

## 风险评估

## 栀子食用人群栀子苷暴露评估

邱雪娇<sup>1,2</sup>, 李强<sup>4</sup>, 张磊<sup>2</sup>, 潘峰<sup>2</sup>, 李建文<sup>2</sup>, 范鹏辉<sup>2</sup>, 王智民<sup>3</sup>, 包汇慧<sup>2</sup>, 覃思<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学, 湖南长沙 410125; 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, 中国医学科学院食品安全创新单元, 北京 100022; 3. 中国中医科学院中药研究所中药质量控制技术国家工程实验室, 北京 100022; 4. 丹东市振安区疾病预防控制中心, 辽宁丹东 118003)

**摘要:**目的 了解我国居民栀子食用情况, 评估我国栀子食用人群栀子苷暴露水平及健康风险。方法 通过文献检索和专项监测收集我国栀子中栀子苷含量数据, 结合2019—2022年我国食药物质消费量调查数据, 采用简单分布方法和概率评估方法获得我国不同人群通过食用栀子的栀子苷暴露水平及健康风险。结果 我国9省栀子食用率为10.32%, 每日食用量均值为0.36 g, 高消费人群每日栀子食用量为1.48 g。简单分布评估显示, 9省栀子食用人群的栀子苷每日平均暴露量为0.29 mg/kg·BW, 高消费人群(P95)栀子苷暴露量为1.28 mg/kg·BW, 9省栀子食用人群中17.20%的居民通过食用栀子的栀子苷暴露量超过其每日可耐受摄入量(TDI, 0.386 mg/kg·BW)。河南省食用人群每日平均暴露量最高, 为0.54 mg/kg·BW。概率评估结果显示, 我国14.70%的栀子食用人群栀子苷暴露量超过TDI, 具有潜在健康风险。结论 我国栀子食用人群的栀子苷暴露风险总体较低, 但部分高消费人群(P95)存在健康风险。

**关键词:** 栀子苷; 暴露; 风险评估

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2024)04-0398-09

DOI: 10.13590/j.cjfh.2024.04.006

## Exposure assessment of geniposide in Gardenia consuming population

QIU Xuejiao<sup>1,2</sup>, LI Qiang<sup>4</sup>, ZHANG Lei<sup>2</sup>, PAN Feng<sup>2</sup>, LI Jianwen<sup>2</sup>, FAN Penghui<sup>2</sup>,  
WANG Zhimin<sup>3</sup>, BAO Huihui<sup>2</sup>, QIN Si<sup>1</sup>

(1. Hu'nan Agricultural University, Hu'nan Changsha 410125, China; 2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Chinese Academy of Medical Sciences, NHC Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China; 3. National Engineering Laboratory of Chinese Medicine Quality Control Technology, Institute of Traditional Chinese Medicine, China Academy of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100022, China; 4. Dandong Zhen'an District Center for Disease Control and Prevention, Liaoning Dandong 118003, China)

**Abstract: Objective** To understand the situation of Gardenia consumption in Chinese residents and to assess the geniposide exposure level and health risk of the Gardenia consumption population in China. **Methods** Data on geniposide content in Gardenia jasminoides in China were collected through literature search and special monitoring, incorporating data from the 2019-2022 survey on consumption of food and drug substances in China, and the simple distribution method and probability assessment method were used to obtain the geniposide exposure level and health risk of different populations in China through the consumption of Gardenia jasminoides. **Results** The consumption rate of gardenia in 9 provinces of China was 10.32%, and the mean value of consumption was 0.36 g, and daily Geniposide consumption of 1.48 g for high consumers Simple distribution assessment showed that the mean exposure of geniposide of the edible population of Gardenia in 9 provinces was 0.29 mg/kg·BW, Exposure to geniposide in high consumers (P95) was 1.28 mg/kg·BW, Among the Gardenia consuming population in 9 provinces, 17.20% of the residents were exposed to geniposide through

收稿日期: 2024-01-03

作者简介: 邱雪娇 女 在读硕士生 研究方向为公共卫生与预防医学 E-mail: 1104254484@qq.com

通信作者: 覃思 男 教授 研究方向为食品营养基因组学 E-mail: qinsiman@hunau.cn

包汇慧 女 研究员 研究方向为免疫学 E-mail: baohuihui@cfsa.net.cn

覃思和包汇慧为共同通信作者

Gardenia consumption exceeding their tolerable daily intake (TDI, 0.386 mg/kg·BW) of Gardenia glycosides. The daily average exposure of the edible population in He'nan Province was the highest 0.54 mg/kg·BW. The results of the probabilistic assessment showed that 14.70% of the Gardenia consuming population in China had geniposide exposure exceeding the TDI, posing a potential health risk. **Conclusion** The risk of exposure to geniposide in China's Gardenia consuming population is generally low, but there is a health risk in some high consuming population (P95).

**Key words:** Geniposide; exposure; risk assessment

栀子为茜草科植物栀子 (*Gardenia jasminoides* Ellis) 的干燥成熟果实,始载于《神农本草经》,列为中品<sup>[1]</sup>。1977年栀子首次收载于《中华人民共和国药典》(以下统称为《中国药典》),是我国原卫生部发布的第一批药食两用的中药材。《中华人民共和国药典》(2020版)记载栀子性苦、寒,主要用于泻火除烦,清热利湿,凉血解毒;外用消肿止痛<sup>[2]</sup>。栀子苷含量作为栀子的质量控制指标,《中国药典》要求栀子中栀子苷不得少于1.8%。现代药理学研究表明栀子具有多种药理作用,如抗炎镇痛、调节免疫、抗高血压等<sup>[3-5]</sup>。近年来有学者提出栀子具有肝毒性<sup>[6-8]</sup>,田婧卓等<sup>[9]</sup>灌胃给予雄性SD大鼠栀子苷(50 mg/kg·BW)、栀子水提取物(按生药计 573 mg/kg·BW)及栀子豉汤(按生药计 1.239 mg/kg·BW)半年,研究发现给药6个月后各处理组大鼠肾小管细胞有颗粒性沉积,肝脏轻度变性及炎性细胞浸润,提示长期食用栀子可能具有潜在的肝肾毒性;杜曾等<sup>[10]</sup>对雄性Wistar大鼠连续灌胃给予不同浓度的栀子苷(55、110、220 mg/kg·BW)4周,发现高剂量组大鼠血清天门冬氨酸氨基转移酶(Aspartate aminotransferase, AST)、丙氨酸氨基转移酶(Alanine aminotransferase, ALT)活性显著升高,肝组织病理损伤显著;TIAN等<sup>[11]</sup>研究发现以25、50和100 mg/kg·BW栀子苷饲喂SD大鼠26周后,100 mg/kg·BW剂量组大鼠肝脏、肾脏颜色变深,组织病理学研究显示大鼠肝内胆管增生,肝内细胞轻度坏死,肾小管损伤等,提示长期食用栀子苷对大鼠肝肾可造成一定的损伤。本课题组前期基于栀子及栀子苷的相关毒理学研究,利用毒理学数据可靠性评价工具(ToxRTool)对相关研究进行分析,选取毒理学数据评级最高的研究以雄性大鼠血清AST活性变化为敏感指标,基于基准剂量(Benchmark dose, BMD)法推导栀子苷的健康指导值(Health-based guidance value, HBGV),推导得出栀子苷的每日可耐受摄入量(Tolerable daily intake, TDI)为0.386 mg/kg·BW。

