

风险评估

湖北省食品中甜蜜素和安赛蜜的风险评估

赵云霞,刘冰,王怡,牛琳,王硕

(天津科技大学食品科学与工程学院,食品营养与安全国家重点实验室,天津市食品质量与健康重点实验室,天津 300457)

摘要:目的 为对湖北省食品中添加剂进行风险分析,为相关部门制定管理措施提供依据,降低食品安全潜在的危害因素及概率。方法 本文主要运用水晶球软件,应用蒙特卡洛模拟法,对湖北省食品中甜蜜素和安赛蜜的每日平均暴露量和风险概率进行评估。结果 腌菜制品中甜蜜素的每日平均暴露量和风险熵最高,分别为 $3.98E-4$ g/kg·BW·d 和 0.0372。另外,不同食品中添加剂的风险概率也存在明显差异,食品中安赛蜜的风险概率为:腌菜制品>罐头>饮料>糕点,甜蜜素的风险概率为:腌菜制品>饮料>糕点>罐头。结论 湖北省居民通过膳食摄入两种甜味剂的健康风险总体较低,其中甜蜜素的风险略高于安赛蜜,均处于可接受水平。

关键词:甜蜜素;安赛蜜;食品添加剂;水晶球软件;蒙特卡洛模拟;风险评估

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2022)01-0110-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.01.021

Risk assessment of sodium cyclamate and acesulfame in foods in Hubei Province

ZHAO Yunxia, LIU Bing, WANG Yi, NIU Lin, WANG Shuo

(State Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Ministry of Education, College of Food Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Objective To analyze the risk of food additives in Hubei Province, provide a basis for relevant departments to formulate management measures, and reduce the potential risk. **Methods** In the paper, the crystal ball software and Monte Carlo simulation method were used to evaluate the average daily exposure and risk probability of sodium cyclamate and acesulfame in foods in Hubei Province. **Results** The average daily exposure and risk entropy of sodium cyclamate in pickled vegetable products were the highest, which were $3.98E-4$ g/kg BW/d and 0.0372, respectively. In addition, there are significant differences in the risk probability of additives in different foods. The risk probability ranking of acesulfame in foods was pickled vegetable products > canned > beverage > pastry, and that of sodium cyclamate was pickled products > beverage > pastry > canned food. **Conclusion** The health risk of residents in Hubei Province who ingest two sweeteners through diet was generally low, and the risk of sodium cyclamate was slightly higher than that of acesulfame, both at an acceptable level.

Key words: Sodium cyclamate; acesulfame; food additive; crystal ball; Monte carlo; risk assessment

食品添加剂在食品生产中使用广泛,不仅可以丰富食品的色、香、味,改善食品品质,还能延长食品的保存期。但是,一些食品企业盲目追求经济效益,罔顾法律规定,滥用、过量使用食品添加剂,由

此产生的食品安全问题不容忽视。甜味剂是指赋予食品以甜味的物质,环己氨基磺酸钠(甜蜜素)和乙酰磺氨酸钾(安赛蜜)均属于人工合成的非营养型、高倍食品甜味剂,其中安赛蜜约为蔗糖的200倍。中国是全球高倍甜味剂最大的生产和消费国,尤其甜蜜素消费量领先全球。我国《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》GB 2760—2014中规定甜蜜素和安赛蜜可用作甜味剂,用于面包、饼干、饮料、糕点、果冻等食品中^[1]。适量的甜味剂能够赋予食品更舒适的味道,然而,过量添加会对人体健康造成不良影响。甜蜜素在体内不参与机体代谢,大剂量摄入会导致腹泻,造成胃肠

收稿日期:2021-05-31

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC1604000)

作者简介:赵云霞 女 硕士生 研究方向为食品加工与安全

E-mail:zyx1996spkx@163.com

通信作者:刘冰 女 教授 研究方向为食品安全检测

E-mail:ice6377@tust.edu.cn

王硕 男 教授 研究方向为食品安全风险评估

E-mail:s.wang@tust.edu.cn

道损伤,加重人体肝脏负担,并具有潜在致癌性^[2]。安赛蜜也不参与体内代谢,无致癌、致畸、致突变性,但超限量使用会影响身体健康,尤其是代谢能力、抵抗能力差的老人、孕妇及儿童^[3]。因而做好对各类食品中超限量添加甜味剂的风险评估尤为重要。

