

风险评估

边销茶中蒽醌污染状况及其暴露风险评估

谢倩倩¹, 宋雁², 雍凌², 肖潇², 隋海霞², 王茵¹(1. 杭州医学院, 浙江 杭州 310013; 2. 国家食品安全风险评估中心, 国家卫生健康委员会
食品安全风险评估重点实验室, 北京 100022)

摘要:目的 了解我国边销茶中蒽醌(以9,10-蒽醌为代表)的污染状况,评估我国边销茶饮人群的暴露水平及健康风险。方法 用气相色谱串联质谱法(GC-MS/MS)测定边销茶样品中蒽醌(以9,10-蒽醌为代表)的含量,基于2016—2017年边销茶中9,10-蒽醌食品安全风险监测数据,结合内蒙古自治区、西藏自治区、青海省居民的边销茶消费量数据,通过简单分布评估法对当地居民通过饮用边销茶蒽醌的暴露量进行估计,并与每日允许摄入量(ADI, 6.8 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$)比较后进行风险评估。结果 141份边销茶样品中蒽醌总检出率为75.18%,平均含量为0.0292 mg/kg,我国尚未制定茶叶中蒽醌的限量标准,以2014年欧盟法规条例(EU)No 1146/2014中规定的茶叶中蒽醌最大残留限量0.02 mg/kg作为参考,总超标率为57.45%。定型包装和散装的边销茶蒽醌超标率分别为64.63%和47.46%。简单分布评估结果显示,我国内蒙古自治区、西藏自治区和青海省饮茶者全人群每日通过边销茶摄入蒽醌的平均水平为 9.37×10^{-4} $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$,占ADI的0.0138%;边销茶高消费人群的每日暴露量(P95暴露量)为 3.12×10^{-3} $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$,占ADI的0.0459%。不同性别-年龄组中,45~59岁女性组每日平均暴露量和P95暴露量最高,分别为 1.41×10^{-3} 和 6.16×10^{-3} $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$,远低于ADI值。结论 内蒙古自治区、西藏自治区和青海省居民经边销茶摄入的蒽醌对人体造成的健康风险较低,处在可接受水平。但我国边销茶中普遍存在蒽醌污染,需要进一步对茶叶中蒽醌进行溯源分析并控制污染源。另外,为积极应对欧盟等国家和地区对我国出口茶叶的蒽醌含量限定,建议相关部门研究制定茶叶中蒽醌的合理限量规定。

关键词:边销茶;蒽醌;简单分布评估;健康风险

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2023)07-1057-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.07.013

Anthraquinone contamination levels and exposure risk assessment in tea for sale in border areasXIE Qianqian¹, SONG Yan², YONG Ling², XIAO Xiao², SUI Haixia², WANG Yin¹

(1. Hangzhou Medical College, Zhejiang Hangzhou, 310013, China; 2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment, National Health Commission of the People's Republic of China, Beijing 100022, China)

Abstract: Objective To investigate the contamination levels of anthraquinone (9,10-anthraquinone as representative) in tea for sale in border areas in China, and to assess the exposure level and health risk of anthraquinone for residents. **Methods** The content of anthraquinone (9,10-anthraquinone as representative) in samples of tea for sale in border areas was determined by gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC-MS/MS). Based on food safety risk monitoring data of 9,10-anthraquinone in tea for sale in border areas from 2016 to 2017, combined with the consumption data of tea for sale in border areas for residents in the Inner Mongolia Autonomous Region, the Tibet Autonomous Region, and Qinghai Province, the exposure level of residents to anthraquinone through the consumption of tea for sale in border areas was estimated by deterministic estimate methods. Exposure results were compared with the acceptable daily intake (ADI: 6.8 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$). **Results** Among 141 samples, the anthraquinone detection rate was 75.18%, and the average content was 0.0292 mg/kg. Up to now, the limit standard for anthraquinone has not yet been set in China. The maximum residue levels (MRLs) of anthraquinone in tea are set at 0.02 mg/kg by European Union (EU) No 1146/2014. The total over-standard rate was 57.45%. In addition, the over-standard rate of stereotyped packaging and bulk packaging was 64.63%

收稿日期:2022-10-28

基金项目:浙江省营养学医学支撑学科建设项目(16-zc03)

