

风险监测

山东省部分地上市售干辣椒和辣椒面中黄曲霉毒素调查分析

高慧,邢燕,汪洋,赵志强,王勤,刘婷婷,刘小丽,彭程

(淄博市疾病预防控制中心 淄博市环境有机污染与人群健康监测分析重点实验室,山东 淄博 255026)

摘要:目的 评价山东省市售干辣椒和辣椒面中黄曲霉毒素(AFT)的暴露水平及健康风险。方法 采用液相色谱-三重四极杆质谱测定样品中的AFT,点评估方法计算AFT的暴露量。结果 检测的120份干辣椒和辣椒粉中AFTB₁的检出率最高,检出率为21.7%(26/120),其中超过国家标准限量的占8.3%(10/120),合格率为91.7%(110/120);AFTB₂的检出率次之,检出率为19.2%(23/120);AFTG₁的检出率较低,为5.0%(6/120);AFTG₂检出率最低,为0.8%(1/120)。辣椒面的检出率高于干辣椒,差异有统计意义($P<0.05$)。AFTB₁的日膳食暴露量占AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂日膳食暴露总量的74.1%,AFTB₁膳食暴露导致肝癌发病率为0.001 09/10万人。结论 相关监管部门应加强对辣椒制品仓储环节AFT污染的监测,尤其是根据每个地域温度、湿度不同而制定针对性的措施,最大力度控制AFT污染,为人民健康保驾护航。

关键词:干辣椒;辣椒面;黄曲霉毒素;监测;污染状况

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2024)02-0156-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2024.02.007

Monitoring and pollution analysis of aflatoxins in dried chili and chili powder from the cities of Shandong Province

GAO Hui, XING Yan, WANG Yang, ZHAO Zhiqiang, WANG Qin, LIU Tingting,
LIU Xiaoli, PENG Cheng

(Zibo Center for Disease Control and Prevention, Zibo Key Laboratory of Environmental Organic
Pollution and Population Health Monitoring and Analysis, Shandong Zibo 255026, China)

Abstract: Objective To evaluate the exposure levels and health risks of aflatoxins (AFT) in dried chili and chili powder sold in Shandong Province. **Methods** AFT in chili and chili powder samples were determined using liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry, and aflatoxin exposure was calculated using the point evaluation method. **Results** The detection rate of AFTB₁ was the highest in the 120 samples of dried chili and chili powder investigated, at 21.7% (26/120). The proportion of samples exceeding the national standard limit was 8.3% (10/120); the qualification rate was 91.7% (110/120). The detection rate of AFTB₂ was 19.2% (23/120), that of AFTG₁ was 5.0% (6/120), and that of AFTG₂ was 0.8% (1/120). The detection rate of AFT in chili powder was significantly higher than that of dry chili samples ($P<0.05$). Daily dietary exposure to AFTB₁ accounted for 74.1% of the total daily dietary exposure to AFT. The incidence of liver cancer caused by dietary exposure to AFTB₁ was 0.001 09/100 000 people. **Conclusion** Relevant regulatory departments may strengthen the monitoring of aflatoxin pollution in the storage link of chili products, formulate targeted measures according to the temperatures and humidities in each region, maximize the control of aflatoxin pollution, and protect human health.

Key words: Dried chili; chili powder; aflatoxin; monitoring; pollution status

辣椒是大多数人喜欢的蔬菜,因果皮中含有辣

椒素而有辣味,能增进食欲。辣椒中维生素C的含量在蔬菜中居第1位,干辣椒因含水量低、适合长期保藏,更深受大众喜爱,作为一种调味料使用广泛。辣椒在采摘、晾晒、贮藏、运输等过程中,由于环境条件及水分控制等问题,极易导致霉变及霉菌毒素污染,从而产生黄曲霉毒素(Aflatoxins, AFT)。黄曲霉毒素是由黄曲霉、寄生曲霉^[1]产生的次生代谢产物,主要包括黄曲霉毒素B₁、B₂、G₁、G₂,具有致

