

# ICPMS-2030 系列测定人造肉中的营养元素

## ICPMS-192

**摘要：**参考 GB 5009.268-2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》，加入硝酸和过氧化氢对人造肉进行微波消解，使用电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 测定了人造肉中钾、钠、钙、镁等 7 种营养元素的含量。分析结果表明，方法检出限低，准确度好，加标回收率 93.0%~105%，适合人造肉中高低含量营养元素的同时检测。

**关键词：**微波消解 ICP-MS 人造肉 营养元素

近年来，随着全球肉类短缺危机、健康与环保消费风潮、食品创新等因素推动，“人造肉”概念迅速兴起，据报道，全球肉类替代品市场正以每年 68% 的复合增长率增长，其中人造肉深受欢迎。人造肉通常可以分为植物性肉、培养肉和其它肉类替代品，同样可以提供养殖肉中所富含的蛋白质、脂肪等营养元素，也可以控制其营养成分，满足不同群体的需求。目前涉及人造肉的检测内容分四个部分：组学分析、营养成分分析、有毒成分分析、包装材料。其中营养成分分析可细分为营养物质检测、营养元素（如 Se、Na、Mg、K、Ca 等）检测等。

我国对食品安全有着严格的监控，GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》明确规定了食品中重金属的限量要求，而相对应的，GB 5009.268-2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》明确规定了食品中金属元素的检测方法，第一法即为电感耦合等离子体质谱法。

电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) 具有灵敏度高、检出限低、线性范围广等特点，本文参考标准 GB 5009.268-2016，对人造肉样品进行微波消解后，使用岛津 ICPMS-2030 系列测定了人造肉中钾、钠、钙、镁、铁等营养元素的含量。

## ■ 实验部分

### 1.1 仪器

岛津 ICPMS-2030 系列电感耦合等离子体质谱仪。

### 1.2 仪器分析条件

ICP-MS 仪器分析条件见表 1。

表 1 ICP-MS 分析条件

| 参数    | 参数设定       | 参数      | 参数设定       |
|-------|------------|---------|------------|
| 高频功率  | 1.20 kW    | 等离子体气流速 | 9.0 L/min  |
| 辅助气流速 | 1.10 L/min | 载气流速    | 0.70 L/min |
| 炬管类型  | Mini 炬管    | 雾化器     | 同心雾化器      |
| 雾化室   | 旋流         | 雾化室温度   | 5°C        |
| 采样深度  | 5.0 mm     | 高频频率    | 27.12 MHz  |
| 碰撞气体  | He         | 碰撞气流速   | 6 mL/min   |
| 池电压   | -21 V      | 能量过滤器电压 | 7.0 V      |

## ■ 样品前处理

准确称取 0.2 g 样品于微波消解罐中，加入 6 mL HNO<sub>3</sub> 和 2 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，置于微波消解仪中消解，升温程序见表 2。消解结束后，冷却，转移至 50 mL 离心管中，定容至 50 mL，混匀备用，同时做空白和加标试验。

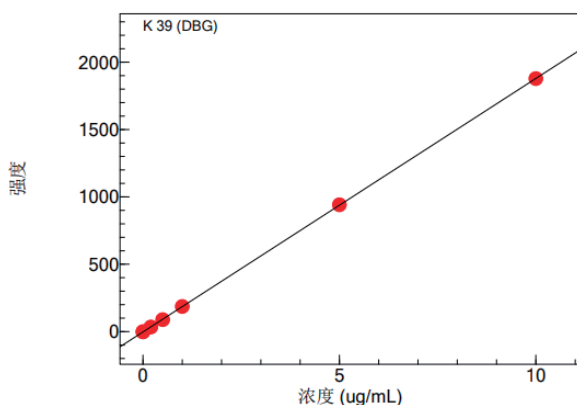
表 2 微波消解程序

| 步骤 | 控制温度 (°C) | 升温时间 (min) | 恒温时间 (min) |
|----|-----------|------------|------------|
| 1  | 120       | 5          | 5          |
| 2  | 150       | 5          | 10         |
| 3  | 190       | 5          | 30         |

## ■ 结果与讨论

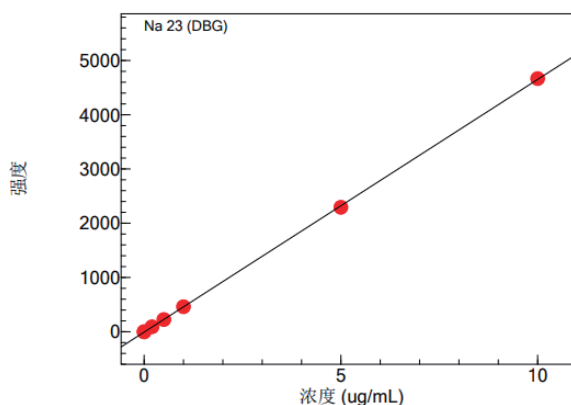
### 3.1 标准曲线和检出限

使用 2% HNO<sub>3</sub> 将铁、硒、锌标准储备溶液稀释为 0、0.20、0.50、1.0、2.0、5.0、10、20、50、100 μg/L 的标准序列，钾、钠、钙、镁标准储备溶液稀释为 0、0.20、0.50、1.0、5.0、10 mg/L 的标准序列，根据样品中元素实际情况调整标准曲线线性范围。标准曲线见图 1~ 图 4，连续测量空白溶液计算仪器检出限 (IDL) 和方法检出限 (MDL)，IDL 和 MDL 结果见表 3。



