

## 综述

## 食品安全中风险-受益评估框架构建与方法

方海琴,刘爱东

(国家食品安全风险评估中心,北京 100022)

**摘要:** 食品的风险-受益评估(risk-benefit assessment, RBA)是通过综合描述某种食物或食物成分的风险和效益特征,评估在一定的暴露水平下,摄入该食物对人体健康的总影响是有益还是有害,是一个开放的、不断建立和完善的应用方法体系。食品安全领域开展风险-受益评估研究是制定食品安全政策和决策以及引导合理膳食的重要依据。本综述系统介绍食品安全中风险-受益评估的评估框架构建,以及不同层级食品(食品组分或膳食)的风险-受益评估方法与评估过程等技术内容,并进一步提出该研究领域在食品安全中的应用现状与展望。

**关键词:** 风险-受益评估;食品安全;营养

**中图分类号:** R155      **文献标识码:** R      **文章编号:** 1004-8456(2021)01-0118-07

**DOI:** 10.13590/j.cjfh.2021.01.023

**Establishing the framework and method of risk-benefit assessment for food safety**

FANG Haiqin, LIU Aidong

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

**Abstract:** Risk-benefit assessment (RBA) weights the risks and the benefits of food consumption by the risk and benefit characteristics. It is an open, continuously established and improved application method system. RBA research in the field of food safety is an important basis for formulating food safety policies and decisions, and guiding scientific consumption. This review outlines the construction of a framework for risk-benefit assessment in food safety, as well as the method and process of risk benefit assessment of different levels of food (food components or meals). Finally, some challenges and prospects of this research field are proposed.

**Key words:** Risk-benefit assessment; food safety; nutrients

摄入食物中的营养成分能发挥对人体健康有益的效应,而一些危害因子的摄入又可能存在危害人体健康的风险,欧洲食品安全局(EFSA)在2006年提出了食物中营养成分及危害因子的风险-受益评估(risk-benefit assessment, RBA)的原则与方法<sup>[1]</sup>,经过十余年的发展,RBA已在世界范围内成为食品安全领域一个新的研究热点和发展方向。RBA是通过综合描述某种食物或食物成分的风险和效益特征,评估在一定的暴露水平下,摄入该食物对人体健康的总影响是有益还是有害<sup>[1-2]</sup>。科学评估食物中营养成分及危害因子的风险与受益,实现将食品安全的风险尽可能降低到最小的同时实

现受益的最大化,为风险管理者制定或修订食品安全相关政策、法规和标准等提供科学依据,是食品安全领域开展RBA的最终目的。本文将从构建RBA框架、RBA过程与方法、RBA在食品安全中应用的现状及未来的展望三方面进行系统介绍。

### 1 RBA 框架

在传统的基于四个步骤的风险评估框架基础上,RBA方法增加了一个平行的效益特征描述过程,并引入了新增的第五个步骤:综合评价风险和效益。因此,RBA的操作过程包括五个步骤(如图1所示):①识别有益和不良的健康效应;②描述有益和不良的健康效应特征;③暴露评估;④分别描述风险和受益的特征;⑤综合评价风险和受益。在前四步中,分别进行风险和受益评价,在第五步中将风险和受益进行综合评价,得出健康效应指标的净值。

其中,风险是指不良健康效应发生的概率和严重程度<sup>[3]</sup>。不良健康效应是指某人或人群(亚组)的形态、生理、生长、发育、生殖或预期寿命发生变

收稿日期:2020-12-03

基金项目:国家自然科学基金(81302462);北京市自然科学基金(7142128);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:方海琴 女 研究员 研究方向为食品安全标准与营养  
E-mail:fanghaiqin@cfsa.net.cn

通信作者:刘爱东 男 研究员 研究方向为食品安全标准与营养  
E-mail:liuaidong@cfsa.net.cn

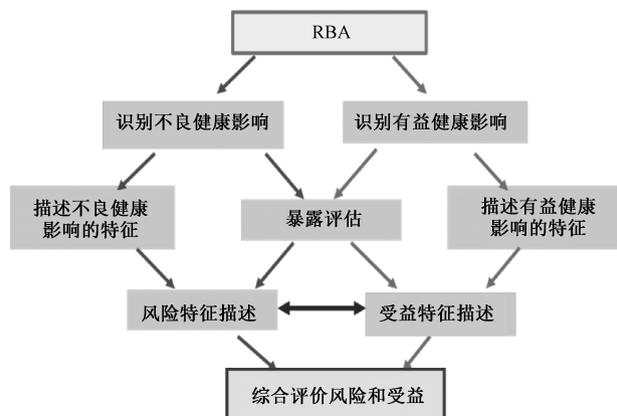


图1 构建RBA框架<sup>[1]</sup>

Figure 1 Establishing the risk-benefit assessment framework

化,导致身体机能削弱、应激能力下降、更容易受到其他影响<sup>[4-5]</sup>,进而可能导致疾病或者其他不良的健康后果,造成生活质量降低或死亡。与风险相反,受益是对有益健康效应发生的概率和有益健康结局的评价。有益健康效应通常可以减小或抵消生活质量的降低,或者降低死亡概率,提高生活质量。在RBA中,有益或不良健康效应可能均与受关注的食品直接相关,但不一定需要识别出具体的有益或有害成分。

