

实验技术与方法

超高效液相色谱-串联质谱法检测荞麦粉中的阿托品、东莨菪碱与山莨菪碱

赵迪,胡佳薇,尹丹阳,曹磊,王甜,王敏娟
(陕西省疾病预防控制中心,陕西西安 710054)

摘要:目的 建立荞麦粉中阿托品、东莨菪碱、山莨菪碱的超高效液相色谱-串联质谱分析方法。方法 荞麦粉样品采用 80% 乙腈-水提取,上清液经 Oasis PRiME HLB 固相萃取柱净化,浓缩,Waters XSelect HSS T3 柱分离。采用液质电喷雾正离子、多反应监测模式检测。空白基质匹配标准曲线,外标法定量。结果 3 种托烷类生物碱在 1.00~50.0 ng/mL 范围内呈现良好的线性关系($r>0.999$);方法检出限低于 0.40 $\mu\text{g}/\text{kg}$,定量限低于 1.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$;加标回收率 79.7%~89.2%;基质效应为 62.8%~74.5%。结论 本方法灵敏度高、准确性好,适用于荞麦粉中阿托品、东莨菪碱与山莨菪碱的检测。

关键词:超高效液相色谱-串联质谱法;荞麦粉;阿托品;东莨菪碱;山莨菪碱

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2025)09-0811-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2025.09.003

Determination of atropine, scopolamine and anisodamine in buckwheat flour by ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry

ZHAO Di, HU Jiawei, YIN Danyang, CAO Lei, WANG Tian, WANG Minjuan

(Center for Disease Control and Prevention of Shaanxi Province, Shaanxi Xi'an 710054, China)

Abstract: Objective To develop a method for the determination of atropine, scopolamine and anisodamine in buckwheat flour by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Methods** Samples were extracted by 80% acetonitrile-water, purified by Oasis PRiME HLB solid-phase extraction column. After concentration, the sample solution was separated by waters XSelect HSS T3 column. The sample was detected in positive electrospray ionization and multiple reaction monitoring mode. The matrix-matched calibrations were used for quantification. **Results** The linear relationships of 3 tropane alkaloids were good in the range of 1.00-50.0 ng/mL ($r>0.999$). The detection limites (LOD) of 3 tropane alkaloids were lower than 0.40 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The quantitative limits (LOQ) of 3 tropane alkaloids were lower than 1.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The average recoveries of 3 tropane alkaloids in buckwheat flour were 79.7%-89.2%. The matrix effect were 62.8%-74.5%. **Conclusion** The method is accurate, sensitive, and suitable for the determination of 3 tropane alkaloids in buckwheat flour.

Key words: Ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; buckwheat flour; atropine; scopolamine; anisodamine

荞麦,又称净肠草、乌麦、三角麦,为蓼科荞麦属一年生草本植物,我国荞麦的产地主要集中在内蒙古、陕西、山西等地区,属于“陕北三宝”之一。荞麦粉营养丰富,含 8 种必需氨基酸,尤其赖氨酸含量较高^[1],同时含有大量的淀粉,是碳水化合物的良好来源。荞麦还具有抗氧化、降血脂和胆固醇、控制血糖等功效^[2-3]。阿托品、东莨菪碱和山莨菪碱是从颠茄、曼陀罗等茄科植物中提取出的 3 种主要托

烷类生物碱。托烷类生物碱是一类在结构上含有由吡咯环和哌啶环联合而成的托品烷基本骨架的生物碱^[4]。阿托品、东莨菪碱和山莨菪碱是临床上广泛使用的 M 胆碱受体阻断剂,用于镇痛、麻醉、止痉挛等^[5-7]。虽然 3 种托烷类生物碱有药用价值,但也具有毒性,使用不当或误食极易导致中毒甚至死亡^[8-10]。荞麦粉中一般不含有托烷类生物碱,但是当农田出现天仙子、曼陀罗等杂草植物,收获时