收稿日期:2023-02-17

基金项目:淄博市科技发展计划项目(2017kj010071);山东省医药卫生科技项目(202312060815)

作者简介:高慧 女 副主任技师 研究方向为食品理化分析
E-mail:1106546941@qq.com

通信作者:汪洋 男 副主任技师 研究方向为食品理化分析
E-mail:48001497@qq.com

癌性,是毒性较大的一组。其中 AFTB₁ 的毒性最大,具有致癌、致畸、致突变等毒性,因此加强辣椒中黄曲霉毒素的监测具有重要意义。

目前,黄曲霉毒素的检测方法主要有胶体金法^[2]、酶联免疫法^[3]、薄层色谱法^[4]、液相色谱法^[5-7]、液相色谱-串联质谱联用法^[8-9]等。胶体金法操作简单,但准确度较差;酶联免疫法假阳性率较高;薄层色谱法前处理繁琐,灵敏度低;液相色谱法前处理复杂,检测耗时太长;液相色谱-三重四极杆质谱法因灵敏度高、准确度好、检测速度快成为一种理想的检测方法。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源

依据国家食品安全风险评估中心制定的《2021年国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册》相关规定,在根据统计学计算确定监测指标对应样品数量的基础上,根据各省的实际情况如监测能力、饮食特征、地域分布等进行分配,以体现监测结果的代表性。

选择采样点时,选择能代表大多数人消费的场所进行采样。在一个监测点,针对同一个采样环节应至少选择不同规模、位置分开的两个采样点。化学污染物和有害因素监测中,在同一个采样点采集单一项目监测的样品不得超过 5 份。山东省部分地市按照随机性、代表性和适应性采样的原则,在商店、农贸市场、网店按照样品量比例为 1:1:1 进行采样,每个地市 6 份干辣椒、6 份干辣椒面,共采集 120 份样品。

1.1.2 主要仪器与试剂

Thermo TSQ QUANTIA 液相色谱-三重四极杆串联质谱仪、LYNX 400 型高速低温离心机(美国赛默飞),N-EVAP 112 型氮吹仪(Organomation),SPE 固相萃取仪(美国色谱科),Milli-Q 型超纯水系统(美国 Millipore),电子天平(感量 0.01 g,Newclassic MF 型),AFT 专用免疫亲和柱(上海比诺公司)。

AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂、内标 ¹³C₁₇-AFTB₁、内标 ¹³C₁₇-AFTB₂、内标 ¹³C₁₇-AFTG₁、内标 ¹³C₁₇-AFTG₂ 标准品和内标(Romerlabs 中国公司),乙腈、甲醇(色谱纯),Triton X-100(美国西格玛试剂),氯化钠、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、氯化钾、盐酸(优级纯)。

1.2 方法

1.2.1 试验方法

样品检测方法按照 GB 5009.22—2016《食品安

全国家标准 食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定》^[10]第一法同位素稀释液相色谱-串联质谱法。称取适量样品于离心管中,加入内标液,用乙腈-水溶液提取,过专用免疫亲和柱净化,液相色谱-三重四极杆串联质谱仪同时检测 AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂ 含量,内标法定量。膳食数据来自 2020 年山东省营养学会完成的 16 地市的膳食调查。采用多层次多阶段分层整群随机取样的方式共获得 918 人的摄入量数据。采用 3 d 24 h 膳食回顾法,计算成年居民所有食物摄入量、烹饪方式及调味品摄入量。

1.2.2 评价标准

依据 GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》^[11]对 AFTB₁ 的最大使用量 5.0 μg/kg 进行评价;对于没有国家标准限量的 AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂ 不予评价。

