

文章编号:1000-8020(2014)04-0630-07

·食品安全风险评估专栏·

## 深圳地区人群粮油食品中黄曲霉毒素 膳食暴露评估

李可 丘汾 蒋立新 杨梅

深圳市福田区疾病预防控制中心 深圳 518040



**摘要:**目的 开展深圳地区人群主要摄入的粮食及其制品和食用油中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 和总黄曲霉毒素的暴露评估。方法 免疫亲和层析超高效液相法测定样本中黄曲霉毒素。通过深圳地区市售粮油食品中黄曲霉毒素污染水平和人群膳食消费量估算人群黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 和总黄曲霉毒素暴露量。结果 深圳地区人群 2~6 岁组、7~14 岁组、15~50 岁组、>50 岁组平均消费水平黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 的每日膳食暴露量分别为男性 0.320、0.385、0.401、0.398 ng/kg BW); 女性 0.282、0.222、0.367 和 0.470 ng/kg BW)。高消费水平各年龄组黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 暴露水平分别为男性 83.4、203、106、112 ng/kg BW); 女性 78.4、167、113 和 103 ng/kg BW)。深圳地区粮油食品平均消费水平黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 危险度各年龄组男性依次为 0.012、0.015、0.016 和 0.016 癌症例/10 万人; 高消费水平依次为 3.0、8.2、4.1 和 4.4 癌症例/10 万人。平均消费水平黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 危险度各年龄组女性为 0.010、0.009、0.014 和 0.018 癌症例/10 万人; 高消费水平依次为 2.9、6.7、4.4 和 4.0 癌症例/10 万人。结论 深圳地区人群中 7~14 岁组少年儿童组黄曲霉暴露风险较成人组高。大米和花生油是深圳地区人群最主要的粮油食品黄曲霉膳食暴露来源。

**关键词:**黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 总黄曲霉毒素 暴露评估 粮食 食用油  
**中图分类号:**R155.51 TS207.4 **文献标志码:**A

## Dietary exposure assessment of aflatoxin of foodstuff and edible oil from Shenzhen residents

LI Ke, QIU Fen, JIANG Lixin, YANG Mei

Disease Control and Prevention of Futian in Shenzhen, Shenzhen 518040, China

**Abstract: Objective** To assess the dietary exposure aflatoxin B<sub>1</sub> and total aflatoxins of foodstuff and edible oil in Shenzhen residents. **Methods** Aflatoxins in the samples were determined by the immuno-affinity column clean-up plus UPLC. The aflatoxin B<sub>1</sub> and aflatoxins dietary exposure were calculated by the level of aflatoxins contamination in the food and consumption of dietary. **Results** The average diary aflatoxin B<sub>1</sub> dietary exposure of the man of the 2 to 6, 7 to 14, 15 to 50 and >50 age group in Shenzhen were 0.320, 0.385, 0.401 and 0.398 ng/(kg BW·d), the results of the woman were 0.282, 0.222, 0.367 and 0.470 ng/(kg BW·d) respectively. The total average daily dietary aflatoxin B<sub>1</sub> exposure of the man were 0.012, 0.015, 0.016 and 0.016 ng/(kg BW·d) about each age group. The results of the woman were 78.4, 167, 113 and 103 ng/(kg BW·d). According to the the average levels of consumption and the high levels of consumption, the risk of AFB<sub>1</sub> of the man were 0.012, 0.015, 0.016, 0.016 and 3.0, 8.2, 4.1, 4.4 cancer patient

基金项目:深圳市科技计划项目(No. 201103161)

作者简介:李可,女,硕士,主管医师,研究方向:食品卫生与检验, E-mail:like06@163.com

per one hundred thousand, respectively. The results of the woman were 0.010, 0.009, 0.014, 0.018 and 2.9, 6.7, 4.4, 4.0 cancer patient per one hundred thousand, respectively. **Conclusion** 7 to 14 age group compared with adults age group face higher exposure levels. The rice and peanut oil are most primary aflatoxin dietary exposure sources in Shenzhen.