作者简介:谢倩倩 女 硕士研究生 研究方向为食品安全风险评估 E-mail:x1991qq@163.com

通信作者:王茵 女 研究员 研究方向为生物活性成分与人体健康效应 E-mail:wy3333@163.com

and 47.46%, respectively. The results of the deterministic evaluation show that the average daily exposure of anthraquinone from tea for sale in border areas of the whole population in the Inner Mongolia Autonomous Region, the Tibet Autonomous Region, and Qinghai Province in China was $9.37 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, 0.013 8% of the ADI. High consumer exposure (95th percentile, P95) was $3.12 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, 0.045 9% of the ADI. Among the different sex-age groups, the average daily exposure and P95 daily exposure of women in the age group of 45-59 years were the highest, which were 1.41×10^{-3} and $6.16 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, respectively. However, neither exceeded the ADI. **Conclusion** The results of the exposure assessment showed that the health risk for the residents of the Inner Mongolia Autonomous Region, the Tibet Autonomous Region, and Qinghai Province due to dietary exposure to anthraquinone through tea for sale in border areas was low and at an acceptable level. As anthraquinone contamination is prevalent in tea for sale in border areas, it is necessary to identify the source of anthraquinone residue, and some effective measures should be taken to control it. In addition, to respond positively to the limits of anthraquinone content in tea from China exported to the EU and other countries, it is recommended that the relevant authorities should study reasonable limits for anthraquinone in tea as soon as possible.

Key words: Tea for sale in border areas; anthraquinone; deterministic estimate; health risk

边销茶主要销往西藏自治区、内蒙古自治区等边疆少数民族地区,以黑毛茶、老青茶及其他适制毛茶为原料,经过渥堆、蒸、压等典型工艺过程加工成砖形或其他形状的茶叶,故也称砖茶、紧压茶、黑茶^[1]。边销茶作为少数民族特需用品,具有分解脂肪、舒畅肠胃、增加热量、补充维生素等功能^[1],成为少数民族日常生活中不可缺少的必需品。边销茶在保障广大农牧民生活需要的同时对于加强民族团结、巩固边疆安全和促进社会主义建设等方面也具有重要意义^[2-3]。

蒽醌是一种含氧多环芳烃类化合物(Oxygenated polycyclic aromatic hydrocarbons, OPAHs)^[4]。从其化学结构看,有多种异构体,但特殊的异构体9,10-蒽醌(9,10-Anthraquinone, AQ),其中的酮基位于中心苯环上,通常被认为是蒽醌的主要成分^[5]。蒽醌主要用于染料合成的中间产物、造纸蒸煮剂和双氧水原料,也曾作为农药的有效成分和驱鸟剂使用^[6-8]。世界卫生组织(World Health Organization, WHO)国际癌症研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)基于动物试验有“足够的证据”显示蒽醌具有致癌性,但尚无证据表明对人类具有致癌性,将蒽醌列入2B类致癌物清单中(即“对人类可能致癌”)^[9]。以2014年欧盟(European Union, EU)法规条例No 1146/2014中规定的茶叶中蒽醌最大残留限量(Maximum residue levels, MRLs) $0.02 \text{ mg}/\text{kg}$ ^[10]作为参考。袁娅等^[11]、何华丽等^[12]分别对江西省和杭州市市售茶叶进行了测定,发现黑茶中蒽醌的超标率最高,超标率分别为78.6%和75.0%。陈涛等^[13]采集并检测了福建省市售茶叶样品270份,检测结果显示砖茶的超标率最高。因此有必要对边销茶中蒽醌的含量进行测定,以了解边销茶中蒽醌(以9,10-蒽醌为代表)的污染状况,并

评估当地居民通过饮用边销茶蒽醌的暴露风险。目前国内关于我国居民经饮用边销茶蒽醌暴露的健康风险评估鲜有报道,本研究对边销茶中蒽醌污染状况开展调查,结合2014—2015年内蒙古自治区、西藏自治区和青海省居民边销茶的消费量数据,评估当地居民通过饮用边销茶中蒽醌的暴露水平及健康风险,为今后评估饮用边销茶与居民健康关系提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

1.1.1 边销茶中蒽醌含量和浸出率数据

本研究所用的141份边销茶中蒽醌含量数据来源于2016—2017年食品安全风险监测数据。浸出率数据来源于文献查询,为保守估计暴露量,将文献统计的最大浸出率13.6%^[14]作为本次评估中边销茶中蒽醌的浸出率。

