

自上而下法评定固相酶联免疫吸附法测定食用油中黄曲霉毒素 B₁ 的不确定度

陈子凡*

(河源市食品检验所, 河源 517000)

摘要: **目的** 利用自上而下方法评定固相酶联免疫吸附法测定食用油中黄曲霉毒素 B₁ 含量的不确定度。**方法** 在控制不确定度来源或程序的前提下, 得出试验数据、质控数据进行评定, 通过计算偏移和实验室内复现性 2 个分量, 最后合成得到该方法的测量不确定度。**结果** 按照自上而下法的公式计算, 本研究测得食用油中黄曲霉毒素 B₁ 含量为 $(46.25 \pm 6.28) \mu\text{g/mL}$, 扩展不确定度 U_{rel} 为 14% ($k=2$)。**结论** 使用自上而下法对固相酶联免疫吸附法测定食用油中黄曲霉毒素 B₁ 含量进行评定过程是实用和可靠的, 可以为其他同类型的检测方法进行测量不确定度评定时所借鉴, 也为实验员在实验质量控制方面提供参考。**关键词:** 固相酶联免疫吸附法; 黄曲霉毒素 B₁; 不确定度; 自上而下法; 食用油

Uncertainty evaluation of determination of aflatoxin B₁ in edible oil by ELISA with top-down approach

CHEN Zi-Fan*

(The Food Inspection Institute of Heyuan, Heyuan 517000, China)

ABSTRACT: Objective To determine the uncertainty of aflatoxin B₁ in edible oil by solid-phase enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) using top-down approach. **Methods** The test data and quality control data were evaluated under the premise of controlling the source or procedure of the uncertainty. By calculating the 2 components of offset and laboratory reproducibility, the measurement uncertainty of the method was finally obtained. **Results** According to the method of top-down approach, the content of aflatoxin B₁ in edible oil in this study was $(46.25 \pm 6.28) \mu\text{g/mL}$ and the accompanying expanded uncertainty was 14% ($k=2$). **Conclusion** It is practical and reliable to determine the content of aflatoxin B₁ in edible oil by solid-phase ELISA with top-down approach. It can be used for other non-deterministic measurement of the same type of detection method, and provide a reference for the experimental staff in experimental quality control.

KEY WORDS: solid-phase enzyme-linked immunosorbent assay; aflatoxin B₁; uncertainty; top-down approach; edible oil

基金项目: 河源市食品药品监督管理局 2016 年科技项目

Fund: Supported by Heyuan Food and Drug Administration Science and Technology Projects in 2016

*通讯作者: 陈子凡, 化工中级工程师, 主要研究方向为化学分析检测。E-mail: chenzifan@21cn.com

*Corresponding author: CHEN Zi-Fan, Chemical Intermediate Engineer, No.3, Huada South Road, Yuancheng District, Heyuan 517000, China. E-mail: chenzifan@21cn.com

1 引言

GB 5009.22-2016《食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定》^[1]中规定, 酶联免疫吸附筛查法适用于谷物及其制品、豆类及其制品、坚果及籽类、油脂类及其制品等产品中的黄曲霉毒素 B₁(aflatoxin B₁, AFB₁)的测定。酶联免疫吸附筛查法是利用固相酶联免疫吸附(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)的原理, 通过甲醇水提取试样中的 AFB₁, 经过均质、涡旋、离心、过滤等处理获得上清液, 使用抗 AFB₁ 抗体与酶标抗原、待测抗原的竞争免疫反应以及酶的催化显色反应相结合, 经过无机酸终止反应, 于 450 nm 或 630 nm 波长下检测吸光度^[1]。该方法的特点是操作简单、特异性好、灵敏度高、结果易于判读。因此固相酶联免疫吸附法测定食用油中 AFB₁ 是食品实验室最常用的筛查方法^[2-4], 对该方法进行不确定度的评定分析, 有助于分析该方法的不确定度来源、提高检测结果质量和改善检测过程的质量控制效果^[5,6]。