1.2.3 每日膳食摄入计算方法

本次研究采取点评估的方法,将食物消费量数据和食物中化学物的浓度进行整合,得到山东省食品中 AFT 膳食摄入的估计值。计算如公式(1)所示^[12]。

$$EDI=R \times F / BW$$

式中:EDI:日膳食摄入量,ng/(kg·BW·d);R:AFT 的残留浓度,μg/kg;F:食品消费量,g/(标准人·d);BW:为体质量,kg,取中国标准人体质量 60 kg^[13]计算。

1.2.4 AFT 的暴露评估方法

依据食品添加剂和污染物联合委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)推导出 AFTB₁ 的摄入量引发肝癌的危害程度,对居民健康进行风险评估。设定 P 为人群乙型肝炎病毒携带率,肝癌发生平均风险=0.01(1-P)+0.3P^[14],0.01 和 0.3 分别表示当 AFTB₁ 的暴露量为 1 ng/kg·BW 时,每 10 万人中乙肝表面抗原(Hepatitis B surface antigen, HBsAg)阴性者和阳性者中肝癌的发生率为 0.01 例和 0.3 例。以山东省 HBsAg 阳性者为 5.21%^[15]计算,平均致癌风险为 0.025 1 例/10 万人。

1.3 统计学分析

采用 Microsoft Excel(2016 版)以及 SPSS 21.0 对试验数据进行统计分析,包括 AFT 的污染水平以及暴露风险评估等。根据世界卫生组织提出的“食品中低水平污染物可信评价”原则^[16],当未检出数据的比例等于或低于 60% 时,所有未检出数据用 1/2 检出限(Limit of detection, LOD)替代;如果未检出数据比例高于 60% 时,所有未检出数据用 LOD 替代。本研究对检测结果大于零且小于 LOD 的数

据赋予 LOD 值后进行统计分析。

2 结果

2.1 方法学评价

以 AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂ 的浓度作为横坐标,以目标物和内标物的峰面积之比作为纵坐标,拟合线性方程,曲线方法及相关系数见表 1。结

果表明, AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂ 在 0.101~32.3 ng/mL 浓度范围内,呈较好的线性关系,相关系数均大于 0.999 1。方法的检出限按照流动相逐级稀释法,依据信噪比 S/N=3 时的浓度,按照取样量 5 g 计算,检出限为 0.03 μg/kg;依据信噪比 S/N=10 时的浓度,定量限为 0.10 μg/kg,结果见表 1。

表 1 方法的校准曲线及检出限、定量限

Table 1 Calibration curve, detection limit and quantitative limit of the method were obtained

检测项目	浓度范围	标准曲线方程	相关系数(r)	检出限/(μg/kg)	定量限/(μg/kg)
AFTB ₁	0.404~32.3	y=2.200x+0.175	0.999 7	0.03	0.10
AFTB ₂	0.101~8.08	y=0.282x+0.008	0.999 8	0.03	0.10
AFTG ₁	0.402~32.2	y=1.970x-0.014	0.999 4	0.03	0.10
AFTG ₂	0.101~8.08	y=0.434x+0.034	0.999 1	0.03	0.10

取空白辣椒面基质分别添加低、中、高 3 个不同浓度水平的 AFT 混合标准溶液,进行加标回收试验,每个添加水平重复测定 6 次,加标回收率试验的回收率及精密度见表 2。

表 2 方法的平均回收率及精密度(n=6)

Table 2 Average recovery rate and precision of the method were obtained (n=6)

检测项目	添加水平/(μg/kg)	平均回收率/%	RSD/%
AFTB ₁	2.02	91.5	3.2
	8.08	93.8	2.9
	20.2	96.4	3.7
AFTB ₂	0.505	92.7	4.3
	2.02	93.8	2.8
	5.05	94.2	3.1
AFTG ₁	2.01	94.3	4.5
	8.04	90.7	2.9
	20.1	95.8	3.6
AFTG ₂	0.505	90.1	5.0
	2.02	94.6	4.3
	5.05	92.5	2.7