1.1.2 边销茶消费量数据

本研究所用的边销茶消费量数据来自2014—2015年我国边销茶消费状况专项调查。“此调查采用多阶段分层整群随机抽样方法,在3个省(自治区)分别选择3个城市区和县作为调查点开展调查。调查对象为调查点内户籍人口或居住6个月以上的18岁及以上饮用边销茶的居民。每个调查点抽取100位居民,男女各半,在签署“知情同意书”后确认为调查对象,采用24 h回顾法调查^[15]。本次调查共获得了823名18岁及以上成年人边销茶消费量数据和体质量数据,其中内蒙古自治区231人、西藏自治区290人、青海省302人。

1.2 方法

1.2.1 边销茶中蒽醌检测方法

所有边销茶样品依据统一的茶叶中蒽醌测定

的标准操作程序进行测定。边销茶中蒽醌经环己烷-乙酸乙酯提取,凝胶渗透色谱(Gel permeation chromatography, GPC)法净化,采用气相色谱串联质谱(Gas chromatography-tandem mass spectrometry, GC-MS/MS)法进行测定,内标法定量。在检测中,使用有证标准物质、加标回收等方法进行质量控制。

1.2.2 暴露评估方法

以我国边销茶专项调查中被调查个体的体质量和实际边销茶消费量数据为基础,结合边销茶中蒽醌含量的平均值,采用简单分布模型(确定性评估),计算每个个体每天每千克体质量经饮用边销茶蒽醌的暴露量。计算公式为:

$$Exp = \frac{F \times C \times L}{W}$$

式中:Exp 为某个体每天每千克体质量蒽醌的暴露量, $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}/\text{d}$; F 为某个个体每天边销茶的消费量, g/d ; C 为边销茶中蒽醌的平均含量, mg/kg ; L 为边销茶中蒽醌的浸出率; W 为某个体的体质量, kg 。

通过此公式计算可得到某个体通过饮用边销茶中蒽醌的暴露量,在此基础上,可获得饮茶人群通过饮用边销茶中蒽醌暴露量的总体频数分布,并可计算全人群及不同性别-年龄组人群通过饮用边销茶中蒽醌暴露量的平均值以及不同百分位数值。暴露量的 P95 反映了边销茶高消费人群的蒽醌暴露量(P95 暴露量)。本研究仅对 18 岁及以上人群进行边销茶中蒽醌暴露评估,并根据人群能量摄入量、消费模式以及蒽醌的危害特征将人群分为以下 8 个性别-年龄组:18~34 岁(男、女)、35~44 岁(男、女)、45~59 岁(男、女)、 ≥ 60 岁(男、女)。

1.2.3 健康指导值的确定

目前国际权威机构尚未制定茶叶中蒽醌的健康指导值。本课题组前期对蒽醌进行了毒理学测试,基于大鼠 90 d 经口毒性试验研究,确定以肾小管嗜酸性玻璃样液滴为观察终点的未观察到不良作用水平(No observed adverse effect level, NOAEL)为 $1.36 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{BW}^{[16]}$ 。动物实验外推到人的过程,通常采用 100 倍不确定系数(Uncertainty factor,

UF),主要考虑种属间差异(10 倍)和人群内敏感性差异(10 倍),但 100 倍的不确定系数不是固定不变的,可以根据现有的数据进一步调整^[17]。本研究考虑到蒽醌没有明确的相关人群资料,在考虑到 100 倍的不确定系数基础上,又考虑到亚慢性试验结果外推到慢性暴露情形(2 倍),因此采用 200 倍的不确定系数,建立了 $6.8 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ 的每日允许摄入量(Acceptable daily intake, ADI)。将所获得的边销茶中蒽醌暴露结果与 ADI 进行比较,计算暴露量与 ADI 的占比。

1.2.4 数据处理方法

根据 WHO 全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(GEMS/FOOD)第二次会议上提出的“食品中低水平污染物可信评价”原则^[18-19]。当边销茶中蒽醌未检出数据的比例低于 60% 时,所有未检出数据用 1/2LOD 替代;当未检出数据的比例大于或等于 60% 时,所有未检出数据用 LOD 替代。

1.3 统计学分析

本研究数据整理采用 Excel 2019,使用 R 4.1.0 软件进行统计分析,不同包装类型超标率的比较采用 Chi-square test,不同性别-年龄组消费量和暴露量的比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验,检验水准 $\alpha=0.05$,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 边销茶中蒽醌含量数据分析