**Key words:** aflatoxin B<sub>1</sub>, aflatoxins, exposure assessment, foodstuff, edible oil

原发性肝癌(以下简称肝癌)是临床上最常见的恶性肿瘤之一,我国发病人数约占全球的55%,在肿瘤相关死亡中仅次于肺癌,位居第二。研究表明黄曲霉毒素的暴露与原发性肝癌之间存在相关性,且对乙型和丙型肝炎病毒携带者,黄曲霉毒素暴露致癌风险更大<sup>[1]</sup>。截止目前 JECFA 共对黄曲霉毒素进行了5次暴露评估,作为一种具有遗传毒性的致癌化合物,专家委员会未推荐过每日耐受摄入量(tolerable daily intake, TDI)或暂定每日最大耐受摄入量(provisional maximum tolerable daily intake, PMTDI)<sup>[2-5]</sup>等数值。

为了获得反映本国或本地区情况的具体数据,欧盟、美国都建立了专门机构来进行原料及成品中黄曲霉毒素风险评估,并推进了相关限量标准的制定。我国王君<sup>[6]</sup>、丁晓霞<sup>[7]</sup>等的研究表明农村人群黄曲霉毒素暴露风险高于城市人群,玉米、花生等粮油产品是黄曲霉毒素污染较为严重的食品种类。深圳地处我国南方,具有终年气候温热、春夏两季时间跨越长、湿度大的气候特征,市售粮食作物存在一定的黄曲霉毒素污染<sup>[8]</sup>。结合2008年深圳市居民总膳食调查和本研究项目前期进行的深圳地区粮油食品黄曲霉毒素污染水平的检测数据,进行深圳市不同年龄人群大米、大米制品、小麦粉、面制品、玉米粉、花生油以及非花生为原料炼制的食用油7类食品中总黄曲霉毒素(aspergillus flavus toxin, AFs)的膳食暴露评估。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2012年3月至2013年5月在深圳地区销售市场中随机抽取7类粮油食品303份。分批采集封存后送实验室-20℃低温保存,采样当月完成检测。

膳食数据来自2008年10月完成的深圳市6个行政区膳食调查。采用多阶段分层整群随机抽样方法抽得调查住户244户,调查人数853人。采用3d 24h膳食回顾法,记录每日家庭所有成员所有生熟食物摄入量、烹饪方法及调味品用量。

### 1.2 检测方法

采用免疫亲和层析净化高效液相色谱法<sup>[9]</sup>,

免疫亲和柱(美国 Waters 公司)净化样品,超高效液相荧光检测器(Acquity UPLC,美国 Waters 公司)检测。

### 1.3 膳食暴露量计算方法

本次研究采取点评估的暴露评估方法,将食物消费量数据和食物中化学物的浓度进行整合,得到深圳地区粮油食品膳食暴露的估计值。膳食暴露量 =  $\sum$ (食物中化学物浓度 × 食品消费量 × 膳食校正因子)

平均暴露量是由平均消费水平和平均污染量整合而得。高端暴露量是由97.5%消费量和污染水平整合而得<sup>[10]</sup>。考虑到膳食暴露评估应该覆盖普通人群,以及易感或预期水平明显不同于普通人群的关键人群,评估时将膳食调查人群按年龄分组。2~6岁为学龄前儿童组,7~14岁为少年儿童组,15~50岁为成年组,>50岁为中老年组,各年龄组平均体重按15、30、60和60kg计,分别用各年龄组膳食暴露量(ng/人)计算人群单位体重每日膳食摄入量[ng/kg·d]。

### 1.4 黄曲霉毒素暴露评估方法

JECFA 推荐的黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>(AFB<sub>1</sub>)的危险程度:对于乙肝表面抗原(hepatitis surface antigen, HBsAg)阴性者危害度为0.01例癌症/(10万人·年),HBsAg阳性者为0.3例癌症/(10万人·年)<sup>[11]</sup>。设定P为人群乙肝病毒感染率,平均危害程度 =  $0.01 \times (1 - P) + 0.3 \times P$ 。以我国目前HBsAg携带者10%计算,平均危害程度为0.039。意即,每10万人中,每日每公斤体重摄入1ng的AFB<sub>1</sub>,摄入量导致肝癌发病率为0.039例/10万人。通过7类粮油食品暴露量的估计,可以分别估算出深圳地区4个年龄组男女人群,通过摄入污染了黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>的粮油食品而承担的安全风险。同时本文估算出了主要的4种黄曲霉毒素的高消费暴露量。