2.2 干辣椒及辣椒面中 4 种黄曲霉毒素的检出情况

本次检测共采样 120 份出具 480 个数据,结果显示 AFTB₁ 的检出率最高,检出率为 21.7% (26/

120),其中超过国家标准限量的占 8.3% (10/120),合格率为 91.7% (110/120); AFTB₂ 的检出率次之 (19.2%, 23/120); AFTG₁ 的检出率较低为 5.0% (6/120); AFTG₂ 检出率最低为 0.8% (1/120)。干辣椒及辣椒面的检测结果见表 3。

表 3 120 份干辣椒和辣椒面中 4 种黄曲霉毒素的检测结果

Table 3 Determination of 4 aflatoxin in 120 dried capsicum and chili noodles

检测项目	样品量/份	检出率/%	合格率/%	平均值/(μg/kg)	检出范围/(μg/kg)
AFTB ₁	120	21.7	91.7	0.790	0.520~10.6
AFTB ₂	120	19.2	—	0.186	0.249~2.15
AFTG ₁	120	5.0	—	0.061 0	0.608~0.734
AFTG ₂	120	0.8	—	0.030 1	ND~0.042 0

注:ND 为未检出;—为对于没有国家标准限量的 AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂ 合格率不予评价

2.3 地域性分析

本次检测山东部分地市的干辣椒及辣椒面样品,每个地市 6 份辣椒面样品、6 份干辣椒样品,部分地市的最高检测浓度、检出样品量见表 4。用 SPSS 21.0 进行 χ^2 检验似然比法检验,4 种 AFT 检出率在各地市中均差异无统计学意义(AFTB₁ P=

表 4 山东部分地市 120 份样品 4 种 AFT 的检测结果(n=120)

Table 4 Results of 4 kinds of aflatoxin in 120 samples from some cities in Shandong Province (n=120)

检测地市	AFTB ₁		AFTB ₂		AFTG ₁		AFTG ₂	
	最高检出浓度/(μg/kg)	检出样品/份	最高检出浓度/(μg/kg)	检出样品/份	最高检出浓度/(μg/kg)	检出样品/份	最高检出浓度/(μg/kg)	检出样品/份
Q 市	5.12	2	0.754	1	ND	0	ND	0
Y 市	7.16	4	1.98	4	0.734	1	ND	0
L 市	10.1	5	1.73	4	0.641	2	ND	0
R 市	10.6	3	2.15	3	0.608	1	0.042 0	1
J 市	7.16	1	0.680	1	0.637	1	ND	0
W 市	1.08	4	0.481	3	ND	0	ND	0
LC 市	1.85	2	0.640	2	ND	0	ND	0
T 市	1.68	1	0.359	1	ND	0	ND	0
JN 市	10.0	2	1.73	2	0.718	1	ND	0
Z 市	0.784	2	0.268	2	ND	0	ND	0

注:ND 为未检出

0.527; AFB₂ $P=0.675$; AFTG₁ $P=0.411$; AFTG₂ $P=0.861$ 。

2.4 干辣椒及辣椒面的结果分析

本次共检测 120 份样品,其中干辣椒和辣椒面样品各 60 份,AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂在辣椒面中的检出率分别为 35.0%(21/60)、35.0%(21/60)、10.0%(6/60)、1.7%(1/60);AFTB₁和 AFTB₂在干辣椒的检出率分别为 8.3%(5/60)、3.3%(2/60),AFTG₁和 AFTG₂均未检出。对干辣椒及辣椒面样品结果进行 χ^2 检验似然比法检验,干辣椒和辣椒面样品 4 种 AFT 检出率差异均具有统计学意义($P<0.05$),且辣椒面的检出率高于干辣椒。

2.5 黄曲霉毒素的暴露评估分析

根据 JECFA 推荐的 AFTB₁ 罹患肝癌的危险性估算方法,结合山东省本地干辣椒及辣椒面 AFTB₁ 膳食消费的水平 3.30 g/d 时,AFTB₁ 的日膳食暴露量占 4 种 AFT 日膳食暴露总量的 74.1%,以山东省 HBsAg 携带率 5.21% 计,山东省市民 AFTB₁ 膳食暴露导致肝癌发病率为 0.001 09/10 万人。

