

# 食品添加剂暴露量评估方法

张俭波<sup>1</sup> 赵丽娟<sup>2</sup>

(1. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,北京 100021 ;2. 河北医科大学,河北 石家庄 050017)

**摘要:**为给我国的食品添加剂的暴露量评估提供借鉴,介绍了目前国际常用的5种食品添加剂暴露量评估方法,每种方法分别介绍了评估所用的资料、计算方法、结果表示方法及优缺点等。

**关键词:**食品添加剂;危险性评估;方法

## Methods to Assess Exposure to Food Additives

ZHANG Jian-bo, ZHAO Li-juan

(National Institute for Nutrition and Food Safety, Chinese CDC, Beijing 100021, China)

**Abstract:** The assessment of exposure to food additives is an important part of risk assessment of food safety. Five food additive exposure assessment methods were introduced. The data needed, the method of calculation and the expression of the result, the advantages and shortcomings for each method were explicated.

**Key word:** Food Additives; Risk Assessment; Methods

京:化学工业出版社,2004.951.

[2] 日本药学会编. 卫生试验法 注解[M]. 北京:华文出版社,1995.494-495.

[3] Kenshiro Fujimoto. 香菇中甲醛形成的机理[R]. 第九届东京食用菌栽培科学国际会议,1974.

[4] 江波,杨瑞金,卢蓉蓉,编. 食品化学[M]. 北京:化学工业出版社,2005.239.

[5] 吕玉琼,林凯,侯穗波. 香菇中甲醛含量的监测报告[J]. 中国卫生检验杂志,2002,12(6):701.

[6] 刘京萍,葛兴. 催化光度法测定干燥食品中甲醛的研究[J]. 中国卫生检验杂志,2005,15(2):132-133.

[7] 安利华,孙群,郑万源. 东海地区常见水产品甲醛本底值调查及含量分析[J]. 中国食品卫生杂志,2005,17(6):524-527.

[8] 马余波,张琦,刘卓. 乙酰丙酮法测定海产品中的甲醛[J]. 中国卫生检验杂志,2004,14(1):63.

[9] 藤卷正生,服部彦彦,林和夫,等编. 香料の事典[M]. 东京:朝仓书店,1982.156-228.

[10] 谢笔钧,主编. 食品化学[M]. 第2版. 北京:科学出版社,2004.313,515.

[11] 谢笔钧,主编. 食品化学[M]. 第2版. 北京:科学出版社,2004.527.

[12] 张文德. 水发食品中甲醛的示波极谱法[J]. 卫生研究,1999,28(5):308.

[13] 郭会芝,徐静清,赵菲琦,等. 几种常见食品中甲醛本底值的调查研究[J]. 中国食品卫生杂志,2003,15(4):338-339.

[14] 杨湘霞. 一起在牛百叶中检出甲醛的报告[J]. 中国卫生检验杂志,2000,10(5):587-588.

[15] 敬永计,曾云康,楚涛,等. MBTH分光光度法测定水发食品中的甲醛[J]. 中国卫生检验杂志,2004,14(5):589.

[16] 谢宏斌,刘建湘,董文波,等. 乙酰丙酮法测定米粉中吊白块[J]. 中国公共卫生,2002,18(8):986-987.

[17] 张光仲,周庆龙,张文德. 啤酒中甲醛含量的调查分析[J]. 卫生研究,2004,33(3):342.

[18] 张文德. 一种选择性快速测定饮料中游离甲醛的示波极谱法[J]. 理化检验-化学分册,2000,36(2):54-55.

[19] 张文德,王绍杰,李信荣. 食品包装材料与容器涂料中甲醛的示波极谱测定方法的研究[J]. 分析科学学报. 2000,16(2):149-152.

[20] Hirayama T, Kashima A, Watanabe T. Amounts of formaldehyde in tap water and commercially available mineral water[J]. Food hygienic society of japan, 1993, 34(3):205-210.

[21] 马志东,郭忠,张文德. 饮用水中痕量甲醛的单扫示波极谱快速测定法[J]. 环境与健康杂志,2003,20(3):177-178.

