

风险评估

上海市市售凉拌菜中金黄色葡萄球菌的定量风险评估

蔡华, 秦璐昕, 罗宝章, 宋夏, 徐碧瑶, 刘弘

(上海市疾病预防控制中心, 上海 200336)

摘要:目的 定量评估市售凉拌菜中金黄色葡萄球菌污染的健康风险,并根据风险评估结果寻找有效的预防措施。方法 利用上海市市售凉拌菜中金黄色葡萄球菌检测结果和居民凉拌菜消费习惯及消费量数据,遵循国际食品法典委员会(CAC)提出的危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险特征描述四个经典评估步骤,采用 Monte Carlo 概率评估方法,评估上海市居民由于食用凉拌菜引起的金黄色葡萄球菌肠毒素中毒的风险,并评价潜在的干预措施效果。结果 上海市市售凉拌菜中 3.39% (21/620) 的样品检出金黄色葡萄球菌,平均菌落数为 229 CFU/g;居民食用凉拌菜,平均消费频次 56.27 次/年;每次食用凉拌菜发生金黄色葡萄球菌中毒的概率为 0.04%,每年可能的患病例数为 51.81 万例。结论 上海市居民由于食用凉拌菜而导致金黄色葡萄球菌肠毒素中毒存在一定风险,降低零售时凉拌菜中金黄色葡萄球菌的含量、购买后尽快食用和冷藏储存是有效减少凉拌菜中金黄色葡萄球菌肠毒素中毒事件发生的重要干预措施。

关键词:金黄色葡萄球菌;凉拌菜;模型;风险评估;食品安全;上海

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2018)01-0084-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2018.01.018

Quantitative risk assessment on *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat salads in Shanghai

CAI Hua, QIN Lu-xin, LUO Bao-zhang, SONG Xia, XU Bi-yao, LIU Hong

(Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

Abstract: Objective To conduct a quantitative risk assessment for *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat salads, and seek effective preventive measures according to the risk assessment result. **Methods** Combining quantitative data of *Staphylococcus aureus* with residents' consumption data of ready-to-eat salads, a quantitative risk assessment was performed according to the codex guidelines with four steps: hazard identification, hazard characterization, exposure assessment and risk characterization. A Monte Carlo simulation method was employed to analyze the health risk of *Staphylococcus aureus* by consuming ready-to-eat salads. **Results** The contamination rate of *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat salads was 3.39% (21/620) and the average concentration was 229 CFU/g. The average intake was 56.27 times per year. The estimated probability of infectious illness caused by *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat salads in Shanghai was 0.04%. That indicated the number of illness might reach 518.1 thousand cases every year. **Conclusion** There was certain risk of *Staphylococcus aureus* poisoning by consuming ready-to-eat salads for Shanghai residents. Decreasing initial contamination level and controlling the storage time and temperature were the critical approaches to reduce its risk.

Key words: *Staphylococcus aureus*; ready-to-eat salads; model; risk assessment; food safety; Shanghai

金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)广泛分布于空气、土壤、水及食具,人和动物具有较高的带菌率,其产生的肠毒素可引起食物中毒。在中国,食物中毒案例中微生物性食源性疾病比例最高,占

历年总中毒人数的 58% ~ 72%^[1]。金黄色葡萄球菌肠毒素(*Staphylococcal enterotoxins*, SEs)是个世界性卫生难题,在美国,金黄色葡萄球菌是导致食源性疾病发生率较高的 5 种病原之一,预计感染病例 24 万余例^[2],在日本,金黄色葡萄球菌肠毒素污染导致“雪印奶粉”事件,14 000 多人受感染,我国每年发生的此类中毒事件也非常多^[3]。金黄色葡萄球菌污染的食品主要为乳制品、蛋与蛋制品、各类熟肉制品等即食食品,各国食物中毒事件的污染食品多以牛奶、三明治、鸡肉色拉等为主^[4]。