近年来,我国的食品安全风险评估工作发展较快,食源性微生物、重金属等方面的研究颇多,但在食品添加剂方面的研究相对较少。高璐等^[4]对社区居民食物中苯甲酸及山梨酸钾的暴露量及影响暴露量的因子进行评估和分析,得出结论,经食物摄入两种防腐剂在低于95%暴露水平下不存在风险,而最大暴露水平存在一定的风险。肖潇等^[5]从我国五大黄酒产区中采样,对黄酒中苯甲酸的本底含量进行调查与溯源分析,并采用简单分布法对我国居民成年饮黄酒者的苯甲酸摄入量进行评估,结果表明,黄酒中苯甲酸的检出率高但本底含量较低,我国居民成年饮黄酒者的苯甲酸的暴露风险较低。黄卓权等^[6]测定了佛手凉果中二氧化硫、亚硝酸盐、甜蜜素和三氯蔗糖4种食品添加剂的残留量,采用点评估方式评价佛手凉果添加剂的暴露水平,得出结论,4种添加剂的暴露风险较低,其残留量均未超标,但仍不可忽视在凉果生产消费中对4种添加剂的安全风险管理。

现有文献对甜味剂的研究并不充分,主要集中在防腐剂的检测和评估,且研究样本具有局限性,点评估基于少量数据,只是保守估计,并不能提供暴露量的可能范围,而概率评估模型是一种更精确的膳食暴露评估,它可以得到膳食暴露量的分布情况和概率,对不确定性进行全面分析,使结果更为真实、可靠^[7]。本文主要基于湖北省2016—2018年间食品添加剂检测数据,采用蒙特卡洛模拟法,运用Crystal Ball风险评估软件对糕点、饮料、罐头和腌菜制品五类食品中甜蜜素、安赛蜜的暴露风险进行评估。

1 材料与方法

1.1 含量数据

本研究数据来源于2016—2018年湖北省各类食品中食品添加剂的检测数据,抽检样品采集于湖北省(包括武汉、宜昌、咸宁、黄石、十堰、襄阳、鄂州、荆门、孝感、荆州、黄冈和随州12个地级市,仙桃、潜江、天门3个县级市以及恩施土家苗族自治州)各个成品库、小吃店、超市、餐馆和农贸市场。分别选取罐头、糕点、饮料、腌菜制品四类食品,甜蜜素和安赛蜜两种食品添加剂为研究对象,共计

8 652 条数据。

1.2 膳食数据

1.2.1 体质量(Body weight, BW)

根据《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》,我国居民平均BW,男性为69.6 kg,女性为59 kg,平均BW为64.3 kg^[8]。

1.2.2 暴露时间(Exposure duration, ED)

根据2020年《中国统计年鉴》,我国男性平均寿命73.64岁,女性平均寿命79.43岁,平均寿命为76岁^[9]。

1.2.3 拉平时间(Average time, AT)

拉平时间为 $ED \times 365$ d/年,故可设为27 740 d。

1.2.4 暴露频率(Exposure frequency, EF)

设为常数365 d。

1.2.5 肠胃吸收系数

肠胃吸收系数 $ABS = 1$,为常数^[4]。

1.2.6 食物每日摄入量(Daily food intake, DFI)

根据《中国居民营养与健康状况调查报告之十2002营养与健康状况数据集》,糕点、罐头、饮料和腌菜制品的每日摄入量见表1,其中罐头和饮料食品为其他类^[10]。

表1 食物每日摄入量
Table 1 Daily Food Intake

食物类别	食物每日摄入量(g/d)
糕点	9.2
罐头	18
腌菜制品	10.2
饮料	18

1.2.7 每日摄入量

每日允许摄入量(Acceptable daily intake, ADI)参考联合国粮农组织/世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(FAO/WHO JECFA)最新制定的相关标准^[11-12],甜蜜素和安赛蜜的每日允许摄入量见表2,食品中安赛蜜和甜蜜素的限量标准按照《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》GB 2760—2014执行^[1]。

表2 添加剂每日允许摄入量取值及参考依据

Table 2 Admissible daily intake of additives and reference basis

添加剂种类	参考依据	每日允许摄入量 /[ADI(g/kg·BW)]
安赛蜜	FAO/WHO JECFA	0.015
甜蜜素	FAO/WHO JECFA	0.011