《本草图经》曰:“栀子,今南方及西蜀州郡皆有之”,表明栀子在我国广泛种植<sup>[12]</sup>。《实用药材新编》记录栀子野生产地主要是江西、湖南、福建、浙江等地。栀子是一种具有药用和食用价值的食药物质,

在我国南方各地均有种植,贵州、江西、福建等地是栀子的道地产区<sup>[13]</sup>,因其种植范围广,市场价格实惠<sup>[14]</sup>,常作为茶饮、调味品等在我国广泛食用。但近年来的相关毒理学资料表明栀子苷及其代谢产物是栀子肝毒性的基础,因此,为了解栀子食用人群通过栀子暴露的栀子苷是否具有潜在的健康风险,通过文献系统检索我国栀子中的栀子苷含量,结合2019—2020开展的福建、浙江、广东等9省食药物质消费量数据,利用简单分布方法和概率评估方法获得我国栀子食用人群摄入栀子苷的暴露量,并评估其导致的健康风险。

## 1 材料与方法

### 1.1 栀子苷含量数据收集

以“gardenia”“geniposide”“China”或“Chinese”为英文关键词,检索PubMed数据库,以“栀子苷”“栀子”为中文关键词,检索中国知网、万方数据知识服务平台,共检索到文献217篇(其中中文文献105篇,英文文献112篇)。文献纳入标准:(1)检测项目为栀子苷;(2)物质来源为栀子;(3)有明确的样本来源地区及数量;(4)有明确的栀子苷浓度数据。(5)文献发表时间为2008—2023年。文献排除标准:(1)检测及样本信息缺失(2)重复文献;(3)检测方法不明;(4)栀子苷含量检测方法非色谱法。数据清洗:不同来源数据规范单位为mg/g,将产地规范到省级行政单位。根据纳入排除标准最终纳入29篇文章<sup>[15-43]</sup>。

另外课题组在市场上购买到产地分别为福建、贵州、河南、江西、四川、浙江6省共92份栀子样品,参照《中国药典》(2020年)中高效液相色谱法进行栀子苷含量检测。栀子苷标准品购自中国药品生物制品检定所,纯度为98%,实验条件为:色谱仪:安捷伦1200高效液相色谱,WAT054275 Symmetry C18(4.6 mm×250 mm, 5 μm),柱温:30℃;流速:1.0 mL/min;进样体积10 μL;流动相为乙腈-水(15:85);检测波长为238 nm。栀子苷对照品溶液精密称取6.80 mg,用甲醇溶解定容至10 mL,对照品母液浓度为0.68 mg/mL;精确称取经冷冻干燥的栀子粉末0.1 g,于具塞锥形瓶中加入75%甲醇10 mL,

超声等操作后用甲醇补足质量,制成对照品、供试品溶液。以对照品浓度为横坐标,以峰面积值为纵坐标,绘制标准曲线,考察该色谱方法的线性关系,方法稳定性、重复性、精密度和加标回收率。

为保证评估的全面性和准确性,本研究将检测数据及文献中提取的栀子苷含量数据进行筛选整合。依据《食品安全风险评估数据需求及采集要求》为数据纳入和整理标准,最终纳入 513 份栀子苷含量数据。

## 1.2 我国9省栀子消费量数据来源

栀子食用量数据来源于 2019—2022 年食药物质消费调查,在浙江、广东、贵州、甘肃、黑龙江、山东、河南、江西、福建共 9 个省开展 15 岁及以上人群食药物质消费状况调查,采用食物频率法了解调查对象 1 年内的栀子作为食品如泡水、泡酒、做调味料等的消费量及消费频率,共调查 10 463 人,其中栀子食用人数为 1 070 人。

## 1.3 栀子苷暴露评估

### 1.3.1 9省栀子食用人群栀子苷暴露评估

采用简单分布模型评估 9 省栀子食用人群暴露风险,利用文献检索及测得的各省份栀子苷含量均值和 2019—2022 年开展的食药物质消费调查中 15 岁及以上人群个体栀子食用数据和体质量,计算 9 省每个个体每天每千克体质量的栀子苷暴露量。其公式为:

$$EXP = \sum_{i=1}^n \frac{F_i \times C_i}{w} \times I \quad \text{式(1)}$$

其中:EXP 为某个体的每日栀子苷暴露量,mg/kg·BW;  $F_i$  为某个体栀子苷的消费量,g/d;  $C_i$  为各省份栀子中栀子苷含量平均值,mg/g;  $w$  为某个体的体质量,kg。I 为栀子中栀子苷的浸出率<sup>[44]</sup>。

文献[44]报道利用 60% 乙醇浸提工艺得出栀子苷的浸出率为 86.40%,栀子苷水中的浸提率为 85.28%,基于风险评估保守原则,将 I 设定为 86.40%。由消费量调查数据可知栀子食用方式多为栀子干品,仅有少部分食用形式为栀子鲜品,有文献报道<sup>[40]</sup>栀子鲜品折干率为 37.75%~40.77%,因此在暴露评估中将食用栀子鲜品的食用量按照 2.5-2.7:1 折算为干品食用量。