[收稿日期:2006-03-20]

中图分类号:R15;O623.511 文献标识码:E 文章编号:1004-8456(2006)05-0455-05

作者简介:张俭波 男 硕士

食品添加剂使用最重要的是在保证使用安全的情况下能够达到使用的目的。为了保证食品添加剂的使用安全,国际通行的做法是制定食品添加剂使用的法规或标准,我国同世界许多国家一样,制定了食品添加剂使用标准——《食品添加剂使用卫生标准》<sup>[1]</sup>。无论制定法规还是标准,危险性分析原则都是制定过程中要遵循的基本原则之一。

由于国际组织已经对大部分食品添加剂的安全性进行了评价<sup>[2]</sup>,所以各国没有必要再花费大量人力、物力、财力重复基础性实验研究,大多数国家可以直接采用国际组织的安全性评价结论,从识别危害、危害特征描述之后直接进入暴露量评估步骤。暴露量评估是危险性评估工作中最为重要的一环,各个国家需要根据各自国民实际的添加剂暴露情况进行评估。本文介绍的是目前国际上食品添加剂暴露量评估的常用方法<sup>[3]</sup>。这些评估方法是按照评估精确性逐渐增加的顺序进行排列的,在实际评估过程中,可以根据可获得资料情况选择使用其中的一种或者几种。

### 1 筛选评估法(Screening by the budget method)

利用预算法进行筛选是将使用食品添加剂的食品笼统分为固体食品和液体食品(以饮料为代表)两大类,并计算供应的固体食品和饮料中食品添加剂允许使用的理论最大值,在该理论最大值时人群食品添加剂的摄入量不会超过 ADI(每日允许摄入量)值。如果允许的食品添加剂使用量超过了计算的理论最大值,就需要进行摄入量评估。

1.1 所需资料 预算法中主要信息来源包括一个国家食品添加剂使用情况和 CAC(食品法典委员会)GSFA(食品添加剂通用法典标准)中的内容,主要包括(1)国家食品标准和 GSFA 草案中规定的固体食品和饮料中食品添加剂的最大允许使用量。(2)GSFA草案中某种食品添加剂在固体食品中使用量占总使用量的比例和在饮料的使用量占总体使用量的比例(两者之和为 100%)。(3)可能含有添加剂的固体食品和液体食品占总固体食品和液体食品的比例。

1.2 计算方法 理论最大值用下面的方程计算。

对于固体食品:

理论最大值 = (固体食品中某食品添加剂使用量占总使用量的比例  $\times 40 \times \text{ADI}$ ) / 含有食品添加剂的固体食品占总固体食品的比例

对于饮料:

理论最大值 = (饮料中某食品添加剂的使用量占总使用量的比例  $\times 10 \times \text{ADI}$ ) / 含有食品添加剂的

饮料占总液体食品的比例

以上算式中用到的参数(40 和 10)是基于人的生理能量需求和食品中的能量含量确定的,如果要了解更详细的信息可以查阅 Hansen 的论文<sup>[4]</sup>。如果某种食品添加剂既在固体食品中使用又在饮料中使用,而且在两者中分布的比例不清楚,应该假设在固体食品和饮料中使用比例各为 50%。

举例:某种食品添加剂的 ADI 为 40 mg/(kg BW  $\cdot$  d),国家标准中规定在固体食品中最大使用量为 4 000 mg/kg,在液体食品中最大使用量为 900 mg/kg,假设该种食品添加剂在固体食品和饮料中的分布比例各为 50%,假设 25%的固体食品和 25%的饮料中含有该种食品添加剂。

对于固体食品而言:

理论最大值 =  $0.5 \times 40 \times 40 / 0.25 = 3\,200$  mg/kg 食品

对于饮料而言:

理论最大值 =  $0.5 \times 10 \times 40 / 0.25 = 800$  mg/kg 饮料

在这个例子中,国家标准规定的该种食品添加剂在固体食品和饮料中最大允许使用量都高于固体食品和饮料中该种食品添加剂的理论最大值,因此需要进行进一步的暴露量评估。

1.3 优缺点 该种方法的优点是计算方法比较简单,所需的资料比较容易获得,该种方法的不足之处是计算结果不够精确。

### 2 以食品添加剂消费量数据为基础的评估法 (Assessments based on 'poundage' (disappearance) data)

这种评估方法是按人口平均计算一段时期内(通常是 1 年)一个国家用于食品生产的一种食品添加剂的量。如果可能,应该将被评估食品添加剂的进口、出口量和含有这种食品添加剂的食品的进口、出口量以及非食品用途考虑在内。计算结果应该用消费食品添加剂的人群占总人群的比例进行校正。如果不进行校正,就可能低估食品添加剂的暴露量。