目前对于固相酶联免疫吸附法测定食品中 AFB₁ 方法的测量不确定度评定, 都是使用《测量不确定度表述指南》(guide to the expression of uncertainty in measurement, GUM)的方法进行评定^[5-8], 将整个测定过程按照化学检验的方法进行因素分析和不确定度合成^[9], 关注的重点只是在分量计算上的选择不一样。由于固相酶联免疫吸附法的特点, 其过程涉及复杂的生物化学类反应过程^[10], 如果使用 GUM 法进行评定, 对测量过程进行全面的分析, 需要对可能引入测量不确定度的每一个分量进行评估, 实际过程是费时费力的, 而且不同的实验室的评定结果很难达成一致^[11]。随着不确定度评定方法研究的深入, 一种自上而下(top-down)的评定方法被推荐用于环境实验室和医学实验室^[12-14]。该方法依据试验数据、质控数据进行评定, 通过计算偏移和实验室内复现性两个分量, 最后合成得到该方法的不确定度^[15], 经过多年的研究发展, 中国合格评定国家认可委员会也在其下属医学实验室对自上而下法进行推广^[16]。

本研究使用自上而下法, 以固相酶联免疫吸附法测定食用油中 AFB₁ 含量方法为例, 研究自上而下法评定的在食品检验中对于 ELISA 方法的适用性。

2 材料和方法

2.1 材料和仪器

AFB₁ ELISA Kit(苏州微生物研究有限公司), 24 孔反应板、阳性质控样品 Y(广东省食品工作研究所、广东省生物工程研究所、广州市京诚检测技术有限公司、东莞中鼎检测技术有限公司 4 家实验室做实验室间比对给出公认值, AFB₁ 浓度 38 μg/kg); 甲醇(分析纯, 广州试剂厂); 石油醚(分析纯, 广州试剂厂)。

Multiskan™ GO 全波长酶标仪(美国 Thermo

Scientific 公司); SkanIt™ 软件(3.2.29 Ver, 美国 Thermo Scientific 公司); JJ300 型电子天平(常熟市双杰测试仪器厂)。

2.2 试验方法

按 GB 5009.22-2016《食品中黄曲霉毒素 B₁ 的测定》进行样品前处理^[17], 阳性样品 Y 与样品一同进行前处理, 其步骤与样品的前处理保持一致。按试剂盒说明书进行 0.1 mL 样品提取液+0.3 mL 稀释液配置, 制得样品稀释液。取出试剂盒平衡至室温, 进行洗涤, 在 A1 至 A7 孔中加入系列标准溶液, A8、B12 孔中加入 Y 液, B1 孔加入试剂盒中的 0.5 μg/kg 标准溶液, 其余孔加入待测样品稀释液。

实验按试剂盒说明书依次加入 C、F、G 试剂进行竞争免疫反应以及酶的催化显色反应, 最后加入终止液, 摇匀后用酶标测试仪在 450 nm 波长处测定各孔的吸光度 A 值。将 SkanIt™ 软件设定系列 AFB₁ 标准测定的吸光度 A 值为标准曲线值, 其他孔的 A 值设为“未知”, 稀释系数按各孔稀释倍数填写, 软件自动给出各未知孔的 AFB₁ 含量。

3 结果与分析

3.1 不确定度来源

固相酶联免疫吸附法依照 ISO 15189-2012《医学实验室. 质量和资格要求》^[18]中的定义, 可分为测量前、测量中和测量后 3 个阶段, 这 3 个阶段都存在测量不确定度的来源, 而且存在着生物反应过程, 使用传统的表述指南法, 对每一个来源进行分析量化, 工作量是巨大的。自上而下的方法, 是在控制不确定度来源或程序的前提下, 评定测量不确定度, 即运用统计学原理直接评定特定测量系统之受控结果的不确定度^[16]。

典型自上而下方法的是依据特定方案的试验数据、质控数据或方法验证数据进行评定, 主要考虑的是正确度和精密度, 即偏移 b 和实验室内复现性 $S(R_W)/2$ 个分量。单独使用测量重复性 S_R 数据进行评定, 在实际工作就会发现, 忽略很多其他影响因素, 低估了不确定度值; 使用测量重复性 S_R 数据, 造成影响因素过多, 无法完全评价各分量, 则会高估了不确定度值。使用 $S(R_W)$ 是可以改进主要影响因素, 从而更准确科学地对不确定度进行评定。

