

## 实验技术与方法

## 电感耦合等离子体质谱法测定葡萄酒中铁、铜、铅元素含量

李莹,吕卓璇

(徐州市疾病预防控制中心,江苏徐州 221000)

**摘要:**目的 建立电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)快速检测方法,对葡萄酒中金属元素指标铜、铁及重金属元素铅进行测定。方法 采用程序升温-微波消解方式消解样品,以氦气为反应气体消除分子离子干扰,ICP-MS法测定。分别在碰撞模式和非碰撞模式下选择 $^{56}\text{Fe}$ 和 $^{57}\text{Fe}$ 两种同位素验证对测定结果的影响。对比微波消解法、稀释法和电热消解法3种不同前处理方法测定的差异。结果 优化了仪器参数,3种元素检出限在0.003~0.007 mg/L,方法精密度的0.8%~5.1%,回收率在90.4%~106.0%。证实使用微波消解- $^{56}\text{Fe}$ -碰撞模式或微波消解- $^{57}\text{Fe}$ -非碰撞模式能够更准确测定葡萄酒中铁元素,直接稀释法可用于快速准确测定铅和铜元素含量。使用有证标准物质测定葡萄酒中铁、铅,均在指定值范围。结论 所建立的方法具有灵敏度高、检测结果快速准确的优点,适用于葡萄酒中3种元素的测定。

**关键词:**葡萄酒;电感耦合等离子体质谱法;金属含量测定

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2025)02-0153-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2025.02.007

**Determination of iron, copper and lead by inductively coupled plasma mass spectrometry in wine**

LI Ying, LYU Zhuoxuan

(Xuzhou Center for Disease Control and Prevention, Jiangsu Xuzhou 221000, China)

**Abstract: Objective** The determination of metal content of iron, copper and heavy metal element of lead in wine by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) was established. **Methods** The wine samples were digested by temperature programmed microwave digestion system. Helium gas was used as reaction gas to eliminate molecular ion interference, and the samples were determined by ICP-MS method. The influence of  $^{56}\text{Fe}$  and  $^{57}\text{Fe}$  isotopes on the determination results in collision mode and non-collision mode were verified. The differences of three pretreatment methods, microwave digestion, dilution and electrothermic digestion were compared. **Results** The parameters of the instrument were optimized and the detection limits of the three elements were 0.003-0.007 mg/L, precision of the method was 0.8%-5.1% and the recovery was 90.4%-106.0%. It was proved that the iron content in wine can be determined accurately by microwave digestion- $^{56}\text{Fe}$ -collision mode or microwave digestion- $^{57}\text{Fe}$ -non-collision mode. The direct dilution method can be used to determine elements of lead and copper quickly and accurately. Contents of iron and lead were determined with certified reference material and results were in the specified range. **Conclusion** The method has the advantages of high sensitivity, rapid and accurate detection results, and is suitable for the determination of iron, copper and lead in wine.

**Key words:** Wine; inductively coupled plasma mass spectrometry; metal determination

葡萄酒是以鲜葡萄或者葡萄汁为原料,经全部或部分发酵酿制而成,含有一定酒精度的发酵酒,葡萄酒中含有糖类、多种维生素、有机酸、矿物质,并含有原花青素、白藜芦醇、多酚类等成分<sup>[1-2]</sup>,因此具有补充营养素和抗氧化方面的保健功效。

葡萄酒的酿造过程主要包括榨汁、发酵、分离、

过滤、储藏。来自生产环节中各种金属制品的应用、酿酒设备和葡萄原料的污染会引入有害物质<sup>[3-5]</sup>。因此,GB 15037—2006《葡萄酒》标准以及 GB 2762—2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》标准中对金属元素铁、铜、铅有严格规定<sup>[6-7]</sup>。其中常量元素铁含量过高会使金属离子与空气产生氧化反应,引起葡萄酒褐变,使酒的颜色、口感产生变化,进而影响酒的感官和品质,依照 GB 15037—2006标准,铁含量不得超过 8.0 mg/L。铜元素含量过高会导致葡萄酒浑浊,影响酵母活性并降低葡萄酒质

