

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

梁馨予, 陈 风, 黎 强, 张晓娟, 莫礼艳

(玉林市食品药品检验检测中心, 广西 玉林 537000)

摘要:对广西玉林市居民通过小作坊花生油摄入黄曲霉毒素 B₁ (AFB₁) 进行膳食暴露及风险评估, 并提出要求。按不同区域, 不同性别, 城市、农村, 年龄/城乡/性别进行分组, 结合广西居民膳食 B 模式数据, 采用点评估模型计算暴露量, 采用 BMDL₁₀ 为 400 ng/(kg·d) 计算暴露限值(MOE)。结果发现, 广西玉林市小作坊花生油 AFB₁ 检出率为 59%, 超标率为 18.6%, 含量范围为 0.05 ~ 243.00 μg/kg, 平均含量为 16.91 μg/kg, 极显著高于预包装花生油的平均含量 ($P < 0.01$)。全市小作坊花生油的 AFB₁ 平均暴露量为 7.76 ng/(kg·d), MOE 为 52, 各组平均日膳食暴露 MOE 均介于 200 ~ 25 之间。以各组 MOE 进行 AFB₁ 暴露风险评估, 发现 6 个县市区域中 XY (MOE 27)、BL (MOE 37) 风险最高, 农村 (MOE 46) 风险高于城市 (MOE 73), 女性 (MOE 49) 风险高于男性 (MOE 55), 6 ~ 11 岁人群 (MOE 41 ~ 25) 风险 > 12 ~ 14 岁人群风险 (MOE 70 ~ 37) > 15 岁以上人群风险 (MOE 85 ~ 44)。广西玉林市居民通过小作坊花生油摄入 AFB₁ 潜在健康风险较高, 应该引起较高的公共卫生关注度。

关键词:小作坊; 花生油; 黄曲霉毒素 B₁; 暴露限值法; 风险评估

中图分类号: TS225.1; TS201.6 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2022)01-0131-06

Dietary exposure and risk assessment of aflatoxin B₁ in the peanut oil of small workshops in Yulin City, Guangxi

LIANG Xinyu, CHEN Feng, LI Qiang, ZHANG Xiaojuan, MO Liyan

(Yulin Center for Food and Drug Control, Yulin 537000, Guangxi, China)

Abstract: The dietary exposure and risk of aflatoxin B₁ (AFB₁) in peanut oil of small workshops in Yulin City, Guangxi Province was assessed and some requirements were put forward. According to regions, genders, urban and rural and ages/urban and rural/genders were divided into groups. Combined with the B dietary pattern data of Guangxi residents, the exposure amount in the Point Estimate Model and the MOE by BMDL₁₀ 400 ng/(kg·d) were calculated. The results showed that the detection rate of AFB₁ in peanut oil of small workshops in Yulin, Guangxi was 59% and the exceeding standard rate was 18.6%. The content range of AFB₁ was between 0.05 μg/kg to 243.00 μg/kg. The average content was 16.91 μg/kg, which was significantly higher than that of the packaging peanut oil ($P < 0.01$). The average exposure amount of AFB₁ in the peanut oil of small workshops in the city was 7.76 ng/(kg·d) and the MOE was 52. The average daily dietary exposure MOE of each group was between 200 to 25. According to the MOE of each group, it was found that the risk of XY (MOE 27) and BL (MOE 37) in six counties and cities were the highest; villages (MOE 46) > cities (MOE 73); women (MOE 49) > men (MOE 55);

the residents at the age between 6 and 11 (MOE 41 ~ 25) > the residents at the age between 12 and 14 (MOE 70 ~ 37) > the residents over the age of 15 (MOE 85 ~ 44). There was potentially high health risk for the intake of AFB₁ from the

收稿日期: 2021-02-04; 修回日期: 2021-07-19

作者简介: 梁馨予(1984), 女, 主管药师, 主要从事食品药品检测、质量分析工作 (E-mail) 372321939@qq.com。

通信作者: 陈 风, 副主任药师 (E-mail) 49583278@qq.com。

peanut oil of small workshops in the city. It should attract the great public health attention.