2.1 所需资料 这种评估方法用到的相关信息包括消费食品添加剂的人群占总人群的比例,收集资料的年数,估计的使用量,估计的食品添加剂摄入量占 ADI 的比例等。理想的数据是进行 5 年以上的调查,计算每年食品添加剂消费量的平均值,特别是当一种食品添加剂不是每年生产时更应如此。

2.2 计算方法

(1) 食品添加剂总量:

用于使用的食品添加剂总量 = 本国该种食品添加剂生产量 + 进口量 - 出口量 - 非食品用量

(2) 每人每天食品添加剂摄入量:

每人每天食品添加剂摄入量 = 每年食品添加剂使用量 / (人口总数 × 365)

(3) 每公斤体重每天食品添加剂摄入量:

食品添加剂量 / (kg BW · d) = (食品添加剂量 / (人 · d)) / 60

假设平均体重为 60 kg

用于计算的其他参数包括: 获得的食品添加剂生产量数据占实际生产量的比例, 消费含有被评估食品添加剂的食品使用人群占总人群比例等。如果已知某种食品添加剂的消费者局限于某些特定的人群, 或使用该种食品添加剂的人群比例较低, 在计算中应该说明如何确定消费者数量。

### 2.3 结果表示方法

食品添加剂的名称:

JECFA ADI 值:

国家 ADI(如果有):

(a) 生产的食品添加剂总量 =

(b) 出口的食品添加剂总量 =

(c) 进口的食品添加剂总量 =

(d) 非食品用食品添加剂总量 =

使用的食品添加剂总量 = a + c - b - d =

表 1 与计算有关的其他因素

因子类型	使用的值	使用该因子的依据
------	------	----------

估计的每人每天食品添加剂摄入量 =

每人每天食品添加剂摄入量的范围区间 =

2.4 优缺点 该种评估方法的优点在于计算方法比较简单, 该种方法的不足之处在于有时所需资料不容易获得, 尤其是被评估添加剂的进出口量资料。该评估方法计算的结果不够精确。

3 基于食物平衡表、家庭经济调查和/或零售量调查资料的评估法 (Assessments based on data from food balance sheets, household economic surveys, and/or retail sales surveys)

这种评估方法是利用食物平衡表 (FBS) 或家庭调查资料与食品添加剂使用资料结合估计食品添加剂的摄入量。

3.1 所需资料 食物平衡表资料是能够用于消费的食品量 (以能够加工成食品的原料量表示), 不是实际的消费量, 因此在计算过程中如果使用食物平衡表还需要提供一些附加信息, 如用于加工成食品的食品原料占食品原料总量的比例和加工食品中含有被评估食品添加剂的比例等。在估计能够用于消费的食品量时还应该考虑食品进口、出口和非食品用途和浪费等因素。能够用于评估的资料包括国家 FBS

资料, FAO 标准化的膳食平衡表或 GEMS/FOOD 地区监测资料。利用总人口数计算每年人均可获得的物品总量, 也可以表示为每天人均可获得的物品总量。

家庭经济或消费情况调查能够提供在家庭水平消费加工食品的信息。

### 3.2 计算方法

(1) 可供消费的未加工食品原料总量:

可供消费的未加工食品原料总量 = 一国生产的未加工食品原料总量 + 进口量 - 出口量 - 非食品用和浪费量

(2) 人均每天可获得食品原料量:

每人每天可获得食品原料量 = 可供消费的食品原料总量 / (总人口数 × 365)

(3) 为了评估食品添加剂的摄入量, 应该考虑这些原料中用于加工成食品的比例和加工食品中含有被评估食品添加剂的比例。

每人每天消费的可能含有被评估食品添加剂的食品量 = 每人每天可获得食品原料量 × 用于加工成食品的百分比 × 可能含有被评估食品添加剂的加工食品百分比

计算的食品添加剂使用量数据可以使用国家食品标准数据, 如果可能, 也可以使用食品法典标准或来自于食品生产企业的数据库。最大使用量食品标准中通常规定最大使用量, 而不一定是实际使用量, 如果能够得到相关资料, 可以使用食品生产商的添加剂使用量进行计算。如果食品添加剂规定按照 GMP 使用, 应该说明在进行摄入量评估时使用的具体数值是多少。

### 3.3 结果表示

食品添加剂名称:

JECFA 规定的 ADI 值:

国家 ADI 值(如果有):

