

实验技术与方法

液质联用法在火锅底料中黄曲霉毒素和赭曲霉毒素污染分析的应用

许娇娇,王梦莉,蔡增轩,黄百芬,徐小民

(浙江省疾病预防控制中心,理化与毒理检验所,浙江 杭州 310051)

摘要:目的 建立并优化了火锅底料中黄曲霉毒素B族、G族和赭曲霉毒素A等5种真菌毒素的超高效液相色谱串联质谱检测方法,为火锅底料产品质量监管和风险预警提供技术支持。方法 样品用84%乙腈-水提取后,经二合一真菌毒素免疫亲和柱净化,采用BEH C18(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm)进行分离,以0.1%甲酸溶液和乙腈-甲醇为流动相梯度洗脱,内标法定量。应用优化建立的液质联用法分析25份火锅底料产品中真菌毒素污染情况。结果 该方法在线性范围内0.1~20 ng/mL线性良好,火锅底料中黄曲霉毒素和赭曲霉毒素的方法检出限为0.03 μg/kg,定量限为0.1 μg/kg,加标回收率为90.59%~117.36%,RSD%为2.83%~9.44%。检测的25份火锅底料中,以黄曲霉毒素B₁和赭曲霉毒素A为主要检出毒素,检出率分别为40%、72%。结论 本研究优化后的二合一免疫亲和柱净化的前处理方法针对性强,具有良好的灵敏度、加标回收率和精密度,适用于火锅底料中真菌毒素的定量分析,可为火锅底料中真菌毒素的风险监管和预警提供技术支持。

关键词: 火锅底料; 真菌毒素; 液相色谱-串联质谱法

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2025)01-0036-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2025.01.005

Application of ultra-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry in analysis of aflatoxins and ochratoxin A in hotpot seasoning

XU Jiaojiao, WANG Mengli, CAI Zengxuan, HUANG Baifen, XU Xiaoming

(Institute of Physico-chemical and Toxicology, Zhejiang Provincial Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang Hangzhou 310051, China)

Abstract: Objective To provide the technical support for hot pot base product supervision and risk warning, an ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for the detection of aflatoxins B group, G group and ochratoxin A in hotpot seasoning was established and optimized. **Methods** After extracted by 84% acetonitrile-water and cleaned up by 2 in 1 immunity column, 5 types target mycotoxins were separated by BEH C18(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm) under 0.1% formic acid and acetonitrile-methanol mobile phase. The optimized LC-MS/MS was validated and applied in 25 hotpot seasoning samples from Internet merchant, which quantificated by internal standards. **Results** The method was validated and demonstrated a good linear relationship in range of 0.1-20 ng/mL. The detective limits were 0.03 μg/kg and the quantitative limits were 0.1 μg/kg. The recoveries were between 90.59% and 117.36%. The relative standard deviation were from 2.83% to 9.44%. The optimized method was applied in 25 hotpot seasoning analysis, with detection rates of aflatoxin B₁ and ochratoxin A 40% and 72%, respectively. **Conclusion** The optimized 2 in 1 immunoaffinity clean-up pretreatment in this study is highly targeted. The method has a good sensitivity, satisfied recovery rate and precision. It is suitable for the quantitative analysis of mycotoxins in hotpot seasoning, which could provide technical support for risk monitoring and early warning of mycotoxins in hotpot seasoning.

Key words: Hotpot seasoning; mycotoxin; liquid chromatograph coupled with mass spectrometry

随着我国经济的发展,火锅产业逐渐打破地域

限制,成为国际餐饮业的新兴力量^[1-2]。目前,我国火锅底料出口范围超过30个国家和地区,其食用安全备受关注。火锅底料成分复杂,其中香辛料及其油脂等配料是赋予火锅底料独特和差异性风味的灵魂^[3-4],配料的质量将直接影响火锅底料的品质。因此,火锅底料配料的安全对火锅底料的质量安全有至关重要的影响。

收稿日期:2024-06-17

基金项目:浙江省基础公益研究计划(LTGC23H260001)

