

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

王海华*

(广西壮族自治区南宁食品药品检验所, 广西-东盟食品药品安全检验检测中心, 南宁 530001)

摘要: **目的** 对采用 ELISA 方法测定花生油中黄曲霉毒素 B₁ 含量的不确定度进行分析, 找出影响不确定度的因素, 为评价其测定方法和检测结果的可靠性提供依据。 **方法** 根据 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的规定, 对测定过程中标准曲线拟合、重复测量、样品的稀释、样品的称量、回收率等引入的不确定度分量进行评定。 **结果** 测定结果合成不确定度为 0.45 μg/kg, 扩展不确定度为 0.90 μg/kg, 花生油中黄曲霉毒素 B₁ 含量测定结果为 (16.54±0.90) μg/kg ($k=2$)。 **结论** 测定结果不确定度主要由标准曲线拟合所引入, 所建立的不确定度评定方法可用于 ELISA 方法测定花生油中黄曲霉毒素 B₁ 含量结果的判断。

关键词: 酶联免疫吸附法; 黄曲霉毒素 B₁; 不确定度

Evaluation of uncertainty in measuring aflatoxin B₁ in peanut oil by enzyme-linked immunoassay

WANG Hai-Hua*

(Guangxi-ASEAN Food and Drug Safety Inspection and Testing Center, Guangxi Nanning Institute for Food and Drug Control, Nanning 530001, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the uncertainty of aflatoxin B₁ content determined by enzyme-linked immunoassay (ELISA) and find out the influential factors of uncertainty to provide the reliable basis for this method and detection result. **Methods** Based on JJF 1059.1-2012 "Evaluation and expression of uncertainty in measurement", the uncertainty components that introduced from repetition measurements, working characteristic fitting, electron balance and recovery rate were evaluated in the process of determination. **Results** The results showed that the combined uncertainty of aflatoxin B₁ was 0.45 μg/kg, the expanded uncertainty was 0.90 μg/kg, and the content of aflatoxin B₁ in peanut oil was (16.54±0.90) μg/kg ($k=2$). **Conclusion** The uncertainty is mainly introduced by standard curve fitting, and this uncertainty evaluation method can be used for judging the result of the determination of aflatoxin B₁ in peanut oil by ELISA.

KEY WORDS: enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA); aflatoxin B₁; uncertainty

1 引言

黄曲霉毒素是迄今发现的对人类危害最大、最常

见的霉菌毒素, 其中黄曲霉毒素 B₁ 是致癌毒性最强的一种, 被国际癌症研究机构列为 I 级致癌剂, 具有致畸、致基因突变及致癌作用, 其毒性是人们所熟知

*通讯作者: 王海华, 副主任药师, 主要研究方向为食品、药品、化妆品检测。E-mail: 13877185340@139.com

*Corresponding author: WANG Hai-Hua, Deputy Director of Pharmacists, Guangxi-ASEAN Food and Drug Safety Inspection and Testing Center, Nanning 530001, China. E-mail: 13877185340@139.com

剧毒药物氰化钾(KCN)的 10 倍,为砒霜的 68 倍,低剂量长期摄入或大剂量一次暴露均可引发多种动物肝脏发生癌变或急性中毒,该毒素普遍存在于霉变的粮食及粮食制品中,其中以花生、玉米和大米的污染最为严重^[1-3]。在人们的饮食习惯中,普遍使用花生油,因此,对花生油中黄曲霉毒素 B₁ 含量的监控尤为重要。目前检测黄曲霉毒素 B₁ 的方法主要有酶联免疫吸附法^[4-6],高效液相色谱法^[7,8],液相色谱-质谱联用检测法(LC-MS)^[9,10]。Li 等^[11]全面分析了国际上黄曲霉毒素免疫分析技术,包括传统的标记物质和新型标记物质,三种免疫分析方法,其中酶联免疫吸附试验(ELISA 法)是国家标准 GB/T 5009.22-2003 食品中黄曲霉毒素 B₁ 测定的指定方法,具有快速、简便的优点^[12]。测量不确定度是对测量结果质量的定量表征,可用于评估定量方法的可靠性和测量结果的可信程度^[13]。因此,对花生油中黄曲霉毒素 B₁ 进行不确定度评定具有重要意义。