### 1.5 低水平数据处理及统计分析

按照WHO对低水平食品污染物可信数据评估的要求<sup>[12]</sup>,因各类样品中黄曲霉毒素含量的测定值小于最低检出限值(LOD)的比例≥60%,对该部分结果赋予LOD值后纳入统计分析。统计

分析使用 SPSS 17.0 软件。

## 2 结果

### 2.1 深圳地区粮油食品黄曲霉毒素暴露量估计

**2.1.1 深圳地区市售粮油食品中 AFB<sub>1</sub> 和 AFs 污染水平** 检测得到的深圳地区市售 7 类粮油食品 AFB<sub>1</sub> 和 AFs 的平均值、中位值、最大值见表 1。其中花生油中检出 AFB<sub>1</sub> 和 AFs 的污染水平明显高于其他 6 类食品,其次为为花生为原料的食

用油和大米,大米制品、小麦粉、面制品、玉米粉的 AFB<sub>1</sub> 和 AFs 污染水平接近。7 类食品的 AFB<sub>1</sub> 含量 Kruskal-Wallis  $H$  秩和检验结果  $\chi^2 = 87.867, P < 0.05$ 。7 类食品中 AFB<sub>1</sub> 含量来自不同总体,存在显著性差异。7 类食品的 AFs 含量 Kruskal-Wallis  $H$  秩和检验  $\chi^2 = 130.268, P < 0.05$ 。7 类食品中 AFs 含量来自不同总体,存在显著性差异。

表 1 深圳地区粮油食品中 AFB<sub>1</sub> 和 AFs 污染水平

食品	n	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>			总黄曲霉毒素 (AFs)		
		平均值	中位数	P97.5	平均值	中位数	P97.5
大米	51	0.13	0.03	1.50	0.55	0.12	12.9
大米制品	68	0.042	0.02	0.35	0.13	0.10	0.48
小麦粉	36	0.024	0.02	0.076	0.11	0.10	0.18
面制品	38	0.048	0.02	0.39	0.091	0.10	0.44
玉米粉	30	0.079	0.02	0.23	0.19	0.10	0.47
花生油	30	11.22	0.68	64.10	13.21	0.88	75.3
非花生原料食用油	50	0.13	0.04	2.01	0.30	0.20	2.42

**2.1.2 深圳地区人群粮油食品每日膳食消费量与 AFB<sub>1</sub> 和 AFs 的每日膳食暴露量** 深圳地区人群粮油食品每日膳食平均消费量 (P50) 和 AFB<sub>1</sub>、AFs 单位时间单位体重每日膳食平均暴露量 [ $\text{ng}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ] 见表 2。人群粮油食品每日膳食高消费量 (P97.5) 和 AFB<sub>1</sub>、AFs 每日膳食高暴露量 [ $\text{ng}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ] 见表 3。

由各类粮油食品膳食消费量和污染水平中位数计算得到的 AFB<sub>1</sub> 平均暴露量构成,男女均以大米为主要的膳食暴露源。其中 2~6 岁和 7~14 岁男性因摄入大米带来的 AFB<sub>1</sub> 平均暴露量占各类粮油食品合计的 100% 和 83%,女性该比例为 99.3% 和 92.3%。由于成人组因食用油尤其是花生油的摄入量增加,15~50 岁和 >50 岁两个组别中该比例有所下降,分别为男性 53.1% 和 52.7%,女性 57.3% 和 69.1%。