作者简介:许娇娇 女 副主任技师 研究方向为食品污染物分析
E-mail:jjxucdc@163.com通信作者:徐小民 男 主任技师 研究方向为食品污染物分析
E-mail:xmxu@cdc.zj.cn

已有研究表明,火锅底料常用的油脂包括菜籽油、花生油、牛油等多种类植物油脂和动物油脂^[5-6]。传统的牛油火锅等动物性油脂的胆固醇含量高,为减少此类高胆固醇含量的动物油脂的摄入,动物油脂类火锅底料往往通过添加一定比例的菜籽油、大豆油、花生油等植物油,进而丰富火锅底料的口味。植物性油脂往往是引入真菌毒素风险的重要因素之一^[7-8]。食用油中真菌毒素的来源主要源于油料作物,而真菌毒素又具有很强的亲脂性,从而转移到油脂中。除此之外,火锅底料在炒制过程中经常添加大量的香辛料^[9],但香辛料采收后不会因清洗、浸泡、加热等方式降低真菌残留,而在储存、加工和流通过程中更易受到真菌毒素污染^[10]。真菌毒素是由霉菌等真菌类微生物产生的次生代谢产物,常常隐藏在谷物、香辛料、油料作物(花生、大豆)等食品中^[11]。真菌毒素的存在对人体健康造成严重威胁,可能导致急性中毒甚至长期慢性疾病。国内外已有不少研究开展了油脂、香辛料中真菌毒素的检测方法研究以及污染风险调查^[3,7,10,12-13],但还没有对于火锅底料中真菌毒素检测方法或暴露风险的相关报道。

食品中真菌毒素的检测不仅需要灵敏度高的检测方法,也亟需消除食品基质带来的干扰。火锅底料基质成分复杂,对痕量污染的真菌毒素分析造成严重的基质干扰,因而限制了相应的多组分分析检测方法的发展。真菌毒素检测常用的样品前处理方法有液液萃取技术、固相萃取技术、超临界流体萃取技术、凝胶色谱净化技术和免疫亲和层析净化技术等^[14],其中免疫亲和层析净化技术因其具有高性能的特异性抗原抗体结合,被广泛地应用于复杂基质的前处理净化处理中。鉴于香辛料及油脂中又以黄曲霉毒素(Aflatoxins, AFTs)和赭曲霉毒素A(Ochrotoxin A, OTA)为主要检出真菌毒素^[7,10,15],故本研究采用二合一免疫亲和柱净化方法,建立并优化了同时测定火锅底料中黄曲霉毒素B族、G族和赭曲霉毒素A的超高效液相色谱-串联质谱检测方法。该方法具有特异性强、重现性好、操作简便等特点,可为食品中真菌毒素风险监测提供强有力的技术支持。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

黄曲霉毒素B₁(Aflatoxin B₁, AFTB₁)、黄曲霉毒素B₂(Aflatoxin B₂, AFTB₂)、黄曲霉毒素G₁(Aflatoxin G₁, AFTG₁)、黄曲霉毒素G₂(Aflatoxin G₂, AFTG₂)、OTA、各¹³C标记的同位素内标(纯度≥98%)以及黄曲霉

毒素和赭曲霉毒素二合一免疫亲和柱均购自Romerlab 国际贸易(北京)有限公司。AB6500+QTrap超高效液相串联质谱仪(美国 AB Sciex 公司);振荡器(德国 Heidolph 公司);低温离心机(美国 Beckman 公司)。甲醇、乙腈、甲酸(色谱纯,美国 Thermo Fisher Scientific 公司);PBS 预配制混合包(武汉博士德生物工程有限公司)、吐温-20(上海国药集团化学试剂有限公司);0.22 μm 滤膜(上海安谱实验科技股份有限公司);实验室用水为超纯水。

1.2 实验方法

1.2.1 标准溶液配制

分别吸取 AFTB₁(1 μg/mL)、AFTB₂(1 μg/mL)、AFTG₁(1 μg/mL)、AFTG₂(1 μg/mL)、OTA(100 μg/mL)储备溶液适量,乙腈稀释配制成含各化合物浓度均为 100 ng/mL 的混合标准工作液,-18℃避光保存。