本研究 2016—2017 年期间采集的 141 份边销茶样品中蒽醌总检出率为 75.18%(106/141),其含量均值为 $0.0292 \text{ mg}/\text{kg}$ 。以欧盟规定的茶叶中蒽醌的 MRLs 标准 $0.02 \text{ mg}/\text{kg}$ 作为参考,共有 81 份超标,总超标率为 57.45%(81/141)。样品中蒽醌平均含量是欧盟规定的茶叶中蒽醌最高残留限量的 1.46 倍。141 份边销茶样品中,定型包装的边销茶共计 82 份,超标率为 64.63%(53/81);散装的边销茶共计 59 份,超标率为 47.46%(28/59),进一步统计分析发现,不同包装类型边销茶中蒽醌超标率差异有统计学意义($\chi^2=4.1411, P<0.05$)。详见表 1。

表 1 不同包装类型边销茶中蒽醌的含量分析

| 包装类型 | 边销茶样品 份数/份 | 边销茶中蒽醌含量/(mg/kg) | | | | | | | 检出份 数量/份 | 检出率/% | 超标份 数量/份 | 超标率/% ^a |
|------|---------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------|-------------|--------------------|
| | | 均值 | 最大值 | P50 | P90 | P95 | P97.5 | P99 | | | | |
| 定型包装 | 82 | 0.030 2 | 0.076 0 | 0.033 0 | 0.054 0 | 0.066 0 | 0.070 9 | 0.075 6 | 64 | 78.05 | 53 | 64.63 |
| 散装 | 59 | 0.027 7 | 0.084 0 | 0.018 0 | 0.068 2 | 0.073 7 | 0.082 7 | 0.084 0 | 42 | 71.19 | 28 | 47.46 |
| 合计 | 141 | 0.029 2 | 0.084 0 | 0.030 0 | 0.059 0 | 0.070 1 | 0.075 8 | 0.082 8 | 106 | 75.18 | 81 | 57.45 |

注:^a指边销茶中蒽醌的超标率以 2014 年欧盟法规条例 No 1146/2014 中规定的茶叶中蒽醌最大残留限量 $0.02 \text{ mg}/\text{kg}$ 作为参考; P 为百分位数

2.2 边销茶消费量数据分析

通过本次 3 个省(自治区)823 名 18 岁及以上

成年人调查,全人群边销茶每日平均消费量为 $14.38 \text{ g}/\text{d}$,其中 45~59 岁女性组每日平均消费量最

高,为 20.68 g/d;其次是 45~59 岁男性组和 ≥60 岁女性组,其平均消费量分别为 17.37 和 15.03 g/d。不同性别-年龄组边销茶消费量差异有统计学意义 ($\chi^2=19.167, P<0.05$)。详见表 2。

表2 边销茶每日消费量分析

Table 2 Analysis of daily consumption of tea for sale in border areas

| 性别-年龄组 | 人数 | 每日消费量/(g/d) | | | | | | |
|---------|-----|-------------|------|--------|------|-------|-------|--------|
| | | 均值 | 最小值 | 最大值 | P50 | P90 | P95 | P97.5 |
| 18~34岁男 | 129 | 11.13 | 0.30 | 82.97 | 5.71 | 31.13 | 47.00 | 64.81 |
| 18~34岁女 | 162 | 10.74 | 0.40 | 74.60 | 5.49 | 27.57 | 43.61 | 49.50 |
| 35~44岁男 | 71 | 14.03 | 0.19 | 120.32 | 6.72 | 37.47 | 43.52 | 56.88 |
| 35~44岁女 | 94 | 14.48 | 0.30 | 144.89 | 7.34 | 37.44 | 43.62 | 71.23 |
| 45~59岁男 | 128 | 17.37 | 0.32 | 136.00 | 8.55 | 43.29 | 53.30 | 79.21 |
| 45~59岁女 | 125 | 20.68 | 0.42 | 138.52 | 9.65 | 47.60 | 97.04 | 119.42 |
| ≥60岁男 | 62 | 11.45 | 0.46 | 120.20 | 6.20 | 20.27 | 28.71 | 49.91 |
| ≥60岁女 | 52 | 15.03 | 0.34 | 103.29 | 5.90 | 37.81 | 65.27 | 89.12 |
| 全人群 | 823 | 14.38 | 0.19 | 144.89 | 6.71 | 37.47 | 49.47 | 80.13 |

