

## 风险评估

## 深圳市市售动物源性食品中氯霉素残留量暴露评估

罗兰,王甫,黄承鹏,秦威振,任燕,林启辉

(深圳市龙华区疾病预防控制中心,广东深圳 518109)

**摘要:**目的 调查研究深圳市市售动物源性食品中氯霉素残留状况及暴露风险,为引导消费和开展安全监管提供借鉴和参考。方法 随机采集2018—2019年深圳市市售畜肉、禽肉、水产品共计511份,使用超高效液相色谱-串联质谱法测定样品中氯霉素的含量,采用点评估法计算深圳市居民通过食用动物源性食品的氯霉素暴露量,并采用暴露边界比(MOE)法对其健康风险进行评估。结果 160份畜肉和60份禽肉中未检出氯霉素,291份水产品(包括贝类、虾、淡水鱼)中氯霉素检出率为26.80%(78/291),其中贝类样品中氯霉素含量为0.05~205.00  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,平均值为13.71  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,检出率为37.21%(64/172);虾样品中氯霉素含量为0.05~2.20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,平均值为0.20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,检出率为13.64%(3/22);淡水鱼样品中氯霉素含量为0.05~1.90  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,平均值为0.11  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,检出率为11.34%(11/97),所有样品中氯霉素总检出率为15.26%(78/511)。膳食暴露风险评估结果表明,深圳市居民膳食动物源性食品摄入氯霉素的平均日暴露量为 $2.06\times 10^{-3}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ ,MOE值为485,P5低端日暴露量为 $4.85\times 10^{-5}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ ,MOE值大于10 000;P50和P95暴露量为 $6.72\times 10^{-4}$ 和 $9.25\times 10^{-3}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ ,MOE值均小于10 000。结论 食用过多动物源性食品可能会对人体健康产生潜在风险,中高端暴露人群应当注意减少食用动物源性食品,特别是水产品中贝类产品的食用次数和数量,以降低食用风险。同时,相关部门应加强对市售动物源性食品的质量安全监督管理,保持对此类问题的关注。

**关键词:**动物源性食品;氯霉素;暴露评估;暴露边界比

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2023)04-0581-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.04.015

### Exposure assessment of chloramphenicol residues in commercially available animal-origin foods in Shenzhen

LUO Lan, WANG Fu, HUANG Chengpeng, QIN Weizhen, REN Yan, LIN Qihui

(Shenzhen Longhua District Center for Disease Control and Prevention,  
Guangdong Shenzhen 518109, China)

**Abstract: Objective** To provide reference for guiding consumption and carrying out safety supervision, the exposure of chloramphenicol (CAP) residues in commercially available animal-origin foods collected from Shenzhen local trading markets and supermarkets were assessed. **Methods** Five hundred and eleven samples were collected in Shenzhen City from 2018 to 2019. The CAP residues was determined by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, and dietary exposure was estimated by point assessment method. Exposure risk for different populations was characterized by the margin of exposure (MOE) values. **Results** No chloramphenicol was detected in 160 livestock and 60 poultry meat samples, and the detection rate of CAP was 26.80% in 291 aquatic samples, including shellfish, shrimp and fish. The CAP concentration in shellfish was in the range of 0.05-205.00  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , the mean concentration was 13.71  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , and the detection rate was 37.21% (64/172). The CAP concentration in shrimp was in the range of 0.05-2.20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , the mean concentration was 0.20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , and the detection rate was 13.64% (3/22). The CAP concentration in fish was in the range of 0.05-1.90  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , the mean concentration was 0.11  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , and the detection rate was 11.34% (11/97). The detection rate of CAP in all animal-origin samples was 15.26% (78/511). The result of dietary exposure assessment showed that the Chronic Daily Intake (CDI) values for average population for Shenzhen residents was  $2.06\times 10^{-3}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ , and the MOE value was 485; the CDI value for 5th percentile was  $4.85\times 10^{-5}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ , and the MOE value for was above 10 000; the CDI values for 50<sup>th</sup> and 95<sup>th</sup> percentile were  $6.72\times 10^{-4}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$  and  $9.25\times 10^{-3}$   $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ , respectively,

