

## 风险评估

## 杭州市居民发酵类食品中氨基甲酸乙酯的暴露评估

王玲莉,黄春萍,陈树昶

(杭州市疾病预防控制中心,浙江 杭州 310021)

**摘要:**目的 通过分析杭州市主要发酵类食品中氨基甲酸乙酯含量及居民食物消费量,评估杭州市居民膳食中氨基甲酸乙酯暴露水平及其潜在风险。方法 利用2014年杭州市居民发酵类食物消费量数据,以及在杭州市采集的373份食品样品的检测结果,获得杭州市居民膳食中氨基甲酸乙酯的摄入量,利用点估计法对居民由膳食摄入的氨基甲酸乙酯进行风险评估。结果 共检测食品样品373份,检出含氨基甲酸乙酯样品160份,总检出率为42.9%,其中黄酒检出率为100.0%(37/37),其次为南乳、药酒、土烧及白酒,检出率均超过80%,而发酵面制品、发酵乳制品、发酵豆制品(除腐乳)、发酵茶饮料、啤酒及醋中氨基甲酸乙酯含量均低于检出限。按照食物消费量的均值估算,杭州市居民每日氨基甲酸乙酯平均暴露量为 $0.0764 \mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,总暴露限值(MOE)为3 932;根据食品化学物高端暴露模型计算,杭州市居民氨基甲酸乙酯高暴露人群每天摄入量为 $0.3093 \mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,MOE为970。结论 杭州市居民膳食中氨基甲酸乙酯的平均暴露水平已经超过公共卫生关注度界点,尤其是氨基甲酸乙酯高暴露人群,存在较高健康风险,应对这部分人群予以高度关注。

**关键词:**氨基甲酸乙酯;食品污染物;发酵类食品;暴露评估;点估计

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2017)01-0105-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2017.01.024

**Exposure assessment for Hangzhou residents to ethyl carbamate from fermented foods**

WANG Ling-li, HUANG Chun-ping, CHEN Shu-chang

(Hangzhou Center for Disease Prevention and Control, Zhejiang Hangzhou 310021, China)

**Abstract: Objective** To analyze the ethyl carbamate level in fermented foods and the dietary intake of residents in Hangzhou, and to assess the risk. **Methods** Based on the data of fermented food consumption and the results of 373 food samples collected in Hangzhou in 2014, the residents' intake of ethyl carbamate was obtained. The risk of dietary intake of ethyl carbamate was assessed. **Results** Ethyl carbamate was detected in 160 of 373 samples (42.9%) from 8 categories of food. Yellow wine samples were all positive and the detection rates of fermented red beancurd, white spirit, medicinal wine, cooking wine were all above 80%. The levels of ethyl carbamate in fermented flour products, fermented dairy products, fermented bean products (except preserved beancurd), fermented tea, beer and vinegar were all below the detection limit. In accordance with the mean value of food consumption estimates, the average ethyl carbamate exposure of Hangzhou residents from fermented foods were  $0.0764 \mu\text{g}/\text{kg BW}$  per day and the margin of exposure (MOE) value was 3 932. The high exposure in Hangzhou residents were  $0.3093 \mu\text{g}/\text{kg BW}$  per day and the MOE value was 970. **Conclusion** The average dietary ethyl carbamate exposure of Hangzhou residents from fermented foods exceeded the point of a public health concern, and more attention should be paid to the consumers with high exposure to ethyl carbamate.

**Key words:** Ethyl carbamate; food contaminants; fermented foods; exposure assessment; point estimate

氨基甲酸乙酯(ethyl carbamate, EC)又名尿烷,广泛存在于各种酒精饮料(白酒、葡萄酒、黄酒等)、面包、腐乳、酸乳酪、酱油等发酵食品中,是发酵类食品在发酵或贮存过程中天然产生的化学物<sup>[1]</sup>。现有研究表明,对于啮齿类动物,EC是一种多位点

致癌物,可导致肺癌、淋巴瘤、肝癌和皮肤癌等疾病<sup>[2]</sup>。EC是近年来国际上新出现的食品安全问题,被认为是继黄曲霉毒素之后食品安全领域的又一重要问题。国际上对其在食品安全领域的关注程度日益增加,1999年国际食品法典添加剂和污染物专门委员会(CCFAC)将EC列入优先名单,2002年联合国粮农组织将EC列为重点监控物质,使其成为近年来国际社会高度关注的食品安全问题。2007年,国际癌症研究机构把EC修订为2A类致