收稿日期:2024-05-20

作者简介:李莹 女 副主任技师 研究方向为食品营养和有害因素检测 E-mail:liyng.jiyi@163.com

量。参照标准铜含量应控制在 1 mg/L 以下。依据 GB 2762—2022 规定,葡萄酒中铅含量应 $<0.2$  mg/kg。在各种酒类产品中,葡萄酒消费较为广泛,金属元素作为质量指标中的重要组成部分,对葡萄酒中铁、铜、铅的测定具有重要意义。

酒类中金属测定方法有原子吸收光谱法<sup>[8-9]</sup>、传感器法<sup>[10-11]</sup>、电感耦合等离子体质谱法(Inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)<sup>[12-13]</sup>等。根据葡萄酒中铁、铜、铅的测定报道,原子吸收光谱法仍然是测定金属元素的主要方法,方法选择性强但不能进行多元素同时分析,测定效率偏低。传感器法需针对不同元素特性设计,应用面较窄、仪器普及率低。随着电感耦合等离子体质谱仪的不断普及,其在葡萄酒测定中也得到应用,但选择同位素测定葡萄酒中铁含量的文章未见报道,本试验探讨了<sup>56</sup>Fe、<sup>57</sup>Fe 经不同测定模式对检测结果的影响,以及通过对比稀释进样法、微波消解法、电热消解法不同前处理方式得出测定铁(Fe)、铜(Cu)和铅(Pb)含量的差异,从而确定 ICP-MS 法测定 3 种元素最佳适用范围和方法。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

#### 1.1.1 主要仪器与试剂

7700X 电感耦合等离子体质谱仪(配有八级杆碰撞系统,美国安捷伦),Mars 6 微波消解仪(配有程序升温消解系统,美国 CEM),09C20 电热板(博通化学科技有限公司,上海),Millipore 超纯水仪(德国默克)。

混合元素标准溶液(ICP-MS-QC2-1)、内标溶液(ICP-MS-200.8-IS-1)均购自美国 Accustandard;优级纯硝酸(晶瑞电子材料股份有限公司,苏州);葡萄酒标准样品(QC-GW-704),中国检验检疫科学研究院;调谐液(安捷伦科技有限公司,美国);高纯氦气,含量 $>99.99\%$ 。桃红葡萄酒,甜型,西班牙 Vina Inigo;红葡萄酒,干型,茅台集团;白葡萄酒,半干型,张裕集团。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 标准溶液配制

分别准确移取一定量的 10 mg/L 含 Fe、Cu 和 Pb 混合标准溶液至 100 mL 容量瓶,以 1% 硝酸定容至 100 mL,配制成质量浓度为 5、10、20、50、100、200、400、800  $\mu\text{g/L}$  标准溶液。再分别精密量取 100  $\mu\text{g/L}$  混合标准溶液,使用 1% 硝酸溶液稀释浓度为 0.1、0.2、0.5、1、2  $\mu\text{g/L}$  含 Fe、Cu 和 Pb 系列标准溶液。

准确移取 100 mg/L 内标混合溶液 1 mL,以 1% 硝酸定容至 100 mL,使稀释后内标使用溶液浓度为 1 mg/L。取 10 mg/L 含 Ce、Co、Li、Y、Tl 调谐溶液 1 mL,以 1% 硝酸分步稀释,配制为 1  $\mu\text{g/L}$  调谐使用溶液。

#### 1.2.2 样品测定

使用移液管准确移取 1 mL 葡萄酒样品至聚四氟乙烯消解罐中,多孔电热板调节温度至 60  $^{\circ}\text{C}$ ,将含有葡萄酒样品放置电热板中加热 10 min,挥发样品中乙醇成分。经加热处理后样品加入 6 mL 硝酸,加盖密封浸泡过夜,按照表 1 程序进行微波消解处理,消解后样品打开罐盖,放入多孔电热板中以 140  $^{\circ}\text{C}$  继续加热 1 h,用以去除过量的硝酸。将消化后葡萄酒样品转移至容量瓶中,加入超纯水定容至 25 mL,摇匀待测。

表 1 微波消解参数条件

Table 1 Parameters of microwave digestion

升温步骤	升温时间/min	温度/ $^{\circ}\text{C}$	恒温时间/min	微波功率/w
1	5	120	5	1 200
2	5	150	10	1 200
3	5	190	20	1 200