收稿日期:2024-11-21

作者简介:赵迪 女 助理研究员 研究方向为食品理化检验 E-mail: 254181360@qq.com

通信作者:王敏娟 女 副主任技师 研究方向为食品理化检验 E-mail: wmj1010@126.com

期此类植物可能会被误作农作物一并收割混入荞麦中,导致荞麦粉中检测出托烷类生物碱。欧盟发布条例(EU)2021/1408允许为最终消费者投放市场的荞麦和荞麦碾磨产品中的阿托品和东莨菪碱之和限量为 $10\ \mu\text{g}/\text{kg}$ ^[11]。2018年12月法国出口一批含生物源性污染物阿托品和东莨菪碱的有机荞麦粉,其通过欧盟食品饲料类快速预警系统通报该批有机荞麦粉不合格^[12]。2022年陕西省疾病预防控制中心接到一起食物中毒报告,经超高效液相色谱-高分辨质谱仪进行非靶向筛查,确定荞麦粉样品中含有一定量的阿托品。因此,监测陕西省市售荞麦粉中托烷类生物碱的污染情况十分必要。

目前植物中阿托品、东莨菪碱和山莨菪碱的主要测定方法有高效液相色谱法^[13-15]、气相色谱-质谱联用法^[16-18]、毛细管电泳法^[19-21]和超高效液相色谱-质谱联用法^[22-24],荞麦粉中托烷类生物碱检测尚未见报道。荞麦粉含有色素、蛋白、矿物质等多种物质,复杂的基质影响托烷类生物碱的准确定量。因此,本研究采用乙腈水提取,PRiME HLB固相萃取柱净化,超高效液相色谱-串联质谱法测定荞麦粉中阿托品、东莨菪碱和山莨菪碱的含量,了解陕西省市售荞麦粉中托烷类生物碱的污染情况。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

Dionex U3000超高效液相色谱仪(美国Thermo公司);5500Q-trap三重四级杆串联质谱仪,(配有电喷雾离子源和流动注射泵,美国AB SCIEX公司);涡旋振荡器(美国海道夫公司);分析天平(万分之一,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司);氮吹仪(广州得泰仪器科技有限公司);离心机(日本HITACHI公司);Milli-Q型超纯水制备系统(美国Millipore公司)。

1.3 样品前处理

准确称取1 g(精确到0.001 g)试样于50 mL离心管中,加入5 mL 80%乙腈水溶液(v/v),混匀,超声10 min,8 500 r/min(离心半径为85 mm)离心3 min,转移全部上清液于10 mL离心管中。重复提取一次,

1.0 mg/mL阿托品标准溶液(美国SIGMA公司, Lot No: FN04062001);100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 氢溴酸东莨菪碱标准溶液(天津阿尔塔科技有限公司, Lot No: S090889)、100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 山莨菪碱标准溶液(First Standard公司, Lot No: S106643);乙腈(色谱纯,美国Merck公司);Oasis PRiME HLB固相萃取柱(200 mg/6cc,美国Waters公司)。

混合中间标准溶液:准确吸取100 μL 1.0 mg/mL阿托品标准溶液、1.00 mL 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 氢溴酸东莨菪碱标准溶液、1.00 mL 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 山莨菪碱标准溶液于100 mL容量瓶中,乙腈定容,配制成1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的混合中间标准溶液,-20 $^{\circ}\text{C}$ 下密封保存。

空白样品提取液:取空白阴性样品1.0 g(精确至0.001 g),按照样品前处理步骤进行处理得到空白样品基质溶液。

基质匹配混合标准工作溶液:准确移取适量的1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 混合中间标准溶液,用空白样品基质溶液逐级稀释,配制成浓度为1.00、2.00、5.00、10.0、20.0、50.0 ng/mL基质匹配混合标准工作溶液。