## 2 RBA模型方法与评估过程

### 2.1 RBA常用模型与方法

RBA作为风险评估领域的一个分支学科,同时也是一个与统计学、流行病学、毒理学、营养与食品卫生学、卫生经济学和相关医学学科的交叉学科,在各相关学科和专家的共同推动下逐步发展,不断推出新的评价模型与方法。近年来,由欧盟开发的BRAFO(benefit risk analysis for food)模型在食品领域RBA中应用较为广泛<sup>[6-8]</sup>。该模型首先由预评估提出风险-受益的问题和确定评估中的参考情景(通常选择当前的膳食模式或摄入量为“0”的场景为参考场景)和假设情景(推荐或假设的膳食模式,也称替代场景),包括4个阶段:分别评估食物或食物成分的有益与不良健康效应;利用健康度量指标定性比较风险与受益;风险与受益的定量比较<sup>[6-8]</sup>;概率评估。这是一套阶梯式的RBA模型,4个阶段逐层开展,但按不同情况可在任一阶段终止评估。

QALIBRA是一种以网络为基础的风险评估工具(即Qalibra软件)<sup>[9]</sup>。该软件可将某种食物中产生的多种有益与不良健康效应转换成净健康效应,并定量评估其不确定性,软件可在线注册使用,所有评估为在线操作,按步骤输入参数并得出评估结果(www.qalibra.eu.)。目前,由EFSA资助的一项RB4EU(risk benefit 4EU)项目提出6步RBA步骤:

确定评估问题、确定评估场景、识别健康效应、分别评价风险和受益、定量评价健康效应、综合比较不同场景风险和受益<sup>[10]</sup>。

### 2.2 RBA过程

开始RBA过程之前应有提出问题并阐述的步骤<sup>[6-10]</sup>,即根据预先知道的一些与特定食品、食品组分、食品替代或膳食有关的风险和受益,提出风险-受益问题。风险-受益问题经常会重点关注食品安全或营养学领域内的干预策略或食品政策,应至少有一项风险和一项受益与RBA中考虑的食品(消费量变化)、食品组分、食品替代或膳食有关<sup>[6-10]</sup>。在设定风险-受益问题时,需要包含以下三个方面:食品层级、目标人群、暴露情景<sup>[6-8]</sup>。

**食品层级:**作为RBA的重点<sup>[6-8]</sup>,风险-受益问题考虑的食品层级是指受关注的食品总体水平。目前RBA中关注的食品层级主要为三个层次:食品成分(例如用于强化的微量营养素)、某种食物产品(例如鱼肉)、全部膳食(例如纯素膳食)。

**目标人群:**提出RBA问题时,应界定干预措施适用的人群。目标人群可以是某个国家的全体人群,也可以仅考虑某个亚人群,例如儿童、成人、育龄女性或老人。

**暴露情景:**在RBA中,通常把被评估的食品或食品组分的当前摄入量或零摄入量作为参照情景,把一种或多种其他摄入情景设定为替代情景,然后将替代情景与参照情景进行比较。替代情景的设定将有助于对在某人群中实行膳食建议或指南的健康效应、不同强化选项的健康效应、危害减轻策略的健康效应或者被视作极端的膳食习惯(如大量食用)的健康效应等进行研究。

#### 2.2.1 健康效应识别

提出评估问题之后,可以开展RBA的第一步,即识别与食品、食品组分、食品替代或膳食有关的不良和有益健康效应。纳入RBA中的健康效应必须具备充分的证据可信性,根据文献(最好是系统文献综述)分析证据可信度<sup>[11]</sup>。除了经过同行评审的文献以外,还可以在由政府机构和非政府组织编写的报告中查找证据。识别健康效应的一个重要部分是评价各方面的证据强度,包括对证据的因果关系、研究质量、可靠性和相关性以及各研究之间的一致性进行评价。

关于食品或食品组分与健康效应的关系,可以根据WHO评判标准评定这方面证据的等级<sup>[12]</sup>。WHO评判标准借鉴了世界癌症研究基金会设定的评判标准<sup>[13]</sup>,此标准还被用于在全球疾病负担(global burden of disease, GBD)研究中选择