表 2 食物消费资料

资料来源	调查日期	注释
国家食物平衡表或地区食物平衡表或家庭调查	GEMS/FOODS <sup>a</sup>	

注: a: GEMS (global environment monitoring system) 全球环境监测体系, GEMS/FOODS: 全球环境监测体系/食品部分; 如果采用该系统的监测资料就注明该标志否则根据具体情况说明资料的来源和调查日期; 如有可能应该使用 GEMS/FOODS 中的物品名称和代码。家庭经济/消费量调查: 按照食物平衡表资料, 列出收集资料时使用的食品类别名单。

表 3 食物平衡表资料

食品原料	食品原料加工成食品的比例 (%)	加工食品中含有食品添加剂的比例 (%)
------	------------------	---------------------

注: 如果可能, 应该使用 GEMS/FOOD 中的物品名称和代码。家庭经济/消费量调查: 按照食物平衡表资料, 列出收集资料时使用的食品类别名单。

表4 食品添加剂使用资料

食品/食品类别	最大使用水平	生产使用水平
---------	--------	--------

注:食品添加剂标准中通常规定加工食品而不是未加工物品,因此,对于来自于膳食平衡表或家庭消费量调查资料中未加工物品,应该按照食品添加剂标准中的食物类别进行一些调整。

估计的食品添加剂摄入量/(人·d) =  
食品添加剂摄入量区间范围/(人·d) =

3.4 优缺点 该种评价方法是利用食品原料的消耗量来推算食品的消费量,结合食品中食品添加剂允许使用情况来进行食品添加剂暴露量评估。该种方法的优点在于计算结果比较精确,计算方法相对简单,所需资料较容易获得,该种方法的不足之处在于利用食品原料的消耗量来推算食品的消费量,有时可能偏差较大,如果不能获得食品加工过程中食品添加剂的实际使用情况而使用食品中食品添加剂最大允许使用量进行计算,不能反应被评估食品添加剂的实际暴露情况。

#### 4 基于膳食模型的评估法 (Assessments based on model diets)

该方法是利用已经获得的食物消费量信息构建膳食模型,用于代表一般人群的典型饮食或对食品添加剂摄入量较高的特殊人群的膳食。利用该方法进行的评估应该说明结果是针对哪种模型的,明确调查的类型和年限,使用的假设条件,模型的类型,估计的摄入量,与ADI值的比较等资料。

4.1 所需资料 在评估过程中,可以利用已有的食物消费量信息构建一个膳食模型代表特定人群的典型膳食,例如,针对于青年人或对含有食品添加剂的食品消费量较高的人群。利用模型中的食物消费数据结合食品添加剂的使用资料估计总的食品添加剂摄入量。模型中选定的代表食品消费量的数据和食品添加剂的使用量取决于建立模型的目的。

在膳食模型法中,为了评估摄入量,在构建膳食模型过程中以及将膳食模型与食品添加剂使用量结合过程中需要进行一系列假设。这些假设应该与摄入量评估结果一同列出。例如,如果食品添加剂规定按照GMP使用,应该说明在进行摄入量评估时使用的具体数值是多少。在膳食模型中假设的高消费者的消费量水平也应该列出,例如,对于高消费量消费者使用了90百分位数的消费量数据。如果评估过程中使用了食品分类系统,应该列出该系统的详细内容。

#### 4.2 计算方法

(1) 利用构建的膳食模型计算个人每天每种食物消费量数据

#### (2) 每人每日食品添加剂摄入量

每人每日摄入量 = 使用食品添加剂的食物消费量 × 食物中被评估食品添加剂的量

如果假设每个人体重60 kg或获得该人群的平均体重信息就能够计算每公斤体重每日食品添加剂摄入量。

#### 4.3 结果表示

食品添加剂的名称:

JECFA 制定的 ADI 值:

国家 ADI 值(如果有):

使用的膳食模型:

适用人群:

食物消费资料的来源:

调查名称:

调查日期:

调查类型:

样本量:

如果资料来源于其它途径,请给出:

表5 膳食模型资料

食品类别	消费量(g/d)
------	----------

注:如果可能应该使用CAC食品添加剂标准配套食品分类系统规定的名称。

表6 食品添加剂使用资料

食品/食品类别	最大使用水平	生产使用水平
---------	--------	--------

注:如果可能应该使用CAC食品添加剂标准配套食品分类系统规定的食品名称。

摄入量评估中使用的食品分类系统:

计算过程中所作的假设:

估计的食品添加剂摄入量/d =

食品添加剂摄入量的区间范围/d =

4.4 优缺点 该种方法的优点在于能够较精确地反应出膳食模型所针对人群的食品添加剂实际暴露情况,只针对某些特定人群,其膳食模型的资料较容易获得,其不足之处在于只能反应建立膳食模型时所针对的人群而不能反应某一国家所有人群的添加剂暴露情况。