准确移取 0.5 μg/mL ¹³C₁₇-AFTB₁、¹³C₁₇-AFTB₂、¹³C₁₇-AFTG₁ 和 ¹³C₁₇-AFTG₂ 各 1.00 mL, 25 μg/mL ¹³C₂₀-OTA 储备液 20 μL,用乙腈稀释配制成含各同位素内标化合物浓度均为 50 ng/mL 的混合同位素内标工作液,-18℃避光保存。

1.2.2 样品采集与制备

从网上超市采购 25 份火锅底料,同一批次采集 3 个包装。将预包装的火锅底料隔水加热至油体融化,用料理机均质。样品均质后立刻称取试样 5 g 于 50 mL 离心管中,备用。

1.2.3 样品前处理

在上述 50 mL 离心管中加入 20 mL 乙腈-水溶液(84+16),混匀,涡旋 25 min,高速离心。用定量滤纸过滤掉上次油脂后备用。准确移取 4 mL 上清液,加入 20 μL 浓度为 50 ng/mL 的混合内标工作液,用含 0.5%吐温-20 的 PBS 溶液稀释至 50 mL,混匀待用。将低温下保存的免疫亲和柱恢复至室温。待免疫亲和柱内原有液体流至柱筛板后,开始上样,待样液流尽后,用 10 mL PBS 溶液淋洗免疫亲和柱。淋洗完成后,在亲和柱下部放置试管,加入 4×0.5 mL 2% 乙酸-甲醇溶液洗脱亲和柱,收集全部洗脱液。40℃水浴下氮气吹至近干,1.0 mL 初始流动相复溶。0.22 μm 滤膜过滤,收集滤液于进样瓶中待上机分析。

1.2.4 色谱条件

色谱柱 BEH C18 柱(100 mm×2.1 mm,1.7 μm);柱温 40℃;进样量 5 μL;流速 0.3 mL/min;流动相 A:0.1% 甲酸溶液;流动相 B:甲醇-乙腈(体积比为 1:1)溶液。梯度洗脱程序:0~0.5 min 35%B,3.0~4.0 min 100%B,4.5~8.0 min 35%B。

1.2.5 质谱条件

电喷雾 ESI 离子源(正离子模式);扫描方式:多反应监测(Multiple reaction monitoring, MRM);电喷雾电压:5 500 V;气帘气压力:35 psi;雾化气压力:40 psi;辅助气压力:40 psi;离子源温度:550 ℃;各真菌毒素质谱参数如表 1 所示。

表 1 多反应监测扫描模式的质谱参数				
Table 1 Mass spectrometry parameters of MRM				
化合物	母离子 Q1/ (m/z)	子离子 Q3/ (m/z)	去簇电压 DP/V	碰撞能量 CE/eV
AFTB ₁	313.0	285.0*	170	30
		241.1	120	50
AFTB ₂	315.0	259.0*	160	40
		287.1	160	35
AFTG ₁	329.1	243.0*	140	36
		215.1	140	43
AFTG ₂	331.0	188.9*	180	55
		245.1	180	40
OTA	404.0	239.1*	180	30
		358.1	180	14
¹³ C-AFTB ₁	330.2	301.2	160	35
¹³ C-AFTB ₂	332.2	303.2	180	38
¹³ C-AFTG ₁	346.2	257.2	190	38
¹³ C-AFTG ₂	348.2	330.2	180	35
¹³ C-OTA	424	250.1	180	35

*代表定量离子

1.2.6 方法学指标评价

以 AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂ 或 OTA 色谱峰与各对应同位素内标色谱峰的峰面积比值-浓度作图,绘制标准工作曲线。采用提取净化后添加同位素内标法进行基质效应的考察,根据数学模型:基质效应(Matrix effect, ME)=样品基质提取净化后加同位素内标峰面积(SET_{IS-1})/同等浓度的同位素内标溶液峰面积(SET_{IS-2}),即 ME=SET_{IS-1}/SET_{IS-2},进行评估。以实际样品中添加极低浓度目标化合物经样品前处理后进样分析,按照定性离子通道中信噪比(S/N)为 3 时作为检出限,定量离子通道中信噪比(S/N)为 10 时作为定量限。火锅底料样品中分别加标 0.2、5、10 μg/kg 目标化合物做加标回收率实验,每个浓度进行 6 次平行实验,计算加标回收率和相对标准偏差(RSD%)。