固相酶联免疫吸附法测定食用油中黄曲霉毒素 B₁ 也可参考医学实验室的不确定度来源分析, 看作测量前、测量中和测量后 3 个阶段, 通过加入阳性质控样和有证参考物质(certificated reference material, CRM)样品控制不确定度来源, 计算偏移 b 和实验室内复现性对实验的测量不确定度进行评定。

3.2 自上而下法合成过程

3.2.1 确定合成不确定度

按照自上而下方法的合成方法, 首先合成标准不确

定度 u_c 及相对合成标准不确定度 u_{crel} , 公式如下:

$$u_c = \sqrt{u_c^2(bias) + u^2(R_w)}$$

$$u_{crel} = \sqrt{u_{crel}^2(bias) + u_{rel}^2(R_w)}$$

式中:

u_c —合成标准不确定度;

$u_c(bias)$ —偏移引入的测量不确定度分量;

$u(R_w)$ —实验室内测量复现性引入的测量不确定度分量;

u_{crel} —相对合成标准不确定度;

$u_{crel}(bias)$ —偏移引入的相对测量不确定度分量;

$u_{rel}(R_w)$ —实验室内测量复现性引入的相对测量不确定度分量。

3.2.2 偏移引入的测量不确定度

北欧测试合作组织(Nordtest)提出以偏移、标准差与 CRM 自身不确定度评定偏移的不确定度^[19], 该计算方法在中国合格评定国家认可委员会(China National Accreditation Service for Conformity Assessment, CNAS)的《TRL-001:2012 医学实验室-测量不确定度的评定与表达》^[16]中也得到引用, 按下列公式计算进行计算可得偏移的测量不确定度和相对测量不确定度:

$$u_c(bias) = \sqrt{u^2(Cref) + u_{CRM}^2 + b^2}$$

$$u_{crel}(bias) = \sqrt{u_{rel}^2(Cref) + u_{rel}^2(CRM) + b_{rel}^2}$$

式中:

C_{ref} —CRM 示值;

$u(Cref)$ —CRM 示值引入的测量不确定度;

u_{CRM} —重复测量参考物质引入的测量不确定度分量;

b —测量平均值与 CRM 认定值间的偏移量值;

$u_{rel}(Cref)$ —CRM 示值引入的相对测量不确定度;

$u_{rel}(CRM)$ —重复测量参考物质引入的相对测量不确定度分量;

b_{rel} —测量平均值与 CRM 认定值间的相对偏移量值。

由 CRM 示值引入的测量不确定度和相对测量不确定度按下列公式计算:

$$u(C_{ref}) = \frac{U(C_{ref})}{k}$$

$$u_{rel}(C_{ref}) = \frac{U(C_{ref})}{k \times C_{ref}} \times 100$$

式中:

k —包含因子;

$U(C_{ref})$ —CRM 的扩展不确定度。

其中 k 值为包含因子, 一般由 CRM 证书给出, 如果未给出 k 值得信息, 出于稳健考虑, 可把证书提供的扩展不确定度 $U(C_{ref})$ 视作为 $u(C_{ref})$ 使用^[16]。

重复测量 CRM 引入的测量不确定度:

$$u_{CRM} = \frac{s(R_w)}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$u_{rel}(CRM) = \frac{RSD(R_w)}{\sqrt{n}} = \frac{s(R_w)}{\sqrt{n} \times |\bar{x}|} \times 100$$

式中:

n —CRM 重复测量的次数;

$RSD(R_w)$ —测量参考物质时的相对实验室内测量复现性;

x_i —实验室的单次测量值;