1.2 仪器条件

1.2.1 色谱条件

色谱柱 Waters XSelect HSS T3(2.1 mm \times 100 mm, 2.5 μm);柱温40 $^{\circ}\text{C}$;流速0.35 mL/min。进样体积3.0 μL ;流动相:A:0.1%甲酸水溶液;B:乙腈。采用梯度洗脱:0.0~3.0 min,5%~90% B;3.0~5.0 min,90% B;5.1~8.0 min,5%B。

1.2.2 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(MRM);离子源温度500 $^{\circ}\text{C}$;电喷雾电压5 500 V;辅助气压力20 psi;雾化气压力20 psi;气帘气压力35 psi;碰撞电压(CE)、碰撞室入口电压(EP)、去簇电压(DP)、碰撞室出口电压(CXP)见表1,其中“*”代表定量离子。

表1 3种托烷类生物碱的质谱参数

Table 1 MS parameters of three kinds of tropane alkaloids

化合物	母离子/(m/z)	子离子/(m/z)	CE/V	EP/V	DP/V	CXP/V
阿托品	290.0	124.1*	32	10	120	8
	290.0	93.1	38	10	120	14
东莨菪	304.1	138.2*	28	10	125	9
	304.1	156.1	23	10	125	9
山莨菪碱	306.1	140.2*	32	10	120	9
	306.1	122.1	36	10	120	7

合并提取液,用80%乙腈水溶液定容至10 mL,混匀。取5.0 mL提取液于Oasis PRiME HLB净化小柱,收集流出液,于40 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中氮吹至近干。用1.0 mL 5%乙腈水溶液(v/v)复溶,涡旋振荡1 min,经0.22 μm 滤膜过滤,超高效液相色谱-串联质谱法测定。

2 结果

2.1 色谱条件的选择

比较了3种色谱柱 Waters BEH C18 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 2.5 μm)、Waters CORTECS C18 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 2.7 μm)和 Waters XSelect HSS T3 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 2.5 μm)。3种色谱柱的固定相均为 C18, Waters BEH C18 和 Waters CORTECS C18 属于高键合密度的 C18 柱, Waters XSelect HSS T3 是一种低键合密度反相 C18 柱。托烷类生物碱具有一定的极性的化合物,极性化合物在高键合密度的 C18 柱上保留较差,因此使用 Waters XSelect HSS T3 色谱柱表现出更出色的峰形。山莨菪碱存在两个异构体,出两个色谱峰。多反应监测模式下3种托烷类生物碱的色谱图见图1。