Key words: small workshops; peanut oil; aflatoxin B₁; margin of exposure; risk assessment

黄曲霉毒素主要是由黄曲霉和寄生曲霉产毒菌株产生的真菌毒素,其与气候环境条件关系很大,产毒菌株在温暖潮湿的环境容易繁殖生长。目前已经分离鉴定出 12 种以上黄曲霉毒素,其中黄曲霉毒素 B₁ (AFB₁) 污染最普遍,危害最大,污染水平约占黄曲霉毒素总量的 70%。AFB₁ 具有遗传毒性、致癌性,是影响人和动物健康的主要真菌毒素之一,也是全球食品安全控制中最主要的真菌毒素。我国食品安全监督抽检中发现,黄曲霉毒素容易污染的食品有花生及其制品,尤其是散装花生油或者自制花生油。花生油是广西玉林市居民的主要食用油,当地居民的消费观念和习惯使小油坊成为了花生油的主要销售渠道,但是在监督抽检中发现,小作坊花生油成为 AFB₁ 的超标重灾区。考虑到小作坊花生油中黄曲霉毒素含量可能增加对公众健康的影响,同时考虑到广西是我国肝癌(HCC)高发地区^[1],乙型肝炎病毒感染和黄曲霉毒素暴露是诱发肝癌的重要危险因素,在非洲和亚洲国家中,黄曲霉毒素对 HCC 的归因危险度接近 50%^[2]。因此,本研究对广西玉林市居民通过小作坊花生油摄入 AFB₁ 进行膳食暴露及风险评估,为相关单位进行监督或者风险管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

样品来源:采用随机抽样法,2020 年在广西玉林市辖区内 3 个区和 5 个县(市)的小作坊采取散装食用花生油样品共 183 批,每批样品取样两份,一份检样,一份备样。样品均完好无损送达实验室完成试验。

食物摄入和人群体检调查数据来源:《2010—2012 广西壮族自治区居民营养健康状况调查报告》^[3]。

试剂与仪器:黄曲霉毒素 B₁ (国家粮食局科学研究院,批号 GBW(E)100302,1.96 μg/mL),乙腈、甲醇(色谱纯),磷酸氢钠(纯度≥99.0%),磷酸二氢钾(纯度≥99.5%),吐温-20(分析纯)。Synergy 超纯水系统(美国 Millipore),XS205DU 电子分析天平(瑞士 Mettler-Toledo),Thermo U3000 高效液相色谱仪(美国 Thermo Fisher Scientific),Pinnacle PCX 柱后衍生系统(美国 Pickering Laboratories),VM-01U 涡旋器(美国精骐),ROTANTA 460R 离心机

(德国 Hettich),免疫亲和柱(批号 K8420030,CNW 公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 花生油中 AFB₁ 含量的测定

按照 GB 5009.22—2016 的第三法高效液相色谱-柱后光化学衍生法进行 AFB₁ 含量的检测。依据 GB 2761—2017 中花生油 AFB₁ 的限量 20 μg/kg 进行判定,即检出含量大于 20 μg/kg 判定为不合格。

1.2.2 质量控制

检样均摇匀后取样,每 20 个待测溶液进一针空白以确保系统不被污染,进一针标准溶液以确保目标物保留时间误差控制在 5% 以内。每次集中处理样品,均平行做加标回收。疑似不合格样品均由具有资质人员复测 2 次。本实验室检出限为 0.1 μg/kg。

1.2.3 低水平数据处理

根据 WHO 推荐,当小于 60% 的结果低于检出限(LOD)时,所有小于 LOD 的结果均以 1/2 LOD 计;当大于 60% 的结果低于检出限时,所有小于 LOD 的结果以 0、1/2 LOD 和 LOD 分别计算。

1.2.4 膳食暴露评估

1.2.4.1 膳食暴露量计算

采用点评估模型对 AFB₁ 进行膳食暴露量计算,计算公式为:花生油中 AFB₁ 暴露量 = 食用油人均摄入量 × 花生油中 AFB₁ 含量/体重。将研究对象按不同区域,不同性别,城市、农村,年龄/城乡/性别分组,统计各自的 AFB₁ 平均膳食暴露量和各百分位数暴露量。

1.2.4.2 分组、体重、摄入量的选择

将县市区设置成 6 个区域,分别以字母 BL、RX、XY、LC、BB、YL 表示。按性别分为男性、女性。按城乡分为城市、农村。按年龄/城乡/性别对人群分组,依次分为:6~11 岁城市男生组,6~11 岁农村男生组;6~11 岁城市女生组,6~11 岁农村女生组。12~14 岁城市男生组,12~14 岁农村男生组;12~14 岁城市女生组,12~14 岁农村女生组。15~17 岁城市男生组,15~17 岁农村男生组;15~17 岁城市女生组,15~17 岁农村女生组。成人体重相对稳定,18~60 岁人群分为 18~60 岁城市组,18~60 岁农村组;60 岁以上人群分为 60 岁以上城市组,60 岁以上农村组。