在平均消费水平,男性 2~6 岁学龄前儿童组和 7~14 岁组单位时间单位体重的 AFB<sub>1</sub> 暴露水平分别占 15~50 岁成年组的 79.8% 和 96.0%。女性 2~6 岁和 7~14 岁则分别占 15~50 岁组的 76.8% 和 60.4%。但是在高消费水平 7~14 岁组男性 AFB<sub>1</sub> 暴露量则为 15~50 岁组的 1.9 倍,女性为 1.5 倍。因 7~14 岁组男女性粮油食品的高消费量已接近成人水平,而该年龄组人群体重

较成年人轻,故导致平均单位体重的 AFB<sub>1</sub> 暴露量高于成人组。

**2.1.3 不同种类粮油食品对人群黄曲霉毒素高消费膳食暴露贡献率** 由表 2 可见,粮油食品平均消费量中,大米是深圳地区人群主要消费的粮油食品种类。但不同食品 AFB<sub>1</sub> 的污染水平存在较大差异。分析得知,大米是本地区人群 AFB<sub>1</sub> 暴露的主要贡献食品类型。各年龄组大米的 AFB<sub>1</sub> 平均暴露贡献率均在 50% 以上。15~50 岁成人组面制品和花生油平均黄曲霉暴露贡献率男女分别为 23.1% 和 21.3%,是除大米以外主要的黄曲霉毒素来源食品类型。

### 2.2 深圳市人群 AFB<sub>1</sub> 的暴露量评估

根据 JECFA 推荐的 AFB<sub>1</sub> 罹患肝癌的危险性估算方法,结合深圳本地 AFB<sub>1</sub> 膳食暴露的水平,以我国目前 HBsAg 携带者为 10% 计,计算本地因粮油食品摄入导致 AFB<sub>1</sub> 每 10 万人中每年可能的肝癌罹患人数。

每个组男女危险度分别作两样本均数的  $t$  检验。4 个组男女平均消费水平 AFB<sub>1</sub> 危险度差别均无统计学意义。在高消费水平,除 2~6 岁组男女 AFB<sub>1</sub> 危险度差别无统计学意义外,其余 3 组男女 AFB<sub>1</sub> 危险度差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

表2 深圳地区人群平均消费水平粮油食品中 AFB<sub>1</sub> 和 AFs 的每日膳食暴露量Table 2 Dietary exposure of aflatoxin B<sub>1</sub> and total aflatoxin in grain and their products and edible oil in the average levels of consumption in Shenzhen crowd

食品	性别	2~6岁			7~14岁		
		食品消费量/ (g/d)	AFB <sub>1</sub> 暴露量/ [ng/(kg·d)]	AFs 暴露量/ [ng/(kg·d)]	食品消费量/ (g/d)	AFB <sub>1</sub> 暴露量/ [ng/(kg·d)]	AFs 暴露量/ [ng/(kg·d)]
大米	男	162.3	0.32	1.30	315.7	0.32	1.26
	女	141.2	0.28	1.10	205.00	0.21	0.82
大米制品	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
面粉	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
面制品	男	0	0	0	75.00	0.05	0.25
	女	1.45	0	0.10	57.50	0	0.19
玉米粉	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
花生油	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
非花生原料食用油	男	0	0	0	11.30	0.02	0.08
	女	0	0	0.00	12.50	0.02	0.08
合计	男	162.3	0.32	1.30	402.00	0.39	1.59
	女	142.6	0.28	1.20	275.00	0.22	1.10
食品	性别	15~50岁			>50岁		
		食品消费量/ (g/d)	AFB <sub>1</sub> 暴露量/ [ng/(kg·d)]	AFs 暴露量/ [ng/(kg·d)]	食品消费量/ (g/d)	AFB <sub>1</sub> 暴露量/ [ng/(kg·d)]	AFs 暴露量/ [ng/(kg·d)]
大米	男	500	0.213	1.00	425	0.21	0.85
	女	405.50	0.21	0.85	420.00	0.33	0.84
大米制品	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
面粉	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
面制品	男	60.00	0.07	0.10	100.00	0.03	0.17
	女	60.00	0.03	0.10	90.00	0	0.15
玉米粉	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
花生油	男	13.70	0.15	0.20	14.10	0.02	0.21
	女	11.20	0.13	0.16	12.80	0.15	0.19
非花生原料食用油	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
合计	男	573.70	0.40	1.30	539.10	0.40	1.22
	女	476.70	0.37	1.08	522.80	0.47	1.18