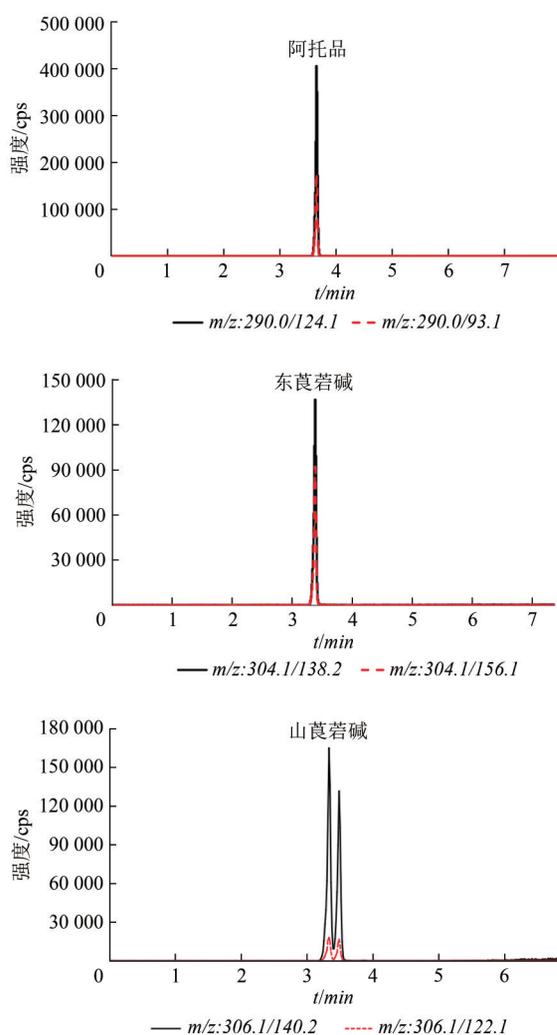


图1 3种托烷类生物碱的标准溶液色谱图

Figure 1 Chromatograms of standard solution of three tropane alkaloids

托烷类生物碱含N原子,N原子易质子化,在正离子模式下,流动相中酸性添加剂可促进质子化过程,有利于托烷类生物碱的电离,还可以影响托

烷类生物碱的色谱行为。本研究考察了不同流动相,分别为甲醇-水溶液,乙腈-水溶液,甲醇-0.1%甲酸水溶液,乙腈-0.1%甲酸水溶液。结果显示,当流动相为甲醇-0.1%甲酸水溶液和乙腈-0.1%甲酸水溶液,色谱柱上3种托烷类生物碱的峰形明显优于流动相为甲醇-水溶液和乙腈-水溶液。采用乙腈-0.1%甲酸水溶液作为流动相时,3种托烷类生物碱的响应值高于流动相为甲醇-0.1%甲酸水溶液。因此选择乙腈-0.1%甲酸水溶液作为流动相。

2.2 质谱条件的优化

3种托烷类生物碱在ESI正离子模式下的主要分子离子形式是 $[M+H]^+$ 。采用针泵模式对质量浓度为100 ng/mL的阿托品、东莨菪碱和山莨菪碱标准溶液进行一、二级质谱扫描,确定母离子和定性、定量离子。以 $[M+H]^+$ 作为母离子,由于3种托烷类生物碱都含有 $-C_9H_9O_3$ 这个结构基团,电离时这个结构易被电离掉,因此统一选择 $[M+H-C_9H_9O_3]^+$ 为定量离子。优化目标化合物的碰撞室入口电压、碰撞室出口电压、碰撞电压、去簇电压,使选定的特征碎片离子信号强度最大。具体见表1。

2.3 样品前处理的优化

由于托烷类生物碱具有一定的亲水性,在乙腈中加入一定比例的水可以提高萃取效率。本研究考察了60%、80%、90%、100%的乙腈水溶液(v/v)作为萃取溶剂。结果表明,纯乙腈的萃取效率明显低于乙腈水溶液,80%乙腈水溶液的回收率最高。本研究考察了5 mL 80%乙腈水溶液两次分步提取和10 mL 80%乙腈溶液1次提取。结果显示,两次分步提取3种托烷类生物碱的回收率提高10.3%~18.3%。因此选择采用5 mL 80%的乙腈水溶液分步提取两次。

荞麦粉中含有生物类黄酮、色素和脂类等物质,这些共萃取物质的存在直接影响方法的准确性和灵敏度,固相萃取柱可以减小这类物质的干扰,从而降低基质效应。Oasis PRiME HLB是一种新型反相固相萃取吸附剂,可以去除95%盐类、蛋白质和磷脂等的常见基质干扰物。本研究考察了直接萃取和萃取后经Oasis PRiME HLB固相萃取柱净化的回收率。结果显示,经过Oasis PRiME HLB固相萃取柱净化后的溶液颜色更加清澈,荞麦粉中3种托烷类生物碱的回收率均有提高(见图2)。因此,前处理方法选择80%的乙腈水重复萃取完后过Oasis PRiME HLB固相萃取柱。

