

2021年泰安市粮油食品中黄曲霉毒素 B₁ 污染状况 及膳食暴露风险评估

韩德娟, 李凤玲, 李 晋

(泰安市食品药品检验检测研究院(泰安市纤维检验所), 山东 泰安 271000)

摘要:为降低泰安市居民黄曲霉毒素 B₁ (AFB₁) 的膳食摄入风险, 指导消费者购买安全食品提供依据, 随机采集 2021 年泰安市各县市区内小麦粉、大米、谷物加工品、玉米粉、玉米油、花生油、坚果炒货等粮油食品共计 553 份, 采用高效液相色谱-柱后衍生法对其 AFB₁ 含量进行检测, 并采用暴露限值(MOE)法和数学模型法对不同种类、不同来源、不同地区、不同人群粮油食品 AFB₁ 膳食暴露水平进行评估。结果表明: 泰安市粮油食品中 AFB₁ 总检出率分别为 2.53%, 平均含量为 0.73 μg/kg, 总不合格率为 0.72%; 高新区、新泰市、宁阳县 3 个县市区小作坊、小食杂店, 餐饮店, 小型超市购进的花生油与玉米粉中 AFB₁ 检出率较高; 泰安市粮油食品 AFB₁ 暴露量为 3.90 ng/(kg·d), MOE 为 103, AFB₁ 致肝癌发病风险为 0.084 2 例/(10 万人·年); 玉米粉、小麦粉、花生油中 AFB₁ 膳食暴露风险较高, 高新区、新泰市、宁阳县 3 个县市区小作坊、小食杂店, 餐饮店粮油食品中 AFB₁ 膳食暴露风险较高; 不同人群粮油食品中 AFB₁ 膳食暴露风险差别不大。综上, 泰安市粮油食品中 AFB₁ 膳食暴露风险较高, 仍需持续关注, 有关部门应加强监管力度。

关键词:泰安; 粮油食品; 黄曲霉毒素 B₁; 污染状况; 风险评估

中图分类号: TS201.6; R155.5 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2023)07-0073-06

Risk assessment of aflatoxin B₁ pollution status and dietary exposure in grain and oil food in Tai'an in 2021

HAN Dejuan, LI Fengling, LI Jin

(Tai'an Institute for Food and Drug Control(Tai'an Fiber Inspection Institute), Tai'an 271000, Shandong, China)

Abstract: To reduce the dietary intake risk of aflatoxin B₁ (AFB₁) in Tai'an and provide a basis for guiding consumers to purchase safe food, a total of 553 samples of wheat flour, rice, processed cereals, corn flour, corn oil, peanut oil, and roasted nuts were randomly collected from various administrative areas of Tai'an in 2021, and the content of AFB₁ was accurately detected by high performance liquid chromatography - post - column derivation method. The dietary exposure levels of AFB₁ in different types, sources, regions and populations of grain and oil product were evaluated using the exposure limit method(MOE) and mathematical modeling method. The results showed that the total detection rate of AFB₁ was 2.53%, the average content was 0.73 μg/kg, and the total unqualified rate was 0.72%. The detection rates of AFB₁ in the peanut oil and the corn flour purchased by small workshops, small grocery stores, restaurants and small supermarkets in High - tech District, Xintai city and Ningyang county were higher. The exposure amount of AFB₁ in grain and oil product in Tai'an was 3.90 ng/(kg·d), the MOE was 103, and the risk of liver cancer caused by AFB₁ was 0.084 2 cases/(100 000 people - years). The dietary exposure risk of AFB₁ in corn flour, wheat flour and

peanut oil was high, and as well as the grain and oil product from the small workshops, small grocery stores, restaurants of High - tech district, Xintai city, Ningyang county. The dietary

收稿日期: 2022-05-07; 修回日期: 2023-02-27

作者简介: 韩德娟(1991), 女, 工程师, 硕士, 研究方向为食品检验 (E-mail) handjuan@163.com。

exposure risk of AFB₁ in different populations had no obvious differences. In conclusion, the dietary exposure risk of AFB₁ in grain and oil product in Tai'an is high, and still needs continuous attention and supervision by the relevant authorities.