2 材料与方法

2.1 实验材料

花生油取自市场抽样产品。

2.2 试剂及仪器

黄曲霉毒素 B₁ 酶联免疫定量测试盒(江苏省苏微微生物研究有限公司); AFB₁ 标准溶液(江苏省苏微微生物研究有限公司): 0、0.1、0.25、0.5、1、2 ng/mL,在有效期内使用; 正己烷(广东光华科技股份有限公司)、甲醇(南京化学试剂有限公司),均为分析纯; SPS402F 型电子天平(上海奥豪斯国际贸易有限公司); Multiskan FC 型酶标仪(赛默飞世尔)。

2.3 测定方法

称取花生油 5.0 g 于 25 mL 小烧杯中,用 20 mL 正己烷分数次将试样转移到 125 mL 分液漏斗中,准确加入 25.0 mL 甲醇水(1:1)溶液,分 2 次提取,先加入 15 mL 甲醇水,加塞振荡 5 min,静置分层,放出下层甲醇水提取液,再加入 10 mL 甲醇水提取,最后合并提取液,此液为样品提取液。根据样品的国家允许量标准,移取样品提取液 100 μL,用样品稀释液 300 μL 进行稀释,得样品稀释液,即为待测样液。移取 50 μL 待测样液,与标准溶液在同等条件下进行抗原抗体间接竞争免疫反应,用酶标测定仪在 450 nm

波长处测定各孔的吸光度 A 值,建立线性方程,根据花生油的 A 值,求出其黄曲霉毒素 B₁ 的含量^[12]。

2.4 建立数学模型

样品中黄曲霉毒素 B₁ 含量的定量数学模型为:

$$C(\text{AFB}_1)(\mu\text{g}/\text{kg}) = \frac{(a - A) \times V \times D}{b \times m}$$

C: 样品中黄曲霉毒素 B₁ 含量(μg/kg)

a: 曲线截距

b: 曲线斜率

A: 样品吸光值

V: 样品提取液体积(mL)

m: 样品重量(g)

D: 样品提取液稀释倍数

3 结果与分析

3.1 不确定度来源及分析

测量不确定度一般由若干分量组成,其中一些分量可根据一系列测量值的统计分布,为 A 类不确定度评定;另一些分量基于经验或其他信息获得的概率密度函数,为 B 类不确定度评定^[14]。该实验依据 GB/T 5009.22-2003 《食品中黄曲霉毒素 B₁ 的测定》第二法进行测定,测定过程主要包括样品称量、混溶、萃取、稀释、抗原抗体的特异性反应、酶的催化显色反应、终止反应、紫外测定等过程,在这一系列过程中都会引入误差,但在实际试验过程中如样品的混溶、萃取、抗原抗体的特异性反应、显色反应、终止反应等操作引入的不确定度是难以量化的,结合实际工作可以引入回收率、重复性来对此过程的不确定度进行评定,属 A 类评定。因此, A 类评定主要有: (1) 标准曲线制备引入的不确定度 $u(y)$; (2) 回收率校正因子的不确定度 $u(rec)$; (3) 重复性检测引入的不确定度 $u(C)$ 。此外,对于称量、稀释等引入的不确定度可通过天平、移液器的误差来评定,为 B 类评定,其来源主要有: (4) 样品提取和提取液稀释倍数引入的不确定度 $u(V)$; (5) 称样重量引入的不确定度 $u(m)$ 。

3.2 各分量标准不确定度的估算

3.2.1 标准曲线拟合引入的标准不确定度 $u(y)$

按黄曲霉毒素 B₁ 酶联免疫定量测试盒方法操作,对质量浓度分别为 0、0.1、0.25、0.5、1.0、2.0 ng/mL 的 6 个标准液浓度各做 2 个平行孔,测定结果见表 1。

表 1 系列标准溶液吸光度值 (n=2)
Table 1 Optical density of series standard solution (n=2)