风险-后果配对<sup>[14]</sup>。根据这些标准,证据可以被评定为“令人信服”“很有可能”“有可能”或“不充分”四种等级。这些标准被广泛用于营养科学中,只有被评为“令人信服”或“很有可能”的证据才能用于宣称功能效果或制定膳食指南<sup>[1,14-15]</sup>。通常来自优质的随机对照试验(RCT)以及足够数量的前瞻性队列研究,才能被评定为“令人信服”或“很有可能”。

与化学物暴露有关的健康效应证据通常来自实验动物研究或者低质量的流行病学研究,根据WHO评判标准,这些研究很少被评定为“有可能”以上的等级。需要强调的是,即使证据的等级较低,但潜在的毒理学不良影响也不能被忽视<sup>[15-16]</sup>,对有益和不良健康效应的综合考虑仍有助于RBA评价。

### 2.2.2 健康效应特征描述

健康效应特征描述有时也被称为剂量-反应关系评价<sup>[2,4]</sup>。此步骤的目的是根据人体或动物研究,确定某种食品或食品组分与某种健康效应的关系,健康效应可以指严重程度(连续性影响),也可以指发生概率(整分式影响)<sup>[2,4]</sup>。

#### 2.2.2.1 不良健康效应的危害特征描述

在传统的化学物风险评估中,对于毒性有阈值的化学物而言,危害特征描述的目的是设定健康指导值(health-based guidance value, HBGV),例如每日可耐受摄入量或可接受每日摄入量。HBGV通常可以根据剂量-反应数据,由剂量参考点乘以外推系数(不确定性系数或安全系数)推算,剂量参考点通常为无可见有害作用水平(no observed adverse effect level, NOAEL),即未出现不良影响最高剂量或应用基准剂量(benchmark dose, BMD)。对于非阈值效应的化合物,如基因毒性物质和致癌物质,应用暴露边界值(margin of exposure, MOE)法进行危害特征描述。MOE为不良效应的毒性剂量参照点与人体暴露量的比值。一般从公众健康的角度看,MOE>10 000时,健康担忧较小。在营养物质的风险评估时,应考虑同时评估两种风险(因摄入量过低导致营养缺乏的风险以及由于摄入量过高导致中毒的风险),即双重风险评估<sup>[17]</sup>。针对摄入量过高的风险,可与化学风险评估一样进行可耐受最高摄入量(upper intake level, UL)的推算,即应用由人体或实验动物数据得出的NOAEL值等剂量参照点并采用外推系数推算<sup>[18]</sup>,并将营养素摄入量与UL进行对比。在评估摄入量不足的情况时,会与平均需求量(估算值, estimated average requirement, EAR)及相关营养素参考摄入量进行对比<sup>[19-20]</sup>。

#### 2.2.2.2 有益健康效应的特征描述

RBA关注的健康影响是在一种或多种摄入场景中风险和效益产生的综合后果,其目的在于定量预测摄入量变化对健康效应的影响程度,因此不关注暴露阈值,关注的是给定摄入量下的预计影响,评价指标是给定摄入量时增加和减少的病例数目或疾病负担的估算值<sup>[1]</sup>。人群观察研究经常通过应用相对风险(relative risk, RR)、几率比或危害比,描述某种健康后果与给定暴露的联系<sup>[21]</sup>。

当采用实验动物研究作为RBA中健康效应特征描述的依据时(包括连续性和整分式两类影响),应与传统的风险评估一样,进行物种间和物种内外推。在进行关于毒理学终点的人体观察研究时,也可以进行物种内外推。

#### 2.2.3 暴露评估

为了进行食品或食品组分的风险和受益特征描述,必须在参照情景和替代情景下评价食品或食品组分的摄入情况。与传统风险评估的暴露评估方法相同,为了进行暴露评估,至少要掌握食物消费量和食品成分含量信息<sup>[7]</sup>。食物消费量数据可以通过国家食物消费量调查<sup>[22-24]</sup>获得。营养素和化学物含量数据可以通过国家、地区监测结果或其他来源获得,例如《中国食物成分表》、国际数据库<sup>[25-26]</sup>、相关文献报道以及检测数据等。

#### 2.2.4 风险特征描述和受益特征描述

RBA中风险和受益特征描述的目的是估算某种不良或有益健康效应发生的概率及其影响的后果。在传统的化学物和营养素风险评估中,HBGV(针对具有某种阈限影响的化学物)和营养素每日参考值(daily reference value, DRV)分别与化学物和营养素暴露量进行比较,以估算面临中毒或营养不足风险的人群比例。由于HBGV和DRV的设定方法和数据来源存在差异,因此在RBA中评价风险与受益的实际平衡情况时,需要引入一个统一的指标进行风险和受益的定量比较。