Key words: Tai'an; grain and oil product; aflatoxin B₁; pollution status; risk assessment

黄曲霉毒素是由黄曲霉菌和寄生曲霉菌产生的一组结构类似的代谢产物,具有致畸、致癌、致诱变作用,是世界上公认的致癌性最强的天然物质^[1]。目前,已经分离鉴定出的 20 多种黄曲霉毒素中,以黄曲霉毒素 B₁(AFB₁)的毒性和致癌性最强,被国际癌症研究机构明确为 I 类致癌物。研究表明,全球 4.6%~28.2% 的肝癌是由摄入 AFB₁引起的^[2]。黄曲霉毒素主要污染粮油及其制品,如:玉米、花生、稻谷、小麦、豆类等。粮油食品作为居民需求量最大、最基础的食物,其质量与安全与居民身体健康和生命安全息息相关。泰安市位于山东省中部,粮油产业丰富,粮油食品消耗量巨大,因此对该市粮油食品中 AFB₁污染情况及膳食暴露风险进行分析具有重要的公共卫生学意义。

目前,关于各地 AFB₁风险评估与分析的研究已有报道,但多针对于食用植物油、花生油等单一样本,风险评估多采用暴露限值(MOE)法,且针对泰安市 AFB₁污染情况的研究未见报道。本文对泰安市小麦粉、大米、谷物加工品、玉米粉、玉米油、花生油、坚果炒货 7 大类粮油食品中 AFB₁污染情况进行分析,采用点评估方式计算泰安市居民粮油食品中 AFB₁膳食暴露量,利用暴露限值(MOE)法、数学模型法对 AFB₁膳食暴露风险进行评估,旨在为政府相关部门加大对粮油食品监管力度,指导消费者购买安全食品提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

采用随机采样的方式,于 2021 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 31 日在泰安市各县市区大中小型超市、餐饮店、小食杂店、生产企业、小作坊等采集 193 份小麦粉、117 份大米、3 份谷物加工品、65 份玉米粉、12 份玉米油、61 份花生油、102 份坚果炒货共计 553 份粮油食品。

AFB₁标准品(100 μg/mL),吐温-20(分析纯),甲醇(色谱纯)。

1.1.2 仪器与设备

Agilent 1260 高效液相色谱仪,美国 Agilent 公司;XSW204 电子天平,梅特勒-托利多公司;

CF16RN 高速离心机,日本 Hitachi 公司;Vortex-6 涡旋混合器,其林贝尔公司;Romer Aflastar R 黄曲霉毒素免疫亲和柱(3 mL)。

1.2 试验方法

1.2.1 粮油食品中 AFB₁含量的测定及限量要求

按照 GB 5009.22—2016 第三法 高效液相色谱-柱后衍生法进行 AFB₁含量的测定。高效液相色谱条件:Thermo Hypersil BDS C₁₈ 色谱柱(250 mm × 4.6 mm × 5 μm);流速 0.8 mL/min;柱温 40 °C;进样量 50 μL;荧光检测器激发波长 360 nm,发射波长 440 nm;流动相甲醇-水(体积比 45:55)。

依据 GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》规定,小麦粉、谷物加工品、其他熟制坚果与籽类中的 AFB₁含量不大于 5.0 μg/kg,大米中 AFB₁含量不大于 10 μg/kg,玉米粉、玉米油、花生油、花生及其制品中 AFB₁含量不大于 20 μg/kg。

1.2.2 低水平数据处理

参考 WHO“食品中低水平污染物可信评价推荐”要求及相关文献^[3-6]:当未检出[低于检出限(LOD)]比例小于 60%时,未检出值用 1/2 LOD 计;当未检出比例在 60%~80%且定量数据不小于 25 个时,所有未检出值以乐观、保守的两个估计值 0、LOD 计;当未检出数据比例大于 80%时,所有未检出值以乐观、保守的两个估计值 0、LOD 计。

1.2.3 膳食暴露水平及风险评估

1.2.3.1 暴露量计算

采用点评估方式计算泰安市居民粮油食品中 AFB₁膳食暴露量(E),计算公式见式(1)。

$$E = wc/m \quad (1)$$

式中: w 为 AFB₁含量(实测数据); c 为粮油食品消费量,为《山东统计年鉴 2021》公布的数据; m 为居民体质量,依据 2021 年国家国民体质监测中心发布的《第五次国民体质监测公报》、国务院新闻办公室发布的《中国居民营养与慢性病状况报告(2020 年)》、2021 年山东省统计局发布的《山东省第七次全国人口普查公报》和 2021 年教育部第八次全国学生体质与健康调研结果,泰安市人均体质量为 64.3 kg。