收稿日期:2021-07-08

基金项目:深圳市医疗卫生“三名工程”项目(SZSM201809085)

作者简介:罗兰 女 副主任技师 研究方向为食品和水质理化检验 E-mail:luolanhe@163.com

and the MOE values were both below 10 000, suggesting some health risks. **Conclusion** Excessive consumption of animal-origin foods might lead to some health risk. In order to reduce the exposure risk, the population with higher exposure should limit their consumption, especially aquatic products. Meanwhile, the relevant departments should strengthen supervision and management of animal-origin foods quality and safety, and pay close attention to this problem.

**Key words:** Animal-origin foods; chloramphenicol; exposure assessment; margin of exposure

动物源性食品提供了人体健康必需优质蛋白,是每天餐桌上必不可少的食品。为提高原料产量和治疗疾病,抗生素被大量应用到农业生产中<sup>[1]</sup>。过量使用抗生素不仅会造成环境污染,食品中抗生素高残留也会对人体健康造成极大危害,人体若长期摄入含有抗生素的食品,最直接的结果就是产生耐药<sup>[2]</sup>。氯霉素(Chloramphenicol, CAP)是第一种大规模生产的抗生素,曾经被广泛应用于治疗人和动物的革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌感染<sup>[3]</sup>,但随后引发的食品安全问题以及相关研究表明, CAP可通过食物富集对动物和人体产生严重的致癌、致畸作用<sup>[4]</sup>, CAP可引起各类血细胞减少,严重时患上再生障碍性贫血,也会引起灰婴综合征,国际癌症研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)将其归为 2A 类致癌物质<sup>[5]</sup>,美国、欧盟、日本等规定不得在食品中检出 CAP<sup>[6-7]</sup>,我国也在 2002 年农业部第 235 号公告《动物性食品中兽药最高残留量》中规定 CAP 为禁用兽药<sup>[8]</sup>。近年来,有报道称在市售和出口动物源性食品中检出 CAP<sup>[9-10]</sup>,食品安全问题不容忽视。因此,有必要对动物源性食品中 CAP 残留情况开展长期监测,并进行膳食暴露评估。

暴露评估是风险评估的核心步骤,较为广泛应用的方法有点评估法和非参数概率模型评估法<sup>[11]</sup>。点评估法简单易行,但忽略了个体差异<sup>[12]</sup>,对食品中的化学污染物评估较为保守。非参数概率评估中蒙特卡罗模拟(Monte Carlo simulation, MCS)有效地量化不确定性和变异性<sup>[13-14]</sup>,但评估过程复杂,两种评估方法各有优势。由于 CAP 在动物体内具有遗传毒性,本次风险评估采用国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)推荐的遗传毒性致癌物危险性定量评估的方法,以基准剂量下限值(lower confidence limit of the benchmark dose, BMDL)与膳食暴露量比较做风险描述,计算暴露限值(Margin of exposure, MOE)<sup>[15]</sup>,对深圳市居民膳食市售动物源性食品摄入 CAP 的暴露风险进行点评估。

本研究随机采集 2018—2019 年深圳市市售畜肉、禽肉、水产品,使用超高效液相色谱-串联质谱(UPLC-MS/MS)法测定样品中 CAP 的残留量,了解

深圳市市售动物源性食品中 CAP 的残留情况,并对深圳市居民膳食市售动物源性食品摄入 CAP 的日暴露量数据进行研究分析,了解当前市售动物源性食品中 CAP 残留可能对人体健康带来的风险,以期食品安全监管提供科学依据和数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 样品来源

