

食品营养强化剂钼酸铵产品标准的制定

俞 淑*, 孙颖宜, 秦晓明

(上海市质量监督检验技术研究院, 上海 200233)

摘 要: 目的 确定食品营养强化剂钼酸铵产品标准拟设置的技术指标, 并建立各指标的检测方法。**方法** 根据现有的钼酸铵国内外标准和资料, 美国药典 USP34、美国药典 USP42、韩国食品公典、ACS Reagent Chemicals Book、GB/T 3460-2017《钼酸铵》以及 GB/T 657-2011《化学试剂 四水合钼酸铵(钼酸铵)》确定技术指标和试验方法, 并对 10 批次钼酸铵产品进行实样验证。**结果** 钼酸铵产品标准拟设置的技术指标有色泽、状态、气味、钼酸铵含量、不溶性杂质、氯化物、硫酸盐、盐酸不溶物、镁及碱金属、硝酸盐、砷盐、磷酸盐与硅酸盐、磷酸盐、铅(Pb)、重金属(以 Pb 计)。10 批次产品均符合要求。**结论** 拟设置的技术指标和建立的试验方法具有可行性。

关键词: 钼酸铵; 标准; 营养强化剂; 七钼酸铵; 仲钼酸铵; 四水合钼酸铵

Establishment of product standard for food nutrition enhancer ammonium molybdate

YU Shu*, SUN Ying-Yi, QIN Xiao-Ming

(Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 200233, China)

ABSTRACT: Objective To determine the technical index of food nutrition enhancer ammonium molybdate product standard, and establish the detection method of each indicator. **Methods** According to the existing domestic and foreign standards and data of ammonium molybdate, the technical indexes and test methods were determined by USP34, USP42, Korea Food Reagent Book, GB/T 3460-2017 *Ammonium molybdate* and GB/T 657-2011 *Ammonium Tetrahydrate ammonium molybdate (ammonium molybdate)*, and 10 batches of ammonium molybdate products were tested. **Results** The technical indicators to be set in the product standard of ammonium molybdate included color, state, smell, content of ammonium molybdate, insoluble impurities, chloride, sulfate, insoluble substance of hydrochloric acid, magnesium and alkali metals, nitrate, arsenate, phosphate and silicate, phosphate, lead (Pb), heavy metals (Pb). All 10 batches of products could meet the requirements. **Conclusion** The proposed technical indicators and established test methods are feasible.

KEY WORDS: ammonium molybdate; standard; nutritional fortifier; ammonium heptamolybdate; ammonium paramolybdate; ammonium molybdate tetrahydrate

1 引 言

钼酸铵, 又称七钼酸铵、仲钼酸铵或四水合钼酸铵,

白色至浅绿色晶体, 略带有氨的气味。分子式为 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 相对分子质量为 1235.92(按 2019 年国际相对原子质量)。

*通讯作者: 俞淑, 工程师, 主要研究方向为食品安全与检测。E-mail: yushu@sqi.org.cn

*Corresponding author: YU Shu, Engineer, Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, No.381 Cangwu Road, Shanghai 200233, China. E-mail: yushu@sqi.org.cn

钼是动植物必需的微量元素之一。钼不仅对动植物的营养及代谢具有重大意义,在人体内也有重要的生理功能,已于 1953 年被公认为必需微量元素^[1]。近年认为,钼是大脑必需的 8 种微量元素(铁、铜、锌、锰、钴、钼、碘、硒)之一^[2],主要储存在肝、骨骼和肾脏等器官中,以肝中含量最高,肾其次,通过尿、粪便、毛发排出^[3]。一般成年人每天摄入钼 300 μg (约占人体含钼总量的 2.7%)。钼作为机体必需微量元素,具有高度特殊的生理功能,在细胞内发挥重要作用,在防癌、抗癌过程中发挥核心作用。钼还有许多其他作用,如防止贫血、预防龋齿和肾结石、降解汞等毒性物质对机体的毒性作用等。由此可见,钼与人体健康关系密切^[4]。钼酸铵是由阳离子铵与各类同多钼酸根阴离子组成的一种盐类,是最重要的钼酸盐,也是最重要的钼化合物之一^[5]。