表 3 深圳地区人群高消费水平粮油食品中 AFB<sub>1</sub> 和 AFs 的每日膳食暴露量  
Table 3 Dietary exposure of aflatoxin B<sub>1</sub> and total aflatoxin in grain and their products and edible oil  
in the high levels of consumption in Shenzhen crowd

食品	性别	2~6岁组			7~14岁组		
		食品消费量/ (g/d)	AFB <sub>1</sub> 暴露量/ [ng/(kg·d)]	AFs 暴露量/ [ng/(kg·d)]	食品消费量/ (g/d)	AFB <sub>1</sub> 暴露量/ [ng/(kg·d)]	AFs 暴露量/ [ng/(kg·d)]
大米	男	387.5	44.8	333	895	44.8	385
	女	278.5	26.3	240	526	26.3	26.2
大米制品	男	255	4.1	8.16	351.5	4.1	5.62
	女	128.5	2.77	4.11	237.5	2.77	3.8
面粉	男	125	0.53	1.5	210	0.53	2.6
	女	93.6	0.253	1.12	100	0.253	0.6
面制品	男	216	5.07	6.34	390	5.07	5.72
	女	150	6.17	4.4	475	6.17	6.97
玉米粉	男	73.7	1.8	2.31	235	1.8	3.68
	女	120	2.11	3.76	275	2.11	4.31
花生油	男	7.1	30.3	35.6	68.4	146	172
	女	9.4	40.2	47.2	60.2	129	151
非花生原料食用油	男	7.5	0.843	1.21	12.6	0.843	1.02
	女	8.6	0.91	1.39	13.6	0.91	1.1
合计	男	1072	83.4	388	2162	203	/575
	女	789	78.4	301	1687	167	/194
食品	性别	15~50岁			>50岁		
		食品消费量/ (g/d)	AFB <sub>1</sub> 暴露量/ [ng/(kg·d)]	AFs 暴露量/ [ng/(kg·d)]	食品消费量/ (g/d)	AFB <sub>1</sub> 暴露量/ [ng/(kg·d)]	AFs 暴露量/ [ng/(kg·d)]
大米	男	960	24	206	12384	20.1	173
	女	637	15.9	137	8217.3	22.5	194
大米制品	男	465.0	2.71	3.72	223.2	3.04	4.17
	女	540.5	13.5	4.32	259.4	3.25	4.46
面粉	男	421.5	0.533	1.26	75.8	0.615	1.46
	女	575.0	0.728	1.73	103.5	0.453	1.07
面制品	男	298.7	1.94	2.19	131.4	4.33	4.88
	女	275.0	1.79	2.02	121.0	1.91	2.16
玉米粉	男	265.0	1.02	2.08	124.5	0.97	1.97
	女	308.4	1.18	2.42	144.9	1.14	2.34
花生油	男	68.4	73.1	85.8	5150.5	81.1	95.3
	女	72.7	77.7	91.2	5474.3	71.4	83.8
非花生原料食用油	男	68.4	2.29	2.76	165.5	2.13	2.57
	女	68.4	2.29	2.76	165.5	2.41	2.9
合计	男	2547	106	304	2865	112	283
	女	2477	113	241	2546	103	290

表 4 不同种类粮油食品对人群黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 膳食暴露量贡献率  
Table 4 Different types of foodstuff crowd dietary aflatoxins B<sub>1</sub> exposure %

食品	性别	2~6 岁	7~14 岁	15~50 岁	>50 岁
大米	男	100	79.3	76.9	69.7
	女	91.7	74.7	78.7	71.7
大米制品	男	0	0	0	0
	女	0	0	0	0
小麦粉	男	0	0	0	0
	女	0	0	0	0
面制品	男	0	15.9	7.7	13.9
	女	8.3	17.5	8.3	12.7
玉米粉	男	0	0	0	0
	女	0	0	0	0
花生油	男	0	0	15.4	16.9
	女	0	0	13.0	15.6
非花生原料食用油	男	0	4.8	0	0
	女	0	7.8	0	0