收稿日期:2016-10-24

基金项目:杭州市科技局社会发展科研专项(20120433B02)

作者简介:王玲莉 女 主管医师 研究方向为食品安全风险监测和评估 E-mail:hzcwll@163.com

癌物(即可能的人类致癌物)<sup>[3]</sup>。目前国际上尚未制定统一的 EC 限量标准,只有少数几个国家,如加拿大、美国、法国、德国、韩国等已经制定了部分酒精饮料中 EC 的最高限量。

随着我国居民生活水平的提高,酒精饮料的消费量日趋上升,由 EC 带来的潜在健康风险也越来越受到关注。目前有研究显示部分发酵类食品中 EC 含量较高<sup>[1,4,6]</sup>,但对人群 EC 膳食暴露的全面评估却鲜有报道。本研究通过分析杭州市售、家庭自制发酵食品及酒精饮料中 EC 含量,结合杭州市居民发酵类食物消费量调查数据,全面评估杭州市居民膳食 EC 暴露的风险。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 样品采集

从杭州市开展食物消费量调查的 5 个区、县(市)的各零售超市、农贸市场、面包房及农户家中购买不同数量、不同品牌的各类发酵食品,共采集 373 份样品,其中啤酒、葡萄酒、白酒、黄酒、米酒、土烧、药酒等酒精饮料 194 份,发酵面制品、发酵豆制品、发酵肉制品、发酵蔬菜、发酵乳制品、发酵茶饮料、调味品(酱油、醋、料酒、酱料)等非酒精类发酵食品 179 份。

#### 1.1.2 食物消费量数据

食物消费量数据来自 2014 年杭州市居民发酵类食物摄入状况调查的监测数据。该数据是采用多阶段分层随机抽样方法,在杭州市抽取 5 个区县(包括 2 个城区和 3 个郊县)的 490 户家庭,合计 1 607 人,进行发酵食物消费量调查,调查采用食物频率调查表法,获得被调查者过去一年的发酵类食物消费量数据。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 样品中 EC 含量检测

酒精饮料样品采用 SN/T 0285—2012《出口酒中氨基甲酸乙酯残留量检测方法 气相色谱-质谱法》<sup>[7]</sup>,非酒精类发酵食品样品参照该法,经乙腈-正己烷液-液分配和基质固相萃取技术净化,气相色谱-质谱法检测,内标法定量。检出限均为 0.005 mg/kg。

#### 1.2.2 未检出数据的处理

根据世界卫生组织对未检出数据的处理原则,当未检出数据的比例低于 60% 时,所有未检出数据用 1/2 检出限(LOD)替代,当未检出数据的比例高于 60% 时,所有未检出数据用 LOD 替代<sup>[8]</sup>。

#### 1.2.3 人群 EC 暴露量估计

以 2014 年杭州市居民发酵类食物摄入量状况调

查获得的 1 607 名被调查者中每一个体的体重和对各类食品的消费量数据为基础,结合不同类别食品中 EC 的含量数据,计算每个个体每日每公斤体重 EC 的摄入量,其公式为:

$$Exp = \sum_{i=1}^n \frac{(F_i \times C_i)}{W}$$

其中:Exp 指居民每日每公斤体重膳食 EC 暴露量,μg/kg BW;F<sub>i</sub> 为第 i 种食品的消费量,g/d;C<sub>i</sub> 为第 i 种食品中 EC 的含量,是食品中 EC 含量的平均值,mg/kg;W 为某个体的体重,kg。

采用张磊等<sup>[9]</sup>建立的食品化学物高端暴露膳食模型(3 + x 高端暴露模型)评估高 EC 膳食暴露的亚人群,其公式为:

$$HExp_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n HExp_i + \sum_{j=4}^n AExp_j$$

其中:HExp<sub>总</sub> 为人群通过多种食物的高端暴露量,μg/kg BW;HExp<sub>i</sub> 为人群通过高暴露食物的高端暴露量,μg/kg BW;AExp<sub>j</sub> 为人群通过非高暴露食物的平均暴露量,μg/kg BW;i 和 j 分别为高暴露食物类别和其他非高暴露食物类别。