GB 14880-2012《食品安全国家标准 食品营养强化剂使用标准》^[6]中允许用于特殊膳食用食品的营养强化剂及化合物来源钼作为营养强化剂,其中钼酸铵为钼的化合物 2 个来源之一。目前,已制定 GB/T 3460-2017《钼酸铵》^[7],但标准未涉及作为食品营养强化剂钼酸铵质量规格。GB/T 657-2011《化学试剂 四水合钼酸铵(钼酸铵)》^[8]规定了化学试剂中四水合钼酸铵的质量指标。因此,制定《食品安全国家标准 食品营养强化剂 钼酸铵》将有利于钼的强化和推动我国食品营养强化剂行业发展。

国际标准中,美国药典 USP34^[9]、美国药典 USP42^[10]、韩国食品典^[11]、ACS Reagent Chemicals Book^[12]有相关质量要求。

本研究根据现有的钼酸铵国内外标准和资料,美国药典 USP34^[9]、美国药典 USP42^[10]、韩国食品典^[11]、ACS Reagent Chemicals Book^[12]、GB/T 657-2011《化学试剂 四水合钼酸铵(钼酸铵)》^[8]、GB/T 4325.1-2013《钼化学分析方法 第 1 部分:铅量的测定石墨炉原子吸收光谱法》^[13]确定钼酸铵产品标准拟设置的技术指标,建立各指标的实验方法,同时进行 10 批次钼酸铵产品的实样验证。通过制定《食品安全国家标准 食品营养强化剂 钼酸铵》,为我国政府部门提供科学的执法和监管依据,同时有利于规范食品添加剂钼酸铵的生产,保护消费者的身体健康。

2 材料与方法

2.1 材料与仪器

钼酸铵由企业提供。

氢氧化铵、硝酸、氢氧化钠、硫酸、氯化钠、磷酸氢二钠、盐酸、氯化钡、钼酸铵、硝酸铁、硝酸银、异丁醇、乙醚、对氨基酚硫酸盐、硫化钠、丙三醇、酒石酸钾钠、4-(2-吡啶偶氮)-间苯二酚-钠盐指示液、偏重亚硫酸钠、靛兰胭脂红、铅标准溶液($1\mu\text{g}/\text{mL}$)、氩气(99.99%)(分析纯,国

药集团化学试剂有限公司); SiO_3 、钼基体、过氧化氢、铅标准溶液(0.01mg Pb)(优级纯,国药集团化学试剂有限公司)、氯化物标准溶液($0.1\text{mg}/\text{mL}$)、硫酸标准滴定溶液 [$c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4)$]、磷酸盐储备溶液($1\text{ mg PO}_4^{3-}/\text{mL}$)、硝酸铅标准滴定溶液(0.05mol/L)(上海市计量测试技术研究院)。

9420 电热恒温干燥箱、BF51828C-1 高温炉(德国 Binder 公司); PinAAcle 900Z 石墨炉原子吸收光谱仪(附铅空心阴极灯)(美国珀金埃尔默公司)。

2.2 检测方法

2.2.1 钼酸铵含量的测定

称取 0.3 g 试样,精确至 0.0001 g,溶于 50 mL 水中,加 4 g 六次甲基四胺,加热至 60 $^{\circ}\text{C}$,加 2 滴 4-(2-吡啶偶氮)-间苯二酚-钠盐指示液(1 g/L),用硝酸铅标准滴定溶液 [$c[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]=0.05\text{ mol/L}$] 滴定至溶液由橙色明显变为粉红色。

钼酸铵的质量分数 X_1 ,数值以%表示,按式(1)计算:

$$X_1 = \frac{c \times V \times M}{1000 \times m} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

c ——硝酸铅标准滴定溶液的浓度, mol/L ;

V ——硝酸铅标准滴定溶液体积, mL ;