##### 2.2.4.1 定量风险-受益评价中的健康指标

风险和受益特征描述的结果取决于风险-受益需要评估的问题本身,以及是否采用了合适的比较指标,通常应用某个通用指标或复合指标表示。

通用指标被称为单一后果指标,仅表示单一的维度,例如疾病的发生率(每年的新病例数)、流行度(病例总数)或致死率(每年的死亡人数)<sup>[1,9]</sup>。复合指标(也称为综合指标)是把不同的疾病信息综合到一个指标中,比通用指标需要输入更多的数据<sup>[1,6,9]</sup>。复合指标的示例有付款意愿、疾病成本、伤残调整寿命年(disability adjusted of life, DALY)和

质量调整寿命年 (quality-adjusted life years, QALY)<sup>[27]</sup>。DALY 和 QALY 均为经过健康调整的年岁,其中 DALY 是健康年岁损失的指标,QALY 是健康年岁增多的指标<sup>[27]</sup>。定量 RBA 中最常用的复合指标是 DALY<sup>[28-33]</sup>,DALY 也是 GBD 研究<sup>[14]</sup>和 WHO 全球食源性疾病负担估算中的首选指标<sup>[34-35]</sup>。

### 2.2.4.2 DALY

DALY 属于健康损失指标,通过把给定的健康状况与理想的健康状况进行比较<sup>[36-37]</sup>,衡量由于某种健康后果导致的健康损失。DALY 一年即等于损失了一年的健康年岁。由于 DALY 把某种健康后果的发生率、严重程度和持续时间(失去能力的年岁, YLD)与由于过早死亡导致的寿命损失 (YLL) 结合在一起(见图 2),具有多维度属性,因此能够同时对各种疾病和失能进行比较<sup>[38]</sup>。

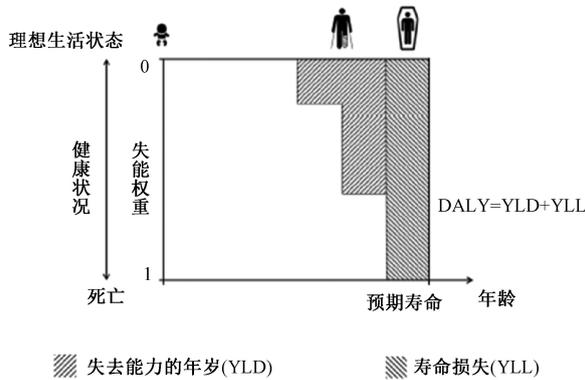


图 2 DALY 的概念和计算

Figure 2 Conception and calculation of DALYs

### 2.2.5 风险和受益综合评价

风险-受益过程的最后一步是综合评价风险和受益,以及对各种情景进行比较。如果 RBA 的结果采用 DALY 表示,则通常记录替代情景与参照情景下两个 DALY 的差值。以健康后果为 X 的 DALY 差值 ( $\Delta DALY_x$ ) 的计算方法为: $\Delta DALY_x = DALY_{x, 替代情景} - DALY_{x, 参考情景}$ 。其中  $DALY_{x, 替代情景}$  和  $DALY_{x, 参考情景}$  分别为替代情景和参照情景下的疾病负担估算值。为了估算总体健康效应,所有疾病和健康后果的 DALY 差值 ( $\Delta DALY$ ) 计算公式为: $\Delta DALY = \sum_d (\Delta DALY_x)$ 。 $\Delta DALY$  为正数代表健康损失, $\Delta DALY$  为负数代表健康增加<sup>[7]</sup>。DALY 总差值可以以总人口为单位,但为了便于比较,DALY 经常以  $10^6$  个体为单位的标化 DALY 率表示。

### 2.3 RBA 中的不确定性和变异性

由 RBA 得到的最终健康效应估算值(例如  $\Delta DALY$ )存在一定程度的不确定性,该不确定性来自所用的数据和模型,以及进行估算时所依据的各

种假设。同时,DALY 估算值还需要体现某个人群中健康效应的变异性。

2004 年化学安全国际项目 (IPCS) 对不确定性的定义是,对于受关注的某种生物、系统或人群(亚组)了解不充分<sup>[4]</sup>,即缺少数据或者了解不全面,用更多或更好的数据可以减小不确定性<sup>[39]</sup>。在 RBA 中,存在某些来源的不确定性无法被量化。因此,在对评估结果和已量化的不确定性进行解读和交流的同时,还需要对未量化的不确定性进行定性评价<sup>[9]</sup>。

