

## 风险评估

## 重庆市土榨植物油中黄曲霉毒素污染现状及膳食暴露评估

覃梅<sup>1,2</sup>,程莉<sup>1</sup>,陈锦瑶<sup>2</sup>,霍娇<sup>1</sup>,张立实<sup>2</sup>,张华东<sup>1</sup>(1. 重庆市疾病预防控制中心 重庆市预防医学科学院,重庆 400707;2. 四川大学华西公共卫生学院/  
四川大学华西第四医院,四川 成都 610041)

**摘要:**目的 了解重庆市土榨植物油中黄曲霉毒素(AF)的污染现状,并评估重庆市居民因摄入土榨植物油暴露于AF的健康风险。方法 随机采集重庆市39个区县的土榨植物油样品进行AF检测。基于2018年中国健康与营养调查项目重庆膳食调查数据,采用简单分布评估法进行膳食暴露评估,采用暴露限值(MOE)和定量肝癌风险法进行风险表征。结果 土榨植物油中AF的总体检出率为7.77%,平均浓度为0.10~0.48 μg/kg(LB-UB),所有样品均未超标。土榨花生油中AF的检出率最高(22.73%,5/22)。重庆市全人群经食用土榨植物油的AF平均暴露量为0.069~0.319 ng/kg·BW/d(LB-UB),高暴露量(P95)为0.209~0.967 ng/kg·BW/d(LB-UB)。男性与女性的暴露水平无显著差异,不同年龄段人群中2~6岁儿童的平均暴露水平最高(0.132~0.610 ng/kg·BW/d)。全人群的肝癌风险低于1例HCC/(10万人/年),但不同性别和不同年龄段人群的MOE值均低于10000。结论 重庆市土榨植物油中AF引起的肝癌健康风险较低,但仍存在一定的食品安全潜在风险,应持续监管重点食品的AF污染和降低敏感人群的暴露风险。

**关键词:**黄曲霉毒素;土榨植物油;膳食暴露;肝细胞癌;暴露限值;健康风险

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2024)09-1028-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2024.09.006

**Contamination status and dietary exposure assessment of aflatoxins in traditionally-produced vegetable oils in Chongqing City**QIN Mei<sup>1,2</sup>, CHENG Li<sup>1</sup>, CHEN Jinyao<sup>2</sup>, HUO Jiao<sup>1</sup>, ZHANG Lishi<sup>2</sup>, ZHANG Huadong<sup>1</sup>

(1. Chongqing Center for Disease Control and Prevention, Chongqing Academy of Preventive Medicine, Chongqing 400707, China;2. West China School of Public Health and West China Fourth Hospital, Sichuan University, Sichuan Chengdu 610041, China)

**Abstract: Objective** To investigate the contamination status of aflatoxins (AF) in traditionally-produced vegetable oils in Chongqing and assess the health risk for the population exposed to AF through the consumption of such oil. **Methods** Samples of traditionally-produced vegetable oils were randomly collected from 39 districts in Chongqing City for AF detection. Based on the dietary data from the 2018 China Health and Nutrition Survey, the simple distributed risk assessment method was applied for dietary exposure assessment. The margin of exposure (MOE) value and quantitative hepatocellular carcinoma (HCC) risk method were used to characterize the risk. **Results** The detection rate of AF in traditionally-produced vegetable oils was 7.77%, with an average concentration of 0.10-0.48 μg/kg (LB-UB) and zero non-compliance rate. The detection rate of AF in traditionally-produced peanut oil was the highest (22.73%, 5/22.) The average AF exposure level for the whole population in Chongqing City through the consumption of traditionally-produced vegetable oils ranged from 0.069 to 0.319 ng/kg·BW/d (LB-UB), with a high exposure level (P95) of 0.209~0.967 ng/kg·BW/d (LB-UB). There was no significant difference in the exposure levels between males and females, but the exposure level of children aged from 2 to 6 years was the highest (0.132~0.610 ng/kg·BW/d) among different age groups. The HCC risk was below 1 case of HCC per (100 000 person-year), but the MOE values for different genders and age groups were all below 10 000. **Conclusion** The health risk of HCC caused by exposure to AF in traditionally-produced vegetable oils in the population of Chongqing is relatively low, but there is still potential food safety risk. Continuous monitoring of AF

收稿日期:2023-08-03

基金项目:国家卫健委微量元素与营养重点实验室开放课题(wlkfz202206);重庆市自然科学基金(cstc2021jcyj-msxmX0479)

作者简介:覃梅 女 主管技师 研究方向为营养与食品卫生 E-mail:qinmei9359@126.com

通信作者:张华东 男 主任医师 研究方向为营养与食品卫生 E-mail:845403791@qq.com

contamination in key foods and efforts to reduce exposure risks for sensitive populations should be prioritized.