### 1.3.2 我国栀子食用人群栀子苷暴露评估

本研究采用概率评估法评估全国人群栀子苷暴露分布及健康风险。利用文献检索及测得的各省份栀子苷含量及 9 省栀子消费量数据,采用赤池信息量准则选择最适函数曲线进行拟合分布,从建立的拟合分布函数中分别随机抽取数据,计算得到栀子苷暴露量概率分布。

## 1.4 风险特征描述

栀子苷的每日可耐受摄入量(Tolerable daily intake, TDI)为 0.386 mg/kg·BW。本次研究以此作为健康指导值研究栀子苷膳食暴露健康风险。采用基于 TDI 的风险指数(HI)计算方法进行暴露风险评估,计算公式如下:

$$HI = \frac{EXP}{TDI} \quad \text{式(2)}$$

其中,EXP 为每日栀子苷暴露量,mg/kg·BW; TDI 值为 0.386 mg/kg·BW, HI<1 表示栀子苷对人体健康构成风险低; HI>1 表示栀子苷对人体健康构成风险较高,数值越大风险越大。

## 1.5 统计学分析

主要利用 Excel 2019、R 4.1.2、@risk 软件进行数据分析。因数据不符合正态分布,故采用 Kruskal-Wallis 检验比较各省份之间消费量数据和含量数据的差异,采用 Mann-Kendall 趋势检验分析含量随年份变化的趋势,检验水准  $\alpha=0.05$ ,所有统计学检验均为双侧检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 栀子中栀子苷含量

#### 2.1.1 文献检索栀子苷含量

栀子苷含量数据纳入 29 篇文献,共 421 批次样品。样本采集年份为 2008—2023 年,涉及安徽、福建、广东、广西、贵州、河南、湖北、湖南、江苏、江西、山东、山西、四川、浙江、重庆等 16 个省(自治区、直辖市)。检测方法主要为色谱法。见表 1。

#### 2.1.2 基于实际监测的栀子苷含量

课题组实验室采用高效液相色谱法进行栀子中栀子苷含量检测,共检测 92 批次购自中药材市场的栀子样品,样品产地包括福建、广西、贵州、河南、湖北、湖南、江苏、江西、四川、浙江、重庆 11 个省(自治区、直辖市)。检测结果显示栀子苷在 23.46~315.80  $\mu\text{g}/\text{mL}$  范围内呈现良好的线性关系,精密度的 RSD 值为 1.84%,栀子苷含量的 RSD 值为 2.04%,平均加标回收率为 98.96%,见表 2。

#### 2.1.3 栀子苷含量数据分析

整合来源于 29 篇文献(2008—2023 年)421 个样品及课题组采集的 92 个样品的栀子苷含量数据,共获得 513 份栀子苷含量数据(表 3),对整合后的数据进行独立样本  $t$  检验,结果显示不同来源栀子苷含量具有显著性差异( $P<0.05$ ),来源于文献报道的栀子苷含量数据( $M=50.24 \text{ mg/g}$ ,  $SD=15.53 \text{ mg/g}$ )高于课题组检测数据( $M=39.18 \text{ mg/g}$ ,  $SD=13.08 \text{ mg/g}$ )。经分析可知,数据差异主要来源于检测方法灵敏度

表1 文献检索得到栀子苷含量数据(mg/g)

Table 1 The content data of Geniposide were obtained by literature search (mg/g)

省份	批次	均值(min, max)	数据来源
安徽	14	58.66(38.26,79.60)	[19],[24],[31-32],[35],[37],[41]
福建	32	56.68(33.70,82.76)	[16],[21-22],[26],[30],[32],[36-39],[41]
浙江	39	55.83(31.70,82.80)	[16-19],[21],[27],[30],[32-33],[35-36],[39]
湖北	23	53.53(26.26,84.81)	[16],[19],[21-22],[26-27],[29-33],[40-41],[43]
广东	4	52.22(45.18,62.27)	[19],[35],[39]
江苏	9	51.60(23.00,80.43)	[19],[32],[37],[41]
湖南	58	51.32(20.20,82.97)	[16-17],[19],[21-22],[26-27],[29-30],[32-33],[35],[37-43]
河南	24	51.22(22.60,81.60)	[16],[21],[23],[29-30],[32],[35],[37],[39],[41]
山西	2	50.42(33.80,67.04)	[35],[41]
江西	149	48.45(20.10,83.80)	[15-16],[18-24],[26-27],[29-33],[35-40]
贵州	5	47.73(38.80,79.40)	[17],[21],[40]
广西	17	47.56(22.93,83.84)	[16-17],[21-22],[26],[32-33],[35],[41]
四川	29	46.18(18.30,80.20)	[16-18],[21],[28-30],[32],[35-36],[39-40]
山东	2	45.20(42.80,47.60)	[31],[40]
重庆	6	36.52(26.80,52.40)	[30],[39]
辽宁	8	26.57(19.40,35.28)	[25]

表2 基于实际监测的栀子苷含量/(mg/g)

Table 2 The data of detecting geniposide content based on practical monitoring/(mg/g)

省份	批次	均值(最小值,最大值)	标准偏差
重庆	2	56.70(45.90,67.50)	15.27
四川	4	52.79(46.10,69.60)	11.24
河南	6	46.43(45.98,46.81)	0.32
广西	7	43.22(37.76,70.80)	12.17
江西	24	41.42(18.40,66.10)	16.13
江苏	1	39.76	—
贵州	3	38.96(38.76,39.25)	0.26
福建	7	38.41(33.68,61.60)	10.25
浙江	8	38.13(31.69,54.60)	7.69
湖南	27	32.94(18.13,60.70)	11.94
湖北	3	28.33(28.14,28.43)	0.16
总计	92	39.18(18.13, 70.80)	13.08

不同。文献提取数据为单样本原始含量数据,可依据《食品安全风险评估数据需求及采集要求》与检测样本原始数据整合用于暴露评估。依据现有可获得的文献和实际监测数据,栀子中栀子苷平均含量为48.26 mg/g,最高含量为84.81 mg/g。其中来自安徽省的栀子中栀子苷平均含量最高,为58.66 mg/g;来自辽宁省的栀子中栀子苷平均含量最低,为26.57 mg/g。各省(市)栀子样品中栀子苷含量差异具有显著性( $P<0.05$ )。