凉拌菜属于凉菜的一种,即用可以生食的原

收稿日期:2018-01-09

基金项目:上海市卫生与计划生育委员会青年课题(20154Y0209);
上海市公共卫生第四轮三年行动计划健康危害因素监测
与相关疾病预防控制(GWIV-27.1)

作者简介:蔡华 男 主管医师 研究方向为食品安全风险监测与
评估 E-mail:caihua@scdc.sh.cn

通信作者:刘弘 男 主任医师 研究方向为食品安全风险监测与
评估 E-mail:liuhong@scdc.sh.cn

料,或已晾凉的熟料切配小块,浇上调料,搅拌即食的食品。凉拌菜在我国各地都很受欢迎,尤其是在夏季,但由于特殊的加工工艺和缺乏统一规范,很容易受到各种微生物污染。由于人群中的高带菌率和凉拌菜加工过程的搅拌过程、食用前不再加热等因素,凉拌菜等即食食品中的金黄色葡萄球菌是高危的食品-病原组合。国内外包括寿司、色拉和熟肉制品等即食食品中金黄色葡萄球菌的检出率在2.03%~26.82%不等^[5-8],值得引起重视。

微生物风险评估(microbiological risk assessment, MRA)是当今国际食品安全领域广泛应用的一种工具。它通过对因食用特定食品而感染特定微生物,从而对人体健康产生的不良后果进行综合的识别、确认以及定性和定量评价,估计最终发生食物中毒的概率^[9]。目前国外针对生乳^[10]、寿司^[8]和色拉^[11]等食品开展了金黄色葡萄球菌的定量风险评估,国内对金黄色葡萄球菌的风险评估相对较少,主要研究食品为生乳^[12]和生猪肉^[13]等。本研究以风险较高的即食食品(凉拌菜)为评估对象,遵循国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)提出的危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险特征描述四个经典评估步骤,结合上海市市售凉拌菜中金黄色葡萄球菌检测结果和居民凉拌菜消费习惯及消费量数据,进行定量风险评估。

1 材料与方法

1.1 材料

凉拌菜中金黄色葡萄球菌检测结果来自2011年上海市食源性致病菌监测资料,共采集样品620份,包括中式荤凉拌菜、中式素凉拌菜、西式色拉3类,其中中式荤凉拌菜、中式素凉拌菜各175份,西式色拉270份,采样地点包括超市、熟食店和餐饮店等不同场所;居民凉拌菜消费量数据来源于上海市疾病预防控制中心2009年的居民膳食摄入量调查,涵盖上海市9个区;消费习惯数据来源于上海市疾病预防控制中心开展的2012年上海市居民膳食与健康状况监测,人口数据采用上海市第六次人口普查结果。

1.2 方法

采用风险评估软件@Risk 7(美国Palisade)建立评估模型,以概率分布函数表示变量的不确定性。模拟时采用拉丁超立方体抽样(latin hypercube sampling, LHS)方法,一次模拟包括50 000次运算。构建从零售到消费过程金黄色葡萄球菌污染水平的变化模型对最终肠毒素致病的概率进行评估,同

时对评估结果进行Spearman等级相关分析,寻找控制风险的关键因素。

2 结果

2.1 危害识别

金黄色葡萄球菌为革兰阳性菌,需氧或兼性厌氧,最佳生长温度为35~40℃,产肠毒素温度为10~48℃,生长所需pH值为4.0~10.0^[12]。金黄色葡萄球菌肠毒素,是金黄色葡萄球菌分泌的一组具有超抗原活性的细菌毒素,50%以上的金黄色葡萄球菌可产生肠毒素,并且一个菌株能产生两种以上的肠毒素,肠毒素是引起中毒的主要原因。多数金黄色葡萄球菌肠毒素能耐100℃高温30 min,并且能抵抗胃肠道中蛋白酶的水解^[14]。