注:P为百分位数

2.3 全人群及不同性别-年龄组人群经饮用边销茶蒽醌的暴露量

通过简单分布评估结果显示,内蒙古自治区、西藏自治区和青海省居民全人群每日通过饮用边销茶蒽醌的平均暴露量为 $9.37 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, 占 ADI 的 0.013 8%;边销茶高消费人群(P95 暴露量)每日通过饮用边销茶蒽醌的平均暴露量为 $3.12 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, 占 ADI 的 0.045 9%。从各性别-年龄组人群看,各性别-年龄组每日平均暴露量范围为 $6.40 \times 10^{-4} \sim 1.41 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, 占 ADI 的 0.009 4%~0.020 7%;P95 暴露量范围为 $1.72 \times 10^{-3} \sim 6.16 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, 占 ADI 的 0.025 3%~0.090 6%。成年女性蒽醌的每日平均暴露量均高于男性,18~34 岁、35~44 岁、45~59 岁、≥60 岁女性组蒽醌每日平均暴露量分别是男性的 1.24 倍、1.21 倍、1.38 倍、1.76 倍。统计分析发现,不同性别-年龄组人群经饮用边销茶蒽醌的暴露量差异有统计学意义 ($\chi^2=19.878, P<0.05$)。45~59 岁女性组暴露量最高,每日平均暴露量为 $1.41 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, 占 ADI 的 0.020 7%。每日 P95 暴露量为 $6.16 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$, 占 ADI 的 0.090 6%。总体看,全人群及不同性别-年龄组人群每日通过饮用边销茶蒽醌的平均暴露

量和 P95 暴露量均未超过 ADI 限量值,823 人中通过饮用边销茶蒽醌的暴露量也均未超过 ADI 限量值。详见表 3。

3 讨论

本研究采集的边销茶样品中蒽醌的平均含量为 0.029 2 mg/kg,总检出率为 75.18%(106/141)。目前我国尚未制定茶叶中蒽醌的 MRLs 标准,以欧盟制定的茶叶中蒽醌的 MRLs 标准为参考,采集的 141 份边销茶样品中共有 81 份超标,总超标率为 57.45%(81/141)。我国边销茶中普遍存在蒽醌污染。目前有研究发现茶叶中蒽醌污染是多因素共同作用的结果,主要的污染源包括茶叶加工过程中燃煤和柴产生的烟尘、纸质包装材料以及种植环境等^[20]。本研究中定型包装的边销茶蒽醌超标率高于散装边销茶,说明边销茶中的蒽醌可能由包装材料迁入。另外,茶叶(如黑茶)制作工序的烦琐,也可能会增加蒽醌的污染^[11]。因此,有必要进一步对边销茶中的蒽醌进行溯源分析并控制污染源。同时,为积极应对欧盟等国家和地区对我国出口茶叶的蒽醌含量限定,建议相关部门研究制定茶叶中蒽醌的合理限量规定的可行性,以确保边销茶的质量

表3 全人群及不同性别-年龄组人群每日经饮用边销茶蒽醌的暴露量

Table 3 Daily exposure of anthraquinone via consumption of tea for sale in border areas in the whole population and the different sex-age groups

| 性别-年龄组 | 人数 | 消费者人群经饮用边销茶蒽醌的暴露量/($\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$) | | | | | | | 暴露量平均值占 ADI 的百分比/% | 暴露量 P95 占 ADI 的百分比/% | |
|---------|-----|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------|
| | | 均值 | 最小值 | 最大值 | P50 | P90 | P95 | P97.5 | | | |
| 18~34岁男 | 129 | 6.40×10^{-4} | 2.08×10^{-5} | 4.54×10^{-3} | 3.52×10^{-4} | 1.78×10^{-3} | 2.60×10^{-3} | 2.96×10^{-3} | 4.13×10^{-3} | 0.009 4 | 0.038 2 |
| 18~34岁女 | 162 | 7.96×10^{-4} | 2.69×10^{-5} | 6.08×10^{-3} | 3.91×10^{-4} | 2.21×10^{-3} | 2.40×10^{-3} | 3.96×10^{-3} | 4.79×10^{-3} | 0.011 7 | 0.035 3 |
| 35~44岁男 | 71 | 8.28×10^{-4} | 1.10×10^{-5} | 6.37×10^{-3} | 3.91×10^{-4} | 2.24×10^{-3} | 2.62×10^{-3} | 3.15×10^{-3} | 4.18×10^{-3} | 0.012 2 | 0.038 5 |
| 35~44岁女 | 94 | 1.00×10^{-3} | 2.17×10^{-5} | 1.08×10^{-2} | 5.05×10^{-4} | 2.39×10^{-3} | 2.90×10^{-3} | 4.84×10^{-3} | 6.78×10^{-3} | 0.014 7 | 0.042 6 |
| 45~59岁男 | 128 | 1.02×10^{-3} | 1.91×10^{-5} | 8.08×10^{-3} | 5.11×10^{-4} | 2.38×10^{-3} | 3.59×10^{-3} | 4.29×10^{-3} | 6.12×10^{-3} | 0.015 0 | 0.052 8 |
| 45~59岁女 | 125 | 1.41×10^{-3} | 2.57×10^{-5} | 9.65×10^{-3} | 6.75×10^{-4} | 3.06×10^{-3} | 6.16×10^{-3} | 7.92×10^{-3} | 9.07×10^{-3} | 0.020 7 | 0.090 6 |
| ≥60岁男 | 62 | 6.47×10^{-4} | 2.80×10^{-5} | 4.21×10^{-3} | 3.92×10^{-4} | 1.20×10^{-3} | 1.72×10^{-3} | 2.85×10^{-3} | 3.51×10^{-3} | 0.009 5 | 0.025 3 |
| ≥60岁女 | 52 | 1.14×10^{-3} | 3.03×10^{-5} | 8.71×10^{-3} | 4.45×10^{-4} | 3.17×10^{-3} | 5.38×10^{-3} | 7.26×10^{-3} | 8.22×10^{-3} | 0.016 8 | 0.079 1 |
| 全人群 | 823 | 9.37×10^{-4} | 1.10×10^{-5} | 1.08×10^{-2} | 4.32×10^{-4} | 2.34×10^{-3} | 3.12×10^{-3} | 4.75×10^{-3} | 7.65×10^{-3} | 0.013 8 | 0.045 9 |