采用箱线图方法对栀子苷含量数据进行分析,对年份-含量数据进行Mann-Kendall趋势检验,结果显示Z值为1.53, $P>0.05$ ,表明含量随年份变化不呈现显著的上升趋势。从图1中可以看出,近15年(2008—

表3 2008—2023年我国栀子中栀子苷含量/(mg/g)

Table 3 Gardenia glycoside content of Gardenia in China from 2008 to 2023/(mg/g)

省份	批次	均值(最小值,最大值)	标准偏差
安徽	14	58.66(38.26,79.60)	14.36
福建	39	53.40(33.68,82.76)	16.02
浙江	47	52.82(31.69,82.80)	15.09
广东	4	52.22(45.18,62.27)	7.45
湖北	26	50.62(26.26,84.81)	20.23
江苏	10	50.42(23.00,80.43)	21.67
山西	2	50.42(33.80,67.04)	23.50
河南	30	50.27(22.60,81.60)	11.79
江西	173	47.47(18.40,83.80)	14.75
四川	33	46.98(18.30,80.20)	13.65
广西	24	46.30(22.93,83.84)	17.01
湖南	85	45.48(18.13,82.97)	16.11
山东	2	45.20(42.80,47.60)	3.39
贵州	8	44.45(38.76,79.40)	14.17
重庆	8	41.56(26.80,67.50)	14.50
辽宁	8	26.57(19.40,35.28)	5.79
总计	513	48.26(18.13,84.81)	15.70

表4 9省栀子食用量/(g/d)

Table 4 Edible geniposide consumption in 9 provinces of China/(g/d)

省份	食用人数/总人数	比例/%	均值	P50	P90	P95
河南	112/1 466	7.64	0.70	0.43	1.23	2.51
贵州	29/700	4.14	0.62	0.07	1.73	5.25
黑龙江	11/968	1.14	0.60	0.52	1.38	—
山东	43/700	6.14	0.54	0.24	1.79	2.57
广东	101/2 288	4.41	0.48	0.14	1.23	2.42
浙江	11/727	1.51	0.34	0.12	1.23	—
江西	159/2 213	7.18	0.32	0.04	0.25	0.58
福建	599/700	85.57	0.26	0.07	0.62	1.23
甘肃	5/701	0.71	0.20	0.02	—	—
总计	1 070/10 463	10.23	0.36	0.09	0.86	1.48

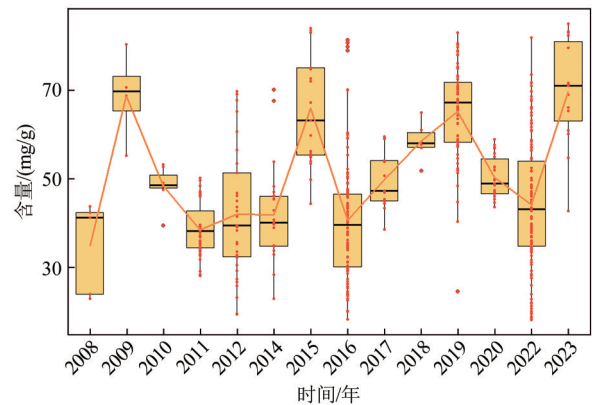


图1 2008—2023年栀子苷含量变化趋势分析

Figure 1 Trend analysis of geniposide content change from 2008 to 2023

2023年)栀子苷含量未呈现出明显的上升或下降趋势,其平均含量范围主要集中在30.00~70.00 mg/g。

## 2.2 9省居民栀子食用量分析结果

2019—2020年食药物物质消费量调查结果显示,9省共调查10 463人,食用栀子人数为1 070人,栀子食用率为10.23%,平均食用量为0.36 g/d,食用

量中位数为 0.09 g/d。平均食用量排在前 3 位的省份分别为河南省(0.70 g/d)、贵州省(0.62 g/d)、黑龙江省(0.60 g/d),食用量中位数排前三的省份分别为黑龙江省(0.52 g/d)、河南省(0.43 g/d)、山东省(0.24 g/d)。栀子高消费量(P95)排在前 3 位的省份分别为贵州省、山东省、河南省,其食用量分别为 5.25、2.57、2.51 g/d。

### 2.3 9省栀子食用人群栀子苷暴露评估结果

#### 2.3.1 9省栀子苷含量与消费量匹配分析

为评估 9 省栀子食用人群栀子苷暴露水平,根据调查的 9 省消费量,将文献所得栀子苷含量数据进行分省匹配,文献报道栀子苷含量数据涉及的省份为福建、广东、贵州、河南、江西、山东、浙江 7 省,缺失甘肃和黑龙江 2 省栀子苷含量数据,为评估开展消费量调查的 9 省栀子食用人群栀子苷暴露水平及健康风险,栀子苷含量数据采用邻近省、市及自治区含量平均值替代缺失省份栀子苷含量数据<sup>[45]</sup>。2008—2023 年 9 省栀子苷平均含量分别为福建(53.40 mg/g)、广东(52.22 mg/g)、浙江(50.38 mg/g)、河南(50.27 mg/g)、江西(47.81 mg/g)、山东(45.20 mg/g)、贵州(44.45 mg/g)、甘肃(42.48 mg/g)、黑龙江(25.03 mg/g)。

#### 2.3.2 9省栀子食用人群栀子苷暴露评估结果

简单分布评估结果显示,河南、贵州、广东 3 省栀子食用人群的栀子苷暴露量均值分别为 0.54、0.45、0.42 mg/kg·BW, HI 值分别为 1.41、1.16、1.08,3 省 HI 值均大于 1,其余 6 省 HI 值均小于 1。9 省栀子高消费人群栀子苷暴露量(P95)危害指数均大于 1。从栀子食用者个体来看,9 省共有 17.20% (184 人)栀子食用者栀子苷暴露量大于 TDI,其中河南、浙江、广东、贵州、山东、甘肃、黑龙江、福建、江西 9 省栀子食用者个体暴露量超过 TDI 的比例分别为 44.64%(50 人)、27.27%(3 人)、26.73%(27 人)、24.14%(7 人)、23.26%(10 人)、20.00%(1 人)、18.18%(2 人)、12.52%(75 人)、5.66%(9 人)。