**Key words:** Aflatoxin; traditionally-produced vegetable oil; dietary exposure; hepatocellular carcinoma; margin of exposure; health risk

黄曲霉毒素(Aflatoxin, AF)为 I 类致癌物<sup>[1]</sup>,是肝癌(Hepatocellular carcinoma, HCC)发生的独立危险因素<sup>[2]</sup>。联合国粮农组织/世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)认为应该将 AF 膳食暴露降低到最低可行水平,以尽可能降低人群潜在的肝癌风险<sup>[3]</sup>。

AF 的产生受气候因素的影响,尤其是高温高湿的气候条件有利于真菌生长繁殖和产毒<sup>[4]</sup>。油籽类农作物如花生、玉米、大豆等易受 AF 污染,油籽经过榨油工艺,AF 会进入植物油。由于 AF 的化学性质非常稳定,在植物油中富集后经加热处理很难去除,而土榨植物油通常在小作坊中生产,不能严格控制原料质量也未严格对植物油进行脱毒处理降低 AF 含量,因此土榨植物油中的 AF 污染问题突出<sup>[5]</sup>。在全国范围内,华南地区的植物油中 AF 的污染较严重,尤其是土榨植物油。经评估,华南地区居民膳食 AF 暴露的健康风险远高于全国平均水平<sup>[6]</sup>。华南地区的 AF 高污染高暴露现象与当地亚热带季风气候有关。重庆市也属于亚热带季风气候,并且居民膳食中植物油的使用量较大,尚未有研究开展重庆市植物油中 AF 污染监测与膳食暴露评估。QIN 等<sup>[6]</sup>对全国各地(包括重庆)的花生油进行了 AF 的膳食暴露评估,但是重庆市居民的食用植物油不止花生油,其他种类油籽也可能污染 AF 从而生产出含 AF 的植物油,仅测定花生油可能低估了植物油尤其是土榨植物油 AF 污染对人群健康造成的风险。因此,本文对重庆市土榨植物油进行 AF 污染水平调查和膳食暴露评估,以此了解重庆市土榨植物油中 AF 的污染情况以及居民膳食暴露的健康风险,对建立符合重庆市土榨植物油中 AF 污染的风险管理措施具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品及检测方法

根据 2022 年重庆市地方食品安全风险监测工作实施方案,随机采集重庆市 39 个区县的 386 件土榨植物油样品,主要包括花生油、菜籽油和芝麻油。采用 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》中的高效液相色谱法或高效液相色谱串联质谱法检测土榨植物油中 4 种 AF(AFB<sub>1</sub>、AFB<sub>2</sub>、AFG<sub>1</sub> 和 AFG<sub>2</sub>)。各检

测机构的检出限 0.01~1.0 μg/kg。按照 GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》判定土榨植物油中 AF 是否超标,即花生油、玉米油中 AFB<sub>1</sub>>20 μg/kg 及其他植物油中 AFB<sub>1</sub>>10 μg/kg 视为超标。

### 1.2 消费量数据

膳食消费量数据来源于 2018 年中国健康与营养调查项目重庆膳食调查数据。该调查采用多阶段分层整群随机抽样的方法,在重庆市共抽取 6 个调查点,979 名居民。以家庭为基础的入户膳食调查方式,采用连续 3 d 24 h 膳食回顾法收集个人食物摄入数据。不同性别、不同年龄人群的食用植物油消费量见表 1。

表 1 重庆市不同人群食用植物油消费量

Table 1 Consumption levels of edible vegetable oil in different groups of Chongqing City

人群分组	调查人数/%	平均体 质量/kg	每日平均消费量/(g/d)			
			菜籽油	花生油	芝麻油	其他 植物油
性别						
男	436(44.5)	59.2	22.65	0.98	1.27	11.40
女	543(55.5)	55.6	21.22	1.24	0.91	10.78
年龄(岁)						
2~6	41(4.2)	18.6	15.66	0.00	0.17	6.36
7~17	113(11.5)	38.0	25.21	0.73	1.11	6.32
18~65	563(57.5)	63.0	23.23	1.21	1.25	12.92
>65	262(26.8)	59.0	18.30	1.28	0.80	9.61
全人群	979(100)	57.2	21.85	1.12	1.07	11.05