#### 1.2.4 人群 EC 风险分析

采用暴露限值(margin of exposure, MOE)方法,即有害效应观察终点与人群 EC 估计摄入量的比值。本评估采用以诱发动动物支气管肺泡癌作为观察终点推算的基准剂量低限值(benchmark dose lower confidence limit, BMDL),为每天 0.3 mg/kg BW,将其除以本次调查所获得的人群暴露量来计算其暴露边界比 MOE,即 MOE = BMDL/人群估计摄入量。MOE 越小,该物质致癌风险就越大,反之就越小,通常认为 MOE ≥ 10 000 具有较低的公共卫生关注度<sup>[10]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 发酵类食品中 EC 含量

共监测食品样品 373 份,检出含 EC 样品 160 份,总检出率为 42.9%,其中黄酒样品 EC 检出率为 100.0% (37/37),其次为南乳、药酒、土烧及白酒,检出率均超过 80%,而发酵面制品、发酵乳制品、其他发酵豆制品、发酵茶饮料、啤酒及食醋中 EC 含量均低于检出限。南乳、黄酒、白酒及料酒中 EC 平均含量较高,为 0.133 8 ~ 0.419 7 mg/kg,最高检出值为南乳,为 1.360 0 mg/kg,具体分析结果见表 1。

### 2.2 发酵类食物消费量

2014 年对 1 607 名杭州市居民进行的食物消费量调查结果表明(表 2),杭州市居民食用发酵类食物量普遍较低,除发酵面制品、发酵乳制品、啤酒及发酵茶饮料外,其余发酵食品的人均日消费量均低

表1 各类发酵食品中氨基甲酸乙酯含量

Table 1 EC concentration of fermented foods

食物类别	样品数 /份	检出率/%	EC 含量/(mg/kg)				
			最小值	均值	P50	P97.5	最大值
发酵面制品	16	0.0(0/16)	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0
南乳	13	92.3(12/13)	0.002 5	0.419 7	0.362 0	1.252 0	1.360 0
白腐乳	10	60.0(6/10)	0.002 5	0.058 1	0.022 5	0.272 2	0.324 0
其他发酵豆制品	8	0.0(0/8)	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0
发酵蔬菜	20	10.0(2/20)	0.005 0	0.006 0	0.005 0	0.016 0	0.017 0
发酵肉制品	16	6.2(1/16)	0.005 0	0.005 1	0.005 0	0.005 6	0.006 0
发酵乳制品	13	0.0(0/13)	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0
发酵茶饮料	11	0.0(0/11)	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0
啤酒	20	0.0(0/20)	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0
黄酒	37	100.0(37/37)	0.035 0	0.169 6	0.128 0	0.358 0	0.466 0
白酒	49	81.6(40/49)	0.002 5	0.133 8	0.099 0	0.448 4	0.544 0
葡萄酒	33	21.2(7/33)	0.005 0	0.006 1	0.005 0	0.012 0	0.020 0
米酒	28	46.4(13/28)	0.005 0	0.024 8	0.005 0	0.180 0	0.284 0
果酒	5	60.0(3/5)	0.002 5	0.077 8	0.090 0	0.192 6	0.204 0
蒸馏烈酒	5	40.0(2/5)	0.002 5	0.017 5	0.002 5	0.056 0	0.060 0
土烧	11	81.8(9/11)	0.002 5	0.046 0	0.027 0	0.160 0	0.177 0
药酒	6	83.3(5/6)	0.002 5	0.081 2	0.029 0	0.252 4	0.267 0
酱油	27	44.4(12/27)	0.002 5	0.012 0	0.002 5	0.047 2	0.055 0
食醋	14	0.0(0/14)	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0
料酒	15	73.3(11/15)	0.002 5	0.139 5	0.022 0	0.819 6	1.024 0
酱料	16	0.0(0/16)	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0	0.005 0
合计	373	42.9(160/373)	0.002 5	0.062 0	0.005 0	0.433 1	1.360 0

表2 2014年杭州市全人群发酵类食物消费量(n=1 607,g/d)