2.4 基质效应

基质效应指和纯溶剂相比,来自样品基质组分的共流出物引起的目标化合物信号强度的增强或抑制作用。本研究配制两组标准曲线,第1组用初

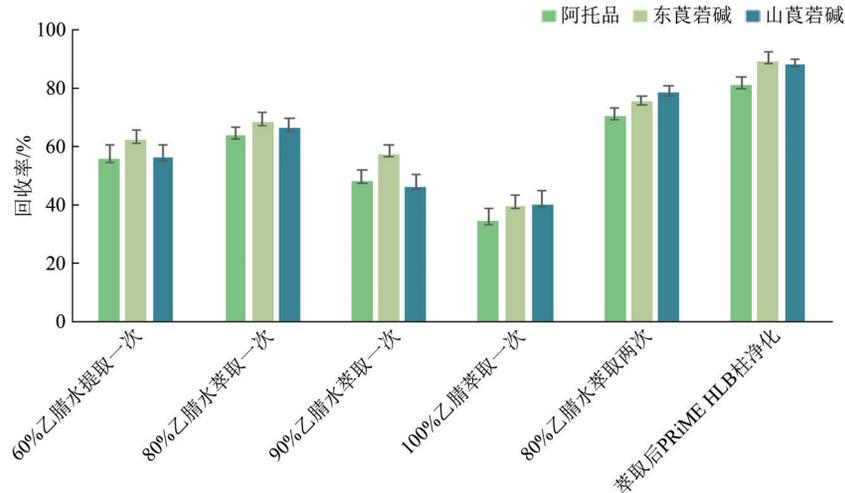


图2 不同前处理方式对3种托烷类生物碱回收率的影响

Figure 2 The effect of different pretreatment methods on the recovery rate of three tropane alkaloids

始流动相配制含系列浓度托烷类生物碱的标准曲线,第2组用空白样品基质溶液配制含系列浓度托烷类生物碱的标准曲线。基质效应(%)=空白样品基质匹配标准曲线的斜率/初始流动相配制标准曲线的斜率 $\times 100\%$ 。当基质效应(%) < 1 ,表示基质抑制效应,当基质效应(%) > 1 ,表示基质增强效应。采用荞麦粉空白基质溶液和5%乙腈分别配制浓度为1.00、2.00、5.00、10.0、20.0、50.0 ng/mL托烷类生物碱标准系列。采用荞麦粉空白基质溶液配制标准系列的线性方程和相关系数见表2。采用5%乙腈配制标准系列,阿托品的线性方程为 $y=9.14e^4x+4.05e^3$ ($r=0.9997$),东莨菪碱的线性方程为 $y=3.37e^4x-498$ ($r=0.9999$),山莨菪碱的线性方程为 $y=9.17e^4x+1.36e^3$ ($r=0.9999$)。荞麦粉样品基质对阿托品、东莨菪碱和山莨菪碱的基质效应分别为62.8%、74.5%和64.0%,样品基质对目标分析物具有抑制作用。本研究采用基质匹配标准曲线,来消除基质效应对定量分析的影响。

表2 3种托烷类生物碱的线性方程及相关系数

Table 2 Standard curve and correlation coefficient of three tropane alkaloids

化合物	线性方程	相关系数
阿托品	$y=9.14e^4x+4.05e^3$	0.9997
东莨菪碱	$y=3.37e^4x-498$	0.9999
山莨菪碱	$y=9.17e^4x+1.36e^3$	0.9999

2.5 标准曲线和检出限

采用荞麦粉空白样品基质溶液配制1.00、2.00、5.00、10.0、20.0、50.0 ng/mL托烷类生物碱标准系列。以托烷类生物碱的浓度为横坐标,峰面积为纵坐标绘制标准曲线。山莨菪碱使用两个异构体的总峰面积进行定量。3种托烷类生物碱均呈良好线性关系,相关系数 $r>0.999$ (见表2)。以3倍和10倍

信噪比(S/N)确定方法检出限和定量限,阿托品、东莨菪碱和山莨菪碱的检出限分别为0.20、0.40和0.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$,定量限为0.60、1.20和0.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

2.6 精密度和回收试验

对荞麦粉空白样品添加2.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (低)、10.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (中)和20.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (高)3个浓度水平,各6份,按照1.3进行前处理后进样分析,考察方法的加标回收率和测定值的相对标准偏差(Relative standards deviation, RSD),结果见表3。荞麦粉中3种托烷类生物碱的加标回收率为79.7%~89.2%,RSD为1.86~5.05,满足《食品安全国家标准 化学分析方法验证通则》(GB 5009.295—2023)中正确度和精密度的要求,结果表明该方法具有较高的准确性。