M ——钼酸铵的摩尔质量, g/mol [$M=176.6\text{ g/mol}$];

m ——试样的质量, g ;

1000——体积换算系数。

2.2.2 氯化物(以 Cl^- 计)的测定

称取 1.0 g 试样,精确至 0.0001 g,用水定容至 25 mL,此液为试样溶液。

吸取氯化物标准溶液($0.1\text{ mg}/\text{mL}$) 0.2 mL,用水定容至 25 mL,此液为对照溶液。

分别加入 5.0 mL 硝酸及 1.0 mL 硝酸银溶液(17 g/L),摇匀,暗处放置 10 min。在黑色背景下,比较两者浊度,试样溶液浊度不应超过对照溶液浊度,即试样中氯化物不大于 0.002%。

2.2.3 硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)的测定

称取 0.25 g 试样,精确至 0.0001 g,置于 50 mL 具塞比色管中,加入 30~40 mL 水溶解,此液为试样溶液。必要时用盐酸中和至石蕊试纸显中性。

取另一根 50 mL 具塞比色管,吸取硫酸盐标准溶液 [$c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4): 0.001\text{ mol/L}$] 1.0 mL,加入 30~40 mL 水溶解,此液为对照溶液。必要时用盐酸中和至石蕊试纸显中性。

分别加入 3 mol/L 的盐酸溶液 1.0 mL,氯化钡试液 (120 g/L) 3.0 mL,加水稀释至 50 mL,混匀,放置 10 min。在黑色背景下,比较两者浊度,试样溶液浊度不应超过对照溶液浊度,即试样中硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)不大于 0.02%。

2.2.4 不溶性杂质的测定

称取 20 g 试样,精确至 0.0001 g,加 200 mL 水使其溶

解, 加热煮沸, 覆盖表面皿, 在沸水浴上加热 1 h。用预先于 105 °C±2 °C 干燥至质量恒定的玻璃砂芯坩埚(孔径 5~15 μm)趁热过滤, 并用热水反复洗涤后置于电热恒温干燥箱中, 于 105 °C±2 °C 干燥 2 h。

不溶性杂质的质量分数 X_2 , 按式(2)计算:

$$X_2 = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

m_1 ——不溶性杂质与玻璃砂芯坩埚的质量, g;

m_2 ——玻璃砂芯坩埚的质量, g;

m ——试样的质量, g。

2.2.5 镁及碱金属的测定

称取 5.0 g 试样, 精确至 0.0001 g, 加入 50 mL 水使其溶解, 过滤。在滤液中加入 0.5 g 碳酸钠和 25 mL 氢氧化钠溶液。加热使其微沸 5 min, 冷却后用无灰滤纸过滤, 并用 1 mol/L 氢氧化铵溶液分次洗涤杯中残渣和滤纸, 直至洗净为止。再将滤纸连同残渣移入预先灼烧至 800 °C±25 °C 恒重的坩埚内, 炭化后置于 800 °C±25 °C 灼烧至恒重。

2.2.6 硝酸盐的测定

称取 1 g 试样, 精确至 0.01 g, 加入氯化钠溶液(0.5 g/100 mL)10 mL, 混匀。加入 0.10 mL 靛兰胭脂红溶液, 5 min 内溶液所显蓝色应不消失。

2.2.7 砷盐、磷酸盐和硅酸盐的测定

称取 2.5 g 试样, 溶于水, 稀释至 25 mL。取 11 mL, 稀释至 70 mL, 加 0.5 mL 溴水, 用盐酸溶液 [$c(\text{HCl})=1 \text{ mol/L}$] 调节溶液的 pH 值至 1.8(用酸度计测定), 放置 20 min。加 7.5 mL 盐酸溶液(20%), 移入分液漏斗中, 立即用 40 mL 异丁醇-乙醚(1:1, $V:V$)萃取, 有机相用 30 mL 盐酸溶液 [$c(\text{HCl})=0.1 \text{ mol/L}$] 洗涤, 再重复洗 1 次, 弃去水相, 加 20 mL 新制备的还原溶液, 立即振摇。水相所呈蓝色不得深于标准比色溶液。