3 讨论

鉴于 AFT 对人体的严重危害,世界上 100 多个国家制定了食品中 AFT 的限量标准^[17]。其中欧盟、欧洲自由贸易成员国、美国、澳大利亚等国家均有 AFT 的总量限值要求。我国仅对 AFTB₁ 最大使用量进行限值要求(5.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$)。山东省干辣椒和辣椒面的检测结果显示,AFTB₁ 的检出率占 4 种 AFT 检出率总值的 46.3%,AFTB₁ 的日膳食暴露量占 4 种 AFT 日膳食暴露总量的 74.1%,故 AFTB₁ 膳食暴露的评价对山东省居民的健康风险评估具有很重要的意义。AFTB₁ 的检测结果均在 5.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 以内,总体属于轻度污染,与付国梦等^[18]2015 年对成都市新都区市售辣椒粉 AFTB₁ 污染调查,吴红苗等^[19]绍兴市售食品中 4 种 AFT 污染状况分析,陈宇航等^[20]2014 年成都市售常见香辛料霉菌及真菌毒素污染状况结果一致。对于高博等^[21]检测贵州省 669 份辣椒样品 AFTB₁ 超标率(14.35%)比本研究略高,TOSUN 等^[22]检测土耳其 15 份辣椒样品超标率(60.0%)比本研究严重,说明同一种物质在不同国家不同省市 AFT 污染状况大不相同,本研究针对山东省的辣椒面和干辣椒中 AFT 的检测对于当地的食品污染指导更具有意义。AFTB₁ 膳食暴露导致肝癌的发病率比董峰光等^[14]烟台市食品中 AFT 污染状况及膳食暴露评估要低,因其 AFTB₁ 的膳食评价指标为多种食物的总和,本研究只针对辣椒和辣椒面制品进行了调查,以后会扩大膳食范围进行

研究。

综上所述,山东省市售的干辣椒和辣椒面存在一定的 AFT 污染,检出率较高,但污染程度较轻,超过国家标准限量的占 8.3%,合格率为 91.7%。部分样品有受到多种 AFT 污染情况,存在一定健康风险。本次评估的干辣椒和辣椒面制品属于香辛料类别,目前我国对香辛料的生产工艺多是自然晾晒和辐照处理,只能用于抑制微生物生长和防腐,不能消除 AFT 的产生,控制 AFT 的污染还要从辣椒的种植、运输、储存^[23]和包装形式等环节入手,加快水分蒸发、缩短运输和储存时间。希望相关监管部门加强对其仓储环节 AFT 污染的控制,尤其是根据每个地域温度、湿度不同而制定针对性的措施,最大力度控制黄曲霉毒素污染,为人民健康保驾护航。此外,推进相关限量标准的制定,加强辣椒制品等辛香料黄曲霉毒素的监管也势在必行。