### 1.3 膳食暴露评估

基于 AF 污染数据和居民膳食消费量数据,采用简单分布评估法对个体暴露量进行计算。暴露评估结果仅针对以土榨植物油为食用油来源的重庆市居民。计算公式如下:

$$Exp = \sum_{i=1}^n \frac{F_i \times C_i}{BW} \quad (1)$$

其中,Exp 为某个体每天每千克体质量的 AF 暴露量(ng/kg·BW/d);F<sub>i</sub>为某个体每天植物油 i 的平均消费量(g/d);C<sub>i</sub>为土榨植物油 i 中 AF 的平均含量(μg/kg);BW 为某个体的体质量(kg)。

### 1.4 风险特征描述

AF 具有遗传毒性和致癌性,此类物质无阈值剂量,在不同暴露剂量水平都有不同程度的风险。本研究采用暴露限值法(Margin of exposure, MOE)和定量肝癌风险法进行风险特征描述。由于目前暂无足够的证据来推导出每一种 AF 的致癌效力,

因此本研究假设 AF (AFB<sub>1</sub>、AFB<sub>2</sub>、AFG<sub>1</sub>、AFG<sub>2</sub> 的总和) 的致癌效力与 AFB<sub>1</sub> 相同。

#### 1.4.1 暴露限值法

MOE 是以动物实验所推导的引起肝癌为毒性效应终点来评估人群摄入 AF 的风险。欧洲食品安全局 (European Food Safety Authority, EFSA) 建议当 MOE 低于 10 000 时, 可认为具有较高的公共卫生关注度, 应优先采取风险管理措施<sup>[7]</sup>。MOE 的计算公式如下:

$$MOE = \frac{BMDL_{10}}{Exp} \quad (2)$$

其中,  $BMDL_{10}$  是大鼠每天暴露于 AFB<sub>1</sub> 下引发 10% 肝癌发病率的基准剂量置信下限值, 本文采用 2020 年 EFSA 发布食品中黄曲霉毒素风险评估报告中的 400 ng/kg·BW/d<sup>[8]</sup>。

#### 1.4.2 定量肝癌风险法

JECFA 对 AFB<sub>1</sub> 致癌能力的估计是基于 AFB<sub>1</sub> 和乙型肝炎病毒 (Hepatitis B virus, HBV) 感染的协同致肝癌作用, 建议 AFB<sub>1</sub> 的危害程度为: 在 1 ng/kg·Bw/d 的暴露量下, 乙肝表面抗原阴性者 (HBsAg<sup>-</sup>) 的危害度为 0.01 例 HCC/(10 万人/年), 乙肝表面抗原阳性者 (HBsAg<sup>+</sup>) 的危害度为 0.3 例 HCC/(10 万人/年), 并认为每年每百万人中增加 1 例肝癌病例的风险是可以接受的<sup>[9]</sup>。平均危害程度 (Average potency) 和癌症风险 (Cancer risk) 的计算公式如下:

$$Average\ potency = 0.3 \times P_{HBsAg+} + 0.01 \times (1 - P_{HBsAg+}) \quad (3)$$

$$Cancer\ risk = Exp \times Average\ potency \quad (4)$$

其中,  $P_{(HBsAg+)}$  是人群乙肝表面抗原阳性率。根据 2015 年重庆市人群乙肝血清流行病学调查结果显示, 重庆市人群  $P_{(HBsAg+)}$  为 4.18%<sup>[10]</sup>。

#### 1.5 统计学分析

按照世界卫生组织全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划 (GEMS/FOOD) 第二次会议关于“食品中低水平污染物可信评价”中对未检出数据的处理原则, 对未检出数据赋予 0 和 LOD 值进行统计<sup>[11]</sup>。所有未检出值被赋予 0 后的下限估计值以 LB 表示,

所有未检出值被赋予 LOD 后的上限估计值以 UB 表示。采用 Excel 建立数据库, 用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。采用秩和检验比较不同种类土榨植物油的 AF 污染水平差异以及不同性别和不同年龄段人群 AF 暴露水平的差异。所有统计学检验均为双侧检验, 检验水准  $\alpha=0.05$ 。P<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 重庆市土榨植物油样品 AF 污染情况