#### 2.4 我国栀子食用人群栀子苷暴露概率评估

本研究共收集来自 16 省共 513 份栀子苷含量数据,依次对含量数据、个体消费量、体质量数据进行拟合分布,采用蒙特卡洛法结合暴露评估计算公式进行概率评估,结果见图 2。概率评估结果显示我国栀子食用人群栀子苷暴露均值、90 百分位数(P90)、95 百分位数(P95)分别为 0.27、0.57、1.04 mg/kg·BW, HI 值分别为 0.70、1.48、2.69。从个体分析来看,全国有 14.70% 的栀子食用者栀子苷暴露水平高于 TDI。全国栀子食用者栀子苷暴露量中位数值为 0.07 mg/kg·BW。

表 5 不同省份栀子食用人群的栀子苷暴露量

Table 5 Exposure to geniposide in different provinces of China's population

省份	人数	栀子苷暴露量/(mg/kg·BW)			HI
		均值	P50	P95	
河南	112	0.54	0.34	1.88	1.41
贵州	29	0.45	0.05	3.89	1.16
广东	101	0.42	0.11	1.89	1.08
山东	43	0.34	0.22	1.82	0.89
浙江	11	0.30	0.08	1.05	0.77
江西	159	0.26	0.04	0.44	0.67
福建	599	0.22	0.06	1.06	0.58
黑龙江	11	0.22	0.24	0.44	0.58
甘肃	5	0.14	0.02	0.45	0.37
总计	1 070	0.29	0.07	1.28	0.75

注:HI 值为各省栀子苷暴露量均值与栀子苷的健康指导值之比

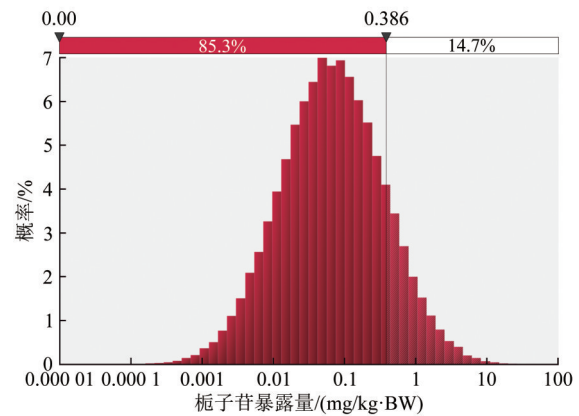


图 2 我国居民栀子苷暴露分布图[对 X 轴进行对数转换]

Figure 2 Distribution of exposure to geniposide in China's population (Logarithmic conversion of the X-axis)

### 3 讨论

随着人们健康意识的提高和中药市场的快速发展,栀子的食用市场需求逐渐增加。近些年越来越多的研究表明栀子及其主要活性成分栀子苷对肝、肾等脏器可能产生损伤作用,增加了栀子食用的健康风险<sup>[8,46]</sup>。为了解我国栀子食用人群栀子苷暴露水平,有必要开展食用安全性评估。本研究通过系统文献检索,收集了近 15 年发表的来自我国 16 省市栀子样品中栀子苷含量研究,提取了采用高效液相色谱法检测的栀子中栀子苷含量数据,并于 2022 年从市场采集 92 份不同产地的栀子进行栀子苷含量检测。依据《食品安全风险评估数据需求及采集要求》对不同来源的栀子苷含量数据进行整合,分析发现不同地区及不同年份栀子苷含量均值在 26.57~58.66 mg/g 之间,高于《中国药典》(2020 年)栀子中栀子苷含量要求(不少于 1.8%)。检测数据和文献提取数据之间存在显著差异性,一方面是文献报道的栀子苷含量相关文献发表年份为 2008 年至 2023 年,其时间跨度较大,样本量较多;而检测数据仅检测了 2022 年市场上采购的栀子样品,样本量

较少。另一方面文献提取数据来自于不同的研究,其检测方法的灵敏度存在差异性。本研究对栀子苷含量数据的年份-含量进行 Mann-Kendall 趋势检验,发现栀子苷含量与检测年份在  $\alpha=0.05$  显著性、置信度为 95% 的水平上未呈现明显的上升或下降趋势。从地区分布上来看,来自不同省份的栀子样品中栀子苷含量水平不同,各省份栀子样品中栀子苷平均含量差异具有显著性( $P<0.05$ )。不同地区栀子中栀子苷含量存在差异的原因较为复杂,可能涉及到土壤、气候、种植方式、品种等多个因素<sup>[47-48]</sup>。

对 9 省人群栀子消费状况的调查了解到居民对栀子的食用形式包括泡茶、泡酒、做调味品、煲汤、做菜等,主要是以干品食用人数居多。调查结果显示 9 省栀子总体食用率为 10.23%,调查人群中食用人群占比较低,福建省食用人群占比最高,为该省调查人数的 85.57%,甘肃、黑龙江、浙江 3 省食用率均低于 2%。食用人群平均食用量为 0.36 g/d,高消费人群(P95)食用量为 1.48 g/d。作为食品每日食用量低于《中国药典》中栀子最低用量(6 g)。为了解 9 省栀子食用者栀子苷膳食暴露水平,对 9 省栀子中栀子苷含量进行匹配,发现甘肃和黑龙江 2 省栀子苷含量数据缺失,采用邻近省份含量平均值替代原则,利用四川和辽宁 2 省栀子苷含量均值进行替代,以开展各省栀子苷暴露评估。

本研究首先针对具有个体消费量的 9 省开展简单分布评估,以了解栀子苷膳食暴露水平及栀子食用者健康风险。通过各省栀子样品中栀子苷含量平均值结合栀子食用者个体消费量和体质量,同时考虑不同食用方式下栀子苷浸出率,根据风险评估保守原则,将栀子苷浸出率设定为常数 86.40%,计算 9 省栀子食用者栀子苷暴露均值及不同百分位数,以了解消费人群暴露水平。评估结果显示,我国 9 省栀子食用人群栀子苷暴露量均值为 0.29 mg/kg·BW,高消费人群暴露量(P95)为 1.28 mg/kg·BW,HI 值分别为 0.75、3.32,提示 9 省栀子食用人群栀子苷膳食暴露健康风险总体处于可接受水平,但栀子高消费人群栀子苷膳食暴露存在健康风险(HI>1)。从地区分布来看,河南省、贵州省、广东省栀子食用人群栀子苷平均暴露量较高,超过 TDI 值(HI>1),提示 3 省栀子食用者存在健康风险。从个体食用者栀子苷暴露分析可知,9 省有 17.20%(184 人)栀子食用者平均暴露量高于 TDI,存在健康风险,其中河南省有近一半的栀子食用者(44.64%)栀子苷个体暴露量高于 TDI。