参考文献

- [1] 刘倩, 马钰. 高效液相色谱碘试剂柱后衍生测定粮油样品中黄曲霉毒素 B₁ 的条件优化[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(6): 160-162.
LIU Q, MA Y. Optimization of conditions for determination of aflatoxin B₁ in grain and oil samples by high performance liquid chromatography with iodine reagent derivatization after column[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(6): 160-162.
- [2] 范妙璇, 傅欣彤, 陈奕菲, 等. 三线定量胶体金免疫亲和试纸法定量中药饮片中的黄曲霉毒素 B₁ 及 B₁、B₂、G₁、G₂ 总量的研究[J]. 中草药, 2021, 52(17): 5275-5286.
FAN M X, FU X T, CHEN Y F, et al. Quantitative study of total amount of aflatoxins B₁ and B₁, B₂, G₁ and G₂ in Chinese herbal pieces by colloidal gold immunoaffinity method [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(17): 5275-5286.
- [3] 刘晓晗, 白艺珍, 岳晓凤, 等. 农产品及食品黄曲霉毒素污染研究[J]. 中国油料作物学报, 2022, 44(4): 729-738.
LIU X H, BAI Y Z, YUE X F, et al. Investigation of aflatoxin contamination in agricultural products and foods [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2022, 44(4): 729-738.
- [4] 赵亮. 粮油食品中的黄曲霉毒素检测技术分析[J]. 现代食品, 2021, 27(14): 47-49.
ZHAO L. Analysis of aflatoxin detection technology in cereals, oils and foods[J]. Modern Food, 2021, 27(14): 47-49.
- [5] 戴云华, 祁奇. 高效液相色谱法测定运动营养食品中黄曲霉毒素 M₁ 方法研究[J]. 食品安全导刊, 2022(8): 73-75.
DAI Y H, QI Q. Determination of aflatoxin M₁ in sports nutrition food by HPLC[J]. China Food Safety Magazine, 2022(8): 73-75.
- [6] 王艳, 胡涛, 朱丽伟, 等. 部分地区荞麦食品中黄曲霉毒素 AFB₁、AFB₂、AFG₁、AFG₂ 的污染评价[J]. 食品工业科技, 2019, 40(12): 211-217.
WANG Y, HU T, ZHU L W, et al. Contamination evaluation of aflatoxin AFB₁, AFB₂, AFG₁ and AFG₂ in buckwheat foods from some areas[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019,