选择白葡萄酒作为样品,分别取 10 mg/L 金属元素混标溶液 0.2、0.5、1.25 mL 加入至 1 mL 白葡萄酒中,加入硝酸,按照样品相同消解方法处理。定容后样品溶液中元素加标浓度分别为 0.08、0.20、0.50 mg/L。每个浓度准确取 6 份葡萄酒进行加标,作为平行样品测定各元素浓度,以测定均值与加标值的比值计算回收率。

以 1  $\mu\text{g/L}$  调谐溶液调节仪器性能,使  $\text{CeO}/\text{Ce}\leq 1.5\%$ ,  $\text{Ce}^{2+}/\text{Ce}\leq 3\%$ , Li、Y、Tl 元素质量轴偏移在  $\pm 0.1$  amu 以内。经优化后的仪器条件为:射频功率 1 550 W,等离子气流量 15 L/min,载气流量 1.07 L/min,氦气流速 4.3 mL/min,雾化室温度为 2  $^{\circ}\text{C}$ ,采样深度 10 mm,八级杆偏转电压-18 V,能量歧视 5 V,积分时间 0.3 s,采集重复次数 3 次。

#### 1.2.3 元素质量数选择

内标选择与待测元素质量数相近的 <sup>72</sup>Ge 和 <sup>209</sup>Bi 元素。以在线加入方式和样品混合进入雾化室,经离子化过程由四极杆质量检测器计算特定元素计数值,与相应内标元素计数值比值作为纵坐标,标准溶液浓度值作为横坐标,得出标准曲线。Cu 元素选择质量数 63、Pb 元素选择质量数 208 测定。铁元素有 <sup>54</sup>Fe、<sup>56</sup>Fe、<sup>57</sup>Fe、<sup>58</sup>Fe 4 个同位素,丰度值分别为 5.85%、91.75%、2.12%、0.28%。<sup>54</sup>Fe 容易受到 Na<sub>2</sub>Ar、FeCl 分子的干扰,<sup>58</sup>Fe 丰度值最小检测灵敏度低。<sup>56</sup>Fe 存在 ArO 分子干扰,但是丰度值高,检测灵敏度

高,因此选择 $^{56}\text{Fe}$ 作为待测质量数。为降低测定干扰,提高分析准确度, $^{63}\text{Cu}$ 、 $^{208}\text{Pb}$ 和 $^{56}\text{Fe}$ 质量数选择使用八级杆碰撞模式,通入氦气作为碰撞气体减少分子离子干扰。 $^{57}\text{Fe}$ 丰度较小但干扰小,因此选择 $^{57}\text{Fe}$ 质量数-非碰撞模式进行测定,以提高检测灵敏度。

#### 1.2.4 不同前处理方法比较

对于液体样品中金属含量测定,前处理方法主要有稀释法、电热消解法、微波消解法。为比较3种方法对葡萄酒中金属测定的影响,分别使用不同的方法处理样品,比较测定结果在回收率和精密度方面的差异。稀释法:准确移取葡萄酒样品1 mL至容量瓶,加入1 mL硝酸,超纯水定容至50 mL,摇匀待测。以相同方法加入标准元素混合溶液,制备加标量为2、5、12.5  $\mu\text{g}$ 的样品。电热消解法:准确移

取葡萄酒样品1 mL,放至电热板低温加热挥发酒精成分,加入6 mL硝酸,调节电热板温度至200  $^{\circ}\text{C}$ ,加热至样品剩余量0.5 mL,样品冷却后以超纯水定容至25 mL。准确移取混合标准溶液,使金属元素加标量依次为2、5、12.5  $\mu\text{g}$ ,按照样品相同条件下消解并定容制备加标样品。微波消解样品方法同上。

## 2 结果与分析

### 2.1 检出限

以1%硝酸溶液作为样品空白加入至微波消解罐,加入硝酸后经微波消解程序处理,消化后样品以超纯水定容,仪器调谐后,将消化的11个空白溶液进行测定,计算标准偏差,以3倍标准偏差( $3\sigma$ )为检出限,10倍标准偏差( $10\sigma$ )为定量限。以取样量1 mL,定容体积25 mL,计算方法检出限(表2)。