$\bar{x}$ —实验室测得量值的平均值。

测得 CRM 的量值与 CRM 认定值间的偏移量和相对偏移量:

$$b = \bar{x} - C_{ref}$$

$$b_{rel} = \frac{|\bar{x} - C_{ref}|}{C_{ref}} \times 100$$

3.2.3 实验室内测量复现性引入的测量不确定度

实验室内测量复现性的不确定度可以从不同的途径进行评价, 本文利用实验室内质控数据计算, 使用的阳性质控样品和检测样品一起经历了完整的前处理和检测过程, 并且使用与日常检测样品类似的食用油作为基体, 此时计算所得到质控数据的标准偏差和变异系数, 在数值上与实验室内测量复现性引入的测量不确定度和实验室内测量复现性引入的相对测量不确定度可视作相等。因此可按照下列公式计算:

$$u(R_w) = s(R_w) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$u_{rel}(R_w) = RSD(R_w) = \frac{s(R_w)}{|\bar{x}|} \times 100\%$$

3.3 不确定度分量的评定

3.3.1 实验偏移引入不确定度

由于 AFB₁ 的 CRM 价格贵, 配制过程具有极强的毒性和致癌性, 而且处理废液会造成环境污染, 因此本次研究使用试剂盒中的 0.5 ng/mL 的标准溶液加入每批次检测中进行检测, 检测结果作为互通性的 CRM 的结果。按平均值计算要求^[16], 需要进行 3 次重复测量对加入的 CRM 进行平均值计算, 如果在每次的实验的反应板上使用 3 个孔的进行重复测量, 会造成检验成本增加以及反应板的浪费, 本次研究选择加入其中一孔, 在酶标仪上做 3 次测量读数, 取 3 个结果的平均值作为 $\bar{x}$ 的值。实验室通过经验和历史数据计算, 按以上方法会造成 CRM 引入的不确定度计算值最终偏小, 但是当批次足够多时, 结果是具有代表性, 可以真实反应实验过程的不确定度大小。表 1 是 5 个批次样品, 在试剂盒实验步骤中加入 0.5 ng/mL 浓度标准溶液测量的结果。

表 1 CRM 的检测结果(μg/kg)
Table 1 CRM test results (μg/kg)

	检测结果		
	1	2	3
1	0.50	0.50	0.49
2	0.47	0.47	0.47
3	0.48	0.48	0.47
4	0.47	0.48	0.47
5	0.46	0.46	0.46

按照量值溯源关系, 0.5 ng/ml 标准溶液的示值误差的不确定度源于试剂盒厂家配置标准溶液所使用的高浓度标准品。试剂盒生产厂家使用的是国家粮食局科学研究院生产的甲醇中黄曲霉毒素 B₁ 溶液标准物质[编号为 GBW(E)100302]进行配制, 该标准品浓度为 1.96 μg/mL, 相对不确定度为 0.09(k=2)。厂家配置 0.5 ng/ml 标准溶液过程的所引入不确定度对于实验室的日常检验使用, 可以忽略不计。0.5 ng/ml 标准溶液的相对不确定度可以取 0.09(k=2)。则按公式计算:

$$u(C_{ref}) = \frac{U(C_{ref})}{k} = \frac{0.09}{2} = 0.022 \text{ ng/mL}$$
$$u_{rel}(C_{ref}) = \frac{U(C_{ref})}{k \times C_{ref}} \times 100 = \frac{u(C_{ref})}{C_{ref}} \times 100$$
$$= \frac{0.022}{0.5} \times 100 = 4.4\%$$

重复测量 CRM 引入的不确定度为:

$$u_{CRM} = \frac{s(R_w)}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{12}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (x_i - 0.48)^2}{12-1}}$$
$$= 0.0038 \text{ ng/mL}$$
$$u_{Crel}(CRM) = \frac{RSD(R_w)}{\sqrt{n}} = \frac{s(R_w)}{\sqrt{n} \times |\bar{x}|} \times 100$$
$$= \frac{0.0038}{\sqrt{12} \times |0.48|} \times 100 = 0.05\%$$

CRM 偏移为:

$$b = \bar{x} - C_{ref} = 0.48 - 0.50 = -0.02 \text{ ng/mL}$$
$$b_{rel} = \frac{|\bar{x} - C_{ref}|}{C_{ref}} \times 100 = \frac{0.02}{0.50} \times 100 = 4\%$$

