

- measures[M]. Geneva;WTO,2010.
- [3] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国食品安全法[Z]. 2009.
- [4] IPCS. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. [M]. Geneva;FAO/WHO,2009.
- [5] FAO/WHO. Guidelines for the preparation of working papers on intake of food additives for the joint FAO/WHO expert committee on food additives[M]. Geneva;FAO/WHO,2001.
- [6] Hansen S C. Toxicological evaluation of food additives [J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 1990, 11(1):3-7.
- [7] FAO/WHO. Report of a joint FAO/WHO workshop [R]//Methodology for exposure assessment of contaminants and toxins in food. Geneva;WHO,2000.
- [8] WHO. Joint UNEP/FAO/WHO food contamination monitoring and assessment programme (GEMS/Food) [R]//Assessment of dietary intake of chemical contaminants. Geneva;WHO,1992.
- [9] IPCS. Human exposure assessment. Environmental health criteria, No. 214[M]. Geneva;WHO, 2000.
- [10] EFSA. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on cadmium in food[J]. The EFSA Journal, 2009(980):43-44.
- [11] FAO/WHO. Seventy-third report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives [R]//Evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva;WHO,2011.
- [12] FSANZ. Principles and practices of dietary exposure assessment for food regulatory purpose[M]. Canberra;FSANZ,2009.
- [13] WHO. /Report on a workshop in the frame of GEMS/Food-EURO [R]//Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food. Rome;WHO,1995.
- [14] Institute of European Food Studies (IEFS). The effect of survey duration on the estimate of food chemical intakes, report number 3 [R]. Dublin;IEFS,1998.
- [15] Gregory J, Foster K, Tyler H, et al. The dietary and nutritional survey of British adults[M]. London; HMSO,1990.
- [16] EC. Report on methodologies for the monitoring of food additive intake across the European Union [R]. Luxembourg; Office of Publications of the European Communities,1998.
- [17] EFSA. Use of the EFSA comprehensive european food consumption database in exposure assessment [J]. The EFSA Journal, 2011, 9(3):2097.
- [18] 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.
- [19] IPCS. Principles for modelling dose-response for the risk assessment of chemicals[M]. Geneva;WHO,2009.

风险评估

中国5省市居民黄酒中氨基甲酸乙酯的风险评估

刘爱东, 蒋定国, 周萍萍, 高秀芬, 李建文, 张磊, 刘兆平, 杨大进

(国家食品安全风险评估中心, 北京 100022)

摘要:目的 对中国东南地区5省市居民黄酒中氨基甲酸乙酯暴露的健康风险进行评估。方法 利用2002年中国居民营养与健康状况调查5省市18岁及以上人群黄酒消费量数据,以及2010、2011年在5省市采集黄酒样品的检测结果,采用简单分布膳食暴露评估方法对人群经黄酒摄入氨基甲酸乙酯进行估计,并对造成的健康风险进行评估。结果 5省市黄酒中氨基甲酸乙酯的平均含量为0.103 mg/kg,最大值为0.498 mg/kg。18岁以上人群黄酒氨基甲酸乙酯平均暴露量为13.4 ng/kg BW,暴露限值为22 388。黄酒饮酒者氨基甲酸乙酯平均暴露量为427.8 ng/kg BW,暴露限值为701。结论 18岁及以上全部人群黄酒氨基甲酸乙酯暴露的健康风险较低,但在黄酒饮酒者中存在较高健康风险。

关键词:氨基甲酸乙酯;黄酒;风险评估;食品污染物;食品安全

中图分类号:R155;TS262.4 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2015)03-0311-04

DOI:10.13590/j.cjfh.2015.03.021

Risk assessment of ethyl carbamate in Chinese rice wine among population in five provinces in China

LIU Ai-dong, JIANG Ding-guo, ZHOU Ping-ping, GAO Xiu-fen, LI Jian-wen, ZHANG Lei,
LIU Zhao-ping, YANG Da-jin