1.2.3.2 风险评估

暴露限值(MOE)法:参考2020年欧洲食品安全局发布的《食品中黄曲霉毒素风险评估报告》,基于对动物的研究,AFB₁暴露后引发雄性大鼠10%原发性肝癌发病率的基准剂量置信区间下限值(BMDL₁₀)为0.4 μg/(kg·d)^[7],以此计算暴露限值(MOE)。MOE越小,表明对人群健康造成危害的风险越高。当MOE小于10 000时,可认为具有较高的公共卫生关注度,应当优先采取风险管理措施^[8]。MOE计算公式见式(2)。

$$E_{MO} = E_1 / E \quad (2)$$

式中: E_{MO} 为MOE; E_1 为BMDL₁₀。

数学模型法:采用粮农组织/世卫组织食品添加剂联合专家委员会推荐的AFB₁危险程度评估方法^[9],评估人群肝癌发病风险(H)。0.3和

0.01分别表示乙肝携带者和非乙肝携带者摄入1 ng/(kg·d)的AFB₁所致的肝癌发病率(为每年10万人发生的例数,下同);假设 P 为人群乙肝病毒携带率,通过数学模型得出公式: $H = 0.3P + 0.01(1 - P)$ 。流行病学调查显示,山东人群乙肝病毒携带率为4%,经上式计算可得肝癌发病风险为0.021 6,即1 ng/(kg·d)AFB₁膳食暴露量可能引发患肝癌的风险为0.021 6例/(10万人·年)。由此,通过被AFB₁污染的粮油食品中AFB₁暴露量,即可计算泰安市居民通过摄入被AFB₁污染的粮油食品所造成的肝癌发病风险(AFB₁暴露量与0.021 6的乘积)。

2 结果与分析

2.1 泰安市粮油食品中AFB₁污染现状2.1.1 不同种类粮油食品中AFB₁污染情况(见表1)表1 不同种类粮油食品中AFB₁污染情况

项目	样本数 (份)	检出数 (份)	检出率/ %	检出值/ (μg/kg)	中位数/ (μg/kg)	P95/ (μg/kg)	最大值/ (μg/kg)	不合格数 (份)	不合格率/ %
小麦粉	193	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
大米	117	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
谷物加工品	3	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
玉米粉	65	3	4.62	0.82 ± 3.63	0.03	0.03	19.30	0	
玉米油	12	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
花生油	61	11	18.03	5.56 ± 16.30	0.03	47.50	83.00	4	6.56
坚果炒货	102	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
合计	553	14	2.53	0.73 ± 5.77	0.03	0.03	83.00	4	0.72

注:本研究中未检出比例大于80%,故将未检出值采用保守的估计值LOD值(0.03 μg/kg)代替;检出含量超过限定值判定为不合格。下同

由表1可见:小麦粉、大米、谷物加工品、玉米油、坚果炒货中均未检出AFB₁;11份花生油、3份玉米粉中检出AFB₁,其检出率分别为18.03%、4.62%;4份花生油中AFB₁超出限量要求,不合格率为6.56%。花生和玉米在生长、储存过程中,受

温湿度影响较大,极易受到黄曲霉毒素的污染,另外,在加工过程中,霉变原料未被完全剔除,脱毒工艺不完善,造成花生油和玉米粉中AFB₁污染。

2.1.2 不同来源粮油食品中AFB₁污染情况(见表2)表2 不同来源粮油食品中AFB₁污染情况

样品来源	样本数 (份)	检出数 (份)	检出率/ %	检出值/ (μg/kg)	中位数/ (μg/kg)	P95/ (μg/kg)	最大值/ (μg/kg)	不合格数 (份)	不合格率/ %
超市	357	3	0.84	0.17 ± 1.57	0.03	0.03	19.30	0	
生产企业	59	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
餐饮店	90	3	3.33	1.54 ± 8.97	0.03	0.03	68.80	2	2.22
小作坊、小食杂店	47	8	17.02	4.32 ± 14.40	0.03	19.00	83.00	2	4.26

由表2可见,从生产企业采集的59份粮油食品中均未检出AFB₁,从超市、餐饮店、小作坊、小食杂店采集的样品中均不同程度检出AFB₁,其中小作坊、小食杂店采集的样品中AFB₁检出率最高,为