表2 线性回归方程和检出限

Table 2 Linear regression equations and detection limits

元素	回归方程	相关系数	检出限/(mg/L)	定量限/(mg/L)	方法检出限/(mg/L)
$^{56}\text{Fe}$	$y=0.0344x+0.0626$	1.000	0.006	0.019	0.150
$^{57}\text{Fe}$	$y=0.00087821x+0.0358$	0.999	0.007	0.023	0.175
Cu	$y=0.0503x+0.0405$	1.000	0.003	0.010	0.075
Pb	$y=0.0057x+0.0040$	0.999	0.003	0.009	0.075

### 2.2 回收率

实际样品测定中,葡萄酒中Cu、Pb含量相对Fe含量较低,因此对于Cu和Pb元素,除样品加标量2、5、12.5  $\mu\text{g}$ ,增加了0.25、1  $\mu\text{g}$ 低浓度加标回收率测定,结果见表3, $^{56}\text{Fe}$ 加标回收率为94.5%~104.8%, $^{57}\text{Fe}$ 加标回收率为92.4%~104.5%,Cu加标回收率为90.4%~98.8%,Pb回收率为101.8%~106.0%。根据GB/T 32465—2015《化学分析方法验证确认和内部质量控制要求》<sup>[14]</sup>,使用有证参考物质进行回收率校正,浓度值为1~10  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,回收率为70%~110%。当浓度值大于10  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,加标回收率控制在80%~110%,3种元素加标回收率均符合质控要求。

### 2.3 精密度

以微波消解6个平行样品测定值相对标准偏差(Relative standard deviation, RSD)计算方法精密度,表3所示 $^{56}\text{Fe}$ 的RSD值在1.8%~2.2%, $^{57}\text{Fe}$ 的RSD值为2.4%~2.7%,Cu的RSD值为0.9%~3.3%,Pb的RSD值为0.8%~5.1%。根据GB/T 32465—2015中工作范围内精密度研究及评价准则,样品含量在1~10 mg/kg,测定RSD值应<7.3%,样品含量为0.1~1 mg/kg,测定RSD值应<11%,样品含量为10~100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,测定RSD值应<15%。Fe、Cu、Pb元素精密度均符合质控要求。

表3 加标回收率和精密度

Table 3 Results of recovery and precision

元素	本底值 /(mg/L)	加标值 /(mg/L)	测定均值 /(mg/L)	回收率/%	RSD/%
$^{56}\text{Fe}$	0.066	0.08	0.146	99.8	1.9
		0.20	0.276	104.8	1.8
		0.50	0.539	94.5	2.2
$^{57}\text{Fe}$	0.065	0.08	0.148	104.5	2.7
		0.20	0.260	97.5	2.5
		0.50	0.527	92.4	2.4
Cu	0.003	0.01	0.013	98.8	3.3
		0.04	0.041	94.6	2.2
		0.08	0.081	97.0	1.1
		0.20	0.197	96.8	0.9
		0.50	0.455	90.4	1.6
Pb	<0.003	0.01	0.012	106.0	5.1
		0.04	0.042	102.0	2.4
		0.08	0.085	104.6	1.6
		0.20	0.207	102.5	0.8
		0.50	0.511	101.8	1.9

### 2.4 实际样品分析

使用标准质控样品QC-GW-704葡萄酒,平行取样2份,经微波消解后,电感耦合等离子体质谱法测定Pb和Fe含量。选取 $^{56}\text{Fe}$ 、 $^{57}\text{Fe}$ 两个质量数进行测定。标准样品1(103GW05045),Fe特征值为6.105 mg/L,特征值区间为5.231~6.979 mg/L;Pb特征值为0.075 2 mg/L,特征值区间为0.058 8~0.091 6 mg/L。标准样品2(103GW05047)Fe特征值为7.386 mg/L,特征值区间为4.998~9.774 mg/L;Pb特征值为0.165 6 mg/L,特征值区间为0.109 6~

0.221 6 mg/L。表4中结果显示,所测定结果均在特征值区间范围内,能够满足检测要求。

市售葡萄酒按照其外观色泽可分为白葡萄酒、桃红葡萄酒以及红葡萄酒。测定中选取了3款葡萄酒,分别为张裕半干白葡萄酒、茅台干红葡萄酒、

Vina Inigo 桃红葡萄酒。样品经微波消解,选择<sup>56</sup>Fe质量数,统一使用碰撞模式测定3种元素含量,结果见表5,葡萄酒中Fe含量<8 mg/L,Cu含量<1 mg/L,Pb含量<0.075 mg/L,Fe、Cu含量符合葡萄酒标准,Pb含量均小于污染物限值。