- 40(12): 211-217.
- [7] 叶雪玲, 陈小燕, 姜小涵, 等. QuEChERS提取-高效液相色谱法测定泰山虫草中4种黄曲霉毒素的含量[J]. 理化检验-化学分册, 2019, 55(4): 442-446.
- YE X L, CHEN X Y, JIANG X H, et al. Determination of 4 aflatoxins in *Cordyceps taishanensis* by high performance liquid chromatography with QuEChERS extraction[J]. Physical Testing and Chemical Analysis Part B (Chemical Analysis), 2019, 55(4): 442-446.
- [8] 吴俊威, 李俊玲, 王书舟, 等. 同位素稀释液相色谱-串联质谱法测定花生中4种黄曲霉毒素[J]. 河南预防医学杂志, 2021, 32(2): 114-117.
- WU J W, LI J L, WANG S Z, et al. Determination of four aflatoxins in peanut by isotope-dilution liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Henan Journal of Preventive Medicine, 2021, 32(2): 114-117.
- [9] 周艳华, 李涛, 潘小红. UPLC-MS/MS法测定阿胶糕中6种黄曲霉毒素的方法[J]. 食品工业, 2019, 40(5): 240-243.
- ZHOU Y H, LI T, PAN X H. The methods of simultaneous determination of 6 kinds of aflatoxins in gelatin cake by UPLC-MS/MS[J]. The Food Industry, 2019, 40(5): 240-243.
- [10] 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 食品中黄曲霉毒素B族和G族的测定: GB 5009.22—2016[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-Determination of aflatoxin B & G in foods: GB 5009.22—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [11] 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.
- [12] 王惠荣, 蒋友胜, 周健, 等. 中国代表性地区典型动物源性食品指示性多氯联苯污染水平和人群膳食风险评估[J]. 中国公共卫生, 2022, 38(4): 444-448.
- WANG H R, JIANG Y S, ZHOU J, et al. Contamination and human health risk assessment of indicative polychlorinated biphenyls (PCBs) in meats and eggs in five provincial-level regions across China [J]. Chinese Journal of Public Health, 2022, 38(4): 444-448.
- [13] 杨丽, 叶冰, 韩涵, 等. 2015—2019年河南省市售谷薯类食品中铅污染状况监测及暴露风险评估[J]. 现代预防医学, 2022, 49(1): 37-40.
- YANG L, YE B, HAN H, et al. Monitoring and exposure risk assessment of lead pollution in commercially cereal and tuber products in Henan, 2015—2019[J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(1): 37-40.
- [14] 董峰光, 宫春波, 孙洪朋, 等. 烟台市售食品黄曲霉毒素污染状况及膳食暴露评估[J]. 现代预防医学, 2021, 48(4): 632-635.
- DONG F G, GONG C B, SUN H P, et al. Contamination and dietary exposure assessment of aflatoxin in food samples of Yantai city[J]. Modern Preventive Medicine, 2021, 48(4): 632-635.
- [15] 纪峰, 张丽. 2005—2012年山东省急性乙型病毒性肝炎流行趋势及特征分析[J]. 预防医学论坛, 2014, 20(4): 247-249.
- JI D, ZHANG L. Analysis on epidemiological trend and characteristics of acute hepatitis B, Shandong province, 2005—2012[J]. Preventive Medicine Tribune, 2014, 20(4): 247-249.
- [16] 王姝婷, 黄希汇, 刘少颖, 等. 2018年-2019年杭州市售花生制品中4种黄曲霉毒素污染水平调查[J]. 中国卫生检验杂志, 2021, 31(9): 1127-1129.
- WANG S T, HUANG X H, LIU S Y, et al. Investigation on contamination of 4 aflatoxins in peanut products in Hangzhou from 2018 to 2019 [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2021, 31(9): 1127-1129.
- [17] 王春双, 范云燕, 龙兮, 等. 南宁市粮油食品中黄曲霉毒素B₁的暴露风险评估[J]. 现代预防医学, 2020, 47(2): 252-255.
- WANG C S, FAN Y Y, LONG X, et al. Exposure risk assessment of aflatoxin B₁ in some foods in Nanning[J]. Modern Preventive Medicine, 2020, 47(2): 252-255.
- [18] 付国梦, 邓晓东, 李彬彬, 等. 成都市新都区市售辣椒粉黄曲霉毒素B₁污染调查[J]. 公共卫生与预防医学, 2015, 26(6):101-102.
- FU G M, DENG X D, LI B B, et al. Investigation on aflatoxin B₁ pollution of Chili Powder sold in Xindu district of Chengdu [J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2015, 26(6):101-102.
- [19] 吴红苗, 高何刚, 陈理. 绍兴市售食品中4种黄曲霉毒素污染状况分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2021, 31(14): 1767-1769.
- WU H M, GAO H G, CHEN L. Pollution analysis of 4 kinds of aflatoxins in market food in Shaoxing [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2021, 31(14): 1767-1769.
- [20] 陈宇航, 凌莉, 王溯源, 等. 2014年成都市售常见香辛料霉菌及真菌毒素污染状况[J]. 卫生研究, 2017, 46(2): 324-327.
- CHEN Y H, LING L, WANG S Y, et al. Pollution status of common spice molds and mycotoxins sold in Chengdu in 2014 [J]. Journal of Hygiene Research, 2017, 46(2): 324-327.
- [21] 高博, 王艳, 陈霄, 等. 贵州省辣椒制品中黄曲霉毒素B₁的污染调查[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(1): 141-143.
- GAO B, WANG Y, CHEN X, et al. Investigation on aflatoxin B₁ contamination in chilli products of Guizhou province [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2012, 40(1): 141-143.
- [22] TOSUN H, ARSLAN R. Determination of aflatoxin B₁ levels in organic spices and herbs[J]. The Scientific World Journal, 2013, 2013: 1-4.
- [23] 陈聪聪, 常春立, 李超. 室温对酶联免疫法测定玉米中真菌毒素的影响[J]. 现代食品, 2022, 39(12): 165-168.
- CHEN C C, CHANG C L, LI C. Effects of room temperature on the determination of corn mycotoxins by ELLSA[J]. Modern Food, 2022, 39(12): 165-168.