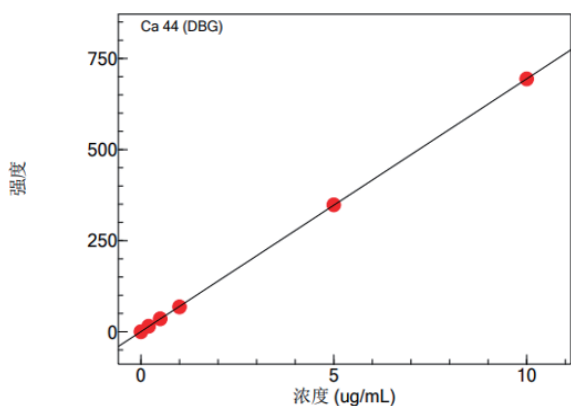
浓度 = 0.0053131 \* I + 0.0126372  
r = 1.00000 BEC = --- (ug/mL) 3σ = 0.0013114 (ug/mL)

图 1 K 元素标准曲线



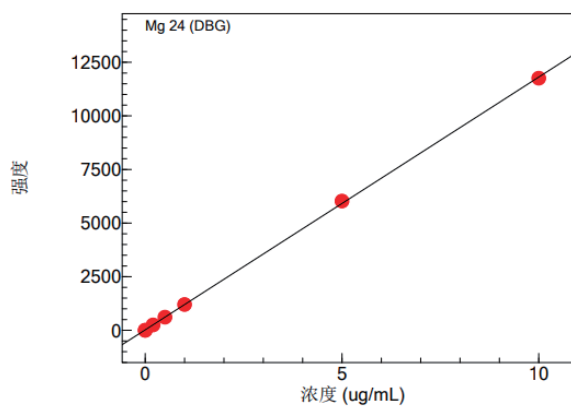
浓度 = 0.0021460 \* I + 0.0155422  
r = 0.99997 BEC = --- (ug/mL) 3σ = 9.9505e-004 (ug/mL)

图 2 Na 元素标准曲线



浓度 = 0.0144080 \* I - 0.0042737  
r = 0.99999 BEC = 0.0042737 (ug/mL) 3σ = 0.0045796 (ug/mL)

图 3 Ca 元素标准曲线



浓度 = 8.4804e-004 \* I - 0.0187901  
r = 0.99993 BEC = 0.0187901 (ug/mL) 3σ = 5.3093e-004 (ug/mL)

图 4 Mg 元素标准曲线

表 3 仪器检出限和方法检出限

| 元素 | 质量数 | 相关系数    | IDL (μg/L) | MDL (μg/kg) | GB5009.268-2016<br>定量限要求 (μg/kg) |
|----|-----|---------|------------|-------------|----------------------------------|
| K  | 39  | 1.00000 | 1          | 250         | 3000                             |
| Na | 23  | 0.99997 | 0.9        | 225         | 3000                             |

|    |    |         |       |      |      |
|----|----|---------|-------|------|------|
| Ca | 44 | 0.99999 | 4.5   | 1125 | 3000 |
| Mg | 24 | 0.99993 | 0.5   | 125  | 3000 |
| Fe | 56 | 0.99968 | 0.204 | 51   | 3000 |
| Se | 78 | 0.99993 | 0.075 | 18.8 | 30   |
| Zn | 68 | 0.99978 | 0.158 | 39.5 | 2000 |

### 3.2 样品测试结果

样品按照前处理程序处理后，使用内标法，在线加标测定，测定结果见表4，样品加标回收率为93.0%~105%。

表4 人造肉中营养元素测定结果

| 元素 | 质量数 | 内标               | 测定值 (mg/L) | RSD% (n=3) | 结果 (mg/kg)           | 加标量 (mg/L) | 回收率 (%) |
|----|-----|------------------|------------|------------|----------------------|------------|---------|
| K  | 39  | <sup>45</sup> Sc | 5.51       | 0.73       | 1.38×10 <sup>4</sup> | 2.0        | 100     |
| Na | 23  | <sup>45</sup> Sc | 2.78       | 1.12       | 6.95×10 <sup>3</sup> | 2.0        | 97.0    |
| Ca | 44  | <sup>45</sup> Sc | 0.767      | 0.76       | 1.92×10 <sup>3</sup> | 2.0        | 100     |
| Mg | 24  | <sup>45</sup> Sc | 0.724      | 1.54       | 1.81×10 <sup>3</sup> | 2.0        | 101     |
| Fe | 56  | <sup>45</sup> Sc | 0.048      | 2.45       | 120                  | 0.02       | 100     |
| Se | 78  | <sup>72</sup> Ge | N.D.       | --         | --                   | 0.0005     | 105     |
| Zn | 68  | <sup>72</sup> Ge | 0.014      | 0.36       | 35.0                 | 0.02       | 93.0    |

备注：按照 GB5009.268-2016，计算结果保留 3 位有效数字。

## ■ 结论

参考 GB 5009.268-2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》，使用岛津 ICPMS-2030 系列电感耦合等离子体质谱仪测定了人造肉中 7 种营养元素含量。实验结果表明，该方法检出限低，准确度好，高低含量元素可以同时测量，加标回收率在 93.0%~105% 范围内，适合人造肉中钾、钠、钙、镁、铁、硒等营养元素的同时检测。

岛津应用云