2018 年 6 月—2019 年 11 月,在深圳市 11 个行政区(龙华、南山、罗湖、福田、宝安、光明、盐田、龙岗、光明新区、坪山新区、大鹏新区)的农贸市场和超市随机采集畜肉(牛肉、猪肉)、禽肉(鸡肉、鸭肉)、水产品(贝类、虾、淡水鱼)共计 511 份,采集方法和采集部位参考《深圳市疾控系统食品安全风险监测工作方案》<sup>[16]</sup>。畜肉、禽肉、淡水鱼样品质量每份不少于 500 g,贝类和虾样品质量每份不少于 250 g,样品采集后,立刻送到实验室,取可食部分进行匀浆, -20 °C 冷冻保存。

#### 1.1.2 主要仪器与试剂

UPLC-MS/MS 仪(Thermo TSQ Endura)、色谱柱 Thermo Hypersil GOLD 柱(2.1 mm×100 mm, 1.9 μm)均购自美国赛默飞世尔,冷冻高速离心机(Avanti JXN-26, 美国 Bechman Coulter),超纯水仪(美国 Milli-Q),涡旋振荡仪(美国 IKEA)。

CAP(纯度≥99.24%)、d<sub>5</sub>-CAP(纯度≥99.0%)均购自德国 Dr. Ehrenstorfer;正己烷和乙腈均为色谱纯,均购自北京迪马科技;无水硫酸钠购自广东省化学试剂工程技术研究开发中心。

## 1.2 方法

### 1.2.1 检测方法

样品前处理方法和检测方法参考 GB/T 22338—2008《动物源性食品中氯霉素类药物残留量测定》<sup>[17]</sup>的液相色谱-质谱/质谱法。方法线性范围是 0.10~2.00 μg/kg,检出限(Limit of detection, LOD)定义为加标空白样品的 3 倍信噪比,为 0.10 μg/kg,定量限(Limit of quantitation, LOQ)定义为加标空白样品的 10 倍信噪比,为 0.30 μg/kg。

### 1.2.2 质量控制

每份样品均采用内标法重复测定 3 次取平均

值,每批样品中均包含空白对照、20% 平行样品和质控物(GBW10137,鱼肉),回收率和相对标准偏差参考 GB/T 27404—2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》<sup>[18]</sup>的规定。实验室为保证检测结果的准确性,于 2019 年参加了食品分析能力评价体系食品分析能力评价体系(Food Analysis Performance Assessment Scheme, FAPAS)中文名国际能力验证,结果为满意(编号:02382,牛奶中氯霉素的测定,赋值:1.20 μg/kg,测定值:0.96 μg/kg,Z=0.4)。

### 1.2.3 暴露评估

CAP 属于遗传毒性致癌物,对于不存在安全阈剂量的遗传性致癌物,通常采用 CAC 认可的暴露边界比法进行风险评估,即通过 CAP 的基准剂量(Bench mark dose, BMD)的 5% 置信下限(Below minimum detectable limits, BMDL)与膳食动物源性食品摄入 CAP 的长期日暴露量(Chronic daily intake, CDI, μg/kg·BW)之比值计算得到。参考美国环境保护署(Environmental Protection Agency, EPA)化学污染物健康风险的暴露评估模型<sup>[19]</sup>,本研究仅以动物源性食品作为单一的 CAP 膳食暴露途径,计算公式为:

$$\sum CDI = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times IR_i) \times ABS \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

式中: $\sum CDI$ 为各类样品摄入 CAP 的日暴露量之和; $C_i$ 为各类样品中 CAP 的含量(μg/kg), $IR_i$ 为各类产品的日均摄入量(kg/d),畜肉、禽肉、贝类、淡水鱼、虾的日均摄入量参考深圳市居民动物性食物摄入量的研究数据<sup>[20,21]</sup>。畜肉为 104.1 g/d、禽肉为 46.6 g/d、贝类为 9.4 g/d、虾为 4.1 g/d、淡水鱼类为 45.9 g/d;ABS 为肠胃吸收系数,ED 为暴露持续时间,EF 为暴露频率,BW 为人群平均体质量,AT 为拉平时间,参照美国 EPA 风险分析手册中相关数据<sup>[19]</sup>;假设 CAP 可被肠胃全部吸收,ABS 为 1,ED 为 70 年,EF 为 350 d/year,BW 为 60 kg,AT 通常为 70 年(25 550 d)。