由《2010—2012广西壮族自治区居民营养健康状况调查报告》体检数据^[3]得知:广西18岁以上居民平均体重为56.59 kg,其中男性61.32 kg,女性53.01 kg,城市59.27 kg,农村54.47 kg。6~11岁平均体重男生(城市/农村)27.99 kg,女生(城市/农村)27.33 kg。12~14岁平均体重为城市男生48.07 kg,农村男生39.66 kg;城市女生44.68 kg,农村女生39.95 kg。15~17岁平均体重为城市男生58.37 kg,农村男生51.02 kg;女生(城市/农村)48.43 kg。

根据《2010—2012广西壮族自治区居民营养健康状况调查报告》^[3],本研究采用了广西居民膳食模式(模式B)食用油人均摄入量,即:广西居民25.99 g/d,男性为26.31 g/d,女性为25.72 g/d,城市为27.03 g/d,农村为25.18 g/d,18岁以下为23.07 g/d,18~60岁为26.48 g/d,60岁以上为26.29 g/d。

1.2.5 风险特征描述

本次研究采用了风险特征描述中最常用的暴露限值(MOE)法,参照2020年欧盟发布食品中黄曲霉毒素的风险评估报告^[4]的BMDL₁₀值400

ng/(kg·d)(即雄性大鼠每天暴露于AFB₁下引发10%肝癌发病率的基准剂量置信下限值),用于暴露限值(MOE)法计算,计算公式为:MOE = BMDL₁₀/暴露量。将研究对象按不同区域,不同性别,城市、农村,年龄/城乡/性别分组,统计各组的平均日膳食暴露MOE和百分位数MOE。风险可接受水平取决于MOE的大小,MOE越小,说明导致不良反应的剂量与人群的暴露量越接近,表明对人群健康的危害越大。当MOE大于10 000时,可认为具有较低的公共卫生关注度,看作是一个低优先级的风险管理行为;当MOE小于10 000时,可认为具有较高的公共卫生关注度,当优先采取风险管理措施^[5]。

1.2.6 统计学分析方法

统计分析数据录入Excel数据表,采用SPSS软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 小作坊食用花生油中AFB₁含量分布

183批广西玉林市小作坊花生油中AFB₁含量检测结果见表1。

表1 广西玉林市小作坊花生油中AFB₁的含量分布

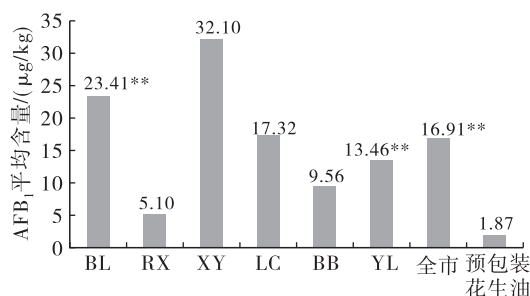
区域	样本量(批)	平均值±标准差/(μg/kg)	最大值/(μg/kg)	P25/(μg/kg)	P50/(μg/kg)	P75/(μg/kg)	P90/(μg/kg)	P95/(μg/kg)	P97.5/(μg/kg)	超标(批)	超标率/%
BL	67	23.41±50.17	240.00	0.05	3.43	18.10	67.24	176.00	225.30	15	22.4
RX	40	5.10±13.13	58.00	0.05	0.05	3.38	16.72	50.03	57.82	3	7.5
XY	16	32.10±63.15	243.00	0.81	4.85	39.48	147.10	243.00	243.00	4	25.0
LC	10	17.32±28.81	90.20	0.05	3.65	31.85	84.80	90.20	90.20	3	30.0
BB	10	9.56±12.68	37.00	0.05	3.42	17.90	35.84	37.00	37.00	2	20.0
YL	40	13.46±25.80	130.00	0.05	1.71	13.85	46.85	74.89	128.65	7	17.5
全市	183	16.91±39.27	243.00	0.05	2.36	14.00	52.24	92.12	161.20	34	18.6
农村	133	18.78±43.52	243.00	0.05	2.38	14.85	55.28	101.73	215.15	26	19.5
城市	50	11.94±24.29	130.00	0.05	2.26	10.93	36.92	71.17	119.06	8	16.0