Table 2 Fermented food consumption of people in Hangzhou in 2014

食物种类	消费量均值	P50	P97.5	P99	最小值	最大值
发酵面制品	76.34	44.38	318.58	490.65	0.00	986.30
南乳	0.51	0.00	4.93	9.86	0.00	49.32
白腐乳	1.07	0.00	6.96	14.25	0.00	356.16
其他发酵豆制品	1.57	0.00	14.25	28.49	0.00	92.60
发酵蔬菜	6.04	0.99	42.74	71.23	0.00	591.78
发酵肉制品	4.80	0.16	33.64	49.32	0.00	808.77
发酵乳制品	74.50	26.08	295.89	394.52	0.00	2 367.12
发酵茶饮料	35.05	0.00	356.16	493.15	0.00	1 972.60
啤酒	61.98	0.00	587.84	986.30	0.00	3 453.04
黄酒	4.61	0.00	16.44	70.82	0.00	1 479.45
白酒	5.15	0.00	56.99	98.63	0.00	493.15
葡萄酒	2.59	0.00	18.74	49.32	0.00	595.89
米酒	3.73	0.00	5.16	45.61	0.00	2 145.21
果酒	1.41	0.00	9.86	34.76	0.00	197.26
蒸馏烈酒	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	250.00
土烧	3.73	0.00	28.49	127.04	0.00	493.15
药酒	0.19	0.00	0.00	0.61	0.00	106.85
酱油	6.16	3.71	28.11	40.20	0.00	85.87
食醋	2.80	1.39	15.14	21.31	0.00	71.56
料酒	7.95	3.57	49.73	72.85	0.00	142.73
酱料	2.13	0.29	13.20	17.86	0.00	71.56
合计	302.63	213.78	1 125.26	1 584.96	0.00	3 718.16

于 10 g/d,南乳、白腐乳、其他发酵豆制品、发酵茶饮料及酒精饮料的消费量中位数为 0 g/d。

### 2.3 人群 EC 暴露量及风险评估

以各类发酵食品中 EC 含量的平均值<sup>[11]</sup>,结合 2014 年杭州市居民发酵类食物消费量调查结果进行膳食暴露估计,再结合 BMDL 值对居民膳食 EC

暴露风险进行初步评估。评估结果显示,杭州市居民每日从膳食(不包括酒精饮品)中摄入 EC 为 0.045 0 μg/kg BW,每日从酒精饮品中摄入 EC 为 0.031 4 μg/kg BW,每日从所有发酵类食品和酒精饮品中摄入 EC 的总量为 0.076 4 μg/kg BW,总 MOE 为 3 932,具有较高公共卫生关注度。贡献率

最高的3种发酵类食品分别是料酒(25.69%)、黄酒(15.75%)及白酒(11.52%),其EC平均暴露量分别为0.0197、0.0120和0.0088  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,具体见表3。根据公式计算可得,杭州市居民通过多种食品的EC高端暴露量为0.3093  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,MOE为970。

表3 2014年杭州市居民膳食中EC暴露风险评估

Table 3 Risk assessment of dietary EC exposure from fermented foods by residents in Hangzhou in 2014

食物名称	消费量 均值 /(g/d)	EC含量 均值 /(mg/kg)	EC平均 暴露量 /( $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ )	贡献率 /%
发酵面制品	76.34	0.0050	0.0070	9.11
南乳	0.51	0.4197	0.0035	4.55
豆腐乳	1.07	0.0581	0.0011	1.43
其他发酵豆制品	1.57	0.0050	0.0001	0.18
发酵蔬菜	6.04	0.0060	0.0006	0.84
发酵肉制品	4.80	0.0051	0.0005	0.59
发酵乳制品	74.50	0.0050	0.0077	10.12
发酵茶饮料	35.05	0.0050	0.0031	4.11
啤酒	61.98	0.0050	0.0047	6.09
黄酒	4.61	0.1696	0.0120	15.75
白酒	5.15	0.1338	0.0088	11.52
葡萄酒	2.59	0.0061	0.0002	0.30
米酒	3.73	0.0248	0.0012	1.51
果酒	1.41	0.0778	0.0016	2.13
蒸馏烈酒	0.32	0.0175	0.0001	0.11
土烧	3.73	0.0460	0.0026	3.34
药酒	0.19	0.0812	0.0002	0.32
酱油	6.16	0.0120	0.0013	1.72
食醋	2.80	0.0050	0.0002	0.32
料酒	7.95	0.1395	0.0197	25.69
酱料	2.13	0.0050	0.0002	0.24
合计	302.63	—	0.0764	100.00