变异性指的是真实世界中的实际差异或异质性<sup>[39]</sup>,因此,变异性无法减小。虽然鼓励把变异性与不确定性区分开,但是某些类型的不确定性由变异性导致,因此两者又是密切相关的<sup>[40]</sup>。

RBA 可以采用确定性或概率性方法进行。确定性评价采用输入参数的单一估算值,例如某个人群中的平均食用量(用于建立暴露模型),不考虑不确定性或变异性。可以通过限定计算范围(例如大量食用者)进行“最不利情况”分析,以体现某个人群中的不确定性,或者采用剂量-反应函数的上界估算值,以体现模型参数的不确定性。概率性评价采用概率分布数据,描述模型输入参数的不确定性和/或变异性。来自多项输入参数的不确定性和/或变异性可以在整个计算过程中传递,以体现最终结果的不确定性和/或变异性。可以借助蒙特卡罗模拟,反复计算很多次(迭代法),分别从体现不确定性和变异性的分布数据中抽选数值,以便分别评价最终估算值的不确定性和变异性<sup>[40-41]</sup>。

## 3 RBA 在食品安全中的应用现状和展望

经过十余年的发展,国际上开展了一系列基于食物和食物中营养成分与化学物质的 RBA 研究,RBA 研究领域也逐步扩展,并成为食品安全领域的一个新热点。

以前,RBA 主要在食品组分或食品水平上进行,主要应用于以下情景:(1)食物同时含有有益健康和不利于健康的成分,如深海鱼中富含多不饱和脂肪酸,但易富集有毒金属和持久性有机污染物<sup>[28-29,33]</sup>;(2)某些营养素/食物成分同时具有有益和不良健康效应,如微量营养素中的维生素 D<sup>[42]</sup>和铁<sup>[43]</sup>;(3)食品加工方式或原辅料改变,如在工业化食物产品中用氯化钾替代氯化钠<sup>[44]</sup>、用甜味剂或新的食品添加剂取代食糖<sup>[45]</sup>;(4)营养成分的食物强化,如叶酸<sup>[36]</sup>或植物甾醇<sup>[32]</sup>的强化。近年来,RBA 关注的评估范围扩大,以鱼的 RBA 为例,2015 年以前超过 70% 的研究只评价鱼肉的风险和受益,

而近几年,很多RBA开始评价食用不同种类的鱼肉或采用不同的鱼肉烹饪方法带来的健康效应<sup>[46-48]</sup>。其他被评价的食品包括水果和蔬菜<sup>[49-50]</sup>、母乳喂养和婴儿配方食品<sup>[51]</sup>等。在我国已开展了关于水产品<sup>[52]</sup>和蔬菜<sup>[53]</sup>等的RBA工作,但应用领域不宽,方法亦有待进一步完善。

作为一种综合评价方法,RBA日益受到重视,RBA方法不断完善。但目前在此领域仍存在一些问题和挑战:(1)评估相关数据缺乏,RBA的风险特征描述和受益特征描述中DALY的计算需要应用的疾病负担数据缺乏,将动物试验数据的外推构建不同健康效应的剂量-反应关系方法尚不成熟,使得RBA的难度和不确定性增大;(2)食品中成分多样,如何判断其关键效应以及评估多种成分间的相互作用等有待进一步研究。

此外,大部分现有的RBA仅考察了某一种食品的食用量变化造成的健康效应,未考虑由此引起的其余膳食的变化。事实上,一种食品的食用量改变时,其他食品的食用量很可能也会改变。因此,食品替代是当前及未来RBA中的重点关注领域。基于食物替代的RBA食品层次,一方面包括食品组分的替代,如用单不饱和脂肪酸替代饱和脂肪酸(能量摄入总量的5%),另一方面为食物种类或膳食选择的替代,如荷兰人群用鱼肉替代红肉<sup>[54]</sup>,用基于植物的食品替代肉制品和乳制品<sup>[55]</sup>,以及用符合某种健康标志认证要求的食品替代不符合此要求的食品<sup>[56]</sup>,以考察对营养素摄入量的影响。一项近期RBA研究考察了以鱼肉或核桃替代畜肉,将二十二碳六烯酸(DHA)和二十碳五烯酸(EPA)的摄入量增加至荷兰推荐摄入量,所产生的营养学、毒理学和微生物学健康影响,并考虑对可持续生产和消费等方面的影响<sup>[57]</sup>。

综上所述,RBA的方法是一个开放的,不断建立和完善的应用方法体系,我国的RBA研究起步较晚,但前景广阔,亟待构建适合我国国情和我国居民食物消费模式的RBA方法与相关模型,积极探索开展基于我国膳食模式下不同层级的食品(食品组分、食品和膳食)综合作用的RBA,实现我国食品安全风险-受益平衡,在可接受的风险下实现收益的最大化或相对风险的更大受益。

## 参考文献

[1] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Guidance on human health risk-benefit assessment of food [J]. *EFSA Journal*, 2010, 8(7): 1673.