(China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

Abstract: Objective To assess the health risk of exposure of ethyl carbamate from rice wine among population in five

收稿日期:2015-02-10

作者简介:刘爱东 男 副研究员 研究方向为食品中化学物风险评估 E-mail:liuaidong@cfsa.net.cn

通讯作者:杨大进 男 研究员 研究方向为食品安全风险监测和预警 E-mail:yangdajin@cfsa.net.cn

Chinese southeast provinces and municipalities. **Methods** The simple distribution method was introduced in dietary exposure assessment of ethyl carbamate derived from rice wine consumed by population aged 18 and above. Subsequently, their health risk assessment was conducted. The consumption data of rice wine from Chinese Nutrition and Health Survey (2002) and the ethyl carbamate concentrate data from a survey in 2010 and 2011 were adopted in dietary exposure assessment. **Results** The mean and maximum values of ethyl carbamate in rice wine sample were 0.103 and 0.498 mg/kg respectively. The average intake of ethyl carbamate and the margin of exposure (MOE) value among population aged 18 and above were 13.4 ng/kg BW per day and 22 388 respectively. In addition, the average intake of ethyl carbamate in rice wine of consumer only was 427.8 ng/kg BW per day. Therefore, the margin of exposure value was 701. **Conclusion** For the population aged 18 and above, the health risk caused by ethyl carbamate intake from rice wine was quite low, however, it was rather high among population who consume the rice wine in large quantities.

Key words: Ethyl carbamate; rice wine; risk assessment; food contaminant; food safety

氨基甲酸乙酯(ethyl carbamate, EC)是烟草叶及香烟的天然成分,也是发酵食品和酒精饮料(如黄酒、葡萄酒、啤酒)生产过程的产物^[1]。EC具有遗传毒性,对啮齿类动物是一种潜伏期较短的多位点致癌物,可以引起肺肿瘤、淋巴瘤、肝癌、皮肤癌等^[2]。2007年国际癌症研究机构再次对EC进行了评估,将其修订为2A类致癌物(即可能的人类致癌物)^[3]。酒精饮料是人体摄入EC的主要来源,其他食物对EC摄入的贡献则较小^[2]。一些国家对酒精饮料中EC含量规定了限量^[1],如加拿大卫生部规定佐餐葡萄酒中EC含量不得超过30 μg/L,强化葡萄酒为100 μg/L,蒸馏酒为150 μg/L,水果白兰地为400 μg/L;美国食品和药品管理局规定自1988年以后生产的佐餐葡萄酒中EC含量不得超过15 μg/L,餐后甜葡萄酒为60 μg/L,而我国目前尚未制定酒精饮料中的EC限量标准。随着我国人均收入水平和生活方式的改变,我国居民酒精饮料消费量日趋上升,尤其是黄酒、果酒等营养丰富的酒精饮料越来越多地被消费。目前一些研究显示黄酒中EC具有较高的含量^[4-5],但对人群EC膳食暴露评估却少有报道,尤其对于习惯性饮酒者EC健康风险不明。本研究利用2002年中国居民营养与健康状况调查中国东南5省市居民黄酒消费量的数据,结合2010和2011年在5省市黄酒采样检测的EC含量,对黄酒高消费地区居民黄酒中EC暴露风险进行评估,为制定酒精饮料中EC限量标准提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源

分别于2010年在上海、江苏、浙江、福建、广东5省市内选取27个城市,2011年在江苏、浙江、福建3省内选取17个城市作为采样点,在每个城市中选取不同超市或农贸市场共采集黄酒样品358份。

1.1.2 黄酒消费量

利用2002年中国居民营养与健康状况调查上海、浙江、江苏、福建和广东5省市18岁及以上成人连续3 d 24 h回顾调查数据,预估个体黄酒每日平均消费量。

1.2 方法

1.2.1 黄酒中EC检测方法

采用同位素稀释气相色谱-质谱法(GC-MS)测定黄酒中EC含量,详见参考文献[6],本方法EC含量的检测限为1.0 μg/kg,定量限为2.0 μg/kg。对未检出数据处理采用世界卫生组织推荐原则^[7],即当未检出数据比例低于60%时,所有未检出数据以检出限的1/2替代。