2.7 实际样品分析

从陕西省10个地市小型餐饮店、农贸市场、商店、路边摊位采集荞麦粉样品62份,利用本方法进行测定。2份散装荞麦粉样品检出阿托品和东莨菪碱,分别采自小型餐饮店和农贸市场。1份散装荞麦粉样品检出东莨菪碱,采自小型餐饮店。3份样品中有一份超欧盟限量值,阿托品和东莨菪碱检出量之和为96.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。阳性荞麦粉中阿托品和东莨菪碱的色谱图见图2。

3 结论

本文通过优化色谱柱和样品前处理条件建立了荞麦粉中阿托品、东莨菪碱和山莨菪碱的超高效液相色谱-串联质谱检测方法,采用基质匹配标准曲线定量,降低了基质效应对检测结果的影响。本方法灵敏度高、准确性好,能满足欧盟对荞麦碾磨产品中的阿托品和东莨菪碱残留的检测要求。利用本方法对陕西省市售62份荞麦粉进行检测,结果发现散装荞麦粉存在托烷类生物碱污染风险,后期

表3 3种托烷类生物碱的精密度和回收试验结果

Table 3 Results of tests for precision and recovery of three tropane alkaloids

化合物	2.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$		10.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$		20.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
阿托品	79.7	5.05	81.6	2.87	80.9	2.76
东莨菪碱	87.3	4.28	88.0	2.67	89.2	3.17
山莨菪碱	84.4	4.51	85.4	2.52	88.1	1.86

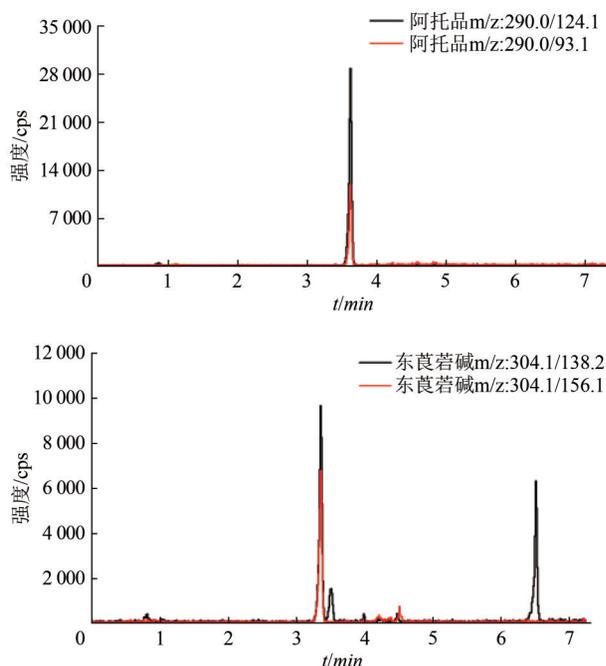


图3 实际样品中阿托品和东莨菪碱的MRM色谱图

Figure 3 The MRM Chromatogram of atropine and scopolamine in sample

应加强小型餐饮店和农贸市场内散装荞麦粉的质量监管和监测,确保食品安全。

参考文献

- [1] MARTÍNEZ-VILLALUENGA C, PEÑAS E, HERNÁNDEZ-LEDESMA B. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods [J]. Food and Chemical Toxicology, 2020, 137: 111178.
- [2] GIMÉNEZ-BASTIDA J A, ZIELIŃSKI H. Buckwheat as a functional food and its effects on health [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63: 7896-7913.
- [3] KOVAL D, PLOCKOVÁ M, KYSELKA J, et al. Buckwheat secondary metabolites: potential antifungal agents [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(42): 11631-11643.
- [4] SHI Z W, ZOU W J, ZHU Z M, et al. Tropane alkaloids (hyoscyamine, scopolamine and atropine) from genus Datura: extractions, contents, syntheses and effects [J]. Industrial Crops and Products, 2022, 186: 115283.
- [5] 邓朝晖, 罗充, 刘彬, 等. 罗曼陀罗药用价值的开发和利用 [J]. 现代生物医学进展, 2011, 7(11): 1394-1398.
- DENG Z H, LUO C, LIU B, et al. Development and utilization of medicinal value on Datura stramonium L [J]. Progress in Modern Biomedicine, 2011, 7(11): 1394-1398.
- [6] KOHNEN-JOHANNSEN K L, KAYSER O. Tropane alkaloids:

chemistry, pharmacology, biosynthesis and production [J]. Molecules, 2019, 24(4): 1420-3049.

- [7] XIA Q R, PINGCUO R J, YANG C, et al. A review on the chemical properties, plant sources, antishock effects, pharmacokinetics, toxicity, and clinical applications of anisodamine [J]. Chemistry & Biodiversity, 2024, e202301477.
- [8] 徐皓轩, 王圣贤, 吴香伦, 等. 一起农村宴席误饮曼陀罗籽药酒导致食物中毒事件的调查 [J]. 实用预防医学, 2022, 29(11): 1388-1389.
- XU H X, WANG S X, WU X L, et al. Investigation on a food poisoning event caused by misdrinking of mandrake seed herbal wine at rural feasts [J]. Practical Preventive Medicine, 2022, 29(11): 1388-1389.
- [9] 黄莉萍. 一起发生在养老院的误食曼陀罗引起的食物中毒事件调查 [J]. 职业卫生与病伤, 2021, 36(2): 129-131.
- HUANG L P. Investigation on a food poisoning event caused by datura stramonium in a nursing home [J]. Occupational Health and Damage, 2021, 36(2): 129-131.
- [10] 陈玉雯, 刘晓琳, 孔玉林, 等. 口服曼陀罗急性中毒 1 例 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2023, 9(41): 699-702.
- CHEN Y W, LIU X L, KONG Y L, et al. One case of acute poisoning with stramonium [J]. Chinese Journal of Industrial Hygiene Occupational Diseases, 2023, 9(41): 699-702.
- [11] The European Commission, COMMISSION REGULATION (EU) 2021/1408 of 27 August 2021 [S]. Official Journal of the European Union, 2021.
- [12] 欧盟食品和饲料类快速预警系统 (RASFF) 通报. 关于法国含生物源性污染物的有机荞麦粉的通告 [EB/OL]. (2018-12-20) [2024-11-21]. <http://news.foodmate.net/2018/12/499466.html>. Rapid Alert System for Food and Feed notification. Notice on Organic Buckwheat Flour Containing Contaminants of Biogenic Pollutants in France [EB/OL]. (2018-12-20) [2024-11-21]. <http://news.foodmate.net/2018/12/499466.html>.
- [13] JIANG Y B, ZHONG M, HU M X, et al. Spectrum-effect relationships between high performance liquid chromatography fingerprint and analgesic property of Anisodus tanguticus (Maxim) Pascher (Solanaceae) roots [J]. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2017, 16(2): 379-386.
- [14] 月英, 候亚星, 齐力格尔, 等. HPLC法测定六个地区泡囊草生品、奶制及浸膏中山莨菪碱、莨菪碱及东莨菪碱的含量 [J]. 中国处方药, 2023, 21(3): 38-42.
- YUE Y, HOU Y X, QI L G E, et al. Determination of anisodamine, hyoscyamine and scopolamine in raw, milk and extract of Physochlaina phsaloides in six regions by HPLC [J]. Journal of China Prescription Drug, 2023, 21(3): 38-42.
- [15] 严俊. 高效液相色谱法测定抑汗除臭化妆品中 3 种 M 胆碱受体拮抗剂 [J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 20(33): 2466-2468.