1.3 风险评估方法

食品安全风险评估是食品安全风险分析的核心和科学基础,包括危害识别、危害特征描述、暴露评估、风险特征描述四个部分^[13-14]。这些步骤共同作用,能有效评估有害事件发生的可能性和不确定

表3 食品中安赛蜜和甜蜜素的标准限量

Table 3 Standard Limits of Acesulfame and Sodium cyclamate

in Food		
项目	食品	标准限量/(g/kg)
安赛蜜 (乙酰磺胺酸钾)	糕点	0.3
	罐头	0.3
	腌菜制品	0.3
	饮料	0.3
甜蜜素 (环己氨基磺酸钠)	糕点	1.6
	罐头	0.65
	腌菜制品	1.0
	饮料	0.65

性,保障食品安全。

1.3.1 概率评估

本文主要采用概率评估模型,其数学表达式为:

$$EDI = \frac{C \times DFI \times ABS \times EF \times ED}{AT \times BW}$$

式中: C 为食品中添加剂的含量, DFI 为食物每日摄入量, ABS 表示肠胃吸收系数, EF 和 ED 分别为暴露频率和暴露持续时间, AT 、 BW 为拉平时间与人体平均体质量。

1.3.2 风险描述

本文采用风险熵(Hazard quotient, HQ)为评价参数,定量评估2016—2018年湖北省四类食品中甜

味剂存在的健康风险,以计算食品添加剂的每日暴露量(Exposure daily intake, EDI)与ADI的比值为评价标准,其数学表达式为:

$$HQ = \frac{EDI}{ADI}$$

式中: HQ 表示风险熵, EDI 为单位体质量每日平均暴露量, $g/kg \cdot BW \cdot d$; ADI 为每日允许摄入量, $g/kg \cdot BW \cdot d$ 。当 $HQ < 1$ 时,可认为该甜味剂对暴露人群没有明显的健康风险,当 $HQ \geq 1$ 时,则认为该甜味剂对暴露人群存在健康风险,且风险值越高,人群摄入食物的健康风险越大^[15]。

1.4 蒙特卡洛模拟参数设置

本文食品中甜蜜素及安赛蜜每日平均暴露量、风险熵的确定是运用水晶球软件,基于湖北省2016—2018年四类食品中两种食品添加剂检测数据建立模型,应用蒙特卡洛模拟法进行风险评估,模拟参数按表4进行设置,每个模拟抽样过程进行10 000次迭代。

1.5 数据处理

数据分析采用Excel 2019和Crystal Ball软件,以此评价食品添加剂的暴露量及其危害风险。

表4 居民膳食摄入四类食品中甜蜜素和安赛蜜的暴露评估参数

Table 4 Exposure assessment parameters of residents' dietary intake of sodium cyclamate and acesulfame in four types of food

计算参数	单位	数值	服从概率分布
食物每日摄入量	g/d	见表1	常数
暴露频率	d/year	350	常数
持续暴露时间	year	76	常数
拉平时间	d	27 740	常数
体质量	kg	61.8	常数
单位体质量日均暴露量	$g/kg \cdot BW \cdot d$	$EDI = \frac{C \times DFI \times ABS \times EF \times ED}{AT \times BW}$	—
每日允许摄入量	$g/kg \cdot BW \cdot d$	见表2	常数
风险熵	—	$HQ = \frac{EDI}{ADI}$	—

2 结果

2.1 四类食品中甜味剂的分布情况

通过对2016—2018年糕点、罐头、饮料、腌菜制品中甜蜜素和安赛蜜的检测数据进行分类汇总,数据总体分析如表5所示。结果显示,纵观2016—2018年整体数据,随着食品安全意识不断提升,两种甜味剂的总体含量逐年下降。对比两种甜味剂,安赛蜜的检出含量明显低于甜蜜素。在糕点、罐头、饮料及腌菜制品这四类食品中,腌菜制品不合格现象较为突出。

2.2 居民膳食摄入甜蜜素与安赛蜜风险评估

2.2.1 暴露评估拟合结果

使用Crystal Ball软件对数据进行分布拟合,利

用A-D (Anderson Darling)、K-S (Kolmogorov-Smirnov)和 χ^2 (Chi-Square)来检验函数曲线的拟合度,得出最优函数分布^[16]。各类食品中甜蜜素和安赛蜜的含量拟合概率分布如表6所示,糕点甜蜜素、罐头安赛蜜、腌菜制品中的甜蜜素、安赛蜜含量均符合对数正态分布,糕点、饮料中安赛蜜含量满足逻辑分布,罐头、饮料中甜蜜素含量分别符合最大极值、Beta分布。