由于缺乏人体数据,本研究参考国际水产协会(Global Aquaculture Alliance, GAA)关于水产品中

CAP 残留量提出的 BMDL,以最保守的方法估计,引起动物肿瘤的 BMDL 为 1 μg/kg·BW<sup>[22]</sup>,因此 CAP 基准剂量 5% 下限值 BMDL<sub>5</sub>为 1 μg/kg·BW。食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)在其第 64 次会议上决定,对于遗传性致癌物,MOE 风险临界值定为 10 000,当 MOE 值达到 10 000 时,已足够安全<sup>[23]</sup>。MOE 值越大,该物质对人体的危险性就越小,越安全;MOE 值越小,该物质对人体的危害性就越大,应当采取适当的风险管理措施。计算公式为:

$$MOE = \frac{BMDL}{\sum CDI}$$

### 1.3 统计学分析

仪器采集的数据使用 Xcalibur 软件进行定性和定量分析,数据统计分析使用 SPSS 18.0 软件,参照世界卫生组织(WHO)《食品中痕量污染物的可靠评价》<sup>[24]</sup>以及王绪卿等<sup>[25]</sup>研究,当测定结果小于 LOD 的比例≤60% 时,将 CAP 含量小于 LOD 的样品按照 1/2 LOD 进行取值,即 0.05 μg/kg。两样本检出率之间的比较采用格表  $\chi^2$  检验进行差异性分析,以  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 市售动物源性食品中 CAP 残留状况分析

511 份样品中,160 份畜肉和 60 份禽肉中未检出 CAP,291 份水产品(包括贝类、虾、淡水鱼)中 CAP 检出率为 26.80%(78/291),其中贝类样品中 CAP 含量为 0.05~205.00 μg/kg,平均值为 13.71 μg/kg,检出率为 37.21%(64/172);虾样品中 CAP 含量为 0.05~2.20 μg/kg,平均值为 0.20 μg/kg,检出率为 13.64%(3/22);淡水鱼样品中 CAP 含量为 0.05~1.90 μg/kg,平均值为 0.11 μg/kg,检出率为 11.34%(11/97),所有样品中 CAP 总检出率为 15.26%(78/511)。动物源性食品中 CAP 的残留量的检出率大小依次为贝类>淡水鱼>虾>畜肉和禽肉,残留水平见表 1。不同种类动物源性食品中 CAP 检出率差异有统计学意义( $\chi^2=23.26, P < 0.001$ )。

表 1 不同类别动物源性食品中 CAP 残留情况

Table 1 CAP residues in animal-origin foods

类别	检测份数	检出份数	检出率/%	CAP 含量/(μg/kg)				
				平均值	P5	P50	P95	范围
畜肉	160	0	0.00	—	—	—	—	0.05
禽肉	60	0	0.00	—	—	—	—	0.05
贝类	172	64	37.21	13.71	0.06	4.18	59.64	0.05~205.00
虾	22	3	13.64	0.20	0.06	0.12	0.37	0.05~2.20
淡水鱼	97	11	11.34	0.11	0.05	0.05	0.36	0.05~1.90
合计	511	78	15.26	1.78	0.14	1.25	5.23	0.05~205.00