[2] TIJHUIS M J, DE JONG N, POHJOLA M V, et al. State of the art in benefit risk analysis: food and nutrition [J]. *Food and*

*Chemical Toxicology*, 2012, 50(1): 5-25.

- [3] Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission. Procedural manual. Twenty-fourth edition [R]. Rome: World Health Organization, Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2015.
- [4] World Health Organization. IPCS risk assessment terminology [R]. Geneva: WHO, 2004.
- [5] WHO, FAO. 营养素及相关物质可耐受最大摄入量模型构建 [M]. 杨桂玲, 刘爱东, 袁玉伟, 等, 译. 北京: 中国农业出版社, 2020.
- [6] HOEKSTRA J, HART A, BOOBIS A, et al. BRAFO tiered approach for benefit risk assessment of foods [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, 50(S4): S684-S698.
- [7] FRANSEN H, DE JONG N, HENDRIKSEN M, et al. A tiered approach for risk-benefit assessment of foods [J]. *Risk Analysis*, 2010, 30(5): 808-816.
- [8] VERHAGEN H, ANDERSEN R, ANTOINE J M, et al. Application of the BRAFO tiered approach for benefit-risk assessment to case studies on dietary interventions [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, 50(S4): S710-S723.
- [9] HART A, HOEKSTRA J, OWEN H, et al. Qalibra: a general model for food risk-benefit assessment that quantifies variability and uncertainty [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2013, 54: 4-17.
- [10] ASSUNCAO R, ALVITO P, BRAZAO R, et al. Building capacity in risk-benefit assessment of foods: lessons learned from the RB4EU project [J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2019, 91: 541-548.
- [11] BOUÉ G, GUILLOU S, ANTIGNAC J P, et al. Public health risk-benefit assessment associated with food consumption a review [J]. *European Journal of Nutrition and Food Safety*, 2015, 5(1): 32-58.
- [12] SCHÜNEMANN H, BROŽEK J, GUYATT G, et al. Guidelines 2.0: systematic development of a comprehensive checklist for a successful guideline enterprise [J]. *Canadian Medical Association Journal*, 2014, 186(3): E123-E142.
- [13] WCRF, AICR. Continuous Update Project Report: diet, nutrition, physical activity and stomach cancer [EB/OL]. (2017-07-02) [2020-08-26]. <http://www.wcrf.org/sites/default/files/StomachCancer-2016-Report.pdf>.
- [14] GBD 2017 DALYs and HALE Collaborators. Global, regional, and national disability adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990-2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016 [J]. *The Lancet*, 2017, 390(10100): 1260-1344.
- [15] European Parliament, Council. Corrigendum to Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods [J]. *Official Journal of the European Union*, 2007, 12(3): 16.
- [16] BOOBIS A, CHIODINI A, HOEKSTRA J, et al. Critical appraisal of the assessment of benefits and risks for foods, 'BRAFO Consensus Working Group' [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2013, 55: 659-675.
- [17] STANLEY O. Food and nutritional toxicology [M]. Boca Raton: CRC Press, 2004.
- [18] IPCS. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food [Z]. FAO, WHO, Geneva: Switzerland, 2009.
- [19] Nordic Council of Ministers. Nordic nutrition recommendations

