盟限量标准,提示我国玉米油中 ZEN 污染问题更为严重。食用玉米油中 FBs 检出率仅为 2.85%,且未检出超标样品,提示玉米油被 FBs 污染的几率相对而言较低,这和邓春丽等^[15]、ESCOBAR 等^[21]报道的结果类似。

综上所述,食用植物油中 AFs 污染问题需要引

表 8 食用玉米油中 FBs 检出情况
Table 8 Detection of FBs in edible corn oils

监测年份	样品份数	检出份数				检出率/%			
		FB ₁	FB ₂	FB ₃	合计	FB ₁	FB ₂	FB ₃	合计
2014	331	5	—	—	5	1.51	—	—	1.51
2015	103	10	11	10	11	9.71	10.68	9.71	10.68
2016	233	—	—	3	3	—	—	1.29	1.29
合计	667	15	11	13	19	2.25	3.27	3.87	2.85

表9 食用植物油中多种AFs同时检出情况
Table 9 Simultaneous detection of multiple AFs in edible vegetable oils

	同时检出AFs数			总计
	2	3	4	
样品份数	4 933			
检出件数	275	144	39	458
检出率/%	5.57	2.92	0.79	9.28

起关注,且重点需要关注花生油特别是散装花生油中AFs污染问题,也需要关注食用植物油中多种AFs共污染问题;玉米油中ZEN污染较为严重,居民面临的玉米油中ZEN污染风险不容忽视;玉米油中FBs检出率较低,污染问题较为轻微。

参考文献

[1] OSTRY V, MALIR F, TOMAN J, et al. Mycotoxins as human carcinogens-the IARC Monographs classification[J]. Mycotoxin Research, 2017, 33(1): 65-73.

[2] BORDIN K, SAWADA M M, RODRIGUES C E DA C, et al. Incidence of Aflatoxins in Oil Seeds and Possible Transfer to Oil: A Review[J]. Food Engineering Reviews, 2014(6): 20-28.

[3] RATERS M, MATISSEK R. Thermal stability of aflatoxin B1 and ochratoxin A[J]. Mycotoxin Research, 2008, 24(3): 130-134.

[4] 马治良, 徐同城, 刘丽娜, 等. 食用油及油料作物中真菌毒素研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2014(2): 45-48.

MA Z L, XU T C, LIU L N, et al. The progress of mycotoxins research in food oil and oil Crops[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014(2): 45-48.

[5] BHAT R, REDDY, K R N. Challenges and issues concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: Updates from last decade[J]. Food Chemistry, 2017, 215: 425-437.

[6] WILLIAMS J H, PHILLIPS T D, JOLLY P E, et al. Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2004, 80 (5) : 1106-1122.

[7] BUSZEWAKA-FORAJTA M. Mycotoxins, invisible danger of feedstuff with toxic effect on animals[J]. Toxicon, 2020, 182: 34-53.

[8] 陆晶晶, 苏亮, 杨大进. 部分省市食用植物油中黄曲霉毒素B1的调查分析[J]. 中国卫生工程学, 2014, 13(1): 34-35, 38.

LU J J, SU L, YANG D J. Study on aflatoxins in edible vegetable oil of some provinces[J]. Chinese Journal of Public Health Engineering, 2014, 13(1): 34-35, 38.

[9] 程恒怡, 钟延旭, 陈杰, 等. 暴露限值法评估广西食用植物油中黄曲霉毒素B1的暴露风险[J]. 中国食品卫生杂志, 2017, 29(4): 496-499.

CHENG H Y, ZHONG Y X, CHEN J, et al. Exposure risk assessment of aflatoxin B1 in edible vegetable oil by using the margin of exposure in Guangxi[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2017, 29(4): 496-499.

[10] JI F, HE D, OLANIRAN A O, et al. Occurrence, toxicity, production and detection of Fusarium mycotoxin: a review[J].

Food Production, Processing and Nutrition, 2019, 1(1): 1-14.

[11] REINHOLD L, REINHARDT K. Mycotoxins in foods in Lower Saxony (Germany): results of official control analyses performed in 2009[J]. Mycotoxin Research, 2011, 27(2): 137-143.

[12] 谢丹, 邓春丽, 赵云峰, 等. 北京地区部分市售食用植物油中玉米赤霉烯酮和脱氧雪腐镰刀菌烯醇的污染状况分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(5): 2105-2113.

XIE D, DENG C L, ZHAO Y F, et al. Investigation of the contamination status of zearalenone and deoxynivalenol in edible oil[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2016, 7(5): 2105-2113.

[13] SCHOLLENBERGER M, MÜLLER H M, RÜFLE M, et al. Natural occurrence of 16 Fusarium toxins in edible oil marketed in Germany[J]. Food Control, 2008, 19(5): 475-482.

[14] AHANGARKANI F, ROUHI S, Gholamour Azizi I. A review on incidence and toxicity of fumonisins[J]. Toxin Reviews, 2014, 33(3): 95-100.

[15] 邓春丽, 李承龙, 谢丹, 等. 植物油中赭曲霉毒素和伏马毒素伏马菌素的污染调查分析[J]. 卫生研究, 2016, 45(6): 1007-1009, 1015.

DENG C L, LI C L, XIE D, et al. Investigation of the contamination of ochratoxin and fumonisin in vegetable oil[J]. Journal of Hygiene Research, 2016, 45(6): 1007-1009, 1015.

[16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量: GB 2761—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

National Health and Family Planning Commission, National Food and Drug Administration. National food safety standard-Maximum levels of mycotoxins in foods: GB 2761—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

[17] The Commission of the European Communities. (EC) No 1881/2018 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs [S]. Europe: EC, 2018.

[18] 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 W J, LIU D, HAN X W, et al. Survey on the natural occurrence of aflatoxins in edible vegetable oil collected from some regions of China in 2015 [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2018, 30(1): 63-68.

[19] 李昕, 秦泽明, 张维嘉, 等. 2015年山东部分地区食用植物油中黄曲霉毒素B1和玉米赤霉烯酮污染状况调查[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(1): 198-203.

LI X, QIN Z M, ZHANG W J, et al. Contaminations of aflatoxin B1 and zearalenone in edible oil in Shandong province in 2015 [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2018, 9(1): 198-203.

[20] 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]. China Oils and Fats, 2019, 44(6): 79-82.

[21] ESCOBAR J, LORÁN S, GIMÉNEZ I, et al. Occurrence and exposure assessment of Fusarium mycotoxins in maize germ, refined corn oil and margarine[J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 62: 514-520.