为进一步了解我国居民栀子食用者栀子苷暴

露水平及健康风险,采用概率评估法,拟合 16 省栀子中栀子苷含量数据、9 省个体消费量及体质量数据,通过对样本进行随机抽样,推断总体样本分布特征。概率评估结果显示,我国栀子食用人群栀子苷平均暴露量为 0.27 mg/kg·BW,中位数暴露量为 0.07 mg/kg·BW,高消费人群暴露量(P95)为 1.04 mg/kg·BW,HI 值分别为 0.70、0.18、2.69,提示我国栀子食用人群栀子苷平均暴露水平不存在健康风险,但高消费人群(P95)健康危害指数远高于 1,存在栀子苷膳食暴露健康风险。概率评估显示我国食用人群栀子食用量达到 0.39 g/d(干)、0.98 g/d(鲜)时,栀子苷暴露量达到 TDI 值。

本次评估存在一定的不确定性。首先栀子中栀子苷含量数据主要来源于已发表文献,虽然研究显示栀子苷检测方法主要为高效液相色谱法,但仍需考虑各研究中检测方法灵敏度、检出限及定量限、数值展示方式等方面存在一定的差异,对暴露评估可能产生影响,另外含量数据文献来源年份跨度较大,在简单分布评估中取平均值作为计算依据,存在不确定性。其次消费量仅调查了全国 9 省 15 岁及以上部分居民栀子消费量,虽然福建和江西作为栀子的道地产区以专项调查形式纳入消费量调查省份,但总体食用人群数量较低,再外推至全国人群栀子消费状况,消费人群代表性存在不确定性。此外,在本研究中仅考虑了栀子作为食药物质直接食用情况,未纳入以栀子为原料制作的食品产品以及其他栀子相关食品带入的栀子苷暴露,可能存在低估的情况。通过对 9 省居民栀子的消费情况进行拟合分布,运用概率评估方法估计全国的暴露水平,上述研究结果可在一定程度上反映我国栀子食用人群的消费水平和栀子苷暴露水平。

本研究结果表明,我国居民栀子食用率较低,栀子苷高暴露人群(P95)存在一定的健康风险,栀子食用量是栀子苷暴露的主要影响因素,应采取一定的管理措施以降低作为食品食用栀子的量。近年来,养生话题热度居高不下,“健康中国”战略的提出,药食同源理念深入大众,在加大药食同源物质的科普宣传力度的同时,也应加深食用人群对栀子的用法用量的了解和认识,避免因过度食用而使“药膳补身”具有潜在的健康风险。另一方面应加深对栀子的健康损伤作用的研究,深入探讨栀子肝毒性的物质基础与栀子苷的关系,为栀子的合理开发利用提供基础支持,同时应扩大栀子消费量调查的范围,为栀子食用安全评估提供更科学合理的数据支撑。