浓度 X (ng/mL)	浓度对数 (lg X)	吸光度值 A	吸光度平均值 \bar{A}	A/A ₀
0.00	/	1.940	1.887	/
0.10	-1	1.695	1.696	0.8988
0.25	-0.602	1.369	1.379	0.7308
0.50	-0.301	1.043	1.023	0.5421
1.00	0	0.641	0.663	0.3514
2.00	0.301	0.436	0.453	0.2401

按数据处理软件计算, 以标准液浓度的常用对数值作为横坐标, 各浓度标准液吸光度值 A 与 0 ng/mL 标准液吸光度 A₀ 的比值为纵坐标, 绘制 AFB₁ 溶液标准曲线。根据表 1 拟合得标准曲线回归方程为: $Y=a\lg X+b=-0.5283\lg X+0.3834, r=0.9960$ 。计算样品吸光度 A_样 与 A₀ 的比值, 根据标准曲线, 可得到相应待测浓度的常用对数值。同样, 得待测样品液浓度对数平均值 $\overline{\lg x_{\text{样}}}=0.2332, \overline{x_{\text{样}}}=1.7108$ 。

先求出工作曲线的标准偏差:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [A_i - (a + b \lg x_i)]^2}{n-2}} = 0.02398$$

A_i 为 A/A₀, b 为标准曲线的斜率, a 为标准曲线的截距。

利用标准曲线回归方程计算标准曲线拟合引入的不确定度分量 u(y):

$$u(y) = \frac{S_R}{b} \sqrt{\frac{1}{P} + \frac{1}{n} + \frac{(\overline{\lg x_{\text{样}}} - \overline{\lg x})^2}{\sum_{i=1}^n (\lg x_i - \overline{\lg x})^2}} = 0.042599$$

标准曲线带来的相对不确定度: $u_{\text{rel}}(y) = \frac{u(y)}{x_{\text{样}}} =$

0.024900

$\overline{\lg x_{\text{样}}}$ 为待测样液浓度对数平均值, $\overline{\lg x}$ 为标准浓度对数平均值, $\lg x_i$ 为标准浓度对数值; P 为测试样品的次数 P=2; n 为测试标准溶液的次数 n=2×6=12(6 个标准浓度, 每个浓度测 2 个孔)。

3.2.2 回收率校正因子的不确定度 u(rec)

取同一样品称取 3 份, 按 0.25、0.5、2.0 μg/kg 三个不同浓度水平加入标准品, 按 2.3 测定方法进行测定, 每个浓度平行测定 3 次, 得回收率的结果见表 2。

表 2 回收率测定结果 (n=3)
Table 2 Results of recoveries (n=3)

加入标准品浓度(μg/kg)	0.25	0.5	2.0
	89.6	90.7	91.8
回收率(x)%	90.2	91.3	91.4
	90.1	92.0	92.3
平均回收率(\bar{x})	91.04%		
标准偏差(S)	1.03%		

根据表 2 结果, 可按贝塞尔公式计算得到检测结果的标准偏差:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 1.03\%$$

标准不确定度 $u(\text{rec}) = \frac{S}{\sqrt{n}} = 0.34\%$

相对不确定度 $u_{\text{rel}}(\text{rec}) = \frac{u(\text{rec})}{x} = 0.003735$

3.2.3 重复性检测引入的不确定度 u(C)

取同一样品称取 6 份, 按 2.3 测定方法进行测定, 样品重复测定 6 次的结果见表 3。

根据表 3 结果, 可按贝塞尔公式计算得到检测结果的标准偏差:

$$s(C) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} = 0.2927$$

标准不确定度 $u(C) = \frac{S(C)}{\sqrt{n}} = 0.1195$

相对不确定度 $u_{\text{rel}}(C) = \frac{u(C)}{C} = 0.007225$

表3 样品重复测定结果($n=6$)
Table 3 The repetitive determination results of sample ($n=6$)