2.2.2 湖北省居民膳食摄入甜蜜素和安赛蜜暴露风险评估

以摄入量和含量分布为评价指标,对湖北省居民糕点、罐头、饮料和腌菜制品中摄入安赛蜜和甜蜜素的安全风险进行评估,结果汇总于表7。表7中给出了四类食品中甜蜜素、安赛蜜每日暴露量的

表5 2016—2018年甜味剂总体分析

Table 5 Overall analysis of sweeteners from 2016 to 2018

年份	添加剂种类	食品种类	样本量	含量范围 /(g/kg)	平均值 /(g/kg)	标准差 /(g/kg)	中位数 /(g/kg)	不合格率 /%
2016年	甜蜜素	糕点	792	0~1.300	0.176 1	0.271 0	0.064 0	1.26
		罐头	105	0~0.310 0	0.186 9	0.076 6	0.190 0	0.98
		腌菜制品	438	0~5.800 0	0.470 1	0.750 9	0.340 0	3.89
		饮料	350	0~0.550 0	0.226 6	0.125 9	0.205 0	2.01
	安赛蜜	糕点	792	0~0.500 0	0.156 3	0.122 4	0.120 0	0.25
		罐头	105	0~0.290 0	0.088 3	0.062 5	0.069 5	0.98
		腌菜制品	438	0~0.580 0	0.174 6	0.119 0	0.150 0	1.83
		饮料	350	0~0.240 0	0.103 7	0.051 1	0.099 0	1.43
2017年	甜蜜素	糕点	721	0~1.310	0.250 3	0.347 7	0.476 5	0.28
		罐头	69	0~0.856 0	0.234 3	0.179 2	0.194 0	2.90
		腌菜制品	432	0~2.280 0	0.405 0	0.484 3	0.255 0	6.03
		饮料	346	0~0.841 0	0.296 5	0.166 0	0.279 5	2.02
	安赛蜜	糕点	721	0~0.280 0	0.177 1	0.061 8	0.180 0	0.14
		罐头	69	0~0.230 0	0.088 6	0.052 9	0.075 0	2.90
		腌菜制品	432	0~0.490 0	0.147 4	0.085 2	0.145 0	1.16
		饮料	346	0~0.290 0	0.122 4	0.057 9	0.110 0	1.16
2018年	甜蜜素	糕点	566	0~1.400	0.379 9	0.428 9	0.177 0	3.36
		罐头	112	0~0.600 0	0.287 6	0.153 6	0.252 0	0.00
		腌菜制品	318	0~1.530 0	0.347 6	0.227 8	0.341 0	1.89
		饮料	292	0~0.516 0	0.257 5	0.126 9	0.246 5	1.03
	安赛蜜	糕点	566	0~0.210 0	0.095 1	0.068 8	0.060 0	3.36
		饮料	292	0~0.930 0	0.099 5	0.089 6	0.091 0	1.03

表6 食品中甜蜜素和安赛蜜的含量拟合概率分布

Table 6 Fitting probability distribution of cyclamate and acesulfame contents in food

计算参数	数值/(g/d)	服从概率分布
糕点中甜蜜素含量 C	0.321 2±0.359 2	对数正态
糕点中安赛蜜含量 C	0.152 8±0.089 9	逻辑
罐头中甜蜜素含量 C	0.230 4±0.144 3	最大极值
罐头中安赛蜜含量 C	0.088 4±0.058 5	对数正态
腌菜制品中甜蜜素含量 C	0.413 9±0.556 5	对数正态
腌菜制品中安赛蜜含量 C	0.162 8±0.106 0	对数正态
饮料中甜蜜素含量 C	0.250 6±0.143 8	Beta
饮料中安赛蜜含量 C	0.106 3±0.067 4	逻辑

表7 湖北省居民四类食品中甜蜜素和安赛蜜的每日平均暴露量、风险熵

Table 7 Average daily exposure and HQ of sodium cyclamate and acesulfame in four types of foods of residents in Hubei Province