2 结果

2.1 前处理条件优化结果

考察了两种不同提取体系(70%甲醇-水溶液和 84%乙腈-水溶液)对火锅底料中 AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂ 和 OTA 的提取效率。结果显示(图 1),84%乙腈-水溶液能够更高效地提取目标化合物。同时也考察了不同提取时间对提取效率的影响。结果显示(图 1)在 70%甲醇-水溶液体系下,适当延长

提取时间在一定范围内能够提高提取效率,但提取效率无法满足检测需求。在 84%乙腈-水溶液体系下,延长提取时间对提取效率并没有影响。因此,最终选择 84%乙腈-水作为提取溶液,25 min 作为提取时间。

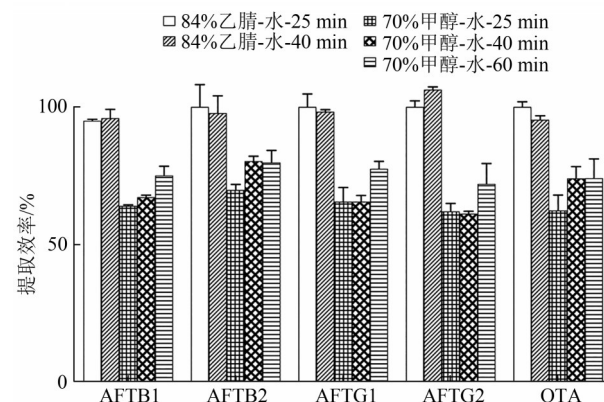


图 1 不同提取时间、提取溶液对火锅底料中目标真菌毒素提取效率的影响

Figure 1 Effect of extraction time and solvent on target-mycotoxins in hotpot seasoning

前处理条件还优化了免疫亲和柱净化前的上样液。通过比较用 PBS 溶液、0.1% 吐温-20-PBS 溶液、0.5% 吐温-20-PBS 溶液和 1% 吐温-20-PBS 溶液稀释提取液后的上样液,发现用含吐温-20 浓度越高的 PBS 溶液稀释,上样液越澄清,上样后免疫亲和柱凝胶层保留的颜色越浅。但 0.5% 吐温-20-PBS 溶液和 1% 吐温-20-PBS 溶液稀释后上样液及凝胶柱层颜色无明显差异。这意味着吐温-20 浓度越高的溶液对有色杂质的去除能力越强。吐温-20 浓度过高可能会影响免疫亲和柱的柱效,也可能导致进样液中含有吐温-20,影响液质联用仪的性能。因此,最终选用 0.5% 吐温-20-PBS 溶液作为上样稀释液。

2.2 基质效应评价

本方法通过提取净化后添加同位素内标法进行基质效应评价。为充分评价方法的基质效应,随机选取了配料成分不同的 4 份火锅底料样品,分别按方法进行提取、净化,进样前加同位素内标进行评价。从表 2 可以看到,样品 7、8、12 和 23 的主要配料成分不同,但经 84% 乙腈-水溶液提取,0.5% 吐温-20-PBS 溶液稀释上样,免疫亲和柱净化富集后,液质联用仪测定时,5 种真菌毒素化合物的基质效应基本在 0.8~1.1 之间,但也有样品 7、样品 23 的 ¹³C-AFTB₁、¹³C-AFTB₂、¹³C-AFTG₂ 基质效应略低于 0.8。经免疫亲和柱净化富集后,样品的基质效应不尽相同,故仍需采用同位素内标法进行定量,以得到可靠的结果。