在美国,金黄色葡萄球菌是导致食源性疾病发生率较高的5种病原之一,占有食源性疾病病例的3%,细菌性食源性疾病病例的7%^[14]。1994—2003年我国766起细菌性食物中毒分析显示,59起由金黄色葡萄球菌引起,排在细菌性食物中毒第五位,中毒人数2 230人^[15]。2003—2007年间深圳市共发生94起金黄色葡萄球菌引起的食物中毒,涉及2 223例病例和导致1 186例住院治疗^[16]。2005—2014年上海市集体性食物中毒事件中9起由金黄色葡萄球菌引起,排在细菌性食物中毒第二位,中毒人数243人^[17]。

2.2 危害特征描述

摄入金黄色葡萄球菌肠毒素后主要引起以呕吐为主的急性胃肠道症状,因此剂量-反应曲线的终点是以急性胃肠疾病的发病来界定的。国际公认的金黄色葡萄球菌肠毒素阈值为0.1~1.0 μg^[18],即摄入这个浓度范围的肠毒素就可以产生中毒症状。美国食品和药物管理局(FDA)的研究^[19]得出肠毒素含量只要高于1.0 μg即可造成金黄色葡萄球菌食物中毒,而食物中金黄色葡萄球菌菌落数超过10⁵ CFU/g时即可产生足够致病的肠毒素,本次评估以10⁵ CFU/g作为导致金黄色葡萄球菌食物中毒的阈值标准。

2.3 暴露评估

2.3.1 凉拌菜中金黄色葡萄球菌污染水平

2011年上海市食源性致病菌监测对620份凉拌菜中金黄色葡萄球菌的检测结果,共检出21份阳性样品,检出率为3.39%,阳性样品污染水平为10~14 400 CFU/g,检出的平均菌落数为229 CFU/g。假设以样品中的金黄色葡萄球菌检出率和污染水平估算市售凉拌菜中的检出率和污染水平。为了模拟不确定性,采用贝塔分布的形式描

述凉拌菜中金黄色葡萄球菌的污染率的不确定性,公式为 $\text{Beta}(s + 1, n - s + 1)$, 其中 n 表示总样品数, s 表示阳性样品数^[20]。阳性样品中的污染水平采用对数正态分布的形式描述, 为 $\text{RiskNormal}(2.36034, 0.76486)$; 为了估算阴性样品中的污染水平, 使用 left-hand-tailed cumulative 分布模拟, 不确定性通过最小值 $-6 \log_{10} \text{CFU/g}$ (1%) 和最大值 $1 \log_{10} \text{CFU/g}$ (99%) 体现, 表达式为 $\text{RiskCumulative}(-6, 1, \{-6, -2.5, 1\}, \{0.01, 0.5, 0.99\})$ 。

2.3.2 影响金黄色葡萄球菌在凉拌菜中生长的因素

(1) 消费习惯: 2012 年上海市居民膳食与健康状况监测的结果显示, 在 1 h 之内食用凉拌菜占 66%, 1~8 h 之内食用凉拌菜占 31%, 8~24 h 食用的占 3%。假设在各类储藏时间段中服从均匀分布, 假设凉拌菜食用时间 (T_s) 服从分布为 $\text{Discrete}(\{ \text{Uniform}(0, 1), \text{Uniform}(1, 8), \text{Uniform}(8, 24) \}, \{0.66, 0.31, 0.03\})$ 。

(2) 储藏温度: 2012 年上海市居民膳食与健康状况监测的结果显示, 1 h 之内食用时 23% 的人选择冰箱低温保存凉拌菜, 而 1 h 以上食用时 53% 的人选择冰箱低温保存。根据 2016 年上海市统计年鉴月度平均气温数据, 以 Pert 分布模拟室温储藏分布情况: $\text{Pert}(6, 17, 28)$, 即平均温度 17 °C, 最低

6 °C, 最高 28 °C; 假设冰箱冷藏室的温度为 0~8 °C, 拟合最终储藏温度的分布为 $\text{IF}(T_s < 1, \text{Discrete}(\text{Pert}(6, 17, 28); \text{Uniform}(0, 8), \{0.77, 0.23\}), \text{Discrete}(\text{Pert}(6, 17, 28); \text{Uniform}(0, 8), \{0.47, 0.53\}))$ 。