		平均值	P5	P50	P75	P90	P95	P97.5	P99	
EDI /(g/kg BW/d)	糕点	安赛蜜	2.18E-5	1.24E-5	2.18E-5	2.54E-5	2.89E-5	3.12E-5	3.34E-5	3.63E-5
		甜蜜素	4.55E-5	6.87E-5	3.04E-5	5.68E-5	9.73E-5	1.30E-4	1.74E-4	2.47E-4
	罐头	安赛蜜	2.47E-5	7.73E-6	2.07E-5	3.10E-5	4.41E-5	5.54E-5	6.67E-5	8.26E-5
		甜蜜素	7.68E-5	6.45E-5	7.53E-5	8.16E-5	8.88E-5	9.44E-5	9.96E-5	1.07E-4
	腌菜制品	安赛蜜	2.58E-5	8.16E-6	2.15E-5	3.24E-5	4.60E-5	5.74E-5	6.91E-5	8.58E-5
		甜蜜素	6.34E-5	7.22E-6	3.89E-5	7.63E-5	1.38E-4	1.96E-4	2.67E-4	3.98E-4
	饮料	安赛蜜	2.96E-5	1.47E-5	2.95E-5	3.52E-5	4.08E-5	4.46E-5	4.81E-5	5.24E-5
		甜蜜素	9.50E-5	2.48E-5	9.15E-5	1.29E-4	1.60E-4	1.76E-4	1.89E-4	2.20E-4
HQ	糕点	安赛蜜	0.001 5	0.000 8	0.001 5	0.001 7	0.001 9	0.002 1	0.002 3	0.002 5
		甜蜜素	0.004 2	0.000 6	0.002 8	0.005 2	0.008 9	0.012 4	0.016 3	0.022 3
	罐头	安赛蜜	0.001 6	0.000 5	0.001 4	0.002 1	0.003 0	0.003 7	0.004 5	0.005 7
		甜蜜素	0.007 0	0.005 9	0.006 8	0.007 4	0.008 1	0.008 5	0.009 0	0.009 7
	腌菜制品	安赛蜜	0.001 7	0.000 5	0.001 4	0.002 2	0.003 1	0.003 8	0.004 6	0.005 6
		甜蜜素	0.005 9	0.000 6	0.003 5	0.007 1	0.012 9	0.018 7	0.025 7	0.037 2
	饮料	安赛蜜	0.002 0	0.001 0	0.002 0	0.002 3	0.002 7	0.003 0	0.003 2	0.003 6
		甜蜜素	0.008 7	0.002 3	0.008 4	0.011 7	0.014 6	0.016 1	0.017 3	0.018 4

平均值、第 5、75、90、95、97.5、99 百分位数,所有食品中甜蜜素和安赛蜜的平均暴露量均在 JECFA 所规定的每日允许摄入量之内,暴露量较小,不会对人体产生较大的安全隐患。

从表 7 食品中甜蜜素、安赛蜜在不同暴露百分位点情况下的风险概率分布发现,随着暴露百分位数的增加,所有食品中甜味剂的风险概率均呈现上升趋势,但 $HQ < 1$,均在安全水平之下,且在高百分位点下,风险熵也远低于 1,处于可接受水平,表明居民通过膳食摄入糕点、罐头、饮料以及腌菜制品中安赛蜜和甜蜜素存在较低的风险。

2.2.3 湖北省不同食品中安赛蜜和甜蜜素的风险评估

由图 1 可知,同一甜味剂,不同食品每日平均暴露量概率及风险概率评估结果存在明显差异。

结合图 1 A、1B 可以看出,随着暴露百分位点的升高,罐头、腌菜制品、饮料的变化趋势明显,高百分位点暴露量较高,膳食摄入安赛蜜的风险概率为:腌菜制品>罐头>饮料>糕点。结合图 1C、1D 发现,糕点、饮料及腌菜制品的每日平均暴露量和风险熵随暴露百分位点的升高而发生明显变化,糕点和腌菜制品在第 99 百分位点的风险熵最高,分别为 0.022 3、0.037 2,表明相对于其他食品,这两种食品中甜蜜素对人体产生的安全隐患稍高,膳食摄入甜蜜素的风险概率为:腌菜制品>饮料>糕点>罐头。在两种甜味剂中,腌菜制品风险最高,可能是因为本次腌菜制品主要以酱腌菜为主,腌菜中往往添加较多安赛蜜、甜蜜素、亚硝酸盐等,以维持其独特的口感,因而其每日平均暴露量和风险概率均高。