表2 基质效应评价
Table 2 Assessment of matrix effect

样品名称	配料成分(排列前四)	基质效应				
		¹³ C-AFTB ₁	¹³ C-AFTB ₂	¹³ C-AFTG ₁	¹³ C-AFTG ₂	¹³ C-OTA
样品7	牛油、大豆油、辣椒、豆瓣酱	0.81	0.79	0.91	0.92	0.92
样品8	牛油、生姜、大蒜、香辛料	0.83	0.99	0.91	0.90	0.92
样品12	食用牛油、植物油、红油豆瓣酱、香辛料	1.08	0.99	0.96	0.83	1.02
样品23	植物油、鸡精调味料、味精、辣椒	0.76	0.88	0.86	0.78	0.92

2.3 检出限和定量限

本方法测定 AFTB₁、AFTB₂、AFTG₁、AFTG₂ 和 OTA 在 0.1~20 ng/mL 浓度范围内,线性关系良好($r>0.999$),检出限为 0.03 μg/kg,定量限为 0.1 μg/kg,满足火锅底料中低含量真菌毒素的测定

要求。

2.4 加标回收率和精密度

5 种真菌毒素的回收率为 90.59%~117.36%, RSD% 为 2.83%~9.44%,回收率和精密度良好。见表 3。

表3 5种真菌毒素加标回收率和精密度
Table 3 Spiked recoveries and precisions of 5 types of mycotoxins

化合物	本底值/(μg/kg)	加标回收率均值/%			RSD/%		
		0.2 μg/kg	5 μg/kg	10 μg/kg	0.2 μg/kg	5 μg/kg	10 μg/kg
AFTB ₁	未检出	117.36	96.88	105.20	4.54	6.03	3.83
AFTB ₂	未检出	109.14	97.58	105.38	7.10	5.77	3.83
AFTG ₁	未检出	90.59	112.76	110.53	4.40	5.21	7.27
AFTG ₂	未检出	96.65	99.96	112.32	3.31	5.50	2.83
OTA	未检出	99.58	92.05	90.87	9.44	4.10	3.09

2.5 实际样品检测结果

按照本方法检测网购火锅底料 25 份,包括 16 份牛油火锅底料和 9 份植物油火锅底料,样品配料成分详见表 4(仅列出配料表排名前 4 位成分)。从表 4 可以看出,25 份火锅底料中真菌毒素总检出率为 76%(19/25)。其中 OTA 检出率最高,为 72%,其次为 AFTB₁,检出率为 40%。OTA 和 AFTB₁最大检出值分别为 3.04、2.42 μg/kg。AFTG₂均未检出,AFTB₂和 AFTG₁有个别样品检出,检出值在定量限水平。9 份植物油火锅底料 OTA、AFTB₁检出率分别为 66.67%、33.33%,16 份牛油火锅底料中 OTA、AFTB₁检出率分别为 75%(12/16)、43.75%(7/16)。

3 讨论

本方法通过优化免疫亲和柱净化前处理条件,建立了超高效液相色谱串联质谱检测火锅底料中黄曲霉毒素和赭曲霉毒素 A 的方法。该方法前处理技术专属性强,能有效去除火锅底料中的油脂、色素等杂质,既能高效去除干扰物质,又能减少待测组分的损失。尽管采用了 0.5% 吐温-20-PBS 溶液稀释上样液,淋洗免疫亲和柱,最大可能地去除干扰物,但考虑火锅底料样品基质的复杂性和多变性,同时考虑常规实验室在提供检测报告时对精准定量的严格要求。因此,在实际分析工作中,仍需采用同位素内标进行准确定量分析。

现行有效的食品安全国家标准 GB 5009.24—2016《食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定》采用

称取 5 g 样品,加入同位素内标后提取,既跟踪了方法前处理的全过程,又校正了基质效应。从前处理伊始加入同位素内标,虽可以对前处理全过程进行有效跟踪校正,但所需同位素内标的绝对量较大,对标准使用单位所需经济成本较高。本方法对比了不同提取溶液对火锅底料中 AFTs 和 OTA 的提取效率。结果显示 84%乙腈-水溶液可以使绝对回收率达到约 95%。在确保绝对回收率满足检测要求的前提下,仅在免疫亲和柱净化前加入同位素内标,既节约了同位素内标使用的成本,又可对过柱净化效率、洗脱效率以及基质效应进行有效的跟踪和校准。另外,相比较于 GB 5009.24—2016 对香辛料样品采用双柱净化法(多功能净化后再免疫亲和柱净化),本方法采用 0.5% 吐温-20-PBS 溶液稀释后上样,使得最后净化后不同进样溶液的基质效应较低,简化了操作过程并节约了经济成本。