标准比色溶液的制备是取 1 mL 试样溶液及含 0.01 mg SiO_3 的硅酸盐标准溶液。加 10 mL 水, 与同体积试样溶液同时同样处理。

2.2.8 磷酸盐的测定

试样溶液: 称取试样 20 g, 精确至 0.01 g。加入氢氧化铵溶液(3 mol/L)溶解并稀释至 100 mL。

对照溶液: 量取磷酸盐工作溶液(0.1 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{mL}$) 1.0 mL, 加入氢氧化铵溶液(3 mol/L)溶解并稀释至 100 mL。

将上述溶液各加 3.5 mL 硝酸铁溶液, 放置 15 min。缓慢加热(但不要沸腾)使沉淀凝聚, 过滤, 并用氢氧化铵溶液(1.5 mol/L)洗涤滤渣数次, 充分洗净。再用 60 mL 温热的硝酸溶液(4 mol/L)溶解滤纸上的残留物, 收集该滤液至 250 mL 具塞烧瓶中。加入 13 mL 氢氧化铵, 水浴加热至 40 °C, 加入 50 mL 钼酸铵溶液(钼酸细粉配制), 剧烈振摇 5 min, 然后在 40 °C±5 °C 水浴中放置 2 h。

试样溶液中产生的黄色沉淀不超过对照溶液, 即为通过试验。

2.2.9 铅的测定

样品的制备: 称取 1.00 g 样品(精确至 0.0001 g), 置于 150 mL 烧杯中, 用水湿润, 加入 5 mL 过氧化氢, 低温加热完全溶解, 加 3 mL 硝酸, 煮沸 1~2 min, 取下, 用水冲洗杯壁, 移入 100 mL 容量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀, 同时做样品空白。

标准溶液的制备: 称取 5 份等量样品(精确至 0.0001 g), 分别置于 150 mL 烧杯中, 用水湿润, 加入 5 mL 过氧化氢, 低温加热完全溶解, 后煮沸 1~2 min, 冷却后, 移入 100 mL 容量瓶中, 分别加入 1.00、2.00、4.00、8.00、10.00 mL 铅标准溶液(1 μg/mL), 加 3 mL 硝酸, 用水稀释至刻度, 摇匀。

于石墨炉原子吸收光谱仪上, 在选定的仪器工作条件下, 对样品空白、样品和标准溶液依次进行测定, 仪器自动绘制标准加入法工作曲线, 线性系数应在 0.995 以上。

铅的质量分数 X_3 , 数值以%表示, 按式(3)计算:

$$X_3 = \frac{(\rho_1 - \rho_2) \times V \times 10^{-3}}{m} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

ρ_1 ——自工作曲线上查得的测定溶液中铅的浓度, (ng/mL);

ρ_2 ——自工作曲线上查得的空白溶液中铅的浓度, (ng/mL);

V ——试液总体积, mL;

m ——试样的质量, g;

2.2.10 重金属的测定

称取 2 g 试样, 溶于 20 mL 水中, 加 20 mL 氢氧化钠溶液(100 g/L), 取 30 mL, 加 10 mL 酒石酸钾钠溶液(200 g/L)及 0.1 mL 硫化钠-丙三醇溶液, 摇匀, 放置 10 min。溶液所呈暗色不得深于标准比色溶液。

标准比色溶液的制备是取剩余的 10 mL 试样溶液, 加 10 mL 氢氧化钠溶液(100 g/L)及含 0.01 mg Pb 的铅标准溶液。稀释至 30 mL, 与同体积试样溶液同时同样处理。