1.2.2 人群EC暴露量估计

采用简单分布评估方法,利用黄酒中EC含量的平均值、个体黄酒消费量数据和体重数据计算每人每日每公斤体重的EC暴露量,并将调查人群划分为18~44岁组、45~59岁组和60岁以上3个年龄组,分别对各性别年龄组人群的EC暴露量进行估计。

1.2.3 人群EC风险分析

采用暴露限值方法(margin of exposure, MOE),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),即每天0.3 mg/kg BW,通常认为MOE ≥ 10 000 具有较低的公共卫生关注度^[8]。

1.3 统计学分析

利用SAS 8.2统计软件清理和分析数据,不同年份样品中EC含量数据比较采用两样本均数t检验方法,不同年龄性别组人群黄酒消费量数据和EC暴露量数据比较采用非参数检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 调查人群基本情况

2002年5省市共调查18岁及以上人群10495人,其中男性4972人,女性5523人。18~44岁组、45~59岁组、60岁以上3个年龄组人群分别占全部人群47.2%、32.1%和20.7%,见表1。

表1 5省市调查人群年龄和性别构成

Table 1 Distribution of sex and age of population in five provinces in China

年龄组	总人数/人	男性		女性	
		人数/人	占比/%	人数/人	占比/%
18~44	4 957	2 272	45.8	2 685	54.2
45~59	3 368	1 621	48.1	1 747	51.9
60~	2 170	1 079	49.7	1 091	50.3
合计	10 495	4 972	47.4	5 523	52.6

2.2 黄酒样品中 EC 的污染水平

2010、2011年黄酒样品中 EC 含量平均值分别为0.111和0.093 mg/kg,经统计学检验差异无统计学意义($P>0.05$),故将两年数据合并分析。全部样品检出率为93.6%,EC含量范围在未检出~0.498 mg/kg之间,平均值为0.103 mg/kg,中位数和第97.5百分位数分别为0.080、0.357 mg/kg,见表2。

表2 5省市不同年份采集的黄酒样品中 EC 含量水平

Table 2 EC concentration of rice wine sampled in five provinces

年份	检出率/%	平均值 /(mg/kg)	中位数 /(mg/kg)	P97.5 /(mg/kg)	最大值 /(mg/kg)
2010	99.5(189/190)	0.111	0.087	0.430	0.498
2011	86.9(146/168)	0.093	0.068	0.330	0.450
合计	93.6(335/358)	0.103	0.080	0.357	0.498

2.3 人群黄酒消费量

2002年5省市18岁及以上全部人群黄酒平均每日消费量为7.4 g/d,男性高于女性,分别为14.4和

1.1 g/d,按年龄分组可见,45~59岁组消费量最高为9.4 g/d,其次60岁以上年龄组,为8.1 g/d,18~44岁组最低,为5.7 g/d;黄酒饮酒者(共305人)平均每日消费量为254.8 g/d,男性亦高于女性,分别为272.8和141.9 g/d,不同年龄组中,45~59岁组消费量最高达271.3 g/d,其次18~44岁组为257.9 g/d,60岁以上年龄组最低,为225.7 g/d,见表3。

表3 5省市人群不同年龄组黄酒平均每日消费量(g/d)*

Table 3 Consumption of rice wine among population in five provinces

年龄组	全部人群			饮酒者		
	男	女	小计 ^{&}	男	女	小计 ^{&}
18~44	11.7	0.68	5.7	282.2	114.8	257.9
45~59	11.9	1.54	9.4	287.6	168.5	271.3
60~	15.0	1.3	8.1	237.9	142.8	225.7
合计 [#]	14.4	1.1	7.4	272.8	141.9	254.8