17.02%,从餐饮店和超市采集的样品中AFB₁检出率分别为3.33%和0.84%。从超市、生产企业采集的粮油食品均合格,从小作坊、小食杂店和餐饮店采集的样品AFB₁不合格率分别为4.26%和2.22%。

小食杂店、餐饮店多为小作坊生产,受生产条件和环境限制,小作坊花生油中 AFB₁ 超标问题由来已久,如:梁馨予等^[10] 研究发现,2020 年广西玉林市小作坊花生油中 AFB₁ 检出率为 59%,超标率为 18.6%,平均含量为 16.91 μg/kg,极显著高于预包装花生油中的平均含量;欧嵩凤等^[11] 对 2013—2019 年南宁市 525 份食用植物油进行 AFB₁ 含量检

测发现,散装花生油中的 AFB₁ 平均含量(34.2 μg/kg)、检出率(81.6%)、超标率(31.5%)均高于定型包装的。为此,建议监管部门加强对“三小”生产经营行为的监管力度,从源头有效遏制 AFB₁ 污染食品流入市场。

2.1.3 不同地区粮油食品中 AFB₁ 污染情况(见表 3)

表 3 不同地区粮油食品中 AFB₁ 污染情况

样品来源	样本数 (份)	检出数 (份)	检出率/ %	检出值/ (μg/kg)	中位数/ (μg/kg)	P95/ (μg/kg)	最大值/ (μg/kg)	不合格数 (份)	不合格率/ %
全市	553	14	2.53	0.73 ± 5.77	0.03	0.03	83.00	4	0.72
泰山区	71	1	1.41	0.30 ± 2.30	0.03	0.03	19.40	0	
岱岳区	94	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
高新区	41	4	9.76	0.98 ± 3.19	0.03	8.41	15.50	0	
泰山景区	38	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
徂汶景区	34	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	
新泰市	94	6	6.38	3.00 ± 13.20	0.03	10.10	83.00	4	4.26
肥城市	86	1	1.16	0.20 ± 1.53	0.03	0.03	14.20	0	
宁阳县	46	2	4.35	0.83 ± 3.81	0.03	0.03	19.30	0	
东平县	49	0		0.03 ± 0.00	0.03	0.03	0.03	0	

由表 3 可见:从高新区、新泰市、宁阳县采集的粮油食品中, AFB₁ 检出率较高,分别为 9.76%、6.38%、4.35%,从泰山区、肥城市采集的粮油食品中,均不同程度检出 AFB₁,其他地区均未检出 AFB₁;不合格样品集中在新泰市采集的粮油食品中,其不合格率为 4.26%。

综上,553 份粮油食品中有 14 份样品检出 AFB₁,总检出率为 2.53%,有 4 份花生油样品 AFB₁ 超出限量要求,总不合格率为 0.72%。4 份不合格花生油中,2 份来自新泰市乡镇小餐馆,餐馆环境条件较差,储存条件差,其所用花生油均采购自当地油坊,另 2 份来自新泰市乡镇油坊,油坊均为家庭小作

坊,加工环境较差,原料在现场随意堆放,无专门储存空间,加工工艺落后,无脱毒设施。人们通常认为土榨花生油更香、更纯正,但即使是自备原料花生,也难免会受到 AFB₁ 污染,且土榨过程中无法去除污染。因此,改善小作坊榨油工艺迫在眉睫;同时,消费者要转变传统观念,购买正规厂家产品;有关部门要加强对“三小”,尤其是乡镇地区粮油食品生产经营行为的监管力度。

2.2 泰安市粮油食品中 AFB₁ 膳食暴露情况与风险评估

2.2.1 不同种类粮油食品中 AFB₁ 暴露风险评估结果(见表 4)

表 4 不同种类粮油食品中 AFB₁ 暴露风险评估

项目	样本数 (份)	AFB ₁ 含量均值/ (μg/kg)	人均消费量/ (g/d)	AFB ₁ 暴露量/ (ng/(kg·d))	MOE	AFB ₁ 致肝癌发病风险/ (例/(10 万人·年))
小麦粉	193	0.03	246.45	0.12	3 479	0.002 5
大米	117	0.03	34.97	0.02	24 516	0.000 4
谷物加工品	3	0.03	15.03	0.01	57 041	0.000 2
玉米粉	65	0.82	10.93	0.14	2 870	0.003 0
玉米油	12	0.03	21.04	0.01	40 748	0.000 2
花生油	61	5.56	0.63	0.05	7 343	0.001 2
坚果炒货	102	0.03	12.84	0.01	66 771	0.000 1
合计	553	0.73	341.89	3.88	103	0.084 2