注:41%含量结果低于检出限(LOD),故未检出按1/2 LOD计。

由表1可见,全市小作坊花生油AFB₁检出率为59%,超标率为18.6%,所有区域存在AFB₁含量超标情况,超标率范围7.5%~30.0%,各区域之间的超标率不呈现显著性差异($\chi^2 = 5.533, P > 0.05$)。全市AFB₁的最高含量为243.00 μg/kg,是国家限量标准(20 μg/kg)12.15倍,平均含量为16.91 μg/kg,并未超出国家限量标准。6个县市区域中,BL、XY的AFB₁平均含量分别是国家限量标准的1.2、1.6倍,其他县市区域的均低于国家限量标准,含量最大值(243.00 μg/kg)出现在XY的农村。农村与城市的AFB₁平均含量均低于国家限量标准,但农村的平均含量高于城市,然而各区域标准差和百分位数结果显示,各区域AFB₁含量波动较

大,平均含量在一定程度上高于各区域实际污染水平。

本次研究同时抽取10批预包装花生油作为对照进行AFB₁含量检测,结果见图1。



注:**表示经t检验,与对照组比较有极显著性差异($P < 0.01$)。

图1 小作坊花生油与预包装花生油AFB₁平均含量对比

由图 1 可见,各区域 AFB₁ 的平均含量是预包装花生油的 2.7 ~ 17.2 倍。经 *t* 检验得到,BL、YL、全市小作坊花生油的 AFB₁ 平均含量与预包装花生油的有极显著性差异($P < 0.01$),可以认为全市小作坊花生油的 AFB₁ 含量远高于预包装花生油的可能性比较大,尤其是 BL、YL。

2.2 小作坊食用花生油中 AFB₁ 膳食暴露及风险评估(见表 2)

由表 2 可见,全市小作坊花生油的 AFB₁ 平均暴露量为 7.76 ng/(kg·d),BL、XY AFB₁ 平均暴露量明显高于全市的,是全市的 1.4、1.9 倍,农村 AFB₁ 平均暴露量明显高于城市的,是城市的 1.6

倍,女性 AFB₁ 平均暴露量高于男性,是男性的 1.1 倍。各年龄段农村组 AFB₁ 平均暴露量是各年龄段城市组的 1.6 ~ 1.9 倍,6 ~ 11 岁农村男、女生组平均 AFB₁ 暴露量明显高于全市的,均约是全市的 2 倍。各分组平均 MOE 为 171 ~ 25,远小于 10 000,XY 组、RX 组 MOE 分别从 P25、P75 位开始低于 10 000,其他分组 MOE 在 P50 位开始明显低于 10 000,表明广西玉林市居民通过小作坊花生油摄入 AFB₁ 潜在健康风险较高,其中区域中 BL、XY 最高,农村高于城市,女性高于男性,6 ~ 11 岁人群 > 12 ~ 14 岁人群 > 15 岁以上人群。