- 2012-integrating nutrition and physical activity [ M ]. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2014.
- [20] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion on principles for deriving and applying dietary reference values [ J ]. EFSA Journal, 2010, 8 (3):1458.
- [21] ROTHMAN K J. Epidemiology: an introduction [ M ]. New York: Oxford University Press, 2002.
- [22] DUBUISSON C, LIORET S, TOUVIER M, et al. Trends in food and nutritional intakes of French adults from 1999 to 2007: results from the INCA surveys [ J ]. British Journal of Nutrition, 2010, 103(7):1035-1048.
- [23] WHITTON C, NICHOLSON S K, ROBERTS C, et al. National diet and nutrition survey: UK food consumption and nutrient intakes from the first year of the rolling programme and comparisons with previous surveys [ J ]. British Journal of Nutrition, 2011, 106(12):1899-1914.
- [24] PEDERSEN A, CHRISTENSEN T, MATTHIESSEN J, et al. Dietary habits in Denmark 2011-2013 [ D ]. Søborg: National Food Institute, Technical University of Denmark, 2015.
- [25] ROE M A, BELL S, OSEREDCZUK M, et al. Updated food composition database for nutrient intake [ J ]. EFSA Supporting Publications, 2013, 10(6): EN-355.
- [26] CERIANI L, CIACCI A, BALDIN R, et al. Final report on the update and maintenance of OpenFoodTox: EFSA's chemical hazards database: S-IN Soluzioni Informatiche [ J ]. EFSA Supporting Publication, 2018, 15(7): EN-1438.
- [27] GOLD M R, STEVENSON D, FRYBACK D G. HALYs and QALYs and DALYs, oh my: similarities and differences in summary measures of population health [ J ]. Annual Review of Public Health, 2002, 23(1): 115-134.
- [28] HOEKSTRA J, HART A, OWEN H, et al. Fish, contaminants and human health: quantifying and weighing benefits and risks [ J ]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 54:18-29.
- [29] BERJIA F L, HOEKSTRA J, ANDERSEN R, et al. Risk-benefit assessment of cold-smoked salmon: microbial risk versus nutritional benefit [ J ]. European Journal of Food Research and Review, 2012, 2(2): 49-68.
- [30] VAN KREIJL C F, KNAAP A G A C, VAN RAAIJ J M A, et al. Our food, our health. Healthy diet and safe food in the Netherlands [ M ]. The Netherlands, 2006.
- [31] HOEKSTRA J, VERKAIK-KLOOSTERMAN J, ROMPELBERG C, et al. Integrated risk-benefit analyses: method development with folic acid as example [ J ]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46 (3):893-909.
- [32] HOEKSTRA J, FRANSEN H P, VAN EIJKEREN J C, et al. Benefit-risk assessment of plant sterols in margarine: a QALIBRA case study [ J ]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 54: 35-42.
- [33] World Health Organization. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the risks and benefits of fish consumption. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations [ R ]. Geneva: WHO, 2011.
- [34] DEVLEESSCHAUWER B, HAAGSMA J A, ANGULO F J, et al. Methodological framework for World Health Organization estimates of the global burden of foodborne disease [ J ]. PLoS One, 2015, 10(12): e0142498.
- [35] GIBB H, DEVLEESSCHAUWER B, BOLGER P M, et al. World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of four foodborne chemical toxins, 2010: a data synthesis [ J ]. F1000Research, 2015, 4:1393.
- [36] O'DONOVAN M R, GAPP C, STEIN C. Burden of disease studies in the WHO European Region a mapping exercise [ J ]. European Journal of Public Health, 2018, 28(4): 773-778.
- [37] WHO. WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000-2015 [ Z ]. 2017.
- [38] EFSA Scientific Committee. The principles and methods behind EFSA's guidance on uncertainty analysis in scientific assessment [ J ]. EFSA Journal, 2018, 16(1):5122.
- [39] BOUÉ G, CUMMINS E, GUILLOU S, et al. Public health risks and benefits associated with breast milk and infant formula consumption [ J ]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018, 58(1): 126-145.
- [40] NAUTA M J. Separation of uncertainty and variability in quantitative microbial risk assessment models [ J ]. International Journal of Food Microbiology. 2000, 57(1/2): 9-18.
- [41] POUILLOT R, DELIGNETTE-MULLER M L. Evaluating variability and uncertainty separately in microbial quantitative risk assessment using two R packages [ J ]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 142(3): 330-340.
- [42] BERJIA F L, HOEKSTRA J, VERHAGEN H, et al. Finding the optimum scenario in risk-benefit assessment: an example on vitamin D [ J ]. European Journal of Nutrition & Food Safety, 2014, 4(4): 558-576.
- [43] KRUL L, KREMER B H A, LUIJCKX N B L, et al. Quantifiable risk benefit assessment of micronutrients: from theory to practice [ J ]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(17): 3729-3746.
- [44] STEFFENSEN I L, FRØLICH W, DAHL K H, et al. Benefit and risk assessment of increasing potassium intake by replacement of sodium chloride with potassium chloride in industrial food products in Norway [ J ]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 111: 329-340.
- [45] HENDRIKSEN M A, TIJHUIS M J, FRANSEN H P, et al. Impact of substituting added sugar in carbonated soft drinks by intense sweeteners in young adults in the Netherlands: example of a benefit-risk approach [ J ]. European Journal of Nutrition, 2011, 50(1): 41-51.
- [46] AFONSO C, COSTA S, CARDOSO C, et al. Benefits and risks associated with consumption of raw, cooked, and canned tuna (*Thunnus* spp.) based on the bioaccessibility of selenium and methylmercury [ J ]. Environmental Research, 2015, 143(pt b): 130-137.
- [47] AFONSO C, COSTA S, CARDOSO C, et al. Evaluation of the risk/benefit associated to the consumption of raw and cooked farmed meagre based on the bioaccessibility of selenium, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid, total mercury, and methylmercury determined by an in vitro digestion model [ J ]. Food Chemistry, 2015, 170: 249-256.
- [48] ANISHCHENKO O V, SUSHCHIK N M, MAKHUTOVA O N, et al. Benefit-risk ratio of canned pacific saury (*Cololabis saira*) intake: essential fatty acids vs. heavy metals [ J ]. Food and Chemical Toxicology, 2017, 101: 8-14.
- [49] VALCKE M, BOURGAULT M H, ROCHETTE L, et al. Human health risk assessment on the consumption of fruits and vegetables containing residual pesticides: a cancer and non-cancer risk/benefit perspective [ J ]. Environment International, 2017, 108: 63-74.