如图 1 及表 2 所示, 重庆市土榨植物油样品包括菜籽油、花生油和芝麻油, 采样总量为 386 份。AF 的总检出率为 7.77%, 平均浓度为 0.10~0.48  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (LB-UB), P95 浓度为 0.25~1.40  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (LB-UB)。按照 GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》, 重庆市土榨植物油中 AF 均未超标。不同种类土榨植物油的 AF 污染水平有统计学差异 (P<0.05), 土榨花生油的 AF 污染最严重, 检出率为 22.73%, 平均浓度为 0.99~1.35  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (LB-UB), P95 浓度 (12.80~13.01  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) 是其余两种植物油的 10 倍左右。AF 污染最大值也发生在土榨花生油 (13.73~13.77  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )。

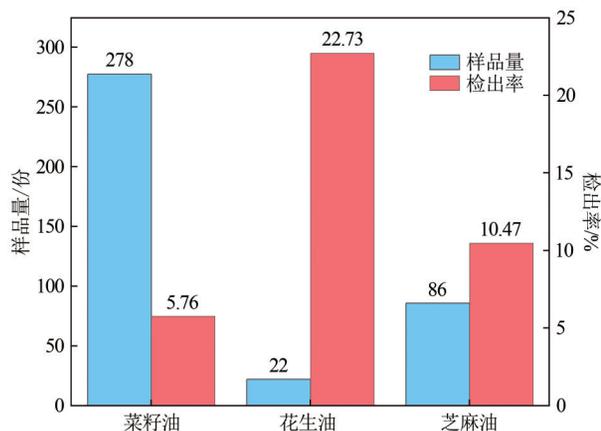


图1 重庆市土榨植物油样品信息及 AF 检出率

Figure 1 Information of traditionally-produced vegetable oil samples and detection rate of AF in Chongqing City

表2 重庆市土榨植物油中 AF 的污染情况

Table 2 Contamination status of AF in traditionally-produced vegetable oil in Chongqing City

样品种类	未检出值估计水平	AF 浓度/( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )						
		平均值	P25	中位数	P75	P90	P95	最大值
菜籽油	LB	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	2.30
	UB	0.36	0.08	0.12	0.40	1.40	1.40	2.33
花生油	LB	0.99	0.00	0.00	0.03	5.33	12.80	13.73
	UB	1.35	0.11	0.12	0.69	6.51	13.01	13.77
芝麻油	LB	0.12	0.00	0.00	0.00	0.27	1.10	2.89
	UB	0.64	0.12	0.40	1.40	1.40	1.40	2.93
合计	LB	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	13.73
	UB	0.48	0.08	0.12	0.40	1.40	1.40	13.77

注: LB 为下限估计值, UB 为上限估计值

2.2 重庆市人群土榨植物油 AF 膳食暴露水平

如表 3 所示,经简单分布评估,重庆市全人群土榨植物油 AF 平均暴露量和高暴露量(P95)分别为 0.069~0.319 ng/kg·BW/d(LB-UB)和 0.209~0.967 ng/kg·BW/d(LB-UB)。重庆市男性和女性人

群的土榨植物油 AF 暴露水平差异无统计学意义,不同年龄段人群暴露水平之间有统计学差异( $P < 0.05$ )。其中 2~6 岁儿童的暴露水平最高,AF 平均暴露量(0.132~0.610 ng/kg·BW/d)和高暴露量(0.433~2.002 ng/kg·BW/d)均为全人群的 2 倍左右。

表 3 重庆市人群土榨植物油中 AF 膳食暴露量

Table 3 Dietary exposure to AF from traditionally-produced vegetable oil in the population of Chongqing City

人群分组	未检出值估计水平	暴露量(ng/kg·BW/d)						
		平均值	P25	中位数	P75	P90	P95	最大值
性别								
男	LB	0.071	0.018	0.045	0.094	0.149	0.227	0.690
	UB	0.328	0.085	0.208	0.432	0.689	1.047	3.189
女	LB	0.067	0.017	0.048	0.093	0.154	0.198	0.665
	UB	0.311	0.077	0.220	0.431	0.710	0.913	3.074
年龄(岁)								
2~6	LB	0.132	0.042	0.092	0.177	0.312	0.433	0.665
	UB	0.610	0.196	0.426	0.816	1.442	2.002	3.074
7~17	LB	0.081	0.026	0.081	0.143	0.221	0.292	0.577
	UB	0.376	0.121	0.376	0.659	1.019	1.349	2.668
18~65	LB	0.064	0.019	0.046	0.089	0.144	0.191	0.690
	UB	0.297	0.078	0.212	0.412	0.663	0.881	3.189
>65	LB	0.054	0.015	0.037	0.066	0.116	0.171	0.451
	UB	0.249	0.071	0.169	0.303	0.535	0.791	2.082
全人群	LB	0.069	0.018	0.046	0.093	0.154	0.209	0.690
	UB	0.319	0.082	0.214	0.431	0.709	0.967	3.189