样品称重 m (g)	吸光度值 A		吸光度平均值 \bar{A}	测定结果 C ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	平均值 \bar{C}	残差平方 $(C - \bar{C})^2$
5.01	0.507	0.495	0.501	16.93		0.1521
5.00	0.496	0.471	0.484	16.27		0.0729
5.00	0.517	0.479	0.498	16.78	16.54	0.0576
5.00	0.469	0.505	0.487	16.39		0.0225
5.00	0.499	0.488	0.494	16.66		0.0144
5.00	0.475	0.491	0.483	16.21		0.1089
						$\Sigma = 0.4284$

3.2.4 样品提取和提取液稀释倍数引入的不确定度 $u(V)$

① 样品提取液体积引入的不确定度 $u(V_1)$:

实验中用移液器分两次加入 25.0 mL 甲醇水(1:1)溶液,先加入 15.0 mL 提取一次,再加入 10.0 mL 提取,合并两次提取液。根据国家检定规程 JJG 646-2006《移液器检定规程》^[15]5 mL 和 10 mL 的容量允许误差均是 $\pm 0.6\%$,取均匀分布, $k=\sqrt{3}$,移液引入的不确定度为: $0.006 \times 2 + 0.006 / \sqrt{3} = 0.01039$ mL。温度引入的不确定度:在实验中,测得水温 $T=25\text{ }^\circ\text{C}$,因为液体的体积变化明显大于容量器具体积的变化,因此只需要考虑液体的体积变化。皿(具)校准温度为 $20\text{ }^\circ\text{C}$,相差 $5\text{ }^\circ\text{C}$ 。溶液的膨胀系数(取水的膨胀系数)约为 $2.1 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 。按照均匀分布计算,其标准不确定度为: $25 \times 5 \times 2.1 \times 10^{-4} / \sqrt{3} = 0.01516$ mL。则样品提取液体积引入的不确定度 $u(V_1) = \sqrt{0.01039^2 + 0.01516^2} = 0.01837$ mL,其相对标准不确定度为 $u_{\text{rel}}(V_1) = 0.01837 / 25.00 = 0.000735$ 。

② 样品提取液稀释倍数引入的不确定度 $u(D)$ 。

实验中,用移液器取样品提取液 100 μL ,加入稀释液 300 μL 进行样品稀释,根据国家检定规程 JJG 646-2006《移液器检定规程》容量允许误差分别是 $\pm 2.0\%$ 和 $\pm 1.5\%$,取均匀分布, $k=\sqrt{3}$,则 100 μL 标准不确定度是 $0.1 \times 2.0\% / \sqrt{3} = 0.001155$ mL,300 μL 标准不确定度是 $0.3 \times 1.5\% / \sqrt{3} = 0.002598$ mL,合并以上 2 项不确定度,样品提取液稀释倍数引入的不确定度 $u(D) = \sqrt{0.001155^2 + 0.002598^2} = 0.002843$ mL,相对标准不确定度为 $u_{\text{rel}}(D) = u(D) / 0.1 + 0.3 = 0.007108$ 。取样量小,温度影响忽略不计。

合并上述 2 项不确定度,得出样品提取和提取液

稀释倍数引入的相对不确定度 $u_{\text{rel}}(V)$:

$$u_{\text{rel}}(V) = \sqrt{u_{\text{rel}}(V_1)^2 + u_{\text{rel}}(D)^2} = 0.007146。$$

3.2.5 称取样品重量(m)电子天平引入的标准不确定度 $u(m)$

根据标准要求,所用电子天平的灵敏度为 0.01 g,由检定证书查得,天平示值误差为 0.01 g,按矩形分布计算, $u(m_1) = 0.01 / \sqrt{3} = 0.00577$ g;检定证书给出的重复性误差为 0.01 g,按矩形分布计算, $u(m_2) = 0.01 / \sqrt{3} = 0.00577$ g,故样品称量引入的标准不确定度为 $u(m) = \sqrt{0.00577^2 + 0.00577^2} = 0.00816$ g,相对标准不确定度为: $u_{\text{rel}}(m) = 0.00816 / 5.0 = 0.001632$ 。