表4 葡萄酒标准样品测定结果/(mg/L)

Table 4 Determination results of standard wine samples/(mg/L)

名称	Pb			<sup>56</sup> Fe			<sup>57</sup> Fe		
	结果1	结果2	均值	结果1	结果2	均值	结果1	结果2	均值
标准样品 103GW05045	0.084	0.081	0.082	5.973	5.774	5.874	5.935	5.940	5.937
标准样品 103GW05047	0.170	0.174	0.172	6.803	6.893	6.848	6.991	7.103	7.047

表5 葡萄酒样品铁、铜、铅测定结果/(mg/L)

Table 5 Concentrations of iron, copper and lead in wine samples/(mg/L)

名称	Fe	Cu	Pb
半干白葡萄酒	1.661	0.075	<0.075
干红葡萄酒	2.847	<0.075	<0.075
桃红葡萄酒	1.663	<0.075	<0.075

#### 2.4 前处理条件对含量测定影响

3种不同消解方法每个加标浓度同时处理6份平行样品,测定葡萄酒样品及加标样品中各元素含量,计算回收率和RSD。由表6可知,3种前处理方法的Fe回收率相比较,当加标量为2 μg时,使用稀释法的回收率为38.8%~55.0%,电热消解法回收

率为73.8%~96.9%,微波消解法回收率为96.3%~110.0%,微波消解法在Fe回收率和精密度方面具有优势。随着加标浓度的提高Fe元素回收率上升,表明Fe元素在稀释条件下较低浓度时,检测干扰较大,随着加标浓度的增加测定准确度和精密度得到改善,但回收率较其他两种方法偏低。加标量为12.5 μg时,电热消解法回收率超过120%,RSD值高于10%,表明电热消解条件和微波消解条件比较,不同加标浓度条件下,微波消解处理测定Fe元素在精密度和准确度上优于电热消解法。因此,在同时进行3种元素测定时,应选择微波消解法处理葡萄酒样品。

表6 不同处理条件回收率和精密度差异

Table 6 Differences of recovery rate and precision under different treatment conditions

加标量/(μg)	元素	稀释法		电热消解法		微波消解法	
		回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
2	<sup>56</sup> Fe	38.8~52.5	16.0	90.6~96.9	3.3	96.3~105.0	1.9
	<sup>57</sup> Fe	40.0~55.0	16.3	73.8~86.3	8.8	97.5~110.0	2.7
	Cu	91.1~93.8	1.4	90.0~95.0	2.8	93.8~96.3	1.1
	Pb	93.8~95.0	0.8	94.4~98.1	2.2	102.5~106.3	1.6
5	<sup>56</sup> Fe	79.5~87.0	4.7	96.3~113.3	8.2	100.0~106.0	1.8
	<sup>57</sup> Fe	77.0~84.5	4.8	88.0~109.5	11.2	94.5~102.0	2.5
	Cu	96.0~99.0	1.8	96.5~101.0	2.3	96.0~98.5	0.9
	Pb	96.0~98.5	1.4	88.3~103.3	7.8	101.5~104.0	0.8
12.5	<sup>56</sup> Fe	82.6~87.2	2.7	98.0~133.5	15.3	90.5~97.5	2.2
	<sup>57</sup> Fe	81.0~83.0	1.2	100.9~127.4	11.6	88.4~95.4	2.4
	Cu	91.8~95.8	2.2	98.6~101.1	1.3	88.6~91.8	1.6
	Pb	92.2~98.0	3.1	96.2~97.7	0.9	98.6~104.4	1.9

在Cu和Pb元素测定上,稀释法回收率总体为91.1%~99.0%,RSD为0.8%~3.1%。电热消解条件下,Pb和Cu总体回收率88.3%~103.3%,RSD为0.9%~7.8%。微波处理条件下,Pb和Cu总体回收率为88.6%~106.3%,RSD为0.8%~1.9%。3种前处理条件下Pb和Cu测定结果均符合GB/T 32465—2015标准,表明Cu和Pb元素不同前处理条件下测定干扰较小,具有较好回收率和稳定性。在测定葡萄酒中Cu或Pb含量时,可选择直接稀释法处理样品,避免复杂前处理过程。