2.3 重庆市人群土榨植物油 AF 膳食暴露的健康风险

如表 4 所示,重庆市全人群土榨植物油中 AF 膳食暴露的 MOE 值在平均暴露水平和高暴露水平下分别为 1 254~5 797(UB-LB)和 414~1914(UB-LB),肝癌风险分别为 0.001 5~0.007 1 例 HCC/(10 万人/年)(LB-

UB)和 0.004 6~0.021 4 例 HCC/(10 万人/年)(LB-UB)。重庆市男性与女性的 MOE 值和肝癌风险相近。不同年龄段人群中,2~6 岁人群和 7~17 岁人群的 MOE 值低于全人群,肝癌风险高于全人群。不同种类土榨植物油中,土榨菜籽油对人群膳食暴露风险的贡献率(91.8%)远高于其余两种土榨植物油(图 2)。

表 4 重庆市人群土榨植物油中 AF 膳食暴露风险

Table 4 Risk of dietary exposure to AF from traditionally-produced vegetable oil in the population of Chongqing City

人群分组	未检出值估计水平	MOE		肝癌风险(例HCC/(10万人/年))	
		平均暴露	高暴露	平均暴露	高暴露
性别					
男	LB	5 634	1 762	0.0 016	0.0 050
	UB	1 220	382	0.0 073	0.0 232
女	LB	5 970	2 020	0.0 015	0.0 044
	UB	1 286	438	0.0 069	0.0 202
年龄(岁)					
2~6	LB	3 030	924	0.0 029	0.0 096
	UB	656	200	0.0 135	0.0 443
7~17	LB	4 938	1 370	0.0 018	0.0 065
	UB	1 064	297	0.0 083	0.0 298
18~65	LB	6 250	2 094	0.0 014	0.0 042
	UB	1 347	454	0.0 066	0.0 195
>65	LB	7 407	2 339	0.0 012	0.0 038
	UB	1 606	506	0.0 055	0.0 175
全人群	LB	5 797	1 914	0.0 015	0.0 046
	UB	1 254	414	0.0 071	0.0 214

3 讨论

本研究调查了重庆市土榨植物油的 AF 污染情况,并评估了重庆市居民因摄入土榨植物油暴露于 AF 的健康风险。研究结果显示,重庆市土榨植物

油 AF 的污染水平均未超标,污染水平在土榨植物油种类之间差异有统计学意义。其中土榨花生油的 AF 污染最严重,这与陆晶晶等<sup>[12]</sup>、徐文静等<sup>[13]</sup>和孙嘉笛等<sup>[14]</sup>的研究结果一致。花生是最易受到 AF

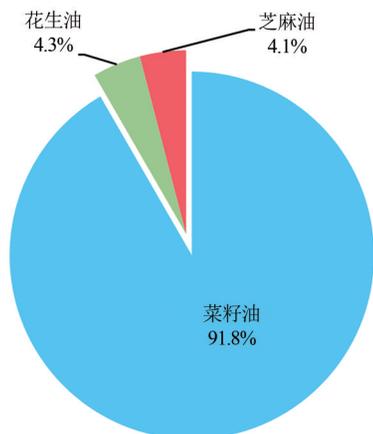


图2 不同种类土榨植物油对重庆市人群膳食AF暴露风险的贡献率

Figure 2 Contribution rate of different types of traditionally-produced vegetable oil to the risk of dietary exposure to AF in Chongqing City

污染的食品之一,而土榨花生油通常在缺乏标准化和良好控制条件的小作坊中生产,既不能保证花生原料的质量安全,也不能严格控制生产过程中的交叉污染和对植物油进行脱毒处理,因此导致土榨花生油中AF污染严重<sup>[15]</sup>。本研究中土榨花生油的AF污染均值为0.99~1.35  $\mu\text{g}/\text{kg}$ (LB-UB),最高含量为13.73~13.77  $\mu\text{g}/\text{kg}$ (LB-UB)。宋美英等<sup>[16]</sup>、杨博磊<sup>[17]</sup>对福建、广西、山东、河南和广东的小作坊土榨花生油的AFB<sub>1</sub>监测结果高于本研究。其原因可能是河南、山东两省为花生种植生产的大省,花生储量丰富,储存环节的卫生和通风情况差,容易造成AF的污染;广西、福建和广东三地的气候湿热,促进花生被AF污染,并且当地人群偏爱食用花生油,尤其是土榨花生油,大量环境条件差、卫生措施不到位的小作坊进一步加剧土榨花生油的AF污染。