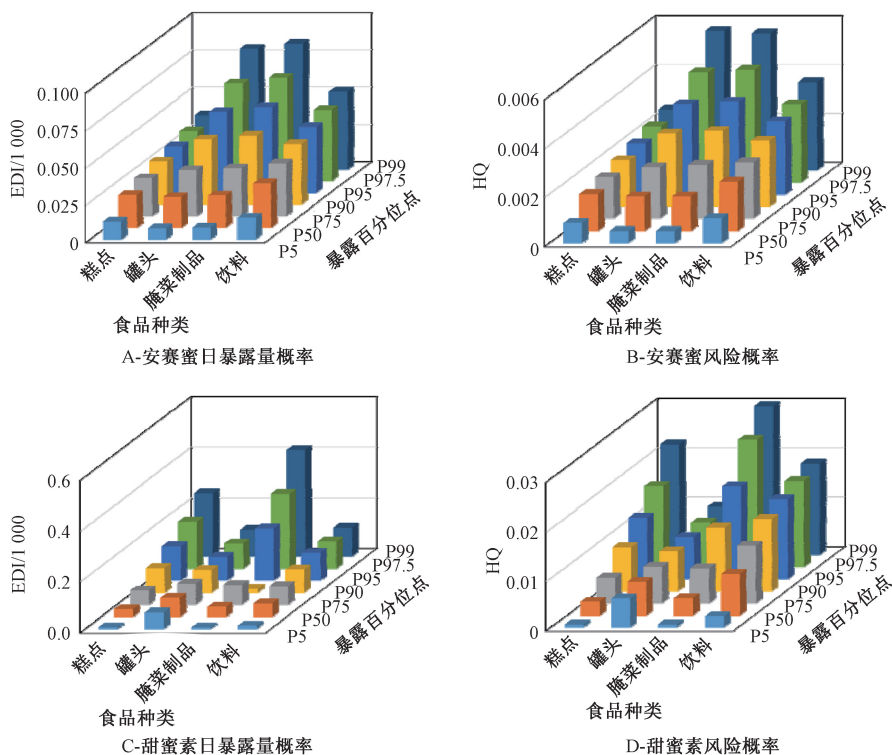


图 1 不同食品安赛蜜和甜蜜素的风险评估

Figure 1 Risk assessment of acesulfame and sodium cyclamate for different foods

3 结论

本文根据 2016—2018 年湖北省各类食品中食品添加剂的检测数据,选取罐头、糕点、饮料、腌菜制品四类食品,甜蜜素和安赛蜜两种添加剂为研究对象。分析数据发现,2016—2018 年间,甜味剂的总体检出率逐年下降,腌菜制品在所有食品中不合格率最高,两种添加剂的检出率为:甜蜜素>安赛蜜。进一步使用 Crystal Ball 软件对数据进行分布拟合,利用 A-D、K-S 和 χ^2 来检验函数曲线的拟合

度,得出最优函数分布。运用水晶球软件,基于湖北省 2016—2018 年间四类食品中两种添加剂检测数据建立模型,应用蒙特卡洛模拟法进行风险评估,结果显示,膳食摄入安赛蜜的风险概率为:腌菜制品>罐头>饮料>糕点;膳食摄入甜蜜素的风险概率为:腌菜制品>饮料>糕点>罐头;两种甜味剂的风险概率为:甜蜜素>安赛蜜。

综上,湖北省居民膳食摄入甜蜜素和安赛蜜的健康风险较低,处于可接受水平,具有一定的食用安全性,但考虑到甜味剂与居民消费关系密切,建

议居民合理、健康饮食,生产厂家严格按照国家规定的添加剂使用标准,不违规使用食品添加剂,确保食品安全。本研究也为相关部门对添加剂检测提供依据,从而降低食品安全潜在的危害因素及概率,提高食品安全水平。

参考文献

- [1] 卫生部. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 2014.
- [2] 潘小青, 毛志成. 咸宁市某高校女大学生人群奶茶糖精钠和甜蜜素暴露的风险评估[J]. 职业与健康, 2020, 36(12): 1636-1638.
- [3] 毛伟峰, 宋雁. 食品中常见甜味剂使用方面存在的主要问题及危害[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(6): 13-18.
- [4] 高璐, 班璐. 食物中苯甲酸及山梨酸的暴露评估[J]. 中国卫生工程学, 2015, 14(4): 350-352.
- [5] 肖潇, 李国辉, 雍凌, 等. 黄酒中苯甲酸本底含量与溯源分析及初步风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2020, 32(3): 306-311.
- [6] 黄卓权, 刘焕, 麦润秋, 等. 佛手凉果 4 种食品添加剂的暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(8): 2645-2649.
- [7] 王向未, 仇厚援, 张志恒, 等. 食品中膳食暴露评估模型研