(3) 生长预测模型: 由于凉拌菜的种类繁多, 无法确定特定的培养基或 pH 值等参数, 因此选用比较普适的肉汤模型, 本次评估采用的是美国农业部开发的病原菌模型程序 (PMP) 中的金黄色葡萄球菌模型^[21-22], 公式通过最大生长速率平方根和温度作图并作线性回归获得^[10]。动态生长模型为 $\text{IF}(T > 7 \text{ °C}, (0.0294T - 0.147)^2, 0)$, 生长停滞期模型为 $1/(0.0434T - 0.2936)^2$ 。

2.3.3 凉拌菜中污染的金黄色葡萄球菌摄入量模型拟合和分析

以表 1 中的各参数设置为基础, 在 Excel 中建立模型, 并采用蒙特卡罗模拟技术, 运用 @Risk 7 软件对模型中所有参数和最终结果进行模拟分析。采用拉丁超立方体抽样方法, 通过 50 000 次迭代估算最终食用时的金黄色葡萄球菌的污染水平。结果显示, 最终食用时的金黄色葡萄球菌的污染水平为 $-5.87 \log_{10} \text{CFU/g}$ (2.5%) 到 $2.09 \log_{10} \text{CFU/g}$ (97.5%), 平均值为 $-2.78 \log_{10} \text{CFU/g}$ 。其中大于 $5 \log_{10} \text{CFU/g}$ 的概率为 0.04%, 见图 1。

表 1 凉拌菜中金黄色葡萄球菌的定量风险评估模型参数

Table 1 Parameters for quantitative risk assessment model of *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat salads

变量	变量说明	单位	公式及代码
P_p	餐饮凉拌菜中金黄色葡萄球菌的阳性检出率	%	$\text{RiskBeta}(22, 600)$
C_p	阳性样品中金黄色葡萄球菌的污染水平	$\log_{10} \text{CFU/g}$	$\text{RiskNormal}(2.36034, 0.76486)$
C_n	阴性样品中金黄色葡萄球菌的污染水平	$\log_{10} \text{CFU/g}$	$\text{RiskCumulative}(-6, 1, \{-6, -2.5, 1\}, \{0.01, 0.5, 0.99\})$
C_0	样品中金黄色葡萄球菌的初始污染水平	$\log_{10} \text{CFU/g}$	$\text{RiskDiscrete}(C_p; C_n, P_p; (1 - P_p))$
T_s	储藏时间	h	$\text{RiskDiscrete}(\{ \text{Uniform}(0, 1), \text{Uniform}(1, 8), \text{Uniform}(8, 24) \}, \{0.66, 0.31, 0.03\})$
T	储藏温度	°C	$\text{IF}(T_s < 1, \text{Discrete}(\text{Pert}(6, 17, 28); \text{Uniform}(0, 8), \{0.77, 0.23\}), \text{Discrete}(\text{Pert}(6, 17, 28); \text{Uniform}(0, 8), \{0.47, 0.53\}))$
LT	金黄色葡萄球菌生长停滞期	h	$1/(0.0434T - 0.2936)^2$
GR	金黄色葡萄球菌的生长速率	每 h $\log_{10} \text{CFU/g}$	$\text{IF}(T > 7 \text{ °C}, (0.0294T - 0.147)^2, 0)$
C_1	食用时的金黄色葡萄球菌的污染水平	$\log_{10} \text{CFU/g}$	$\text{IF}(LT > T_s, C_0, C_0 + GR \times (T_s - LT))$
输出变量	C_1	食用时的金黄色葡萄球菌的污染水平	$\log_{10} \text{CFU/g}$ 图 1