注:暴露量=消费量 $\times$ EC含量/W;—表示该项不统计

### 3 讨论

EC食品安全问题已经引起世界各个国家的普遍关注,酒精饮料仍是EC暴露最高的食品。目前,EC含量已是国际上评价各类发酵酒品质的重要指标,为了应对EC带来的食品安全问题,国际上已经着手于EC含量控制策略和方法的研究。一些国家和地区,如加拿大、美国、欧盟等已对酒精饮料中EC含量制定限量标准,我国由于缺乏足够数量的各类食品中EC监测及相关食物消费量数据,对EC污染评估也尚未广泛开展,为数不多的膳食中EC暴露评估也仅是对单个食品中EC的暴露风险进行评估<sup>[4,10,12]</sup>,因此未制订相应的限量标准,相关工作已然滞后,存在一定食品安全隐患。

#### 3.1 杭州市居民膳食中EC暴露风险评估结果

本研究显示,杭州市居民平均每日EC摄入量为0.0764  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,MOE为3932;单独来自发酵

类食品(不包括酒精饮品)的EC暴露量为0.0450  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,MOE为6658;单独来自酒精饮料的EC暴露量为0.0314  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,MOE为9550。表明目前杭州市居民膳食中EC的平均暴露量对人群健康造成的风险较高,单独来自发酵食品(不包括酒精饮品)及单独来自酒精饮料的MOE均在 $10^3$ 水平,有较高的公共卫生关注度。贡献率最高的3种发酵类食品分别是料酒(25.69%)、黄酒(15.75%)及白酒(11.52%),其EC平均暴露量分别为0.0197、0.0120和0.0088  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ 。杭州市居民的烹饪习惯使得料酒的使用极为广泛,占调查人群的89.36%(1436/1607),且用量较高,再者由于黄酒、白酒的消费人群相对偏少,分别仅占调查人群的6.10%(98/1607)和12.26%(197/1607)。因此,本研究杭州市居民料酒的平均消费量超过了酱油、白酒及黄酒的平均消费量,导致发酵类食品中EC暴露贡献最大的食品是料酒。中国香港特别行政区2009年对当地居民消费的发酵食品中EC状况进行了风险评估<sup>[1]</sup>,显示居民每日EC摄入量为8.27 ng/kg BW,其中源于酒精饮料的EC摄入量为2.85 ng/kg BW。杭州市居民EC平均暴露量是中国香港地区居民的9.24倍,其中酒精饮料的EC平均暴露量是中国香港地区居民的11.02倍。本次研究在发酵类食品中检测到的EC含量与中国香港地区的结果大致相符,因此评估结果的差异主要由地区之间的饮食习惯差别所致(杭州市居民各类发酵食品的平均消费量是中国香港地区居民的2~10倍)。刘爱东等<sup>[10]</sup>对中国东南地区5省市居民黄酒中EC暴露的健康风险进行评估,人群黄酒EC暴露量为每日13.4 ng/kg BW,本研究中杭州市居民黄酒中EC平均暴露量0.0120  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,研究结果一致。

基于一个个体可能对数种不同食物的消费量处于平均水平,但是至少有两种或者三种食物的消费量处于较高水平的假设,本研究采用张磊等<sup>[9]</sup>构建的食品化学物高端暴露模型来评估杭州市EC高暴露食物消费人群的风险,结果显示,EC高暴露人群每天摄入EC为0.3093  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,MOE为970。以MOE=10000作为具有较低的公共卫生关注度界点,每日摄入0.03  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ 即可达到此关注度界点,本研究中EC高暴露食物消费人群的EC摄入量已经超过该数值约10倍,因此这部分人群健康风险应予以充分关注。

#### 3.2 不确定性分析

本研究分析了8类发酵类食品,共计373份食品样品的EC含量,每类食品的样品数量偏低。本研究中对于未检出数据的处理可能导致在一定程

度上高估了 EC 含量以及相应的摄入水平。本研究并未涵盖所有类别的发酵食品。某些发酵类食品,特别是杭州市居民并不常食用的发酵食品如东北红肠、水果白兰地等,没有包括在本研究内,可能在一定程度上低估了居民膳食中 EC 暴露水平。

本研究中食物消费量调查采用食物频率法,李艳平等<sup>[13]</sup>认为频率法需要被调查对象回忆过去一年的饮食模式,回忆可能不准确,因对食物份额或标准大小的估计不准,食物消费量的估计也可能不准确,因此评估结果存在一定不确定性。此外,本研究中食物消费量调查没有提供所有与 EC 暴露有关的消费量数据,如蒸馏烈酒消费者的消费量数据,只有整体蒸馏烈酒消费量数据,已知 EC 含量偏高的西式蒸馏烈酒如水果白兰地(欧洲食品安全局 744 ~ 747  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )<sup>[14]</sup>,没有个别消费量数据。这种合并食品分析法会产生“稀释效应”<sup>[8]</sup>,某些异常来源的 EC 含量高的食品可能被掩盖,因此,本研究中在水果白兰地上消费量较大的小人群的风险就很难被发现。后期应采用更加精确的简单分布法开展进一步评估。本研究未考虑食品加工过程中 EC 含量可能的变化,评估结果存在一定不确定性。