表 5 深圳地区人群黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 暴露危险度  
Table 5 The risk of aflatoxin B<sub>1</sub> exposuer in Shenzhen

年龄/岁	人群平均消费水平				人群高消费水平			
	AFB <sub>1</sub> 膳食摄入量/ [ng/(kg·d)]		AFB <sub>1</sub> 危险度/ (癌症例数/10 万)		AFB <sub>1</sub> 膳食摄入量/ [ng/(kg·d)]		AFB <sub>1</sub> 危险度/ (癌症例数/10 万)	
	男	女	男	女	男	女	男	女
2~6	0.320	0.282	0.012	0.010	83.4	78.4	3.0	2.9
7~14	0.385	0.222	0.015	0.009	203	167	8.2	6.7
15~50	0.401	0.367	0.016	0.014	106	113	4.1	4.4
>50	0.398	0.470	0.016	0.018	112	103	4.4	4.0

### 3 讨论

在部分文献中,对调查区域的农村和城市暴露水平作了比较<sup>[6,13]</sup>。深圳地区的 5 个行政区经过多年城市化建设,城乡人群膳食摄入区别不明显,尤其是食品种类、品牌没有明显差别,本文中未将深圳地区人口人为划分为农村和城市两类进行分析。

深圳地区人群黄曲霉毒素暴露水平与 2007 年王君等<sup>[6]</sup>所作的全国黄曲霉毒素暴露评估比较,按标准人均体重 60 kg 折算,各年龄组平均暴露水平均低于全国标准人组水平 [11.1 ng/(kg·d)],高消费暴露水平接近全国水平 [413.1 ng/(kg·d)]。深圳地区人群的黄曲霉毒素平均暴露不高于全国其他地区。通过与本地区成人暴露水平比较,深圳地区 7~14 岁少年儿童组人群的黄曲霉毒素暴露风险较高。在非洲和东南亚等一些地区经饮食暴露于 AFB<sub>1</sub> 是人类肝细胞癌 (hepatocellular carcinoma, HCC) 最主要的危险因素之一<sup>[14]</sup>。通过统计学检验得知在高消费水平,7~14 岁组和 >50 岁组男性的 AFB<sub>1</sub> 暴露风险更高;而 15~50 岁组成人组女性的 AFB<sub>1</sub> 暴露风险

更高。

大米、花生油是深圳地区人群最主要的黄曲霉膳食暴露来源。大米是深圳地区黄曲霉毒素暴露最主要的贡献食品。与学龄前儿童、少年儿童相比,成人花生油摄入带来的黄曲霉毒素暴露增加,提示成年人应减少花生油的摄入量,尤其是无品牌作坊产花生油的消费。学龄前儿童、少年儿童应注意饮食的多样化,相关监管部门应加强大米等粮食制品仓贮环节的黄曲霉菌属的控制。本研究表明,进一步开展本地区粮油食品的黄曲霉毒素风险评估工作,并针对低年龄组开展大米中黄曲霉毒素的风险评估很有必要。在本地区黄曲霉毒素暴露中,黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 的暴露仅占一部分。此外,推进相关限量标准的制定,加强大米及花生油黄曲霉毒素的监管也势在必行。

### 参考文献

[1] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additive and contaminants [R]. Geneva:WHO,1997:868:45-46.  
[2] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additive and