注:P为百分位数

安全和促进边销茶产业的良性发展。

暴露评估结果显示,我国内蒙古自治区、西藏自治区和青海省居民全人群每日经饮用边销茶蒽醌的平均暴露量及 P95 暴露量分别为 $9.37 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ (占 ADI 的 0.013 8%) 和 $3.12 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ (占 ADI 的 0.045 9%),未超过 ADI 限量值。不同性别-年龄组人群的暴露评估结果显示,45~59 岁女性组每日平均暴露量和 P95 暴露量最高,分别为 1.41×10^{-3} 和 $6.16 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$,远低于 ADI 限量值。因此,目前经边销茶膳食暴露蒽醌对内蒙古自治区、西藏自治区和青海省居民的健康风险较低,无须引起过度关注。

本次研究存在着一定的不确定性。首先,蒽醌普遍存在于自然环境中,在空气^[21-22]、水^[23-24]、土壤中^[25]均有检测出,本研究仅考虑居民通过饮用边销茶蒽醌的暴露量,未考虑由空气、皮肤和其他膳食等途径蒽醌的暴露量或累积暴露,从某种程度上低估了消费者蒽醌的暴露量。其次,本研究采用的消费量数据来自 2014—2015 年我国边销茶消费状况专项调查,虽然是目前可获得的最新数据,但现在的边销茶消费量与 2014—2015 年相比存在着一定的差异,可能会造成暴露评估结果的偏倚。最后,虽然不确定系数考虑到种属间的差异(10 倍)和人群内敏感性差异(10 倍),以及亚慢性试验结果外推到慢性暴露情形(2 倍),但是因为资料的不充分性,可能影响不确定系数的选择。