优化完善后的方法不仅适用于牛油类火锅底料样品,同时也适用于植物油类火锅底料样品。应用优化后的方法检测 25 份网购火锅底料,以 OTA 和 AFTB₁为主要检出真菌毒素,这与现有油脂、香辛料中真菌毒素的调查结果一致^[1,3,5],提示该两种真菌毒素随着原料进入到最后的火锅底料成品中。我国 GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》中规定了植物油中 AFTB₁限量最低为 10 μg/kg,但还没有规定香辛料中真菌毒素的限量值。欧盟 1881/2006 以及 2022/1370 号令规定^[16-17],香辛料中 AFTB₁、OTA 含量分别不得超过 5、15 μg/kg,

表 4 25 份火锅底料样品检测结果汇总

Table 4 Contamination levels of aflatoxins and ochratoxin in 25 hotpot seasoning analysis

样品编号	成分(排名前 4)	检测结果/(μg/kg)				
		AFTB ₁	AFTB ₂	AFTG ₁	AFTG ₂	OTA
1	食用牛油、鸡肌肉风味复合调味粉、辣椒、豆瓣酱	未检出	未检出	未检出	未检出	1.28
2	牛油、豆瓣、辣椒、食用盐	未检出	未检出	未检出	未检出	2.03
3	食用牛油、豆瓣、辣椒、食用盐	未检出	未检出	未检出	未检出	0.217
4	牛油、辣椒、豆瓣、姜蒜	未检出	未检出	未检出	未检出	2.62
5	牛油、植物油、辣椒、豆瓣酱	0.258	未检出	未检出	未检出	0.194
6	牛油、植物油、辣椒、郫县豆瓣	未检出	未检出	未检出	未检出	1.22
7	牛油、大豆油、辣椒、豆瓣酱	0.174	未检出	未检出	未检出	0.782
8	牛油、生姜、大蒜、香辛料	0.106	未检出	未检出	未检出	0.799
9	食用牛油、豆瓣、辣椒(辐照加工)、食用盐	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
10	牛油、辣椒、豆瓣、食用盐	0.241	未检出	0.157	未检出	0.798
11	食用牛油、辣椒、花椒等、豆瓣酱	0.102	未检出	未检出	未检出	未检出
12	食用牛油、植物油、红油豆瓣酱、香辛料	未检出	未检出	未检出	未检出	0.314
13	食用牛油、郫县豆瓣、辣椒、食用盐	0.119	未检出	未检出	未检出	0.378
14	食用牛油、辣椒、花椒、豆瓣酱(辣椒、蚕豆仁、水、食用盐、小麦)	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
15	牛油、豆瓣、辣椒、花椒	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
16	植物油、辣椒、豆瓣酱、食用牛油	0.190	未检出	未检出	未检出	0.924
17	菜籽油、辣椒、大豆、花生	0.338	未检出	未检出	未检出	0.460
18	植物油、豆豉、辣椒、味精	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
19	植物油、辣椒、郫县豆瓣、芝麻	2.42	0.111	未检出	未检出	1.72
20	菜籽油、大豆油、辣椒、食用盐	2.21	未检出	0.116	未检出	0.927
21	食用植物油、辣椒、芝麻、香辛料	未检出	未检出	未检出	未检出	0.181
22	辣椒、植物油、豆瓣(蚕豆、小麦粉、水、食用盐)、味精	未检出	未检出	未检出	未检出	3.04
23	植物油、鸡精调味料、味精、辣椒	未检出	未检出	未检出	未检出	0.100
24	清油、花椒、天鹰椒、郫县豆瓣	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
25	菜籽油、大豆油、洋葱、辣椒	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出