- contaminants [R]. WHO ,1987 ,759:359-469.
- [ 3 ] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additive and contaminants [R]. Geneva: WHO ,1997 ,868:45-46.
- [ 4 ] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additive and contaminants [R]. Geneva:WHO ,1999 ,884:45-46.
- [ 5 ] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additive and contaminants [ R ]. Geneva: WHO , 2007 , 947: 159-168.
- [ 6 ] 王君,刘秀梅. 中国人群黄曲霉毒素膳食暴露评估 [J]. 中国食品卫生杂志 2007 ,19(3) :238-240.
- [ 7 ] 丁小霞,李培武. 中国花生黄曲霉毒素风险评估膳食暴露非参数概率评估方法 [J]. 中国油料作物学报 2011 ,33(4) :402-408.
- [ 8 ] 李可,丘汾. 深圳粮油食品中四种黄曲霉毒素联合污染状况 [J]. 卫生研究 2013 ,42(4) :610-614.
- [ 9 ] GB/T 18979—2003 食品中黄曲霉毒素的测定免疫亲和层析净化高效液相色谱法和荧光光度法 [S]. 北京:中国标准出版社 2003.
- [10] 联合国粮农组织,世界卫生组织. 食品中化学物风险评估原则和方法 [M]. 北京:人民卫生出版社 2012:177-238.
- [11] Evaluation of Certain Food Additives and Contaminates. Forty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [M]. Geneva: WHO ,1999 :69-77.
- [12] WHO. Reliable evaluation of low-level contamination of food - workshop in the frame of GEMS/Food-EURO. Kulmbach , Germany , 26-27 May 1995 - ADDENDUM January 2013 [EB/OL]. ( 2013-1-21 ) [2013-03-09]. [http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/lowlevel\\_may1995/en/index.html](http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/lowlevel_may1995/en/index.html).
- [13] 柳春红. 深圳居民膳食壬基酚和辛基酚暴露的风险评估 [J]. 中国环境科学 ,2013 ,33 ( 7 ): 1316-1322.
- [14] WANG J S , HUANG T , SU J , et al. Hepatocellular carcinoma and aflatoxin exposure in Zhuqing Village , Fusui County , People ' s Republic of China [J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev ,2001 ,10 ( 2 ): 143-146.

收稿日期:2014-01-08

(上接第 629 页)

## 2.5 精密度

取 1.4.1 项下标准系列中 5 种组分的第二和第四级浓度分别作为低、高浓度水平,各连续进样 6 次,计算峰面积的 *RSD* 值作为低、高浓度标准溶液的测定精密度,具体结果见表 5。

表 5 低、高浓度标准溶液的测定精密度

Table 5 The measurement precision of high and low standard solutions ( $n=6$ )

防腐剂	低浓度 /%	高浓度 /%
氯己定	0.60	0.26
苯甲酸	0.45	0.32
<i>p</i> -氯- <i>m</i> -甲酚	0.67	0.15
<i>o</i> -苯基苯酚	0.44	0.23
氯二甲酚	0.50	0.30

## 2.6 样品测定

为调查了解市售化妆品中防腐剂的添加水平,用上述已确定的色谱条件测定了 10 种在广州超市随机购买的化妆品样品,结果显示,面膜测出苯甲酸和氯二甲酚,痱子粉测出氯二甲酚,洗手液测出 *o*-苯基苯酚,护手霜测出 *p*-氯-*m*-甲酚,但含量均在 2007 年版《化妆品卫生规范》规定的化妆

品组分中限用防腐剂最大允许使用浓度以内,爽肤水、面霜、焗油膏、唇膏和发蜡均未测出 5 种限用防腐剂。

## 3 结论

该方法的检出限、线性范围、回收率、精密度等各项指标能够满足分析检测化妆品中氯己定、苯甲酸、*p*-氯-*m*-甲酚、*o*-苯基苯酚、氯二甲酚 5 种限用防腐剂的需。

## 参考文献

- [ 1 ] 中华人民共和国卫生部. 化妆品卫生规范 [S]. 北京:卫生部 2007:70-74.
- [ 2 ] 郑星泉,周淑玉,周世伟. 化妆品检验手册 [M]. 北京:化学工业出版社 2003: 135-138.
- [ 3 ] 武婷,王超,王星,等. 反向高效液相色谱法测定化妆品中的 24 种防腐剂 [J]. 分析化学 2007 ,35 (10) :1439-1441.
- [ 4 ] 李英,刘丽,刘志红. 气相色谱-质谱法测定化妆品中多种防腐剂 [J]. 色谱 2003 ,21(2) :170-173.

收稿日期:2013-08-01