3.3 合成相对标准不确定度

根据数学模型分析的各种不确定度分量之间不存在相关性,故 ELISA 法测定花生油中黄曲霉毒素 B_1 含量的合成相对不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(x) = \sqrt{u_{\text{rel}}(y)^2 + u_{\text{rel}}(\text{rec})^2 + u_{\text{rel}}(C)^2 + u_{\text{rel}}(V)^2 + u_{\text{rel}}(m)^2} = 0.0272$$

实验测得花生油中黄曲霉毒素 B_1 含量为 16.54 $\mu\text{g}/\text{kg}$,则合成标准不确定度为:

$$U(C) = \bar{C} \times u_{\text{rel}}(x) = 16.54 \times 0.0272 = 0.450 \mu\text{g}/\text{kg}$$

3.4 扩展不确定度

测量结果符合正态分布,取置信概率为 95%,包含因子 $k=2$,则花生油中黄曲霉毒素 B_1 测定的扩展不确定度 $U = k \times U(C) = 0.90 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。

3.5 测量不确定度报告

采用 ELISA 方法测定花生油中黄曲霉毒素 B_1 含量结果表示为 $(16.54 \pm 0.90) \mu\text{g}/\text{kg}$, $k=2$ 。

4 结 论

采用 ELISA 方法测定花生油中黄曲霉毒素 B₁ 含量时, 通过对各种不确定度分量的分析, 标准溶液曲线产生的相对标准不确定度分量最大, 对合成标准不确定度的贡献也最为显著, 得出标准曲线拟合引入的不确定度分量为主要因素。

本次的测定结果为 (16.54±0.90) μg/kg; 即有 95% 的可能性为 15.64 ~ 17.44 μg/kg。根据国家标准 GB 2761-2011 规定^[16], 花生油中黄曲霉毒素 B₁ 含量标准应小于 20.0 μg/kg, 可判断为合格样品。通过不确定度的分析和评定, 对测定结果给出一个较准确的波动范围, 尤其检测结果接近标准规定临界值时, 可以降低误判风险。