表 2 广西玉林市小作坊花生油中 AFB₁ 暴露风险分布

分组/ 体重	广西居民食用 油人均摄入量/ (g/d)	暴露量/(ng/(kg·d))						MOE					
		平均值	P25	P50	P75	P95	最大值	平均值	P25	P50	P75	P95	最大值
BL/56.59 kg	25.99	10.75	0.02	1.58	8.31	80.83	110.22	37	17 419	254	48	5	4
RX/56.59 kg	25.99	2.34	0.02	0.02	1.55	22.98	26.64	171	17 419	17 419	258	17	15
XY/56.59 kg	25.99	14.74	0.37	2.23	18.13	111.60	111.60	27	1 082	180	22	4	4
LC/56.59 kg	25.99	7.96	0.02	1.68	14.63	41.43	41.43	50	17 419	239	27	10	10
BB/56.59 kg	25.99	4.39	0.02	1.57	8.22	16.99	16.99	91	17 419	255	49	24	24
YL/56.59 kg	25.99	6.18	0.02	0.78	6.36	34.39	59.70	65	17 419	511	63	12	7
全市/56.59 kg	25.99	7.76	0.02	1.08	6.43	42.31	111.60	52	17 419	369	62	9	4
男性/61.32 kg	26.31	7.25	0.02	1.01	6.01	39.53	104.26	55	18 645	395	67	10	4
女性/53.01 kg	25.72	8.20	0.02	1.15	6.79	44.70	117.90	49	16 488	349	59	9	3
城市/59.27 kg	27.03	5.45	0.02	1.03	4.98	32.46	59.29	73	17 542	389	80	12	7
农村/54.47 kg	25.18	8.68	0.02	1.10	6.86	47.03	112.33	46	17 306	364	58	9	4
6 ~ 11 岁城市 男生/27.99 kg	23.07	9.84	0.04	1.86	9.00	58.66	107.15	41	9 706	215	44	7	4
6 ~ 11 岁城市 女生/27.33 kg	23.07	10.08	0.04	1.90	9.22	60.08	109.74	40	9 477	210	43	7	4
6 ~ 11 岁农村 男生/27.99 kg	23.07	15.47	0.04	1.96	12.24	83.85	200.29	26	9 706	204	33	5	2
6 ~ 11 岁农村 女生/27.33 kg	23.07	15.85	0.04	2.01	12.54	85.87	205.12	25	9 477	199	32	5	2
12 ~ 14 岁城市 男生/48.07 kg	23.07	5.73	0.02	1.08	5.24	34.16	62.39	70	16 669	370	76	12	6
12 ~ 14 岁城市 女生/44.68 kg	23.07	6.17	0.03	1.16	5.64	36.75	67.12	65	15 494	344	71	11	6
12 ~ 14 岁农村 男生/39.66 kg	23.07	10.92	0.03	1.38	8.64	59.18	141.35	37	13 753	289	46	7	3
12 ~ 14 岁农村 女生/39.95 kg	23.07	10.84	0.03	1.37	8.58	58.75	140.33	37	13 853	291	47	7	3
15 ~ 17 岁城市 男生/58.37 kg	23.07	4.72	0.02	0.89	4.32	28.13	51.38	85	20 241	449	93	14	8
15 ~ 17 岁城市 女生/48.43 kg	23.07	5.69	0.02	1.07	5.20	33.90	61.93	70	16 794	372	77	12	6
15 ~ 17 岁农村 男生/51.02 kg	23.07	8.49	0.02	1.08	6.71	46.00	109.88	47	17 692	372	60	9	4

续表 2

分组/ 体重	广西居民食用 油人均摄入量/ (g/d)	暴露量/(ng/(kg·d))						MOE					
		平均值	P25	P50	P75	P95	最大值	平均值	P25	P50	P75	P95	最大值
15~17岁农村 女生/48.43 kg	23.07	8.94	0.02	1.13	7.07	48.46	115.75	45	16 794	353	57	8	3
18~60岁城 市/59.27 kg	26.48	5.33	0.02	1.01	4.88	31.80	58.08	75	17 906	397	82	13	7
18~60岁农 村/54.47 kg	26.48	9.13	0.02	1.16	7.22	49.45	118.13	44	16 456	346	55	8	3
60岁以上城 市/59.27 kg	26.29	5.30	0.02	1.00	4.85	31.57	57.66	76	18 036	400	83	13	7
60岁以上农 村/54.47 kg	26.29	9.06	0.02	1.15	7.17	49.10	117.28	44	16 575	348	56	8	3