#### 5 基于个人膳食记录资料的评估法 (Assessments based on individual dietary records)

这种评估方法基于人群中个人食品消费量的记录资料,只有在能够获得有代表性的国家膳食调查数据时才能使用这种方法。如果能够得到个人的体重信息,在得出人群统计结果前食品添加剂的摄入量可以用个人体重资料进行校正。评估过程中,调

查持续的时间能影响摄入量的估计值,尤其是评估长期摄入量时。

5.1 摄入量的计算基于个人对可能含有食品添加剂的食物的消费记录和食品添加剂的使用资料。由人群调查得出的食品添加剂摄入量信息可以用多种方式进行报告,取决于评估的目的。

这种评估方法能够提供食品添加剂摄入量的最好估计值。在利用个人膳食记录数据进行摄入量评估过程中,在按照食品或食品类别描述食物消费量时,规定食品或食品类别中食品添加剂的使用水平以及在将上述两类资料组合时都需要作一系列的假设。这些假设应该同摄入量评估结果一起列出。例如,按照 GMP 使用的食品添加剂,应该说明评估过程中使用的具体数值是多少。应该列出高消费量消费者的假设食品消费量,例如,定为第 90 百分位数的食品消费水平。列出这些假设非常重要,因为这些信息对于解释摄入量评估的结果是至关重要的。

### 5.2 计算方法

(1) 利用个人膳食记录计算个人每天每种食物消费量数据和体重信息

(2) 每人每日每公斤体重摄入量

每人每日每公斤体重摄入量 = 使用食品添加剂的食物消费量 × 食物中食品添加剂的量/体重

(3) 人群食品添加剂的每日每公斤体重摄入量

在(2)的基础上计算人群食品添加剂暴露量的平均值、P50、P95、P97.5 等结果。

### 5.3 结果表示

食品添加剂名称:

JECFA 制定的 ADI 值:

国家 ADI 值:

食物消费量数据:

调查名称:

调查时间:

调查类型:

样本量:

表 7 食品添加剂使用资料

食品/食品类别	最大使用水平	生产使用水平
---------	--------	--------

注:如果可能应该使用 CAC 食品添加剂标准配套食品分类系统规定的食品名称。

摄入量评估过程中使用的食品分类系统:

计算过程中所作的假设:

使用的附加因素(如,市场份额资料):

估计的食品添加剂摄入量 =

食品添加剂摄入量区间范围/d =

5.4 优缺点 该种方法的优点在于能够较为精确地反应一个国家范围内被评估食品添加剂的暴露量情况,如果调查人群的资料比较详细,还可以分地区、年龄等层次反应不同人群的食品添加剂暴露量。该方法的不足之处在于所需资料较难获得,需要进行全国范围内的膳食数据和所消费食品中被评估食品添加剂含量的调查,需要较大的物力和财力,所用的计算方法较为复杂。

### 参考文献

- [1] GB 2760—1996. 食品添加剂使用卫生标准[S].
- [2] JECFA. Monographs and Evaluations [EB/OL]. <http://www.inchem.org/pages/jecfa.html>.
- [3] FAO/WHO. Food additives Guidelines for the preparation of working papers on intake of food additives for the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. [EB/OL] <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en/intake.guidelines.pdf> Geneva, January 2001.
- [4] Hansen S C. Conditions for use of food additives based on a budget method for an acceptable daily intake. Journal of Food Protection, 1979, 42: 429-434.

[收稿日期:2006-05-24]

中图分类号:R15;TS202.3 文献标识码:E 文章编号:1004-8456(2006)05-0459-05

## 欢迎订阅 2007 年《预防医学论坛》杂志

《预防医学论坛》(CN37-1428/R/ISSN1672-9153)杂志是由国家卫生部主管,中华预防医学会主办的系列刊物之一,国内外公开发行,全国性科技期刊。

《预防医学论坛》杂志自 2007 年起变更为月刊,大 16 开,96 页,定价 8 元/期,全年定价 96 元。邮发代号:24-169,可直接向杂志社订阅。订阅全年杂志即可获 类学分 12 分。

汇款请寄:

邮编:250014

联系人:褚遵华

传真:0531-82679771

地址:山东省济南市经十路 72 号《预防医学论坛》杂志

电话:0531-82941186 或 82679772

E-mail: yfyxlt@vip.163.com