由表 4 可见,玉米粉、小麦粉、花生油中 AFB₁ 暴露量位居前三,分别为 0.14、0.12、0.05 ng/(kg·d),

其 MOE 均小于 10 000, AFB₁ 致肝癌发病风险也相对较高。

2.2.2 不同来源粮油食品中 AFB₁暴露风险评估结果(见表5)

由表5可见,从小作坊、小食杂店采集的粮油食品中 AFB₁暴露量最高,达到 22.97 ng/(kg·d),

MOE 远小于 10 000, AFB₁致肝癌发病风险为 0.496 1 例/(10 万人·年)。

2.2.3 不同地区粮油食品中 AFB₁暴露风险评估结果(见表6)

表5 不同来源粮油食品中 AFB₁暴露风险评估

样品来源	样本数 (份)	AFB ₁ 含量均值/ (μg/kg)	人均消费量/ (g/d)	AFB ₁ 暴露量/ (ng/(kg·d))	MOE	AFB ₁ 致肝癌发病风险/ (例/(10万人·年))
超市	357	0.17	341.89	0.90	443	0.019 9
生产企业	59	0.03	341.89	0.16	2 508	0.003 4
餐饮店	90	1.54	341.89	8.19	49	0.176 9
小作坊、小食杂店	47	4.32	341.89	22.97	17	0.496 1

表6 不同地区粮油食品中 AFB₁暴露风险评估

样品来源	样本数 (份)	AFB ₁ 含量均值/ (μg/kg)	人均消费量/ (g/d)	AFB ₁ 暴露量/ (ng/(kg·d))	MOE	AFB ₁ 致肝癌发病风险/ (例/(10万人·年))
全市	553	0.73	341.89	3.90	103	0.084 2
泰山区	71	0.30	341.89	1.61	248	0.034 8
岱岳区	94	0.03	341.89	0.16	2 508	0.003 4
高新区	41	0.98	341.89	5.20	77	0.112 3
泰山景区	38	0.03	341.89	0.16	2 508	0.003 4
徂汶景区	34	0.03	341.89	0.16	2 508	0.003 4
新泰市	94	3.00	341.89	15.95	25	0.344 5
肥城市	86	0.20	341.89	1.04	386	0.022 4
宁阳县	46	0.83	341.89	4.43	90	0.095 7
东平县	49	0.03	341.89	0.16	2 508	0.003 4

由表6可见,新泰市、高新区、宁阳县粮油食品中 AFB₁膳食暴露量均居于高位,MOE 均较低, AFB₁致肝癌发病风险均高于全市平均水平。

2.2.4 不同人群粮油食品中 AFB₁暴露风险评估结果(见表7)

表7 不同人群粮油食品中 AFB₁暴露风险评估

年龄(岁)	性别	体质量/ kg	人均消费量/ (g/d)	AFB ₁ 暴露量/ (ng/(kg·d))	MOE	AFB ₁ 致肝癌发病风险/ (例/(10万人·年))
16~19	男	65.5	341.89	3.81	105	0.082 6
	女	54.7	341.89	4.56	88	0.099 0
20~24	男	70.4	341.89	3.54	113	0.076 9
	女	55.7	341.89	4.48	89	0.097 2
25~29	男	72.8	341.89	3.43	117	0.074 4
	女	56.7	341.89	4.40	91	0.095 5
30~34	男	74.3	341.89	3.36	119	0.072 9
	女	58.0	341.89	4.30	93	0.093 3
35~39	男	74.0	341.89	3.37	119	0.073 1
	女	59.1	341.89	4.22	95	0.091 6
40~44	男	73.2	341.89	3.41	117	0.073 9
	女	59.7	341.89	4.18	96	0.090 7
45~49	男	72.5	341.89	3.44	116	0.074 7
	女	60.1	341.89	4.15	96	0.090 1
50~54	男	71.6	341.89	3.49	115	0.075 6
	女	60.8	341.89	4.10	97	0.089 0
55~59	男	71.0	341.89	3.52	114	0.076 2
	女	60.7	341.89	4.11	97	0.089 2