注:*为假设黄酒的消费量g/d与ml/d相同^[8];&为经非参数检验,全部人群各年龄组消费量差异有统计学意义($P<0.01$),饮酒者各年龄组消费差异无统计学意义($P>0.05$);#为经非参数检验,全部人群男女两性消费量差异有统计学意义($P<0.01$),饮酒者两性消费差异有统计学意义($P<0.01$)

2.4 人群 EC 暴露量及风险评估

按黄酒中 EC 含量平均值计算,18岁及以上全部人群 EC 平均暴露水平为13.4 ng/kg BW,MOE为22388,具有较低公共卫生关注度。男性和女性暴露量分别为23.9和2.1 ng/kg BW,MOE分别为12552和142857。各年龄组 EC 暴露量在9.4~16.2 ng/kg BW之间,MOE范围为18519~31915。饮酒者的 EC 平均暴露量为427.8 ng/kg BW,其MOE为701,远低于10000。男性和女性暴露量分别为452.9和270.9 ng/kg BW,MOE分别为662和1107。不同年龄组 EC 暴露量在377.7和461.7 ng/kg BW之间,MOE范围为642~794,均低于1000,见表4。

表4 5省市人群不同年龄组黄酒 EC 暴露量和暴露限值

Table 4 EC dietary exposure and MOE of people in five provinces

年龄组	全部人群						饮酒者					
	男性		女性		小计		男性		女性		小计	
	EC 暴露量 /(ng/kg BW)	MOE	EC 暴露量 /(ng/kg BW)	MOE	EC 暴露量 /(ng/kg BW)	MOE	EC 暴露量 /(ng/kg BW)	MOE	EC 暴露量 /(ng/kg BW)	MOE	EC 暴露量 /(ng/kg BW)	MOE
18~44	18.9	15 873	1.3	230 769	9.4	31 915	456.7	657	215.3	1 393	421.5	712
45~59	30.6	9 804	2.9	103 448	16.2	18 519	490.5	612	319.4	939	467.1	642
60~	24.7	12 146	2.6	115 385	13.6	22 059	391.8	766	282.3	1 063	377.7	794
合计	23.9	12 552	2.1	142 857	13.4	22 388	452.9	662	270.9	1 107	427.8	701

3 讨论

EC 食品安全问题已经引起了世界各国的普遍关注^[9],酒精饮料是目前发现含 EC 最多的食品,其中尤以黄酒、核果酒类最高^[1,8]。一些研究报道中国黄酒的 EC 含量在18.0~390.0 μg/L之间^[5,6,10],本研究中全部样品 EC 的平均值也在此范围之内,

但最大值以及2010年黄酒样品P97.5(430 μg/L)已超出此范围,表明不同黄酒 EC 含量差异较大,并且存在部分黄酒 EC 含量过高的情况。黄酒中 EC 含量与其加工工艺、生产条件以及贮存时间等因素密切相关,例如使用产尿素多酵母菌株、煎酒温度高、以及成品酒贮存时间延长均可导致 EC 明显增加^[4],因而有必要进一步研究 EC 控制策略和方法、

完善生产规范、加强对黄酒生产工业的监管^[11]。目前,一些国家和地区如加拿大、美国、欧盟国家已对酒精饮料中 EC 含量制定限量标准^[12],但我国包括黄酒在内各类酒精饮料尚无此项规定,相关工作已然滞后,存在一定食品安全隐患。

欧洲食品安全局对 25 个欧盟国家 15 岁以上人群开展了 EC 暴露评估,每日 EC 平均摄入量为 33 ~ 55 ng/kg BW(按 60 kg 体重计算),其中非酒精饮料消费者和酒精饮料消费者摄入量分别为 17 和 36.7 ~ 65 ng/kg BW^[8],中国香港行政区对本地居民消费的发酵食物中 EC 状况进行了风险评估,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 为 2.85 ng/kg BW^[1]。本研究中 5 省市 18 岁及以上居民仅黄酒 EC 的摄入量就已达 13.4 ng/kg BW,占欧盟国家人群平均摄入量的 24.4% ~ 40.6%,是中国香港居民平均摄入量的 1.6 倍,应予以重视。人群黄酒 EC 摄入量偏高的原因一方面是由于 EC 含量较高,另一方面也和黄酒具有保健作用且酒精度较低,饮酒者每次饮酒量较多有关。本研究中饮酒者平均消费量为 254.8 g/d,全部人群平均值拉升至 7.4 g/d,相比之下中国香港地区全部人群黄酒消费量 P95 也仅有 0.03 g/d^[1],二者差异十分明显。