2.4 风险特征描述

2.4.1 疾病发生概率估计

用拉丁超立方体抽样方法, 通过 50 000 次迭代估算每次消费凉拌菜中金黄色葡萄球菌中毒 (即最终污染水平 $> 5 \log_{10} \text{CFU/g}$, 产生肠毒素) 的概率为 0.04%。根据上海市第六次人口普查的情况, 上海市常住人口 2 301.92 万人, 根据上海市居民消费量调查, 每人平均每年消费凉拌菜 56.27 次, 因此由

于食用被金黄色葡萄球菌污染的餐饮凉拌菜而导致的估计病例数为 51.81 万例。

2.4.2 敏感度分析

敏感度分析是风险评估的重要组成部分, 用于分析评估模型中产生的各变量参数对于模型结果的影响, 以获得降低风险的有效控制措施。通过运用 Spearman 等级相关分析, 按照相关性排序生成的相关龙卷风图形, 可表示哪个风险因素对输出结果

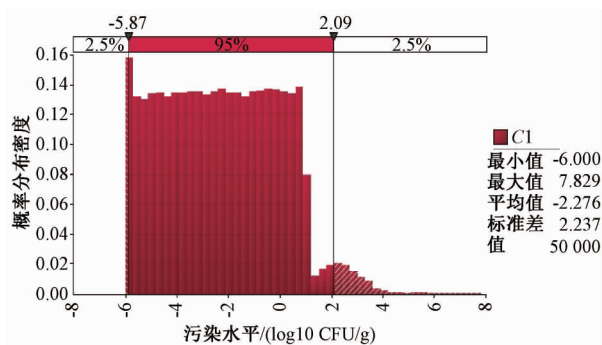


图1 最终食用时金黄色葡萄球菌的污染水平分布模拟

Figure 1 Fitting distribution of final contamination level of *Staphylococcus aureus*

变量的影响最大,相关系数在-1(完全负相关)和1(完全正相关)之间。图2显示了每份餐饮凉拌菜中金黄色葡萄球菌致病概率与模型变量之间的Spearman等级相关分析,纵轴由上到下的变量为样品初始污染水平、储藏温度和储藏时间。分析表明样品初始污染水平与风险的相关性最大,相关系数为0.99;其次为储藏温度和储藏时间。

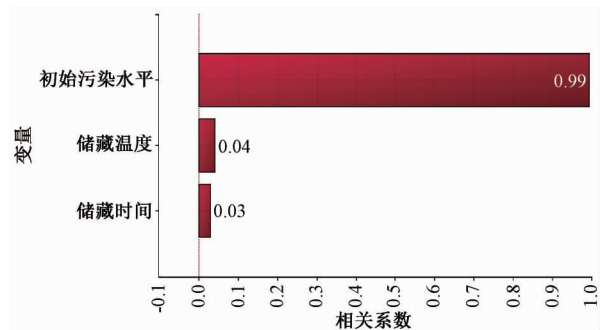


图2 敏感度分析

Figure 2 Sensitive analysis

3 讨论

金黄色葡萄球菌在自然界中广泛存在,是一种常见的致病菌。凉拌菜作为一种即食食品,由于制作过程需人工搅拌且入口前不再加热,是一种易污染、不易保存的食品,轻则引起人们呕吐腹泻,重则引起聚集性食物中毒和死亡等重大公共卫生问题。本研究依照CAC推荐的微生物风险评估程序,建立定量风险评估模型,系统评估了从零售到消费过程中由于食用凉拌菜引起的金黄色葡萄球菌肠毒素中毒的风险,并通过敏感性分析,提示降低零售时凉拌菜中金黄色葡萄球菌的含量是降低金黄色葡萄球菌肠毒素中毒的一项重要措施。模型的重点在于暴露评估部分,引入上海市凉拌菜中金黄色葡萄球菌的污染水平、消费频率、消费习惯、储存时间和温度等资料,预测上海市由凉拌菜中金黄色葡萄球菌引起的患病例数。