注:—表示未检出



## 2.2 深圳市居民膳食动物源性食品摄入CAP暴露评估

### 2.2.1 日暴露量计算

对深圳市居民食用动物源性食品途径的CAP膳食日暴露量进行点评估。结果表明,深圳市居民膳食市售动物源性食品摄入CAP的平均日暴露量为 $2.06 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ ,  $P5$ 、 $P50$ 和 $P95$ 暴露量分别为 $4.85 \times 10^{-5}$ 、 $6.72 \times 10^{-4}$ 和 $9.25 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ ,见表2。在 $P5$ 的CAP日暴露量,各类食品对日暴露量的贡献为淡水鱼>贝类>虾>畜禽肉类;在 $P50$ 的CAP日暴露量,各类食品对日暴露量的贡献为贝类>淡水鱼>虾>畜禽肉类,在 $P95$ 的CAP日暴露量,各类食品对日暴露量的贡献为贝类>淡水鱼>虾>畜禽肉类。贝类对膳食动物源性食品摄入CAP日暴露量 $P5$ 、 $P50$ 、 $P95$ 值的贡献率分别为17.03%、93.45%、96.86%,虾的贡献率分别为7.42%、1.17%、0.26%,淡水鱼的贡献率分别为75.67%、5.46%、2.85%。

表3 深圳市居民膳食各类动物源性食品摄入CAP的MOE值

Table 3 MOE values of CAP in dietary animal-origins foods for Shenzhen local residents

类别	平均值	P5	P50	P95
畜肉	—	—	—	—
禽肉	—	—	—	—
贝类	490	121 065	1 592	111
虾	76 335	277 778	127 226	41 322
淡水鱼	123 915	27 028	27 248	3 788
合计	485	20 619	1 488	108

注:—表示无法计算或此项计算无意义

## 3 讨论

2018—2019年随机采集并检测深圳市市售畜肉、禽肉、水产品共计511份样品中CAP的含量,研究表明,样品中CAP残留量依次为贝类>淡水鱼>虾>畜肉和禽肉。水产品中,特别是贝类产品中CAP的含量高,最高含量达 $205 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。CAP为禁用兽药,但是在市售产品中仍可检出,推测原因,一是可能由于深圳属于亚热带气候,高温潮湿的环境易于细菌的繁殖和生长,水产品特别是贝类容易感染副溶血性弧菌<sup>[26]</sup>,为降低水产品个体死亡概率,在养殖、运输、销售等环节添加违禁抗生素,以保持水产品的鲜活;二是可能由于环境污染,ZHANG等<sup>[27]</sup>绘制的全国首份抗生素污染地图显示,珠江流域的抗生素排放密度全国最高,抗生素环境浓度仅次于海河,赵富强等<sup>[28]</sup>对中国典型河流域抗生素的赋存状况调查结果显示珠江流域水体中CAP的浓度为 $91.8 \text{ ng}/\text{L}$ ,污染状况不容忽视。深圳市市售水产品的CAP含量高于北部湾、洞庭湖地区水产品中CAP的含量<sup>[29,30]</sup>,与高裕锋等<sup>[6]</sup>对广东省部分地区

表2 深圳市居民膳食各类动物源性食品摄入CAP的日暴露量( $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ )

Table 2 CDI values of CAP in dietary animal-origins foods for Shenzhen local residents ( $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ )

类别	平均值	P5	P50	P95
畜肉	0.0	0.0	0.0	0.0
禽肉	0.0	0.0	0.0	0.0
贝类	$2.04 \times 10^{-3}$	$8.26 \times 10^{-6}$	$6.28 \times 10^{-4}$	$8.96 \times 10^{-3}$
虾	$1.31 \times 10^{-5}$	$3.60 \times 10^{-6}$	$7.86 \times 10^{-6}$	$2.42 \times 10^{-5}$
淡水鱼	$8.07 \times 10^{-6}$	$3.67 \times 10^{-5}$	$3.67 \times 10^{-5}$	$2.64 \times 10^{-4}$
合计	$2.06 \times 10^{-3}$	$4.85 \times 10^{-5}$	$6.72 \times 10^{-4}$	$9.25 \times 10^{-3}$

### 2.2.2 MOE值计算

深圳市居民各类动物源性食品摄入CAP平均暴露量的MOE值为485,远 $<10\ 000$ , $P5$ 低端暴露量的MOE值为20 619, $>10\ 000$ , $P50$ 和 $P95$ 中高端暴露量的MOE值均远 $<10\ 000$ ,见表3。结果提示长期食用过多的动物源性食品可能会对人体健康产生潜在风险,中高端暴露人群应当注意减少食用动物源性食品,特别是水产品中贝类产品的次数和数量,以降低食用风险。