本研究风险分析结果显示 5 省市 18 岁及以上人群 MOE > 20 000,表明从人群平均水平来看黄酒中 EC 的健康风险较低。但黄酒消费者 MOE 仅为 701,与欧盟国家白兰地高消费人群的 MOE(低于 600)相似^[8]。较低的 MOE 值意味着诱发动物的致癌剂量与人的可能最大暴露量间差距不大^[13],提示对于习惯长期饮用 EC 含量较高酒类(如黄酒)的饮酒者可能存在着较高的健康风险。此外,本研究还显示由于黄酒消费量存在性别差异,因而男性摄入 EC 的健康风险要高于女性,且与其他年龄组相比,45 ~ 59 岁年龄组(主要为男性,MOE 为 9 804)人群因黄酒消费量较高,其健康风险也较大。

以 MOE = 10 000 作为具有较低的公共卫生关注度界点,假设 5 省市居民除酒精饮料之外的含 EC 发酵食物消费状况与中国香港居民相同(除酒精饮料外其他发酵食物来源的 EC 为 5.42 ng/kg BW),计算 18 岁及以上人群(按平均体重 60 kg 计)平均每日饮用 14.3 g 黄酒即可达到此关注度界点,本研究显示 5 省市全部人群黄酒平均消费量为 7.4 g/d,尚未超过引起公共卫生关注度的黄酒消费量最低值,但黄酒饮用者的平均消费量已经超过该数值约 17 倍,因此这部分人群健康风险予以充分关注。

需要说明的是,本研究所选东南沿海 5 省市均属黄酒消费较多地区,研究结果不能完全代表全国消费状况。此外研究人群的黄酒消费率相对较低为 2.9%(305/10 495),对于非黄酒消费者或经常消费黄酒者的大多数人群来说,并不存在因消费黄酒摄入 EC 对健康造成的风险。另外本研究用黄酒消费量数据来自于 2002 年的全国性调查,因调查时间较久,可能已无法全面反映当前人群黄酒的消费状况,因此评估结果存在一定不确定性,应进一步开展相关研究。

参考文献

- [1] 香港特别行政区政府食物安全中心. 本地发酵食物含氨基甲酸乙酯的情况[EB/OL]. [2009-09-27]. http://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_rafs/files/RA39_EC_in_food_c.pdf.
- [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]. ftp://ftp.fao.org/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] 夏艳秋,朱强,汪志军. 谨防黄酒中氨基甲酸乙酯的危害[J]. 酿酒, 2004, 31(3):51-53.
- [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] 吴平谷,陈正冬. 固相萃取结合 GC/MS 法测定酒中氨基甲酸乙酯[J]. 卫生研究, 2004, 33(5):627-628.
- [7] World Health Organization. Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food[R]. Rome: WHO, 1995.
- [8] Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonised approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic[J]. EFSA J, 2005, 282:1-31.
- [9] Lachenmeier D W, Lima M C, Nóbrega I C, et al. Cancer risk assessment of ethyl carbamate in alcoholic beverages from Brazil with special consideration to the spirits cachaca and tiquira[J]. BMC Cancer, 2010, 10:266-280.
- [10] 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(11):124-126.
- [11] 沈向红,吴平谷,王立媛,等. 浙江省黄酒中氨基甲酸乙酯的含量及变化趋势研究[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47(11):1036-1039.
- [12] Weber J V, Sharypov V I. Ethyl carbamate in foods and beverages: a review[J]. Environ Chem Lett, 2009, 7(3):233-247.
- [13] 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):208-209.