除了评估凉拌菜中金黄色葡萄球菌污染对我国居民健康的风险水平外,本研究还提示购买后尽快食用或者冷藏储存是有效降低凉拌菜中金黄色葡萄球菌肠毒素中毒的重要干预措施,例如通过模拟拟合进一步的评估发现,缩短储藏时间(2 h内食用)或冷藏保存,均可以将凉拌菜中金黄色葡萄球菌肠毒素中毒的平均风险降低至约1/20(从 4×10^{-4} 到 2×10^{-5}),与基线水平相比,可以额外保护超过95%的居民免受凉拌菜中金黄色葡萄球菌肠毒素中毒风险的影响。

微生物本身的特点决定了微生物风险评估的复杂性,模型每一个环节都存在变异性和不确定性,例如由于凉拌菜基质的复杂性,生长预测模型未选取参数更加精确的二级模型;无法获取准确的室内储藏温度分布,选取了上海市月度平均气温作为参数估计;上海市居民的凉拌菜消费量数据和消费习惯调查时间分属不同年份,可能存在一定偏差;同时,本次评估的起点为成品市售凉拌菜,没有考虑到食物从源头到成品过程各个环节中致病菌的污染、增殖、下降以及肠毒素的产生等情况,带来一定局限性。尽管如此,本研究基于监测和调查数据,借鉴国际上较为成熟的评估方法和模式,提供了一个可借鉴的评估框架,客观估计了上海市食用凉拌菜发生金黄色葡萄球菌肠毒素中毒的风险,未来结合更加准确的生长模型和其他新资料,可获得更加准确的评估结论。

参考文献

- [1] 罗海波,何来英,叶伟杰,等. 2004—2013年中国大陆食物中毒情况分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(1):45-49.
- [2] SCALLAN E, HOEKSTRA R M, ANGULO F J, et al. Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens [J]. Emerging Infectious Diseases, 2011, 17(7):1339-1340.
- [3] 李毅. 金黄色葡萄球菌及其肠毒素研究进展[J]. 中国卫生检验杂志, 2004, 14(4):392-395.
- [4] 向红,周黎,廖春,等. 金黄色葡萄球菌及其引起的食物中毒的研究进展[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(2):196-199.
- [5] 巢国祥,焦新安,周丽萍,等. 食源性金黄色葡萄球菌流行特征、产肠毒素特性及耐药性研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(8):904-907.
- [6] 栾阳,魏晓光,黄河清,等. 2013—2015年西安市市售食品中金黄色葡萄球菌污染状况调查[J]. 现代预防医学, 2016, 43(20):3696-3712.
- [7] 关文英,史红,韩艳青,等. 2013年河北省食品中金黄色葡萄球菌污染状况调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(S1):18-21.
- [8] RHO M J, SCHAFFNER D W. Microbial risk assessment of staphylococcal food poisoning in Korean kimbab [J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 116(3):