续表 7

年龄(岁)	性别	体质量/ kg	人均消费量/ (g/d)	AFB ₁ 暴露量/ (ng/(kg·d))	MOE	AFB ₁ 致肝癌发病风险/ (例/(10万人·年))
60~64	男	69.0	341.89	3.62	111	0.078 5
	女	60.3	341.89	4.14	97	0.089 8
65~69	男	68.1	341.89	3.66	109	0.079 5
	女	59.8	341.89	4.17	96	0.090 5
70~74	男	66.7	341.89	3.74	107	0.081 2
	女	58.9	341.89	4.24	94	0.091 9
75~79	男	65.6	341.89	3.80	105	0.082 5
	女	57.9	341.89	4.31	93	0.093 5

由表 7 可见,16~79 岁各年龄段人群粮油食品中 AFB₁膳食暴露风险差别不大,暴露量处于 3.36~4.56 ng/(kg·d)之间,MOE 为 88~119,AFB₁致肝癌发病风险为 0.072 9~0.099 0 例/(10 万人·年)。

综上,全市粮油食品中 AFB₁暴露量为 3.90 ng/(kg·d),MOE 为 103(小于 10 000),AFB₁致肝癌发病风险为 0.084 2 例/(10 万人·年),小于我国 38.9 例/(10 万人·年)^[12]的肝癌发病率,泰安市粮油食品中 AFB₁暴露对当地肝癌发病率的贡献率为 0.216%。因此,泰安市粮油食品中 AFB₁膳食暴露风险仍需持续关注。

3 结 论

对泰安市小麦粉、大米、谷物加工品、玉米粉、玉米油、花生油、坚果炒货 7 类共计 553 份粮油食品中 AFB₁含量进行分析,采用点评估法计算 AFB₁暴露量,应用暴露限值(MOE)法、数学模型法对泰安市不同种类、不同来源、不同地区、不同人群粮油食品中 AFB₁的膳食暴露情况进行评估发现,全市 AFB₁暴露量为 3.90 ng/(kg·d),MOE 为 103,AFB₁致肝癌发病风险为 0.084 2 例/(10 万人·年),粮油食品中 AFB₁暴露对当地肝癌发病率的贡献率为 0.216%。泰安市粮油食品风险较高,建议有关部门加强对辖区内粮油食品监管力度,规范“三小”生产经营行为,推进居民合理膳食重视程度。

参考文献:

[1] BRESLOW N, CHAN C W, DHOM G, et al. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans [M]. Lyon, France: World Health Organisation, 2002.

[2] ROCHA M, FREIRE F D C O, MAIA F, et al. Mycotoxins and their effects on human and animal health [J]. Food Control, 2014, 36(1): 159-165.

[3] SINHA P, LAMBERT M B, TRUMBULL V L. Evaluation

of statistical methods for left-censored environmental data with nonuniform detection limits [J]. Environ Toxicol Chem, 2006, 25(9): 2533-2540.

- [4] 宫春波,王朝霞,孙月琳,等. 食品安全风险监测数据统计处理常见问题探讨 [J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(6): 575-578.
- [5] Food - EURO second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food [R]. Kulmbach, Germany: A Workshop in the Frame of GEMS, 1995.
- [6] 肖革新. 食品安全风险监测数据综合分析方法及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [7] SCHRENK D, BIGNAMI M, BODIN L, et al. Risk assessment of aflatoxins in food [J/OL]. EFSA J, 2020, 18(3): 6040 [2022-05-07]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6040>.
- [8] European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonised approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic [J/OL]. EFSA J, 2005, 3(10): 282 [2022-05-07]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.282>.
- [9] Evaluation of certain food additives and contaminants: forty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [M]. Geneva: World Health Organization, 1999.
- [10] 梁馨予,陈凤,黎强,等. 广西玉林市小作坊花生油中黄曲霉毒素 B₁膳食暴露及风险评估 [J]. 中国油脂, 2022, 47(1): 131-136.
- [11] 欧嵩凤,范云燕,黄珊,等. 南宁市食用植物油中黄曲霉毒素 B₁污染现状及健康风险评估 [J]. 中国油脂, 2021, 46(6): 94-97.
- [12] ZHANG S W, SUN K X, ZHENG R S, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2015 [J]. J Natl Cancer Cent, 2021, 1(1): 2-11.