## 参考文献

- [1] 吴普. 神农本草经[M]. 北京: 商务印书馆, 1937: 79.  
WU P. The Herbal Classics of Shennong [M]. Beijing: The Commercial Press, 1937: 79.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.  
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [3] CHEN X Y, JIANG W W, LIU Y L, et al. Anti-inflammatory action of geniposide promotes wound healing in diabetic rats[J]. Pharm Biol, 2022, 60(1): 294-299.
- [4] CHEN S, SUN P, ZHAO X, et al. Gardenia jasminoides has therapeutic effects on L-NNA-induced hypertension in vivo[J]. Mol Med Rep, 2017, 15(6): 4360-4373.
- [5] DAI M M, WU H, LI H, et al. Effects and mechanisms of Geniposide on rats with adjuvant arthritis[J]. Int Immunopharmacol, 2014, 20(1): 46-53.
- [6] LUO Y, GAO F, CHANG R, et al. Metabolomics based comprehensive investigation of Gardeniae Fructus induced hepatotoxicity[J]. Food Chem Toxicol, 2021, 153: 112250.
- [7] YAMANO T, TSUJIMOTO Y, NODA T, et al. Hepatotoxicity of geniposide in rats [J]. Food Chem Toxicol, 1990, 28(7): 515-9.
- [8] 王晓慧, 张帆, 王利军, 等. 京尼平苷和京尼平的肝毒性比较研究[J]. 中国临床药理学杂志, 2022, 38(1): 44-47.  
WANG X H, ZHANG F, WANG L J, et al. Comparative study on the hepatotoxicity of genipin and Genipin [J]. Chinese Journal of Clinical Pharmacology, 2022, 38(1): 44-47.
- [9] 田婧卓, 梁爱华, 易艳, 等. 栀子及其复方栀子豉汤长期用药潜在安全风险研究及建议[J]. 中国食品药品监管, 2018(10): 25-34.  
TIAN J Z, LIANG A H, YI Y, et al. Study and suggestion on potential safety risks of Gardenia and its compound Gardenia Tempeh decoction for long-term drug use [J]. China Food and Drug Regulation, 2018(10): 25-34.
- [10] 杜曾, 邱剑楠, 郭真, 等. 不同剂量和疗程栀子苷调控慢性胆汁淤积的疗效/肝毒性效应机制[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(07): 4048-4053.  
DU Z, QIU J N, GUO Z, et al. Effects of different doses and courses of gardenin on the regulation of chronic cholestasis/mechanism of hepatotoxic effects [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 37(07): 4048-4053.
- [11] TIAN J, YI Y, ZHAO Y, et al. Oral chronic toxicity study of geniposide in rats[J]. J Ethnopharmacol, 2018, 213: 166-175.
- [12] 苏颂. 本草图经[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1994: 372.  
SU S. The Book of Materia Medica [M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1994: 372.
- [13] 李明利, 赵佳琛, 金艳, 等. 经典名方中栀子的本草考证[J]. 中国现代中药, 2020, 22(8): 1287-1302.  
LI M L, ZHAO J C, JIN Y, et al. Research on the materia medica of Gardenia in classical prescriptions[J]. Modern Chinese Medicine, 2020, 22(8): 1287-1302.
- [14] 原静, 伍水平, 邓绍勇. 中药材栀子价格波动特征的实证研究[J]. 价格理论与实践, 2021(9): 120-123, 203.  
YUAN J, WU S P, DENG S Y. An empirical study on the price fluctuation characteristics of Chinese herbal medicine Gardenia [J]. Price Theory and Practice, 2021(9): 120-123, 203.
- [15] 崔悦, 张葆祺, 李乐乐, 等. UFLC-MS/MS法同时测定栀子中5种有效成分的含量[J]. 中国兽医杂志, 2022, 58(9): 80-87.  
CUI Y, ZHANG B Q, LI L L, et al. Simultaneous determination of 5 active components in Gardenia by UFLC-MS/MS method [J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2022, 58(9): 80-87.
- [16] 周聪, 周利, 李翔, 等. UPLC-MS/MS法测定栀子中14个萜类成分的含量[J]. 中药材, 2022, 45(7): 1644-1649.  
ZHOU C, ZHOU L, LI X, et al. Determination of 14 terpenoids in Fructus jasminoides by UPLC-MS/MS method [J]. Chinese Traditional Medicine, 2022, 45(7): 1644-1649.
- [17] 黄青萍. 高效液相法测定不同产地栀子中栀子苷的含量[J]. 医学信息, 2008, 21(9): 1706-1707.  
HUANG Q P. Determination of gardenoside in gardenia from different producing areas by HPLC [J]. Medical Information, 2008, 21(9): 1706-1707.
- [18] 李竹雯. HPLC法测定4种不同产地栀子中栀子苷的含量[J]. 中国医药导报, 2009, 6(34): 39-41.  
LI Z W. Determination of Geniposide in 4 kinds of gardenia from different producing areas by HPLC [J]. China Medical Review, 2009, 6(34): 39-41.
- [19] 毕志明, 周小琴, 汤丹, 等. 内标校正法在中药栀子多成分同时定量分析中的应用[J]. 中国药科大学学报, 2010, 41(1): 50-54.  
BI Z M, ZHOU X Q, TANG D, et al. Application of internal standard correction method in simultaneous quantitative analysis of multiple components of Chinese herb Gardenia [J]. Journal of China Pharmaceutical University, 2010, 41(1): 50-54.
- [20] 廖夫生, 侯永春. HPLC法测定江西栀子中栀子苷含量研究[J]. 广州化工, 2011, 39(22): 68-69, 72.  
LIAO F S, HOU Y C. Determination of Geniposide in Fructus gardeniae of Jiangxi Province by HPLC [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2011, 39(22): 68-69, 72.
- [21] 张留记, 刘钦松, 屠万倩, 等. RP-HPLC法同时测定不同产地栀子中栀子苷、西红花苷-I和西红花苷-II的含量[J]. 中国药房, 2011, 22(7): 630-632.  
ZHANG L J, LIU Q S, TU W Q, et al. Simultaneous determination of gardenoin, crocin I and crocin II in gardenia from different producing areas by RP-HPLC method [J]. Chinese Pharmacy, 2011, 22(7): 630-632.
- [22] 廖华军, 檀伟静, 林珠灿, 等. 多波长高效液相色谱法测定不同产地栀子中3种有效成分的含量[J]. 福建中医药大学学报, 2012, 22(6): 36-38.  
LIAO H J, TAN W J, LIN Z C, et al. Determination of three active components in Gardenia from different habitats by multi-wavelength high performance liquid chromatography [J]. Journal of Fujian University of Traditional Chinese Medicine, 2012, 22(6): 36-38.
- [23] 刘若楠, 杨志玲, 莫润宏. 多波长HPLC法同时测定栀子药