3 讨论

本研究结果显示广西玉林市居民小作坊花生油 AFB₁ 的平均含量为 16.91 μg/kg, 平均暴露量为 7.76 ng/(kg·d), MOE 为 52, 应该引起较高的公共卫生关注度。近 10 年调查研究显示, 云南、广西一带花生油等食用植物油的暴露或风险评估结果也呈现较高的风险。为了方便比较, 其他文献中通过模拟使用本研究数据(食用油人均摄入量 25.99 g/d, 体重 56.59 kg, BMDL₁₀400 ng/(kg·d)) 计算 MOE。程恒怡等^[6] 研究结果显示, 广西居民经花生油摄入 AFB₁ 的平均暴露量为 17.30 ng/(kg·d), MOE 为 18, 模拟 MOE 为 23。石萌萌等^[7] 研究结果显示, 2013—2017 年广西地区居民油脂及其制品 AFB₁ 的平均暴露量为 10.38 ng/(kg·d), 模拟 MOE 为 39。王春双等^[8] 研究结果显示, 2014—2017 年广西南宁市居民经花生油摄入 AFB₁ 的平均暴露量为 9.32 ng/(kg·d), MOE 为 33, 模拟 MOE 为 43。刘展华等^[9] 研究结果显示, 2014 年广西城乡油坊散装花生油 AFB₁ 平均含量为 70.2 μg/kg, 模拟平均暴露量为 32 ng/(kg·d), 模拟 MOE 为 12。陈夏威等^[10] 研究结果显示, 2012—2018 年广东某市居民经花生油摄入 AFB₁ 平均暴露量为 2.34 ng/(kg·d), MOE 为 107, 模拟 MOE 为 171。宋美英等^[11] 研究结果显示, 2017 年广东居民通过小作坊花生油摄入 AFB₁ 平均暴露量约为 3 ng/(kg·d), 模拟 MOE 为 133。黄少文等^[12] 研究结果显示, 广东清远市居民小作坊花生油 AFB₁ 的平均暴露量为 8.88 ng/(kg·d), MOE 为 34.37, 模拟 MOE 为 45.05。钟桂红等^[13] 研究结果显示, 2013—2018 年广东梅州居民散装花生油 AFB₁ 平均含量为 3.195 μg/kg, 模拟平均暴露量为 1.47 ng/(kg·d), 模拟 MOE 为 273。胡文敏等^[14] 研究结果显示, 2012—2017 年云南省部分地区

居民植物油 AFB₁ 的平均暴露量为 0.09 ng/(kg·d), 模拟 MOE 小于 4 500。由模拟结果可见, 居民食用油 MOE 大小顺序为广西 < 广东 < 300 < 云南 < 5 000, 远小于安全指数 10 000, 均具有较高的公共卫生关注度, 其中广西 MOE 为 43~12, 风险最高。本次调查的广西玉林市 MOE 为 52, 可见其风险较高, 对风险管理和监督管理者提出了迫切要求。

从风险管理层面, 当前国家标准(GB 2761—2017)中对花生、花生油中 AFB₁ 限量均为 20 μg/kg; CAC 标准对花生中黄曲霉毒素总量限量为 15 μg/kg; 欧盟对花生、花生油中 AFB₁ 限量分别为 8.2 μg/kg; 日本标准最严, 黄曲霉毒素在所有产品中均不得检出。假设中国人群, 摄入达到中国和欧盟标准限量的花生油, 欧盟限量 MOE 是中国的 10 倍, 但是根据饮食习惯, 中国花生油消费水平明显高于欧盟, 即使同等限量下, 消费水平越高, 暴露风险就越大, 中国暴露水平高于欧盟。相关资料指出^[15], 中国结合真菌毒素的风险评估结果, 并充分考虑农业操作规程、气候环境以及工业发展等国情的影响制定了相对较高的毒素限量, 早在 1981 年制定食品中真菌毒素的国家限量标准(GB 2761—1981), 之后分别在 2005、2011、2017 年进行修订, 但是花生及其制品、花生油中 AFB₁ 的限量(20 μg/kg)一直没有修订。标准制修订是以风险评估为基础, 国际主要组织和国家风险评估工作已从数据积累阶段转入有效管控阶段, 最近两年欧洲食品安全局被要求就食品中黄曲霉毒素对公众健康的危害发表科学意见, 于是 2018 年欧盟发布花生及其制品中黄曲霉毒素总量最大限量由 4 μg/kg 增加到 10 μg/kg 的风险评估报告^[16], 2020 年欧盟发布了食品中黄曲霉毒素的风险评估报告^[4], 报告中采用基准剂量置信下限(BMDL₁₀)400 ng/(kg·d), 欧盟平均

膳食暴露于 AFB₁ 上限 MOE 为 5 000 ~ 225, 下限 MOE 为 690 ~ 58。中国应意识到欧盟接下来可能会对黄曲霉毒素的限量标准进行修订, 监督管理和风险管理者应密切关注。中国尚处于风险评估数据积累阶段, 因此需强化中国黄曲霉毒素的暴露风险评估工作, 消除与国际范围黄曲霉毒素限量标准的差异, 促进中国相关食品进出口贸易的健康发展。

从监督管理层面, 监督管理者应加大抽检和监管力度, 倒逼小油坊不断提高工艺、技术和设备水平, 同时指导油脂企业按照广西地方标准 (DBS 45/045—2017) 进行生产, 提高油品的质量。