市售水产品中CAP含量的监测结果吻合。CAP与人类再生障碍性贫血的发生有关,并可导致动物的生殖毒性和肝毒性<sup>[23]</sup>,属于禁用兽药,不可用于食用动物,无每日允许摄入量值<sup>[11]</sup>。食品链污染物小组专家组研究发现,人群暴露于CAP含量 $\leq 0.3 \mu\text{g}/\text{kg}$ 的食品,不太可能导致再生性贫血、生殖毒性或肝毒性<sup>[15]</sup>,但本次研究采集的样品中有11.9%(61/511)的样品中CAP残留量大于 $0.3 \mu\text{g}/\text{kg}$ ,提示深圳市居民通过食用动物源性食品摄入CAP的膳食暴露风险不容忽视。

风险评估是个复杂的过程,在评估过程中,各个环节都存在不确定性因素,引起评估结果的不确定性。此次评估的样本数量有限,品种不多,采样的地点多集中于农贸市场和街边小档,采样覆盖面不够广;且评估模型简单,未考虑清洗、浸泡、加热等因素引起的污染物损失;评估模型中所采用的暴露参数,由于缺乏我国各地居民相对应的风险评估参数数据,只能借鉴国际上评估数据,对居民体质量、暴露时间和暴露频率、BMDL等参数的引用存在

不确定性;同时,关于深圳市居民动物源性食品的膳食摄入量,文献报道的数据较少,本次研究参考《深圳市居民膳食与营养状况调查报告(2011年)》的数据<sup>[16]</sup>,还未查到更新的调查数据。在今后的研究中应进一步完善相关数据库。膳食摄入CAP的暴露风险评估中使用的BMDL值,本研究参考GAA关于水产品中CAP残留量提出的BMDL<sub>5</sub>值,即1 μg/kg·BW,未查到关于其他动物源性食品中BMDL值的规定,而杨宏亮等<sup>[12]</sup>根据WHO的国际化学品安全规划署提出的“化学品危险性评估的剂量-反应分析建模的原则”和相关数据报告,推算出BMDL<sub>5</sub>预估值为0.1 μg/kg·BW。因此,BMDL取值的合理性仍需要更多的数据进行评估。本次评估存在局限性,今后还应完善评估资料和模型,开展深入全面的风险评估工作。

本次研究采用点评估对深圳市居民食用动物源性食品摄入CAP的暴露风险进行了评估,结果表明,食用过多的动物源性食品可能会对人体健康产生潜在风险,中高端暴露人群应当注意减少食用动物源性食品,特别是水产品中贝类产品的食用次数和数量,以降低食用风险。同时,深圳市需采取有效措施减少CAP的使用,降低膳食暴露风险,保护居民身体健康,并有必要开展持续监测,保持对此类风险问题的关注。