将上述分量进行合成, 得出由偏移引入的测量不确定度和相对不确定度:

$$u_c(bias) = \sqrt{u^2(C_{ref}) + u_{CRM}^2 + b^2}$$
$$= \sqrt{0.022^2 + 0.0038^2 + (-0.02)^2}$$
$$= 0.03 \text{ ng/mL}$$
$$u_{crel}(bias) = \sqrt{u_{rel}^2(C_{ref}) + u_{rel}^2(CRM) + b_{rel}^2}$$
$$= \sqrt{(4.4\%)^2 + (0.05\%)^2 + (4\%)^2}$$
$$= 5.9\%$$

3.3.2 实验室内测量复现性引入的测量不确定度
在实验室内使用同一生产日期的试剂盒时, 在 A8 孔

和 B12 孔加入了质控样品 Y, 共计有 8 个批次的 16 个结果, 表 2 是 16 个测试结果的列表。

表 2 质控样品 Y 中 AFB₁ 的检测结果(μg/kg)
Table 2 Determination results of AFB₁ in quality control samples (μg/kg)

批次	A8 孔	B12 孔
1	34.0	35.0
2	34.5	35.3
3	36.4	34.1
4	34.2	36.5
5	35.7	37.0
6	35.2	35.8
7	34.3	37.8
8	35.4	32.8

计算 16 个测量结果的平均值为:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{16} x_i}{16} = 35.2 \text{ μg/kg}$$

实验室内测量复现性引入的测量不确定度为:

$$u(R_w) = s(R_w) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{16} (x_i - 35.2)^2}{16-1}}$$
$$= 1.28 \text{ μg/kg}$$

实验室内测量复现性引入的相对测量不确定度为计算:

$$u_{rel}(R_w) = RSD(R_w) = \frac{s(R_w)}{|\bar{x}|} \times 100 = \frac{1.28}{35.2} \times 100$$
$$= 3.64\%$$

3.3.3 不确定度的合成
采用自上而下的方法, 只考虑评定过程的不确定度, 不考虑测量前和测量后各种分量对测量不确定的贡献, 计算其合成相对测量不确定度:

$$u_{crel} = \sqrt{u_{crel}^2(bias) + u_{rel}^2(R_w)} = \sqrt{(5.9\%)^2 + (3.64\%)^2}$$
$$= 7\%$$

3.3.4 相对扩展不确定度合成及测定结果
由于 AFB₁ 使用固相酶联免疫吸附法检测的标准曲线为 S 型, 检测结果落在曲线中部, 数值是最为准确的, 而在越靠近曲线两端是越不准确的。因此当检测结果在曲线中值附近, 使用标准扩展不确定度进行表示; 当检测结果在上限值和下限值附近时, 使用相对扩展不确定更好^[16]。本次阳性质控样 Y 的 AFB₁ 含量较高, 吸光值接近上限数值, 使用相对扩展不确定度进行表示, 按置信率为 95% 计算, 取 k=2, 其扩展不确定度为

$$U_{rel} = k \times u_{crel} = 7\% \times 2 = 14\%$$

本次测得的花生油样品中 AFB₁ 含量为 46.25 μg/mL, 报告结果如下:

样品中 AFB₁ 含量 $C=46.25 \mu\text{g/mL}$, $U_{\text{rel}}=14\%(k=2)$ 。在置信概率为 95% 下, 最终测量结果表示为 $(46.25 \pm 6.48) \mu\text{g/mL}$ 。

4 结论与讨论

本次实验采用在固相酶联免疫吸附法检测 AFB₁ 中加入阳性质控样品与标准溶液的方法, 使用自上而下法对食品检验方法进行不确定度评定, 实验结果 $C=46.25 \mu\text{g/mL}$, $U_{\text{rel}}=14\%$, 比 GUM 法评定的不确定度结果较大, 这也真实反映在实际工作中, 在没有严格进行实验质量控制的情况下, 如实验室新进人员操作不熟练, 或实验室仪器存在误差时, 固相酶联免疫吸附法检测 AFB₁ 的结果误差较大。另外, 实验结果 > 限量值 $20 \mu\text{g/mL}$, 在固相酶联免疫吸附法接近曲线拐点的测量所得, 反映该测试方法曲线两端不准确的特点, 使用 GUM 法评定结果, 则无法反映出这个特点, 造成结果偏小, 评定结果过于乐观。