- 332-338.
- [9] CAC. Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment; CAC/GL 30-1999 [Z]. 1999.
- [10] HEIDINGER J C, WINTER C K, CULLOR J S. Quantitative microbial risk assessment for *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus enterotoxin A* in raw milk [J]. Journal of Food Protection, 2009, 72(8):1641-1645.
- [11] MELDRUM R J, LITTLE C L, SAGOO S, et al. Assessment of the microbiological safety of salad vegetables and sauces from kebab take-away restaurants in the United Kingdom [J]. Food Microbiology, 2009, 26(6):573-577.
- [12] 刘弘, 顾其芳, 吴春峰, 等. 生乳中金黄色葡萄球菌污染半定量风险评估研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(4):293-296.
- [13] 骆璇, 郭红卫, 王颖, 等. 上海市猪肉中金黄色葡萄球菌定量风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2010, 22(3):244-249.
- [14] 李晓梅, 耿艺介. 金黄色葡萄球菌及其肠毒素 B 的生物学特性[J]. 中国热带医学, 2007, 7(4):617-619.
- [15] 王世杰, 杨杰, 谌志强, 等. 1994—2003 年我国 766 起细菌性食物中毒分析[J]. 中国预防医学杂志, 2006, 7(3):180-184.
- [16] YAN X M, WANG B, TAO X X, et al. Characterization of *Staphylococcus aureus* strains associated with food poisoning in Shenzhen, China [J]. Applied & Environmental Microbiology, 2012, 78(18):6637-6642.
- [17] 郑雷军, 邱从乾. 2005—2014 年上海市集体性食物中毒特点与防控措施分析[J]. 上海预防医学, 2017, 29(6):453-456.
- [18] ICMSF. Microorganisms in food 5: microbiological specifications of food pathogens [M]. London: Blackie Academic and Professional, 1996:426-435.
- [19] U. S. Food and Drug Administration. Bad bug book: foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins handbook [R/OL]. (2017-10-24) [2017-12-10]. <https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/CausesOfIllnessBadBugBook>.
- [20] VOSE D. Risk analysis: a quantitative guide [M]. Wiley: New York, 2000:401-462.
- [21] U. S. Department of agriculture, Agricultural Research Service. Pathogen modeling program, version 7.0 [DB/OL]. (2006-12-08) [2017-12-10]. <https://pmp.erre.ars.usda.gov>.
- [22] BUCHANAN R L, SMITH J L, MCCOLGAN C, et al. Response surface models for the effects of temperature, pH, sodium chloride, and sodium nitrite on the aerobic and anaerobic growth of *Staphylococcus aureus* 196E [J]. Journal of Food Safety, 1993, 13(3):159-175.

风险评估

面粉处理剂偶氮甲酰胺在面包中分解产物氨基脲的理论致癌风险评估

梁江, 曹佩, 王小丹, 高芃, 徐海滨

(国家食品安全风险评估中心, 北京 100022)

摘要:目的 根据偶氮甲酰胺(ADA)在小麦粉中的限量标准,对来自面包的面粉处理剂 ADA 的分解产物氨基脲(SEM)开展理论致癌风险的评估研究。方法 根据小麦粉中 ADA 的最大使用量(45 mg/kg),结合焙烤过程中 ADA 分解率对面包中 SEM 含量进行理论估计,并基于我国面包食用人群的消费水平,获得暴露时间加权后的 SEM 终生每日平均暴露水平(LADD)。进一步依据实验动物致癌剂量线性外推模型,评估食用人群长期暴露于面包中 ADA 分解产生的 SEM 所增加的理论致癌风险。结果 基于面包的平均消费水平,面包来源的 SEM 终生暴露在理论上使食用人群增加的理论致癌风险在 $1.31 \times 10^{-7} \sim 1.97 \times 10^{-6}$ 的范围内;在面包高消费水平(P97.5)下,面包来源的 SEM 终生暴露在理论上使食用人群所增加的理论致癌风险在 $4.09 \times 10^{-7} \sim 6.14 \times 10^{-6}$ 的范围内。对于不同年龄段的面包食用人群,各年龄人群在经时间加权的 SEM 每日暴露水平下的理论致癌风险在 $10^{-9} \sim 10^{-6}$ 的范围内。结论 在目前面包消费水平下,按我国现行 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》所规定的小麦粉中 ADA 最大使用量,ADA 在面包高温焙烤过程中分解产生的 SEM 对食用人群的理论致癌风险属于可接受水平,因此本研究认为我国现行标准可以充分保护食用人群健康。

关键词:氨基脲;偶氮甲酰胺;面包;暴露水平;致癌风险;理论评估

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2018)01-0088-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2018.01.019

收稿日期:2017-12-01

基金项目:国家食品安全风险评估中心高层次人才队伍建设 523 项目

作者简介:梁江 女 副研究员 研究方向为食品中化学物质的风险评估 E-mail:liangjiang@cfsa.net.cn

通信作者:徐海滨 男 研究员 研究方向为食品中风险评估 E-mail:hbxu1231602@cfsa.net.cn