### 3.3 结论和建议

杭州市居民每日通过发酵类食品摄入的平均 EC 量已超过公共卫生关注度界点,对人群健康造成的影响较高,特别是 EC 高暴露人群(料酒、黄酒及白酒高消费人群),其 EC 暴露水平已超过临界点约 10 倍,对这部分人群的健康应予以高度关注。

2015 年,我国新制定并实施了食品中 EC 的测定方法 GB 5009.23—2014《食品安全国家标准 食品中氨基甲酸乙酯的测定》<sup>[15]</sup>,扩大了原标准 SN/T 0285—2012《出口酒中氨基甲酸乙酯残留量检测方法 气相色谱-质谱法》<sup>[7]</sup>的适用范围,并降低了检测限及定量限,大大提升了食品中 EC 的检测能力。建议我国尽快启动国家水平的 EC 暴露评估,为是否需要制定相关食品中 EC 的限量标准提供科学依据。

建议市民均衡饮食,切勿偏食,避免过量消费发酵类食品,特别是酒精饮品。把发酵食品贮存在阴暗处,避免积存过多,尽量缩短贮存时间,以减少

在贮藏过程中产生 EC。

### 参考文献

- [ 1 ] TANG A S, Chung S W, Kwong K, et al. Ethyl carbamate in fermented foods and beverages; dietary exposure of the Hong Kong population in 2007-2008[J]. Food Addit Contam, 2011, 4(3): 195-204.
- [ 2 ] JECFA Sixty-fourth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food contaminants[EB/OL]. (2005-02-17) [2016-06-24]. [http://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/jecfa64\\_call.pdf](http://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/jecfa64_call.pdf).
- [ 3 ] International Agency for Research on Cancer. Alcoholic beverage consumption and ethyl carbamate (urethane). IARC monograph 96 on the evaluation of carcinogenic risks to humans[R]. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2010: 113.
- [ 4 ] 何碧英, 李维克, 柳洁, 等. 深圳市售发酵食品中氨基甲酸乙酯污染状况的调查[J]. 中国热带医学, 2010, 10(1): 71-72.
- [ 5 ] WU P G, PAN X D, WANG L Y, et al. A survey of ethyl carbamate in fermented foods and beverages from Zhejiang, China[J]. Food Control, 2012, 23(1): 286-288.
- [ 6 ] 石维妮, 刘晓毅, 赵玉琪, 等. 发酵性食品中的氨基甲酸乙酯含量调研[J]. 中国发酵, 2009, 28(11): 124-126.
- [ 7 ] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. SN/T 0285—2012 出口酒中氨基甲酸乙酯残留量检测方法 气相色谱-质谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [ 8 ] 刘兆平, 李凤琴, 贾旭东, 等. 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: 185-187.
- [ 9 ] 张磊, 刘爱东, 刘兆平, 等. 食品化学物高端暴露膳食模型的建立[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47(6): 565-568.
- [ 10 ] 刘爱东, 蒋定国, 周萍萍, 等. 中国 5 省市居民黄酒中氨基甲酸乙酯的风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(3): 311-314.
- [ 11 ] 张磊, 刘兆平. 食品化学物风险评估中一些重要参数的选择和使用[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(3): 308-311.
- [ 12 ] 周萍萍, 周蕊, 赵云峰, 等. 葡萄酒中氨基甲酸乙酯污染评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2008, 20(3): 208-210.
- [ 13 ] 李艳平, 何宇纳, 翟凤英, 等. 称重法、回顾法和食物频率法评估人群食物摄入量的比较[J]. 中华预防医学杂志, 2006, 40(4): 273-280.
- [ 14 ] EFSA. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food chain on a request from the European Commission on ethyl carbamate and hydrocyanic acid in food and beverages[J]. EFSA Journal, 2007, 5(10): 1-44.
- [ 15 ] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.23—2014 食品安全国家标准 食品中氨基甲酸乙酯的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.