暴露评估结果显示,重庆市全人群经食用土榨植物油的AF平均暴露量远低于广西居民(5.26  $\text{ng}/\text{kg}\cdot\text{BW}/\text{d}$ )及广东居民(2.58  $\text{ng}/\text{kg}\cdot\text{BW}/\text{d}$ ),这与广西和广东地区食用植物油的AF污染更严重有关(13.61  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 和3.44  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ),也与广东地区居民的食用植物油消费量更高有关(47.3  $\text{g}/\text{标准人}/\text{d}$ )<sup>[18-19]</sup>。广西地区居民因膳食暴露于食用植物油AF的肝癌风险0.236例HCC/(10万人/年)高于本研究的原因除了暴露量较高以外,还与该地区人群HBsAg携带率较高有关(11.99%)<sup>[18]</sup>。JECFA认为每年每百万人中增加1例肝癌病例的风险是可以接受的<sup>[9]</sup>,本次评估结果中重庆市居民经土榨植物油暴露于AF的肝癌风险相对较低。但EFSA建议当MOE低于10 000时,可认为具有较高的公共卫生关注度,应优先采取风险管理措施<sup>[7]</sup>。本研究中重庆市所有

人群的MOE值均低于10 000,提示仍然需对重庆市土榨植物油的AF膳食暴露给予关注,尤其是2~6岁儿童群体。经评估,在重庆市不同年龄段人群中,2~6岁儿童群体的AF暴露水平及相应健康风险最高,在高暴露情况下其MOE值(UB)低至200。因为儿童处于生长发育阶段,其体质量通常比成年人低,导致儿童单位体质量的暴露量高于其他年龄段人群,从而成为AF暴露的敏感人群<sup>[20]</sup>。已有研究证明儿童膳食中的AF高暴露可对儿童产生不良健康影响,其中生长障碍最为突出。儿童生长障碍是撒哈拉以南非洲和亚洲地区普遍存在的公共卫生问题,与多种因素有关,如营养不良、卫生条件差、社会经济地位、传染病和环境毒素等。在有关环境毒素中,AF是一个潜在的重要因素<sup>[21]</sup>。

土榨植物油在民间广受欢迎,大多数居民认为未经过复杂工艺处理的植物油是纯天然、无添加的,却忽略了原料本身质量问题带来的食品安全隐患。重庆市气候湿热,油料作物在储存不当的条件下很容易霉变进而产生AF<sup>[22]</sup>,原料在经过未标准化的“土榨”工艺后,AF从原料进入到植物油中,通过膳食摄入途径危害到居民健康。经评估,虽然重庆市居民经食用土榨植物油暴露于AF的肝癌风险较低,但已产生了潜在的健康风险,尤其是儿童群体暴露风险最高。由于在不同的环境条件下,如湿度、气候、温度、植物病害和虫害,每年AF的污染情况可能不同,因此建议定期和持续监测土榨植物油的AF污染和评估人群健康风险。此外,需要有效的管理来降低与AF相关的食品安全风险<sup>[23]</sup>。AF是强遗传毒性和致癌性物质,国际上施行“合理可行尽量低”原则<sup>[24]</sup>,即能合理达到的最低含量。由于人群暴露的AF几乎全部来自于膳食,因此尽可能减少人群膳食中的AF,可从源头上降低人群健康风险,特别是儿童群体膳食暴露于AF的健康风险需要相关部门重点关注。通过对比不同种类土榨植物油,发现土榨菜籽油对重庆市居民膳食暴露风险的贡献率(91.8%)远高于土榨花生油和土榨芝麻油,主要因为重庆市居民菜籽油的日均消费量(21.85  $\text{g}/\text{d}$ )远高于其余两种植物油,也提示消费者应尽量避免采购和食用土榨植物油,并且食用植物油种类尽可能多样化。