油料种子中 AFTB₁ 限量最低为 2 μg/kg。而 25 份火锅底料样品中 AFTB₁、OTA 最大值分别为 2.42、3.04 μg/kg。

尽管火锅底料在饮食中所占比例很小,AFTB₁和 OTA 的检出浓度不高,但是长期少量多次的摄入也会造成真菌毒素在人体内的蓄积。同时,喜好性以及摄入渠道的增多,增加了真菌毒素摄入的机会,加大了人们留下健康隐患的风险。

参考文献

[1] 蹇锴, 王洪武, 冯英财, 等. 出口火锅底料风险预警特征研究及发生原因分析[J]. 质量安全与检验检测, 2023, 33(6), 41-49.
JIAN P, WANG H U, FENG Y C, et al. Study on alert risk characteristics of exported hotpot seasonings and their risk source analysis[J]. Quality Safety Inspection And Testing, 2023, 33 (6): 41-49.

[2] MCDUGALL J I. Globalization of Sichuan hot pot in the “new era”[J]. Asian Anthropology, 2020, 20 (1): 77-92.

[3] 明玥, 梁志宏, 香辛料食品安全风险因子研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(14): 323-328-336.
MING Y, LIANG Z H, Research progress on food safety risk factors of spices[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(14): 323-328-336.

[4] SUN J, MA M, SUN B, et al. Identification of characteristic aroma components of butter from Chinese butter hotpot seasoning [J]. Food Chemistry, 2021, 338: 127838.

[5] 赵自通, 梁志宏, 火锅底料油脂中的风险因子及检测方法研究进展[J]. 中国调味品, 2022, 47(8): 191-196.
ZHAO Z T, LIANG Z H, Research Progres of Risk Factors and Detection Methods in the Hotpot Seasoning Oil [J]. China Condiment, 2022, 47(8): 191-196.

[6] 肖文艳, 市售火锅底料油脂的调研[J]. 农业机械, 2013(22).
XIAO W Y, Survey of commercially available hotpot seasoning lipid[J]. Farm Machinery, 2013(22): 47-70.

[7] JI J, WANG D, WANG Y, et al. Relevant mycotoxins in oil crops, vegetable oils, de-oiled cake and meals: Occurrence, control, and recent advances in elimination[J]. Mycotoxin Research 2024, 40(1), 45-70.

[8] BHAT R, REDDY K R, Challenges and issues concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: Updates from last decade [J]. Food Chemistry, 2017, 215: 425-437.

[9] WU M, GUO P, TSUI S W, et al. An ethnobotanical survey of medicinal spices used in Chinese hotpot [J]. Food Research International, 2012, 48(1): 226-232.

[10] THANUSHREE M P, SAILENDRI D, YOHA K S, et al. Mycotoxin contamination in food: An exposition on spices[J]. Trends in Food Science & Technology, 2019, 93: 69-80.

[11] AL JABIR M, BARCARU A, LATIFF A, et al. Dietary exposure of the Qatari population to food mycotoxins and reflections on the regulation limits[J]. Toxicology Reports. 2019, 6: 975-982.

[12] 莫紫梅, 王海波, 袁光蔚, 等. 广西地区八角中多种真菌毒素测定前处理方法的优化[J]. 食品科技, 2023, 48(1): 298-304.

- MO Z M, WANG H B, YUAN G W, et al. Optimization of pretreatment method for determination of mycotoxins in illicium verum [J]. Food Science and Technology, 2023, 48 (1): 298-304.
- [13] 黄思瑜, 董宪兵, 邓宇杰, 等. 重庆地区辣椒、花椒、八角中真菌毒素污染状况分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(21): 8119-8124.
- HUANG S Y, DONG X B, DENG Y J, et al. Survey on mycotoxin contamination situation in pepper, prickly ash and star anise in Chongqing [J]. Quality Safety Inspection and Testing, 2020, 11(21): 8119-8124.
- [14] TITTMER S A, CRAMER B, DEROSA M C, et al. Developments in mycotoxin analysis: an update for 2021-22[J]. World Mycotoxin Journal, 2023, 16(1): 3-24.
- [15] 黄晓德, 钱骅, 朱羽尧, 等. 香辛料霉菌污染现状及防控对策[J]. 中国野生植物资源, 2018, 37(5), 66-68.
- HUANG X D, QIAN H, ZHU Y Y, et al. Pollution status and control countermeasures of fungus in spice [J]. Chinese Wild Plant Resources, 2018, 37(5): 66-68.
- [16] Commission of the European Communities, Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs [J]. Official Journal of the European Union, 2006, L364, 5-24.
- [17] Commission of the European Communities, Commission Regulation (EU) 2022/1370 of 5 August 2022 amending Regulation (14), (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of ochratoxin A in certain foodstuffs [J]. Official Journal of the European Union, 2022, L206, 11-14.