- YAN J. Determination of three M cholinceptor antagonists in antiperspirant and deodorant cosmetics by high performance liquid chromatography[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2023, 20(33): 2466-2468.
- [16] 秦国富, 李恒新, 李永波, 等. 液液萃取-气相色谱-质谱联用法同时测定曼陀罗中的消旋山莨菪碱、东莨菪碱与(-)-莨菪碱[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(4): 351-354.
- QIN G F, LI H X, LI Y B, et al. Determination of raceanisodamine, scopolamine and (-)-hyoscyamine in datura by LLE-GC-MS[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2014, 26(4): 351-354.
- [17] 蔡玉刚, 王文, 杨剑峰. 颠茄中毒生物检材中莨菪碱微波提取-气质联用检验[J]. 四川警察学院学报, 2018, 6(30): 58-61.
- CAI Y G, WANG W, YANG J F. Determination of hyoscyamine in biological samples by GC-MS[J]. Journal of Sichuan Police College, 2018, 6(30): 58-61.
- [18] 张秋萍, 王春民, 马晓艳. 气相色谱-质谱法测定曼陀罗药酒中莨菪碱的含量[J]. 食品安全导刊, 2021(1): 62-63.
- ZHANG Q P, WANG C M, MA X Y. Determination of scopolin in mandarine by GC-MS[J]. China Food Safety Magazine, 2021(1): 62-63.
- [19] YE N S, LI J, GAO C, et al. Simultaneous determination of atropine, scopolamine, and anisodamine in Flos daturae by capillary electrophoresis using a capillary coated by graphene oxide[J]. Journal of Separation Science, 2013, 36: 2698-2702.
- [20] YUAN B Q, ZHENG C Y, TENG H, et al. Simultaneous determination of atropine, anisodamine, and scopolamine in plant extract by nonaqueous capillary electrophoresis coupled with electrochemiluminescence and electrochemistry dual detection [J]. Journal of Chromatography A, 2010, 1217: 171-174.
- [21] LI J G, CHUN Y, JU H X. Simultaneous electrochemiluminescence detection of anisodamine, atropine, and scopolamine in flos daturae by capillary electrophoresis using b-cyclodextrin as additive[J]. Electroanalysis, 2007, 15(19): 1569-1574.
- [22] 廖仕成, 李荷丽, 刘红河, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法同时检测中药材及植物性食品中23种有毒生物碱[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(1): 141-149.
- LIAO R C, LI H L, LIU H H, et al. Simultaneous determination of 23 kinds of toxic alkaloids in Chinese medicinal materials and plant-derived food by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2022, 13(1): 141-149.
- [23] ZHAO W H, SHI Y P. Simultaneous quantification of three tropane alkaloids in Goji berries by cleanup of the graphene/hexagonal boron nitride hybrids and ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry[J]. Journal of Separation Science, 2020, 43: 3636-3645.
- [24] GONZÁLEZ-GÓMEZ L, PEREIRA J A, MORANTE-ZARCERO S, et al. Green extraction approach based on μ SPEed[®] followed by HPLC-MS/MS for the determination of atropine and scopolamine in tea and herbal tea infusions[J]. Food Chemistry, 2022, 394: 133512.

《中国食品卫生杂志》2025年征稿征订启事

《中国食品卫生杂志》创刊于1989年,由国家疾病预防控制局主管,中华预防医学会主办,刊号:ISSN 1004-8456、CN 11-3156/R,邮发代号:82-450,月刊,国内公开发行人。本刊是2008、2011、2017、2020、2023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。2023年版影响因子1.862,在预防医学领域影响力指数排名第17(17/84)。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、食品安全标准及监督管理、风险监测、风险评估、应用营养、食源性疾病、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:2025年《中国食品卫生杂志》。每期定价40元,全年480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、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:北京市朝阳区广渠路37号院2号楼802室

《中国食品卫生杂志》编辑部

电 话:010-52165596 邮政编码:100021 E-mail: bianjibu@cfsa.net.cn



杂志公众号



杂志淘宝店



杂志微店