本研究存在一定的不确定性。首先,本研究将4种AF的总危害程度保守估计为AFB<sub>1</sub>的危害程度可能产生不确定性,但EFSA报告认为该假设对食品中存在AF导致的风险结论的影响很小<sup>[8]</sup>。本文中膳食消费量数据的调查人群样本量较小,尤其是儿童青少年调查人数较少。其次,土榨植物油中

花生油的样本量较小,两项数据的代表性不足可能对评估结果产生一定不确定性。此外,各检测实验室的检测仪器、检测能力之间有一定程度的差异。本研究只对土榨植物油中 AF 进行调查和评估,采用食用植物油的消费量数据可能会高估重庆市全人群的 AF 膳食暴露量,因此本文评估结果只针对以土榨植物油为食用油来源的重庆市居民。最后,AF 也可污染坚果、谷物和香辛料等食品。考虑到该研究的不确定性,未来还需要进一步全面评估重庆市人群暴露于 AF 的总体健康风险。

### 参考文献

- [ 1 ] BAAN R, GROSSE Y, STRAIF K, et al. A review of human carcinogens: Part F: chemical agents and related occupations [J]. *The Lancet Oncology*, 2009, 10(12): 1143-1144.
- [ 2 ] LIU Y, CHANG C C, MARSH G M, et al. Population attributable risk of aflatoxin-related liver cancer: systematic review and meta-analysis [J]. *European Journal of Cancer*, 2012, 48(14): 2125-2136.
- [ 3 ] JECFA. Evaluation of certain contaminants in food: eighty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [R]. WHO Technical Report Series, 2017.
- [ 4 ] WU L X, DING X X, LI P W, et al. Aflatoxin contamination of peanuts at harvest in China from 2010 to 2013 and its relationship with climatic conditions [J]. *Food Control*, 2016, 60: 117-123.
- [ 5 ] 李亚, 梁剑锋, 柯立坚, 等. 广西梧州市土榨花生油中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 膳食暴露风险评估 [J]. *中国油脂*, 2022, 47(11): 80-84.
- LI Y, LIANG J F, KE L J, et al. Dietary exposure risk assessment of aflatoxin B<sub>1</sub> in native pressed peanut oil in Wuzhou, Guangxi Province [J]. *China Oils and Fats*, 2022, 47(11): 80-84.
- [ 6 ] QIN M, LIANG J, YANG D, et al. Spatial analysis of dietary exposure of aflatoxins in peanuts and peanut oil in different areas of China [J]. *Food Research International*, 2021, 140: 109899.
- [ 7 ] European Food Safety Authority. 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]. *EFSA J*, 2005, 3(10): 282.
- [ 8 ] EFSA CONTAM PANEL, SCHRENK D, BIGNAMI M, et al. Scientific opinion-Risk assessment of aflatoxins in food [J]. *European Food Safety Authority Journal*, 2020, 18(3): 6040.
- [ 9 ] JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants: forty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [R]. WHO Technical Report Series, 1998.
- [ 10 ] 匡珊珊, 王东, 王青, 等. 2015年重庆市 1~29 岁人群乙型肝炎病毒感染状况分析 [J]. *预防医学情报杂志*, 2018, 34(7): 923-926.
- KUANG S S, WANG D, WANG Q, et al. Serological epidemiology analysis of the hepatitis B virus infection among the population aged 1 to 29 in Chongqing [J]. *Journal of Preventive Medicine Information*, 2018, 34(7): 923-926.
- [ 11 ] GEMS/food-EURO second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food report on a workshop in the frame of GEMS/food-EURO [R]. Kulmbach, Germany, 1995.
- [ 12 ] 陆晶晶, 苏亮, 杨大进. 部分省市食用植物油中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 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.
- [ 13 ] 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 M, 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.
- [ 14 ] 孙嘉笛, 徐洪文, 徐一达, 等. 食用植物油中黄曲霉毒素和赭曲霉毒素的污染状况及特征分析 [J]. *中国油脂*, 2022, 47(9): 35-43.
- SUN J D, XU H W, XU Y D, et al. Analysis of contamination status and characteristics of aflatoxin and ochratoxin in edible vegetable oils [J]. *China Oils and Fats*, 2022, 47(9): 35-43.
- [ 15 ] QI N, YU H, YANG C, et al. Aflatoxin B<sub>1</sub> in peanut oil from Western Guangdong, China, during 2016—2017 [J]. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 2019, 12(1): 45-51.
- [ 16 ] 宋美英, 乐丽华, 罗钰珊, 等. 广东小作坊生产花生油中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 膳食暴露及风险评估 [J]. *中国油脂*, 2019, 44(4): 96-101.
- SONG M Y, LE L H, LUO Y S, et al. Dietary exposure and risk assessment of aflatoxin B<sub>1</sub> in peanut oil produced by individual workshop in Guangdong [J]. *China Oils and Fats*, 2019, 44(4): 96-101.
- [ 17 ] 杨博磊, 张秀娟, 王刚, 等. 我国土榨花生油黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 及圆弧偶氮毒素污染调查 [J]. *中国油脂*, 2020, 45(9): 34-37, 53.
- YANG B L, ZHANG X J, WANG G, et al. Investigation of aflatoxin B<sub>1</sub> and cyclopiazonic acid in bulk peanut oil in China [J]. *China Oils and Fats*, 2020, 45(9): 34-37, 53.
- [ 18 ] 睦世闰, 曾肖寒, 李凤标, 等. 2018—2022年广西贵港市食用植物油中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 监测结果分析及暴露风险评估 [J]. *中国油脂*, 2023, 9(10): 87-92.
- SUI S G, ZENG X H, LI F B, et al. Analysis of monitoring results and exposure risk assessment of aflatoxin B<sub>1</sub> in edible vegetable oil in Guigang, Guangxi, during 2018—2022 [J]. *China Oils and Fats*, 2023, 9(10): 87-92.
- [ 19 ] 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.
- [ 20 ] 周妍, 闻胜, 刘潇, 等. 食品中化学污染物风险评估研究进展 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(6): 1868-1875.
- ZHOU Y, WEN S, LIU X, et al. Review on the risk assessment for chemical contaminants in food [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2014, 5(6): 1868-1875.
- [ 21 ] KHLANGWISSET P, SHEPHARD G S, WU F. Aflatoxins and