《中国食品卫生杂志》投稿须知

《中国食品卫生杂志》是中华预防医学会、中国卫生信息与健康医疗大数据学会共同主办的国家级食品卫生学术期刊,为中文核心期刊、中国科技核心期刊。《中国食品卫生杂志》的办刊方针是普及与提高并重。设专家述评、论著、研究报告、实验技术与方法、监督管理、调查研究、风险监测、风险评估、食品安全标准、食物中毒、综述等栏目。《中国食品卫生杂志》既报道食品安全领域的重大科研成果,也交流产生、发现于实际工作的研究结论;既涉足实验室,又深入监督管理现场;全方位报道国内外食品安全的政策、理论、实践、动态。

1 投稿的基本要求

文稿应具有创新性、科学性、实用性,文字精练,数据准确,逻辑性强。文章一般不超过 5000 字,如遇特殊情况请与编辑部联系。投稿时邮寄单位推荐信,介绍该文的作者、单位,文章的真实性,是否一稿两投,是否属于机密,是否受各类基金资助。如为基金资助项目,应附带资助的合同文本封面和课题参加者名单页复印件或获奖证书复印件。

2 文稿中应注意的问题

投稿前最好先阅读本刊,以便对本刊有基本的了解。尤其要注意以下问题。

- 2.1 作者和单位的中英文名字、所在地、邮编分别列于中英文题目之下,单位的英文名称应是系统内认可的、符合规范的。
- 2.2 个人署名作者在 2 人(含 2 人)以上以及集体作者,应指定一位通信作者(corresponding author)。第一作者及通信作者应有简短的中文自传:姓名、性别、学位、职称、主攻研究方向,放在文稿第一页的左下方。副高职称以上的作者应有亲笔签名。
- 2.3 受资助的情况(资助单位、项目名称、合同号)用中英文分别列于文稿左下方。
- 2.4 所有稿件都应有中英文摘要。一般科技论文的摘要包括:目的、方法、结果、结论。作者应能使读者通过阅读摘要就能掌握该文的主要内容或数据。为便于国际读者检索并了解文章的基本信息,英文摘要应比中文摘要更详细。
- 2.5 每篇文章应标注中英文关键词各 3~8 个。
- 2.6 缩略语、简称、代号除了相邻专业的读者清楚的以外,在首次出现处必须写出全称并注明以下所用的简称。如新术语尚无合适的中文术语译名可使用原文或译名后加括号注明原文。
- 2.7 用于表示科学计量和具有统计意义的数字要使用阿拉伯数字。
- 2.8 研究对象为人时,须注明试验组、对照组受试者的来源、选择标准及一般情况等。研究对象为试验动物时需注明动物的名称、种系、等级、数量、来源、性别、年龄、体重、饲养条件和健康状况等。动物试验和人体试验均需伦理审查文件。
- 2.9 药品、试剂使用化学名,并注明主要试剂的剂量、单位、纯度、批号、生产单位和日期。
- 2.10 主要仪器、设备应注明名称、型号、生产单位、精密度或误差范围。
- 2.11 图、文字和表格的内容不要重复,图、表应有自明性,即不看正文就能理解图意、表意。
- 2.12 所引的参考文献仅限于作者亲自阅读过的。未公开发表或在非正式出版物上发表的著作如确有必要引用,可用圆括号插入正文或在当页地脚加注释说明。原文作者若不超过 3 人应将作者姓名依次列出,中间用“,”隔开,3 位以上作者则列出前 3 位,逗号后加“等”。参考文献格式如下:

[下转第 59 页]