参考文献

- [1] 杨建强,葛忠兴,张志刚,等.边销茶[M].北京:民族出版社,2008.
YANG J Q, GE Z X, ZHANG Z G, et al. Tea for sale in border areas[M]. Beijing: The Ethnic Publishing House, 2008.
- [2] 娜荷芽.民族特需产品市场流通现状与优化策略思考——以内蒙古自治区边销茶流通为例[J].时代经贸,2022,19(2):31-35.
NA H Y. The current situation of the market circulation of ethnic special needs products and the optimization strategy--Take the circulation of tea for sale in border areas in the Inner Mongolia Autonomous Region as an example [J]. Times of Economy & Trade, 2022, 19(2): 31-35.
- [3] 吴尚平,胡卫平.“边销茶”在我国历史上的作用[J].丝绸之路,1998(6):64-65.
WU S P, HU W P. The role of “tea for sale in border areas” in Chinese history[J]. The Silk Road, 1998(6): 64-65.
- [4] QIAO M, FU L J, LI Z R, et al. Distribution and ecological risk of substituted and parent polycyclic aromatic hydrocarbons in surface waters of the Bai, Chao, and Chaobai Rivers in Northern China[J]. Environmental Pollution (1987), 2020, 257: 113600.
- [5] DODD D E, LAYKO D K, CANTWELL K E, et al. Subchronic toxicity evaluation of anthraquinone in Fischer 344 rats [J]. International Journal of Toxicology, 2013, 32(5): 358-367.
- [6] 瞿晶菁,宋雁.蒽醌毒理学研究进展[J].卫生研究,2021,50(5):868-872.
ZHAI J J, SONG Y. A Research progress in toxicology of anthraquinone[J]. Journal of Hygiene Research, 2021, 50(5): 868-872.
- [7] DELIBERTO S T, WERNER S J. Review of anthraquinone applications for pest management and agricultural crop protection [J]. Pest Management Science, 2016, 72(10): 1813-1825.
- [8] National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 6780, Anthraquinone [EB/OL]. (2005-03-26) [2022-07-02]. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6780>.
- [9] International Agency for Research on Cancer. Some Chemicals Present in Industrial and Consumer Products, Food and Drinking-water[M]. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 2013: 41-66.
- [10] European Union. Commission Regulation (EU) No 1146/2014 of 23 October 2014 amending Annexes II, III, IV and V to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for anthraquinone, benfluralin, bentazone, bromoxynil, chlorothalonil, famoxadone, imazamox, methyl bromide, propanil and sulphuric acid in or on certain products[R]. European Union: Official Journal of the European Union, 2014, L308: 3-60.
- [11] 袁娅,周鸿,赵云,等.江西省市售茶叶中9,10-蒽醌的污染调查分析[J].现代预防医学,2020,47(15):2852-2855.
YUAN Y, ZHOU H, ZHAO Y, et al. Pollution of 9, 10-anthraquinone in tea sold, Jiangxi [J]. Modern Preventive Medicine, 2020, 47(15): 2852-2855.
- [12] 何华丽,樊继彩,任韧,等.杭州不同种类市售茶叶中9,10-蒽醌含量调查及膳食暴露研究[J].中国卫生检验杂志,2019,29(16):1998-2000.
HE H L, FAN J C, REN R, et al. Investigation on contamination of 9, 10-anthraquinone in different kinds of tea and assessment on dietary exposure in Hangzhou [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2019, 29(16): 1998-2000.
- [13] 陈涛,江虹.福建省2017—2018年茶叶中9,10-蒽醌检测方法与分析[J].海峡预防医学杂志,2019,25(4):63-65.
CHEN T, JIANG H. Detection methods and results analysis of 9, 10-anthraquinone in tea in Fujian Province from 2017 to 2018 [J]. Strait Journal of Preventive Medicine, 2019, 25(4): 63-65.
- [14] 刘小红,李永刚,孔芳,等.武汉市不同种类茶叶中9,10-蒽醌污染水平及膳食暴露[J].公共卫生与预防医学,2021,32(3):45-49.
LIU X H, LI Y G, KONG F, et al. Study on the contamination level and dietary exposure of 9, 10-anthraquinone in different types of teas in Wuhan [J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2021, 32(3): 45-49.
- [15] 宋雁,包汇慧,隋海霞,等.边销茶中氟暴露的评估[J].毒理学杂志,2016,30(2):118-121.
SONG Y, BAO H H, SUI H X, et al. Exposure assessment of fluoride in tea for sale in border areas[J]. Journal of Toxicology, 2016, 30(2): 118-121.

- [16] QU J J, PEI L J, WANG X Y, et al. Acute and subchronic oral toxicity of anthraquinone in sprague dawley rats [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19 (16): 10413.
- [17] 贾旭东. 健康指导值在食品安全风险评估中的应用[J]. *中国食品卫生杂志*, 2011, 23(1): 22-25.
JIA X D. Derivation of health-based guidance values in food safety risk assessment [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2011, 23(1): 22-25.
- [18] 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(4): 278-279.
WANG X Q, WU Y N, CHEN J S. Problems with low-level data processing for food contamination monitoring [J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2002(4): 278-279.
- [19] 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]. 1995.
- [20] 周利. “茶叶中蒽醌污染物来源评价及残留控制技术”项目通过验收[J]. *中国茶叶*, 2018, 40(2): 35.
ZHOU L. The project “Evaluation of the source of anthraquinone contaminants in tea and residue control technology” passed the acceptance process [J]. *China Tea*, 2018, 40(2): 35.
- [21] CAUTREELS W, VAN CAUWENBERGHE K, GUZMAN L A. Comparison between the organic fraction of suspended matter at a background and an urban station [J]. *Science of the Total Environment*, 1977, 8(1): 79-88.
- [22] ALBINET A, LEOZ-GARZIANDIA E, BUDZINSKI H, et al. Simultaneous analysis of oxygenated and nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons on standard reference material 1649a (urban dust) and on natural ambient air samples by gas chromatography-mass spectrometry with negative ion chemical ionisation [J]. *Journal of Chromatography A*, 2006, 1121(1): 106-113.
- [23] AKIYAMA T, KOGA M, SHINOHARA R, et al. Detection and identification of trace organic substances in the aquatic environment [J]. *Journal of UOEH*, 1980, 2(3): 285-300.
- [24] LIU Q Z, XU X, LIN L H, et al. Occurrence, distribution and ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives in the effluents of wastewater treatment plants [J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 789: 147911.
- [25] RODGERS-VIEIRA E A, ZHANG Z F, ADRION A C, et al. Identification of anthraquinone-degrading bacteria in soil contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2015, 81 (11): 3775-3781.