- 材中3种有效成分的含量[J]. 中华中医药杂志, 2012, 27(9): 2438-2440.
- LIU R N, YANG Z L, MO R H. Simultaneous Determination of 3 active Components in Gardenia by multi-wavelength HPLC[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2012, 27(9): 2438-2440.
- [24] 刘武占, 范建伟, 高艳红, 等. HPLC同时测定栀子中8个环烯醚萜苷类成分的含量[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(16): 2417-2421.
- LIU W Z, FAN J W, GAO Y H, et al. Simultaneous determination of 8 iridoid glycosides in Gardenia jasminoides by HPLC[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2012, 37(16): 2417-2421.
- [25] 蒲艳春, 徐艳丽, 崔静茹. 正交设计法优选栀子苷提取工艺[J]. 中华中医药学刊, 2012, 30(5): 1029-1030.
- PU Y C, XU Y L, CUI J R. Optimization of extraction technology of geniposide by orthogonal design [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2012, 30(5): 1029-1030.
- [26] 李云, 吴建雄, 石伟, 等. HPLC同时测定栀子药材中两类活性成分[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2015(11): 2229-2234.
- LI Y, WU J X, SHI W, et al. Simultaneous determination of two active components in Gardenia by HPLC[J]. World Science and technology-Modernization of Traditional Chinese Medicine, 2015(11): 2229-2234.
- [27] 王永香, 米慧娟, 李森, 等. 不同产地栀子药材中8种主要药效成分的含量测定及聚类分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(20): 44-48.
- WANG Y X, MI H J, LI M, et al. Determination and cluster analysis of 8 main pharmacodynamic components of Gardenia from different places[J]. Chinese Journal of Experimental Formulae, 2015, 21(20): 44-48.
- [28] 李晓芳, 李立芳, 叶喜德, 等. HPLC法测定四川栀子中栀子苷含量[J]. 江西中医药, 2016, 47(1): 66-67.
- LI X F, LI L F, YE X D, et al. Determination of gardenin in Sichuan Gardenia by HPLC [J]. Jiangxi Traditional Chinese Medicine, 2016, 47(1): 66-67.
- [29] 刘聪, 蔡晓洋, 李敏. 基于多成分定量及指纹图谱分析评价不同产地栀子质量[J]. 亚太传统医药, 2016, 12(16): 29-33.
- LIU C, CAI X Y, LI M. Quality evaluation of Gardenia from different origin based on multi-component quantification and fingerprint analysis[J]. Asian-pacific Traditional Medicine, 2016, 12(16): 29-33.
- [30] 钱珺, 石燕红, 陈绍成, 等. UPLC法测定栀子中的4种成分[J]. 中成药, 2016, 38(3): 708-711.
- QIAN J, SHI Y H, CHEN S C, et al. Determination of 4 components in Gardenia by UPLC method [J]. Chinese Patent Medicine, 2016, 38(3): 708-711.
- [31] 邱婧然, 邓雪华, 熊辉, 等. 不同产地栀子中栀子苷含量的比较[J]. 中国现代中药, 2016, 18(3): 316-317,320.
- QIU J R, DENG X H, XIONG H, et al. Comparison of contents of gardenin in gardeniae from different producing areas[J]. Modern Chinese Medicine, 2016, 18(3): 316-317,320.
- [32] 吴亚超, 杨文静, 张磊, 等. 栀子中栀子苷等7个化学成分测定及质量评价[J]. 中国药学杂志, 2016, 51(10): 841-847.
- WU Y C, YANG W J, ZHANG L, et al. Determination and quality evaluation of 7 chemical components of Gardenin from Gardeniae [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Sciences, 2016, 51(10): 841-847.
- [33] 蔡艳, 宋剑, 贾继明. 双波长 HPLC 法建立栀子药材的指纹图谱[J]. 西北药学杂志, 2017, 32(2): 147-150.
- CAI Y, SONG J, JIA J. Establishment of fingerprint of gardenia by dual-wavelength HPLC [J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2017, 32(2): 147-150.
- [34] 关皎, 朱鹤云, 李菁, 等. UFLC法同时测定栀子中4种活性成分的含量[J]. 中药新药与临床药理, 2017, 28(2): 219-222.
- GUAN J, ZHU H Y, LI J, et al. Simultaneous determination of 4 active ingredients in Gardenia by UFLC method [J]. New Chinese Medicine and Clinical Pharmacology, 2017, 28(2): 219-222.
- [35] 李兆星, 申洁, 何春年, 等. 基于UPLC技术测定栀子主要有效成分及特征指纹图谱研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2017, 19(2): 344-350.
- LI Z X, SHEN J, HE C N, et al. Study on determination of main active components and characteristic fingerprint of Gardenia by UPLC technology[J]. World Science and technology-Modernization of Traditional Chinese Medicine, 2017, 19(2): 344-350.
- [36] 曹虹虹, 严维花, 郭爽, 等. 基于多成分测定及指纹图谱评价不同产地栀子质量[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(18): 4026-4033.
- CAO H H, YAN W H, GUO S, et al. Evaluation of quality of Gardenia from different places based on multi-component determination and fingerprint analysis [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2019, 44(18): 4026-4033.
- [37] 王琪, 李晓琦, 黄萌萌, 等. 基于指纹图谱及多成分含量的化学模式识别法评价不同产地栀子药材的质量[J]. 中草药, 2019, 50(11): 2690-2699.
- WANG Q, LI X Q, HUANG M M, et al. Evaluation of quality of Gardenia from different places by chemical pattern recognition method based on fingerprint and multi-component content [J]. Chinese Herbal Medicine, 2019, 50(11): 2690-2699.
- [38] 徐鑫, 戚华文, 高德嵩, 等. 基于化学模式识别的栀子UPLC定量指纹图谱研究[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(18): 4416-4422.
- XU X, QI H W, GAO D S, et al. Quantitative fingerprinting of Gardenia gardenia by UPLC based on chemical pattern recognition [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2020, 45(18): 4416-4422.
- [39] 叶潇, 冯伟红, 张东, 等. 栀子中非西红花苷类成分与其性状相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(15): 4098-4109.
- YE X, FENG W H, ZHANG D, et al. Study on correlation between non-crocin components and their characters in Gardenia gardenia [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 47(15): 4098-4109.
- [40] 陈家栋, 姜武, 黄宗贵, 等. 基于多指标分析的不同产地栀子质量研究[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(2): 323-327.
- CHEN J D, JIANG W, HUANG Z G, et al. Study on quality of Gardenia from different origin based on multi-index analysis [J]. Zhejiang Agricultural Sciences, 2023, 64(2): 323-327.



- [41] 付小梅, 彭水梅, 刘婧, 等. HPLC法同时测定栀子类药材中10个主要有效成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2014, 34(4): 615-621.  
FU X M, PENG S M, LIU J, et al. Simultaneous determination of 10 Main active components in Gardenia by HPLC [J]. Journal of Pharmaceutical Analysis, 2014, 34(4): 615-621.
- [42] 周小琴, 卢瑞芯, 司徒少金, 等. 基于核壳色谱柱快速测定栀子中栀子苷和西红花苷-1含量[J]. 中国中医药信息杂志, 2018, 25(5): 86-89.  
ZHOU X Q, LU R X, SITU S J, et al. Determination of contents of gardenin and crocin 1 in Gardenia jasminoides by core-shell chromatographic column [J]. China Information Journal of Traditional Chinese Medicine, 2018, 25(5): 86-89.
- [43] 胡瑶, 雷星宇, 李宏告, 等. 不同产地栀子主要成分含量的测定[J]. 中国农学通报, 2023, 39(28): 126-130.  
HU Y, LEI X Y, LI H G, et al. Determination of main components of Gardenia from different places [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2023, 39(28): 126-130.
- [44] 薛绍玲. 栀子中栀子苷的分离纯化工艺研究[D]. 广西大学, 2007.  
XUE S L. Study on purification technology of Gardenoside from Gardeniae [D]. Guangxi University, 2007.
- [45] 秦周, 李依玲, 刘佳琳, 等. 我国居民经大米摄入无机砷的暴露水平及其健康风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(06): 727-732.  
QIN Z, LI Y L, LIU J L, et al. Exposure level and health risk assessment of Chinese residents ingested inorganic arsenic from rice [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2021, 33(06): 727-732.
- [46] LI C, GAO X, GAO X, et al. Effects of medicine food Fructus Gardeniae on liver and kidney functions after oral administration to rats for 12 weeks[J]. J Food Biochem, 2021, 45(7): e13752.
- [47] XIAO R C, LUO G M, DONG L H, et al. Comparison of chemical constituents in different parts of Gardenia jasminoides based on multiple wavelength HPLC-DAD [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2017, 42(23): 4636-4640.
- [48] LIANG X, WAN D, TAN L, et al. Dynamic changes of endophytic bacteria in the bark and leaves of medicinal plant Eucommia ulmoides in different seasons [J]. Microbiol Res, 2023, 280: 127567.

(上接第376页)

匡 华(江南大学食品学院)

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)

赵贵明(中国检验检疫科学研究院)

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)