## 参考文献

- [1] LIU X, STEELE J C, MENG X Z. Usage, residue, and human health risk of antibiotics in Chinese aquaculture: A review[J]. *Environmental Pollution: Barking, Essex*, 1987, 2017, 223: 161-169.
- [2] CHANG G R, CHEN H S, LIN F Y. Analysis of banned veterinary drugs and herbicide residues in shellfish by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC/MS/MS) and gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC/MS/MS) [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2016, 113(1-2): 579-584.
- [3] KHOSHBIN Z, VERDIAN A, HOUSAINDOKHT M R, et al. Aptasensors as the future of antibiotics test kits—a case study of the aptamer application in the chloramphenicol detection [J]. *Biosensors & Bioelectronics*, 2018, 122: 263-283.
- [4] 杨萍,袁玥,徐丹先,等. 2016—2018年云南省市售蜂蜜中氯霉素监测分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(22): 7629-7632.  
YANG P, YUAN Y, XU D X, et al. Monitoring and analysis of chloramphenicol in honey on market in Yunnan Province from 2016 to 2018 [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2019, 10(22): 7629-7632.
- [5] KIKUCHI H, SAKAI T, TESHIMA R, et al. Total determination of chloramphenicol residues in foods by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Food Chemistry*, 2017, 230: 589-593.
- [6] 高裕锋,甄振鹏,张琳,等. 广东省部分地区市售水产品中氯霉素残留情况调查[J]. *中国食品卫生杂志*, 2016, 28(3): 372-374.  
GAO Y F, ZHEN Z P, ZHANG L, et al. Investigation of chloramphenicol residues in aquatic products in several areas of Guangdong Province [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2016, 28(3): 372-374.
- [7] 邢燕,王敏,高慧,等. 山东省市售蜂蜜中氯霉素和甲硝唑监测及风险评估分析[J]. *现代预防医学*, 2021, 48(1): 174-177.  
XING Y, WANG M, GAO H, et al. Monitoring and risk assessment analysis of chloramphenicol and metronidazole in honey, Shandong Province [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2021, 48(1): 174-177.
- [8] 吴春霞,王春明,张秋萍. 苏州地区动物源食品中氯霉素残留检测及风险评估[J]. *中国卫生检验杂志*, 2019, 29(3): 363-365.  
WU C X, WANG C M, ZHANG Q P. Determination and risk assessment of chloramphenicol residue in animal-derived food in Suzhou [J]. *Chineses Journal of Health Laboratory Technology*, 2019, 29(3): 363-365.
- [9] LIU S, ZHAO G, ZHAO H, et al. Antibiotics in a general population: Relations with gender, body mass index (BMI) and age and their human health risks [J]. *The Science of the Total Environment*, 2017, 599-600: 298-304.
- [10] 李杉,付鹏钰,马青青,等. 河南省市售畜肉兽药和违禁药物残留暴露风险评估[J]. *预防医学*, 2021, 33(1): 81-83, 86.  
LI S, FU P Y, MA Q Q, et al. Risk assessment of veterinary drug and banned drug residues in meat from market in Henan Province [J]. *Preventive Medicine*, 2021, 33(1): 81-83, 86.
- [11] 耿梦梦,徐明芳,王阳,等. 基于Monte Carlo模拟法对液态乳中黄曲霉毒素M1的风险评估[J]. *食品科学*, 2018, 39(5): 226-233.  
GENG M M, XU M F, WANG Y, et al. Risk assessment of aflatoxin M1 in milk by Monte Carlo simulation [J]. *Food Science*, 2018, 39(5): 226-233.
- [12] 杨宏亮,黄珂,李刘冬,等. 2015—2017年市售贝类产品中氯霉素的暴露评估[J]. *南方水产科学*, 2019, 15(1): 93-99.  
YANG H L, HUANG K, LI L D, et al. Exposure assessment on chloramphenicol residues in commercially available shellfish in 2015-2017 [J]. *South China Fisheries Science*, 2019, 15(1): 93-99.
- [13] 李可,陈网璇,丘汾,等. 非参数概率法评估2015—2017年深圳地区9类食品黄曲霉毒素膳食暴露风险[J]. *卫生研究*, 2018, 47(5): 827-832.  
LI K, CHEN W X, QIU F, et al. Dietary exposure assessment to aflatoxins in nine kinds of foodstuff by Monte Carlo non-parametric probability approach in Shenzhen City [J]. *Journal of Hygiene Research*, 2018, 47(5): 827-832.
- [14] SHALYARI N, ALINEJAD A, HASHEMI A H G, et al. Health risk assessment of nitrate in groundwater resources of Iranshahr using Monte Carlo simulation and geographic information system (GIS) [J]. *MethodsX*, 2019, 6: 1812-1821.
- [15] EFSA CONTAM PANEL. Scientific opinion on chloramphenicol