通过自上而下法的评定过程, 可以建立实验室内方法偏移和实验室内复现性的数据, 利用该数据, 可以建立质控图, 评估该数据的可以有效地控制实验室的检测质量。积累的数据反映了一段时间内的实验室真实控制状态, 具有比 GUM 法评定使用特定的短期试验数据, 具有更强的真实性。

参考文献

- [1] GB 5009.22-2016 食品安全国家标准 食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定[S].
GB 5009.22-2016 National standard for food safety Determination of aflatoxin B and aflatoxin G in foods [S].
- [2] 滕卫林, 黄希汇, 王姝婷, 等. 食用油中黄曲霉毒素 B₁ 的 ELISA 测定条件优化与准确检测[J]. 中国卫生检验杂志, 2013, 23(11): 2456-2459.
Teng WL, Huang XH, Wang ST, *et al.* The parameter optimization of ELISA and precise determination of aflatoxin B₁ in edible oil [J]. Chin J Health Lab Technol, 2013, 23(11): 2456-2459.
- [3] 谢体波, 刘红, 陆苇, 等. 间接竞争 ELISA 检测试剂盒测定粮油食品中的黄曲霉毒素 B₁[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2834-2839
Xie TB, Liu H, Lu W, *et al.* Determination of aflatoxin B₁ in cooking oil, peanut, and grain by using direct competitive ELISA kit [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(7): 2834-2839
- [4] 陈萍, 邓冬云, 欧阳静, 等. 酶联免疫吸附法(ELISA)测定花生油中的黄曲霉毒素 B₁[J]. 中国卫生检验杂志, 2012, 3(22): 658-659.
Chen P, Deng DY, Ouyang J, *et al.* Determination of aflatoxin B₁ in peanut oil by enzyme-linked immunosorbent assay [J]. Chin J Health Lab Technol, 2012, 3(22): 658-659.
- [5] 张施敬, 余之蕴, 李姣, 等. ELISA 法测定花生油中黄曲霉毒素 B₁ 含量的不确定度分析[J]. 广东化工, 2014, 41(227): 224-225, 218.
ZHANG SJ, SHE ZHY, LI J, *et al.* Uncertainty analysis for ELISA determination of aflatoxin B₁ in peanut oil [J]. Guangdong Chem Ind, 2014, 41(227): 224-225, 218.
- [6] 王海华. 酶联免疫吸附法测定花生油中黄曲霉毒素 B₁ 不确定度的评定[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(5): 1889-1894.
- [7] WANG HH. Evaluation of uncertainty in measuring aflatoxin B₁ in peanut oil by enzyme-linked immunoassay [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(5): 1889-1894.
- [7] 洪玲. 食品中黄曲霉毒素不确定度分析[J]. 企业技术开发, 2015, 34(22): 29-30.
Hong L. Uncertainty analysis for determination of aflatoxin in foods [J]. Technol Dev Enterp, 2015, 34(22): 29-30.
- [8] 翟晓瑞, 卫方方, 李燕, 等. ELISA 法测定牛奶中黄曲霉毒素 M₁ 不确定度评定[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(4): 1517-1520.
Zhai XR, Wei FF, Li Y, *et al.* Uncertainty evaluation for determination of aflatoxin M₁ in milk by enzyme-linked immunoassay [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(4): 1517-1520.
- [9] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-GL06: 2006 化学分析中不确定度的评估指南 [EB/OL]. [2006-6-1]. <https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/rkzn/2015/06/868964.shtml>.
China National Accreditation Service for Conformity Assessment. CNAS-GL06: 2006 Guidance on Evaluating the Uncertainty in Chemical Analysis [EB/OL]. [2006-6-1]. <https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/rkyzz/2015/06/869099.shtml>.
- [10] 孙清. 食品及饲料中黄曲霉毒素的快速免疫检测试剂盒研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2016.
Sun Q. Study on rapid immunoassay kit for aflatoxin in food and feed [D]. Beijing: University of Science & Technology Beijing, 2016.
- [11] 沈木生, 狄赞, 杨丽丽, 等. 利用 Nordtest 准则评估 ELISA 法检测 HBsAg [J]. 包头医学院学报, 2014, 30(4): 25-26.
Shen MS, Di B, Yang LL, *et al.* Evaluation of ELISA detection of HBsAg by Nordtest criterion [J]. J Baotou Med Coll, 2014, 30(4): 25-26.
- [12] 刘涛, 邢小茹, 鞠平, 等. 采用能力验证数据评估环境监测结果测量不确定度[J]. 生命科学仪器, 2016, 12(1/2): 60-62.
Liu T, Xing XR, Ju P, *et al.* The evaluation of measurement uncertainty in environmental laboratories by proficiency testing [J]. Environ Monit China, 2016, 12(1/2): 60-62.
- [13] 杨宇生. 探讨 Nordtest 准则在 ELISA 法检测中评估测量不确定度的适用性[J]. 预防医学情报杂志, 2016, 32(12): 1302-1306.
Yang YS. Suitability of Nordtest principles for evaluation of measurement uncertainty in ELISA [J]. J Prev Med Inf, 2016, 32(12): 1302-1306.
- [14] 冯立颖, 徐克前. 医学实验室测量不确定度的研究[J]. 生命科学仪器, 2016, 16(4): 60-62.
Feng LY, Xu KQ. Study on measurement uncertainty in clinical laboratories [J]. Life Sci Instrum, 2016, 16(4): 60-62.
- [15] 陈龙梅, 王惠民, 居漪. 自上而下方法评定测量不确定度的简介[J]. 检验医学, 2014, 29(1): 81-84.
Chen LM, Wang HM, Ju Y, *et al.* The introduction of evaluating measurement uncertainty with top-down approach [J]. Lab Med, 2014, 29(1): 81-84.
- [16] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-TRL-001: 2012 医学实验室-测量不确定度的评定与表达[EB/OL]. [2015-6-3]. <https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/jsbg/2015/06/868873.shtml>.
China National Accreditation Service for Conformity Assessment. CNAS-TRL-001: 2012 Medical laboratory - assessment and expression of measurement uncertainty [EB/OL]. [2015-6-3]. <https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/jsbg/2015/06/868873.shtml>.