- growth impairment: a review[J]. Critical Reviews in Toxicology, 2011, 41(9): 740-755.
- [22] COTTY P J, JAIME-GARCIA R. Influences of climate on aflatoxin producing fungi and aflatoxin contamination [J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 119(1/2): 109-115.
- [23] LI R, WANG X, ZHOU T, et al. Occurrence of four mycotoxins in cereal and oil products in Yangtze Delta Region of China and their food safety risks[J]. Food Control, 2014, 35(1): 117-122.
- [24] FAO. World-wide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003[R]. Rome, Italy, 2004.

## 《中国食品卫生杂志》2024年征稿征订启事

《中国食品卫生杂志》创刊于1989年,由中华人民共和国国家卫生健康委员会主管,中华预防医学会、中国卫生信息与健康医疗大数据学会共同主办,刊号:ISSN 1004-8456、CN 11-3156/R,邮发代号:82-450,月刊,国内公开发行人。本刊是2008、2011、2017、2020、2023版中文核心期刊,中国科学引文数据库核心刊(C刊),中国科技核心期刊,中国精品科技期刊。中国知网(CNKI)全文收录。2020年版影响因子1.553,在预防医学领域影响力指数排名第8(8/86)。曾连续多年获得中华预防医学会优秀期刊一等奖。

**刊登范围:**食品卫生领域的科研方法及成果,检验检测技术(包括化学分析技术、微生物检验技术、毒理学方法),有毒有害物质的监测、评估、标准的研究,监督管理措施及方法,应用营养等。

**主要栏目:**专家述评、论著、研究报告、实验技术与方法、监督管理、调查研究、食品安全标准及监督管理、风险监测、风险评估、应用营养、食源性疾病、综述及国际标准动态。

**刊发周期:**审稿通过后一般在2个月左右刊出。对具有创新性的优秀论文开通绿色通道,加急审稿、优先发表。

### 欢迎投稿 欢迎订阅

投稿网址: <http://www.zgspws.com>

订 阅:2024年《中国食品卫生杂志》。每期定价40元,全年480元。

订阅方式可以通过以下:

- 1、杂志官方网站订阅(详情见官网 [www.zgspws.com](http://www.zgspws.com)、可咨询购买过刊)。
- 2、通过邮局订阅,邮发代号82-450。
- 3、通过杂志淘宝店,微信公众号线上购买(详情请扫描以下二维码关注)。

地 址:北京市朝阳区广渠路37号院2号楼802室

《中国食品卫生杂志》编辑部

电 话:010-52165596 邮政编码:100021 E-mail: [spws462@163.com](mailto:spws462@163.com)



杂志公众号



杂志淘宝店



杂志微店