- 究进展[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(4): 733-738.
- [8] 国家卫生和计划生育委员会. 中国居民营养与慢性病状况报告(2020)[J]. 中国药店, 2015(14): 14.
- [9] 国家统计局. 中国统计年鉴-2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [10] 金水高. 中国居民营养与健康状况调查报告之十, 2002 营养与健康状况数据集[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.
- [11] Joint FAO/WHO Expert Committee On Food Additives. Summary and conclusion of seventy-third meeting [R]. Geneva: FAO/WHO, 2010.
- [12] Joint FAO/WHO Expert Committee On Food Additives. Evaluation of certain contaminants in food; seventy-second report of the JECFA [M]. Geneva: World Health Organization, 2011, 55-64.
- [13] 张立实, 李晓蒙, 吴永宁. 我国食品安全风险评估及相关研究进展[J]. 现代预防医学, 2020, 47(20): 7-10.
- [14] 顿中军, 陈子慧, 蒋琦. 食品安全与食品安全风险评估[J]. 华南预防医学, 2013, 39(1): 94-97.
- [15] WEI J X, CEN K. Assessment of human health risk based on characteristics of heavy metal contents in foods sold in Beijing, China[J]. Science of the Total Environment, 2019.
- [16] 刘琼瑜, 李浩洋, 容裕棠, 等. Monte Carlo 模拟对面制品中铝膳食暴露风险的概率评估[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 223-228.

(上接第 74 页)

朱心强(浙江大学医学院)

刘弘(上海市疾病预防控制中心)

刘长青(河北省疾病预防控制中心)

刘成伟(江西省疾病预防控制中心)

刘兆平(国家食品安全风险评估中心)

刘守钦(济南市疾病预防控制中心)

刘烈刚(华中科技大学公共卫生学院)

刘爱东(国家食品安全风险评估中心)

孙长颢(哈尔滨医科大学)

李 宁(国家食品安全风险评估中心)

李 黎(中华预防医学会)

李凤琴(国家食品安全风险评估中心)

李业鹏(国家食品安全风险评估中心)

李国梁(陕西科技大学食品与生物工程学院)

李静娜(武汉市疾病预防控制中心)

杨 方(福州海关技术中心)

杨 钧(青海省卫生健康委员会卫生监督所)

杨大进(国家食品安全风险评估中心)

杨小蓉(四川省疾病预防控制中心)

杨杏芬(南方医科大学公共卫生学院)

肖 荣(首都医科大学公共卫生学院)

吴永宁(国家食品安全风险评估中心)

何更生(复旦大学公共卫生学院)

何来英(国家食品安全风险评估中心)

何洁仪(广州市疾病预防控制中心)

钟 凯(科信食品与营养信息交流中心)

姜毓君(东北农业大学食品学院)

聂俊雄(常德市疾病预防控制中心)

贾旭东(国家食品安全风险评估中心)

徐 娇(国家卫生健康委员会食品标准与监测评估司)

徐海滨(国家食品安全风险评估中心)

高志贤(军事科学院军事医学研究院)

郭云昌(国家食品安全风险评估中心)

郭丽霞(国家食品安全风险评估中心)

唐振柱(广西壮族自治区疾病预防控制中心)

黄 薇(深圳市疾病预防控制中心)

黄锁义(右江民族医学院药学院)

常凤启(河北省疾病预防控制中心)

崔生辉(中国食品药品检定研究院)

章 宇(浙江大学生物工程与食品学院)

章荣华(浙江省疾病预防控制中心)

梁进军(湖南省疾病预防控制中心)

程树军(广州海关技术中心)

傅武胜(福建省疾病预防控制中心)

谢剑炜(军事科学院军事医学研究院)

赖卫华(南昌大学食品学院)

裴晓方(四川大学华西公共卫生学院)

廖兴广(河南省疾病预防控制中心)

熊丽蓓(上海市疾病预防控制中心)

樊永祥(国家食品安全风险评估中心)