本研究存在不确定性, 因缺乏相应数据, 未评估 6 岁以下人群膳食暴露风险。未考虑消费者食品加工时发生的含量变化, 如加热、烘烤等可降低 AFB₁ 含量水平。抽样时间集中在 8 月, 高温高湿季节使 AFB₁ 更容易产生, 会高估整体含量。

4 结 论

结合《2010—2012 广西壮族自治区居民营养健康状况调查报告》调查数据, 采用点评估模型, 对广西玉林市居民通过小作坊花生油摄入 AFB₁ 进行暴露量计算, 参照欧盟于 2020 年最新发布的食物中黄曲霉毒素的风险评估报告中 BMDL₁₀ 值 400 ng/(kg·d) 进行风险评估。结果表明: 2020 年全市花生油小作坊 AFB₁ 检出率为 59%, 超标率为 18.6%, 平均含量为 16.91 μg/kg, 含量检出范围为 0.05 ~ 243.00 μg/kg, 平均暴露量为 7.76 ng/(kg·d), MOE 为 52; 各组平均日膳食暴露 MOE 均介于 200 ~ 25, 远低于 10 000, 存在较大的风险, 其中区域 XY、BL 风险最高, 农村风险高于城市, 女性风险高于男性, 6 ~ 11 岁人群风险最高, 其次是 12 ~ 14 岁人群, 15 岁以上人群风险最低。广西玉林市居民通过小作坊花生油摄入 AFB₁ 潜在健康风险较高, 应引起较高的关注。

参考文献:

[1] 张思维, 郑荣寿, 曾红梅, 等. 1989—2008 年中国肝癌发病性别、地区及年龄变化分析[J]. 中华预防医学杂志, 2014, 48(5): 355—360.

[2] HENRY S H, BOSCH X F, BOWERS J C. Aflatoxin, hepatitis and worldwide liver cancer risks[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2002, 504: 229—233.

[3] 唐振柱, 方志峰, 刘展华, 等. 2010—2012 年广西壮族自治区居民营养健康状况调查报告[M]. 广西: 广西科学技术出版社, 2015.

[4] European Food Safety Authority. Risk assessment of

aflatoxins in food[J/OL]. *EFSA J*, 2020, 18(3): 6040 [2021-02-03]. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.6040>.

[5] European Food Safety Authority. Opinion of the scientific committee on a request from EFSA related to a harmonized approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic[J/OL]. *EFSA J*, 2005, 3(5): 282 [2021-02-03]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.282>.

[6] 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.

[7] 石萌萌, 梁江, 赵鹏, 等. 广西居民膳食中黄曲霉毒素暴露风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2020, 32(4): 432—436.

[8] 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.

[9] 刘展华, 唐振柱, 钟延旭, 等. 2014 年广西城乡食用植物油黄曲霉毒素 B₁ 污染水平调查[J]. 应用预防医学, 2015, 21(6): 377—380.

[10] 陈夏威, 蔡春生, 陈燕红, 等. 基于暴露限值法与数学模型法的某市居民食用植物油中黄曲霉毒素 B₁ 的膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测报, 2019, 10(19): 6724—6728.

[11] 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 B₁ 膳食暴露及风险评估[J]. 中国油脂, 2019, 44(4): 96—101.

[12] 黄少文, 罗辉平, 曾小平, 等. 清远市小作坊花生油中黄曲霉毒素 B₁ 暴露风险评估[J]. 食品安全导刊, 2019(21): 66—67.

[13] 钟桂红, 林立新, 郑彬. 梅州居民植物油中黄曲霉毒素膳食暴露风险评估分析[J]. 食品安全导刊, 2019(36): 64—65.

[14] 胡文敏, 董海燕, 宁忻, 等. 云南省部分食品黄曲霉毒素 B₁ 膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(15): 5215—5219.

[15] 翟晨, 穆蕾, 杨悠悠. 中国与欧盟粮油食品真菌毒素限量及减控措施对比[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 302—309.

[16] European Food Safety Authority. Effect on public health of a possible increase of the maximum level for aflatoxin total from 4 to 10 μg/kg in peanuts and processed products thereof, intended for direct human consumption or use as an ingredient in foodstuffs[J/OL]. *EFSA J*, 2018, 16(2): 5175 [2021-02-03]. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2018.5175>.