- [17] GB/T 5009.22-2003 食品中黄曲霉毒素 B₁ 的测定[S].
GB/T 5009.22-2003 Determination of aflatoxin B₁ in Foods [S].
- [18] ISO 15189-2012 医学实验室 质量和资格要求[S].
ISO 15189-2012 Medical laboratories Requirements for quality and competence [S].
- [19] Bertil M, Teemu N, Håvard H, *et al.* Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories (NT TR 537-Edition 3.1) [EB/OL]. [2012-10]. <http://www.nordtest.info/index.php/technical-reports/item/handbook-for-calculation-of-measurement-uncertainty-in-environmental-laboratories-nt-tr-537-edition-3.html>.

(责任编辑: 姜姗)

作者简介



陈子凡, 化工中级工程师, 主要研究方向为化学分析检测。

E-mail: chenzifan@21cn.com

“发酵食品及其安全性评价”专题征稿函

作为众多食品种类的一种, 发酵食品因其独特的风味受到消费者的普遍欢迎。发酵是一种传统的食品储存与加工方法, 是指利用有益微生物加工制造的一类食品, 包括发酵乳制品、酒类、泡菜、酱油、食醋、豆豉等。由于其独特的加工方式, 发酵食品或存在一定的安全隐患, 可能会影响人体健康。

鉴于此, 本刊特别策划了“**发酵食品及其安全性评价**”专题, 由食品科学与发酵工程研究所何国庆教授担任专题主编, 主要围绕**发酵食品的种类与加工方式、发酵食品的营养成分及其对人体健康的影响、发酵食品的安全性检测及评价**等发面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 本专题计划在 2017 年 9 月出版。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, **专题主编何国庆教授及主编吴永宁研究员**特别邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在**2017 年 8 月 30 日**前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部