- in food and feed[J]. *EFSA Journal*, 2014, 12(11): 3907.
- [16] 深圳市疾病预防控制中心营养与食品安全所, 2018年深圳市疾控系统食品安全风险监测工作方案[R]. 2018. Institute for nutrition and food safety of Shenzhen center for disease control and prevention, Food safety risk monitoring work plan in 2018 of Shenzhen disease control and prevention system [R]. 2018.
- [17] 国家质量监督检验检疫总局. 动物源性食品中氯霉素类药物残留量测定: GB/T 22338—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of multi-residues of chloramphenicol in animal-original food: GB/T 22338—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [18] 国家质量监督检验检疫总局. 实验室质量控制规范 食品理化检测: GB/T 27404—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Criterion on quality control of laboratories-Chemical testing of food: GB/T 27404—2008 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [19] USEPA, RAGS. Human health evaluation manual supplemental guidance: standard default exposure factors. OSWER Directive 9285.6-03 [R]. Washington DC: United States Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, 1991.
- [20] 黄薇, 潘柳波, 王舟, 等. 深圳市居民食物消费量调查分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(1): 57-61. HUANG W, PAN L B, WANG Z, et al. Food consumption survey of residents in Shenzhen [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2015, 27(1): 57-61.
- [21] 刘小立, 徐健. 深圳市居民膳食与营养状况调查报告: 2011年[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2014. LIU X L, XU J. The investigation report on dietary nutrition status of Shenzhen residents [M]. Changsha: Hunan Science & Technology Press, 2014.
- [22] 陆威达. 上海市动物性食品中氯霉素残留及人群暴露的研究[D]. 上海: 复旦大学, 2013. LU W D. Research on chloramphenicol residues in Shanghai-sold animal foods and human exposure assessment [D]. Shanghai: Fudan University, 2013.
- [23] 田甜, 巫剑, 文金华, 等. 广西北部湾鲜活水产品中氯霉素残留的膳食暴露风险评估[J]. 现代食品科技, 2021, 37(5): 310-318, 286. TIAN T, WU J, WEN J H, et al. Risk assessment of dietary exposure to residual chloramphenicol from consuming fresh aquatic products from beibu gulf, Guangxi [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2021, 37(5): 310-318, 286.
- [24] WHO. 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 kulmbach [R]. Germany: WHO, 1999.
- [25] 王绪卿, 吴永宁, 陈君石. 食品污染监测低水平数据处理问题[J]. 中华预防医学杂志, 2002, 36(4): 278-279. WANG X Q, WU Y N, CHEN J S. Processing method of low-level data in food contamination monitoring [J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2002, 36(4): 278-279.
- [26] SU W H, SHI W, HAN Y, et al. The health risk for seafood consumers under future ocean acidification (OA) scenarios: OA alters bioaccumulation of three pollutants in an edible bivalve species through affecting the in vivo metabolism [J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 650(2): 2987-2995.
- [27] ZHANG Q Q, YING G G, PAN C G, et al. Comprehensive evaluation of antibiotics emission and fate in the river basins of China: Source analysis, multimedia modeling, and linkage to bacterial resistance [J]. *Environmental Science & Technology*, 2015, 49(11): 6772-6782.
- [28] 赵富强, 高会, 张克玉, 等. 中国典型河流域抗生素的赋存状况及风险评估研究[J]. 环境污染与防治, 2021, 43(1): 94-102. ZHAO F Q, GAO H, ZHANG K Y, et al. Occurrence and risk assessment of antibiotics in typical river basins in China [J]. *Environmental Pollution & Control*, 2021, 43(1): 94-102.
- [29] HE J, CUI J Z. Malachite green and chloramphenicol in aquatic products from regions around Dongting Lake in Hunan, China [J]. *Food Additives & Contaminants Part B, Surveillance*, 2016, 9(1): 27-32.
- [30] ZHANG R L, PEI J Y, ZHANG R J, et al. Occurrence and distribution of antibiotics in mariculture farms, estuaries and the coast of the Beibu Gulf, China: Bioconcentration and diet safety of seafood [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2018, 154: 27-35.