### 3 结论

使用微波消解-ICP-MS法测定葡萄酒中Fe、Cu、Pb元素含量,通过试验证实可以选取<sup>56</sup>Fe、<sup>63</sup>Cu、<sup>208</sup>Pb质量数在氦气碰撞模式下分别测定葡萄酒中Fe、Cu、Pb含量,使用<sup>57</sup>Fe非碰撞模式下测定葡萄酒Fe含量能够取得准确结果。通过比较3种不同前处理方法,发现使用硝酸溶液稀释样品能够准确测定铜和铅元素含量,样品可以缩短分析时间,简化操作流程。相对于乔军等<sup>[15]</sup>使用的葡萄酒直接测定法,加入硝酸溶液后可以提高葡萄酒中Cu和Pb元素加标回收率。分析原因可能是葡萄酒中含有少量有机

化合物,加入适量硝酸后能够起到提取作用。对于低 Fe 含量样品,通过试验证实直接稀释法效果较差,采用微波程序升温法消解样品在测定 Fe 元素准确性较好,能够满足检测要求。通过对比夏拥军等<sup>[16]</sup>和王志洪等<sup>[17]</sup>使用酸消解法,以及范涛等<sup>[18]</sup>和王妍等<sup>[19]</sup>使用微波消解法测定酒类产品中铅、铁和铜含量,微波消解-ICP-MS 测定 3 种元素检出限均优于酸消解法。与本研究一致,说明微波消解法在元素痕量分析中更有优势。

在葡萄酒取样过程中,要注意充分摇匀,样品的均匀性会对测定结果产生较大影响。在加标回收率测定中,使用红葡萄酒和桃红葡萄酒作为样品,加标试验均能满足 GB/T 32465—2015 要求,加入与待测元素质量数相近元素 Mg、Co、Ni、Zn、Tl,共存元素对测定结果不产生干扰。使用 ICP-MS 法同时测定葡萄酒中 Fe、Cu、Pb 元素含量,采取样品加标回收试验和样品重复性测定验证了方法准确性和精密度,使用标准样品验证了 Fe、Pb 元素测定准确性,该方法操作简单、灵敏度高、结果准确。