- [50] REISS R, JOHNSTON J, TUCKER K, et al. Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables [J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 50(12): 4421-4427.
- [51] BOUÉ G, CUMMINS E, GUILLOU S, et al. Development and application of a probabilistic risk-benefit assessment model for infant feeding integrating microbiological, nutritional, and chemical components [J]. Risk Analysis, 2017, 37(12): 2360-2388.
- [52] XIONG G Y, XIA Z H, GUANG L J, et al. The benefit risk assessment of consumption of marine species based on benefit-risk analysis for foods (BRAFO)-tiered approach [J]. Biomedical and Environmental Sciences, 2015, 28(4): 243-252.
- [53] 曹佩, 朱江辉, 梁江, 等. 定性风险-受益评估方法在蔬菜及蔬菜中硝酸盐摄入评估中的应用性研究 [J]. 中国食品卫生杂志, 2018, 30(3): 312-316.
- [54] VAN DER VOET H, DE MUL A, VAN KLAVEREN J D. A probabilistic model for simultaneous exposure to multiple compounds from food and its use for risk-benefit assessment [J]. Food and Chemical Toxicology, 2007, 45(8): 1496-1506.
- [55] TEMME E H, VAN DER VOET H, THISSEN J T, et al. Replacement of meat and dairy by plant-derived foods: estimated effects on land use, iron and SFA intakes in young Dutch adult females [J]. Public Health Nutrition, 2013, 16(10): 1900-1907.
- [56] ROODENBURG A J C, VAN BALLEGOOIJEN A J, DÖTSCH-KLERK M, et al. Modelling of usual nutrient intakes: potential impact of the choices programme on nutrient intakes in young Dutch adults [J]. PLoS One, 2013, 8(8): e72378.
- [57] HOLLANDER A, JONGE R, BIESBROEK S, et al. Exploring solutions for healthy, safe, and sustainable fatty acids (EPA and DHA) consumption in the Netherlands [J]. Sustainability Science, 2019, 14(2): 303-313.

## 《中国食品卫生杂志》2021年征稿征订启事

《中国食品卫生杂志》创刊于1989年,由中华人民共和国国家卫生健康委员会主管,中华预防医学会、中国卫生信息与健康医疗大数据学会共同主办,刊号:ISSN 1004-8456、CN 11-3156/R,邮发代号:82-450,双月刊,国内公开发行人。本刊是2008、2011、2017版中文核心期刊,中国科学引文数据库核心刊(C刊),中国科技核心期刊,中国精品科技期刊。中国知网(CNKI)全文收录。2020年版影响因子1.553,在预防医学领域影响力指数排名第8(8/86)。曾连续多年获得中华预防医学会优秀期刊一等奖。

**刊登范围:**食品卫生领域的科研方法及成果,检验检测技术(包括化学分析技术、微生物检验技术、毒理学方法),有毒有害物质的监测、评估、标准的研究,监督管理措施及方法,应用营养等。

**主要栏目:**专家述评、论著、研究报告、实验技术与方法、监督管理、调查研究、食品安全标准、风险监测、风险评估、应用营养、食物中毒、综述及国际标准动态。

**刊发周期:**审稿通过后一般在2个月左右刊出。对具有创新性的优秀论文开通绿色通道,加急审稿、优先发表。

## 欢迎投稿、欢迎订阅。

**投稿网址:** <http://www.zgspws.com>

**订 阅:**2021年《中国食品卫生杂志》。每期定价40元,全年240元。

订阅方式可以通过以下:

1、杂志官方网站订阅(详情见官网 [www.zgspws.com](http://www.zgspws.com)、可咨询购买过刊)。

2、通过邮局订阅,邮发代号82-450。

3、通过杂志淘宝店,微信公众号线上购买(详情请扫描以下二维码关注)。

**地 址:**北京市海淀区紫竹院南路17号院3号楼102室

《中国食品卫生杂志》编辑部

**电 话:**010-68707221 **邮 政 编 码:**100048 **E-mail:**spws462@163.com



杂志公众号



杂志淘宝店



杂志微店