参考文献

- [1] 李力, 曹以诚, 区镜深, 等. 黄曲霉毒素 B₁ 致癌毒性相关基因的生物信息学分析[J]. 现代食品科技, 2013, 29(8): 1994-2010.
Li L, Cao YC, OU JS, *et al.* Bioinformatic analysis of genes relative to the carcinogenic toxicity of aflatoxin B₁ [J]. Mod Food Sci Technol, 2013, 29(8): 1994-2010.
- [2] 张文玲, 袁涛, 李书国. 近 10 年粮油食品中黄曲霉毒素检测技术的研究进展[J]. 粮食加工, 2012, 37(1): 77-81.
Zhang WL, Yuan T, Li SG. The research progress of determination technology of AFT in cereal and oil food the recent 10 years [J]. Grain Proc, 2012, 37(1): 77-81.
- [3] 封雷, 杨德明, 李恒, 等. 不同食物中黄曲霉毒素 B₁ 污染调查[J]. 寄生虫病与感染性疾病, 2014, 12(3): 117-119.
Feng L, Yang DM, Li H, *et al.* Survey on pollution of aflatoxin B₁ in foodstuffs [J]. Parasite Infect Dis, 2014, 12(3): 117-119.
- [4] 杨丹妮. ELISA 法测定大米中黄曲霉毒素 B₁ 的研究[J]. 粮食与食品工业, 2013, 20(5): 76-78.
Yang DN. Determination of aflatoxin B₁ in rice by ELISA [J]. Cereal Food Ind, 2013, 20(5): 76-78.
- [5] 张宁, 李敏, 李培武, 等. 酶联免疫吸附法(ELISA)测定黄曲霉毒素 B₁ 的样品基质效应研究[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(3): 404-408.
Zhang N, Li M, Li PW, *et al.* Effect of sample matrix on determination of aflatoxin B₁ by enzyme-linked immunosorbent assay[J]. Chin J Oil Crop Sci, 2014, 36(3): 404-408.
- [6] 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 Tech, 2013, 23(11): 2456-2459.
- [7] 李旭, 马力. 采用免疫亲和柱高效液相色谱法检测稻米中的黄曲霉毒素 B₁[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2014, 33(4): 72-75.
Li X, Ma L. Determination of aflatoxin B₁ in rice by high performance liquid chromatography with aflatoxin B₁ affinity column [J]. J Xihua University (Nat Sci), 2014, 33(4): 72-75.
- [8] 冯民贤, 赖春华. 柱前衍生高效液相色谱法测定植物油中黄曲霉毒素 B₁[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(26): 9180, 9240.
Feng MX, Lai CH. Determination of aflatoxin B₁ in vegetable oil by HPLC with pre-column derivatization [J]. J Anhui Agric Sci, 2014, 42(26): 9180, 9240.
- [9] 王浩, 杨红梅, 郭启雷, 等. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定植物油中苯并芘与黄曲霉毒素 B₁, B₂, G₁, G₂[J]. 分析测试学报, 2014, 33(8): 911-916.
Wang H, Yang HM, Guo QL, *et al.* Simultaneous determination of benzo(a) pyrene and aflatoxins (B₁, B₂, G₁, G₂) in vegetable oil by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2014, 33(8): 911-916.
- [10] 曾宪远, 宁焕焱, 尹艳, 等. 高效液相色谱串联质谱法测定花生及制品中的五种真菌毒素[J]. 现代食品科技, 2014, 30(1): 217-221.
Zeng XY, Ning HY, Yin Y, *et al.* Determination of 5 mycotoxins in peanuts and products by HPLC-MS/MS [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(1): 217-221.
- [11] Li PW, Zhang Q, Zhang W. Immunoassays for aflatoxins [J]. Trend Anal Chem, 2009, 28(9): 1115-1125.
- [12] 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].
- [13] 陆明, 范国荣, 汪杨, 等. 测量不确定度在药品领域的应用[J]. 医药导报, 2013, 32(8): 1053-1057.
Lu M, Fan GR, Wang Y, *et al.* Application of uncertainty measurement in pharmaceutical field [J]. Her Med, 2013, 32(8): 1053-1057.
- [14] JJF 1059.1-2012 测量不确定度的评定与表示[S].
JJF 1059.1-2012 Evaluation and expression of uncertainty in measurement [S].
- [15] JJG 646-2006 移液器检定规程[S].

- JJG 646-2006 Verification regulation of locomotive pipette [S].
- [16] GB 2761-2011 食品安全国家标准食品中真菌毒素限量[S].
- GB 2761-2011 National food safety standard of mycotoxins in food Limited [S].

(责任编辑: 李振飞)

作者简介



王海华, 副主任中药师, 主要研究方向为食品、药品、化妆品检测。
E-mail: 13877185340@139.com

“食源性致病微生物”专题征稿

食源性致病微生物的危害一直是食品安全关注的焦点之一, 微生物污染造成的食源性疾病是世界食品安全中最突出的问题。常见的食源性致病微生物主要包括细菌、病毒、寄生虫等, 食源性病原体的种类仍在增加, 对食品安全以及人类自身健康已经构成了不容忽视的威胁。

鉴于此, 本刊特别策划了“食源性致病微生物”专题, 由南昌大学的许杨教授

担任专题主编。许教授为国务院特殊津贴专家, 国家重点学科食品科学学科带头人, 兼任中国营养学会第七届理事会理事, 中国微生物学会微生物毒素专业委员会委员, 国家自然科学基金评审委员会委员, 江西省营养学会理事长。

专题将围绕以下几个问题进行论述或您认为在“食源性致病微生物”方面有意义的研究方向, 计划在 2015 年 7 月出版。

- 1、食源性致病微生物的分离和检测新技术的研究;
- 2、主要食源性致病微生物控制的研究;
- 3、食源性致病菌的毒力特征与耐药性的研究;
- 4、低水分活度食品微生物安全的研究;
- 5、亚致死食源性致病菌的多重修复的研究;
- 6、食品生产过程中食源性致病微生物的防控研究;
- 7、食源性致病微生物的市场监控和溯源;
- 8、食源性致病微生物流行病学的调查与分析。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及许杨教授特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 6 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部