## 参考文献

- [1] 冯朵,韩迪,赵博雅,等.葡萄酒中生物活性物质与人体健康的研究进展[J].食品安全质量检测学报,2023,14(8):1-9.  
FENG D, HAN D, ZHAO B Y, et al. Research progress of bioactive substances in wine and human health [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2023, 14(8): 1-9.
- [2] 贡湘磊,黄娟.葡萄酒文化及其营养价值分析[J].现代食品,2022,28(5):104-106.  
GONG X L, HUANG J. Wine culture and nutritional value analysis[J]. Modern Food, 2022, 28(5): 104-106.
- [3] 赵孔祥,赵云峰,凌云,等.水产品中有机锡污染水平的分析[J].卫生研究,2008(3):327-331.  
ZHAO K X, ZHAO Y F, LING Y, et al. Analysis the pollution level of organotins in aquatic food and port wine [J]. Journal of Hygiene Research, 2008(3): 327-331.
- [4] 张学梅,丁琳,王贤.葡萄酒金属污染的治理[J].酿酒科技,2001(2):88.  
ZHANG X M, DING L, WANG X. Treatment of metal pollution in wine [J]. Liquor-Making Science and Technology, 2001(2): 88.
- [5] 胡远峰,童强.解决葡萄酒被铁污染的方法[J].酿酒科技,2000(1):92-93.  
HU Y F, TONG Q. Solution to eliminate iron contamination of wine [J]. Liquor-Making Science and Technology, 2000(1): 92-93.
- [6] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB 15037—2006葡萄酒[S].北京:中国标准出版社,2008.  
State Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, China National Standardization Administration Committee. GB 15037—2006 Wine [S]. Beijing: China Standards Press, 2008.
- [7] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,国家市场监督管理总局.食品安全国家标准食品中污染物限量:GB 2762—2022[S].北京:中国标准出版社,2023.  
National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. National food safety standard maximum levels of contaminants in foods: GB 2762—2022[S]. Beijing: China Standards Press, 2023..
- [8] 徐晶,韩东轩,董英杰,等.葡萄酒中金属离子的测定及其对葡萄酒品质的影响[J].人参研究,2022,34(6):15-17.  
XU J, HAN D X, DONG Y J, et al. Determination of metal ions in wine and the influence on wine quality [J]. Ginseng Research, 2022, 34(6): 15-17.
- [9] 孔维府,王百川,丁强,等.葡萄酒及其蒸馏酒中铜含量测定和控制分析[J].酿酒科技,2018(2):122-124.  
KONG W F, WANG B C, DING Q, et al. Determination and control of Cu content in grape wine and brandy [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2018(2): 122-124.
- [10] ACOSTA M, VARGAS I A, DELUIGI M T, et al. Surfactant coated silver nanoparticles as manganese fluorescent sensor. Manganese quantification in argentinian wines [J]. Microchemical Journal, 2023, 193, 108969.
- [11] YANG Y N, LIU W, CAO J, et al. On-site, rapid and visual determination of Hg<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> in red wine by ratiometric fluorescence sensor of metal-organic frameworks and CdTe QDs [J]. Food Chemistry, 2020, 328, 127119.
- [12] TSENANG M, PHEKO-OFITLHILE T, MOKGADI J, et al. A validated ICP-MS method for the screening and quantitative analysis of heavy metal contaminants in home-brewed alcoholic beverages of Botswana [J]. Food and Humanity, 2023, 1, 1125-1133.
- [13] VIEVARD J, AMOIKON T L-S, COULIBALY N A, et al. Extraction and quantification of pesticides and metals in palm wines by HS-SPME/GC-MS and ICP-AES/MS [J]. Food Chemistry, 2022, 393, 133352.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.化学分析方法验证确认和内部质量控制要求:GB/T 32465—2015[S].北京:中国标准出版社,2016.  
State Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, China National Standardization Administration Committee. Requirements for verification & validation of detection methods and internal quality control on chemical analysis: GB/T 32465—2015 [S]. Beijing: China Standards Press, 2016.
- [15] 乔军,佟克兴,李安.电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定葡萄酒中的铜、镉、铅[J].中国无机分析化学,2017,7(4):33-36.  
QIAO J, TONG K X, LI A. Determination of copper, cadmium, lead in wine by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) [J]. Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry, 2017, 7(4): 33-36.
- [16] 夏拥军,张慧,舒永兰,等.电感耦合等离子体-质谱法测定进口葡萄酒中的18种元素[J].食品与发酵科技,2015,51(3):87-90.

- XIA Y J, ZHANG H, SHU Y L, et al. Determination method of 18 metals in wine by ICP-MS [J]. Food and Fermentation Technology, 2015, 51(3): 87-90.
- [17] 王志洪, 廖唯棱, 马立超. 电感耦合等离子体质谱法同时测定白酒中18种金属元素[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(15): 5232-5237.
- WANG Z H, LIAO W L, MA L C. Simultaneous determination of 18 kinds of metal elements in Chinese baijiu by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2020, 11(15): 5232-5237.
- [18] 范涛, 谢正敏, 安明哲, 等. 六类蒸馏酒中16种无机元素的测定及主成分分析[J]. 中国酿造, 2023, 42(1): 219-225.
- FAN T, XIE Z M, AN M Z, et al. Determination and principal component analysis of 16 inorganic elements in six kinds of spirit [J]. China Brewing, 2023, 42(1): 219-225.
- [19] 王妍, 宗万里, 张梅超. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定葡萄酒中8种元素[J]. 食品安全导刊, 2021(12): 101-102.
- WANG Y, ZONG W L, ZHANG M C. Determination of 8 elements in wine by microwave digestion-inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. China Food Safety Magazine, 2021(12): 101-102.

## 《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。副高级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:

期刊文章:[序号] 主要责任者(外文人名首字母缩写,缩写名后不加缩写点). 文献题名[文献类型标志]. 刊名, 年,卷(期):起页-止页.

举例 [1] 汪国华,马进,季适东,等. 急性出血坏死性胰腺炎的手术治疗[J]. 中级医刊,1995,30(8):22-25.

[2] BERRY R J, LI Z, ERICKSON J D, et al. Preventing neural tube defects with folic acid in China [J]. N Engl J Med, 1999, 314: 1485-1490.