[上接第1041页]

著作或编著:[序号] 主要责任者. 文献题名[文献类型标志]. 其他责任者. 版本项(版次为第一版的不用标明). 出版地: 出版者, 出版年: 起页-止页.

举例 图书:[3] 吴阶平, 裘法祖, 黄家驹. 外科学[M]. 4版. 北京: 人民卫生出版社, 1979: 82-93.

译著:[4] ZIEGLER E E, FILER L J. 现代营养学[M]. 闻之梅, 陈君石, 译. 7版. 北京: 人民卫生出版社, 1998: 126-129.

著作中的析出文献:[序号] 析出文献主要责任者. 析出文献题名[文献类型标志]//原文献主要责任者. 原文献题名. 版本项. 出版地: 出版者, 出版年: 析出文献起页-止页.

举例 [5] 白书农. 植物开花研究[M] // 李承森. 植物科学进展. 北京: 高等教育出版社, 1998: 146-163.

会议文献中的析出文献:[序号] 析出文献主要责任者. 析出文献题名[文献类型标志/文献载体标志]//会议文献主要责任者. 会议文献题名: 其他题名信息. 出版地: 出版者, 出版年: 析出文献起页-止页[引用日期] 获取和访问路径.

举例 [6] 董家祥, 关仲英, 王兆奎, 等. 重症肝炎的综合基础治疗[C]//张定凤. 第三届全国病毒性肝炎专题学术会议论文汇编, 南宁, 1984. 北京: 人民卫生出版社, 1985: 203-212.

科技报告: 著录格式同著作或编著.

举例 [7] World Health Organization. Factors regulating the immune response: report of WHO Scientific Group [R]. Geneva: WHO, 1970: 1-74.

法令、条例:[序号] 主要责任者. 题名[文献类型标志]. 公布日期.

举例 [8] 中华人民共和国全国人民代表大会. 中华人民共和国著作权法[A]. 2012-03-31.

标准:[序号] 主要责任者. 标准名称: 标准编号[文献类型标志]. 出版地: 出版者, 出版年.

举例 [9] 全国文献工作标准化技术委员会第七分委员会. 科学技术期刊编排格式: GB/T 3179—1992 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.

电子文献:[序号] 主要责任者. 题名[文献类型标志/文献载体标志]. 出版地: 出版者, 出版年(更新或修改日期)[引用日期]. 获取和访问路径.

举例 [10] 肖钰. 出版业信息迈入快道 [EB/OL]. (2001-12-19) [2002-04-15]. <http://www.creader.com/news/20011219/200112190019.html>.

专利文献:[序号] 专利申请者. 题名: 专利国别, 专利号[P]. 公告或公开日期.

3 声明

本刊已进入中国所有主要期刊数据库, 本刊所付稿酬已包含这些数据库的稿酬。编辑部对来稿将作文字性修改, 若涉及内容修改会与作者商榷。编辑部收到稿件后, 于3个月内通知处理意见。投稿6个月后如未收到修稿或录用通知, 作者可自行处理稿件, 所收稿件纸质版概不退还。来稿一经采用, 即收取版面费, 按规定向作者支付稿酬, 并赠送杂志。

4 投稿

投稿请登录《中国食品卫生杂志》网站 <http://www.zgspws.com>, 并同时邮寄单位介绍信和稿件纸版1份(需第一作者、通信作者和副高以上作者签名)。来稿中应有清楚完整的作者通信地址、联系电话和E-mail地址。编辑部地址: 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 邮政编码: 100021 电话: 010-52165596 E-mail: spws462@163.com