3 结果与分析

3.1 钼酸铵技术指标及检测方法

通过查阅美国药典 USP34^[9]、美国药典 USP42^[10]、韩国食品公典^[11]、ACS Reagent Chemicals Book^[12]、GB/T 657-2011 《化学试剂 四水合钼酸铵(钼酸铵)》^[8]、GB/T 4325.1-2013《钼化学分析方法 第 1 部分: 铅量的测定石墨炉原子吸收光谱法》^[13]等资料确定了钼酸铵产品标准拟设置的技术指标(表 1)和拟采用的检测方法(表 2)。对国内外钼酸铵相关法律法规中提及的检测方法的归纳总结, 在此基础上建立了 2.2 中的检测方法。

Table 1 Technical indicators of product standard of hex ammonium heptamolybdate tetrahydrate as a food nutrition fortifier to be set by analyzing relevant literature
表 1 食品营养强化剂钼酸铵产品标准拟设置的技术指标

	美国药典 USP34 ^[9]	美国药典 USP42 ^[10]	韩国食品公典 ^[11]	ACS Reagent Chemicals Book ^[12]	GB/T 657-2011 《化学试剂 四水合钼酸铵(钼酸铵)》 ^[8]	本标准拟设置指标
感官要求						
色泽	/	/	白色至浅绿色	无色或白色, 有时为浅绿色或黄色	无色或微带蓝绿色	白色至浅绿色
状态、气味	/	/	结晶, 略带有氨的气味	固体	结晶, 溶于水, 不溶于乙醇	结晶, 无目视可见的夹杂物, 无明显的潮解、结块现象 略带有氨的气味
含量[以(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O计]/%	99.3~101.8	99.3~101.8	99.3~101.8	81.0~83.0(以 MoO ₃ 计)	分析纯≥99.0 化学纯≥99.0	99.3~101.8
不溶性杂质/%	≤0.005	≤0.005	≤0.005	≤0.005	分析纯≤0.01 化学纯≤0.03 (水不溶物)	≤0.005
氯化物	≤0.002%	≤20 mg/kg	通过试验(≤20 mg/kg)	≤0.002%	分析纯≤0.001% 化学纯≤0.003%	通过试验(≤0.002%)
硝酸盐	通过试验	通过试验	通过试验	通过试验	/	通过试验
硫酸盐	≤0.02%	≤0.02%	通过试验(≤200ppm)	≤0.02%	分析纯≤0.02% 化学纯≤0.05%	通过试验(≤0.02%)
砷盐、磷酸盐与硅酸盐	通过试验(≤10 mg/kg)	通过试验(≤10 mg/kg)	/	≤0.001%	分析纯≤0.001% 化学纯≤0.003%	≤0.001%
镁及碱金属/%	通过试验(≤5 mg/kg)	通过试验(≤5 mg/kg)	通过试验(≤5 mg/kg)	≤5 mg/kg)	/	通过试验(≤0.005%)
铅	≤0.02	≤0.02	≤0.02	/	/	≤0.02
重金属(以 Pb 计)	≤10 μg/g	/	≤2.0 mg/kg	≤0.001%	分析纯≤0.001% 化学纯≤0.003%	≤2.0 mg/kg ≤10 mg/kg

表 2 食品营养强化剂钼酸铵产品标准拟建立的检测方法
 Table 2 Detection method of product standard of hex ammonium heptamolybdate tetra hydrate as a food nutrition fortifier to be established by analyzing relevant literature

感官	美国药典 USP34 ^[9]	美国药典 USP42 ^[10]	韩国食品公典 ^[11]	GB/T 657-2011 《化学试剂 四水合钼酸铵(钼酸铵)》 ^[8]	本标准拟采用方法
感官	/	/	/	/	取适量试样置于清洁、干燥的白瓷盘中, 在自然光线下, 观察其色泽和状态, 并嗅其气味
鉴别	磷酸根与钼酸铵反应	磷酸根与钼酸铵反应	磷酸根与钼酸铵反应	磷酸根与钼酸铵反应	磷酸根与钼酸铵反应
含量	滴定法	滴定法	滴定法	滴定法	滴定法
不溶性杂质	重量法	重量法	重量法	重量法	重量法
氯化物	比浊法	比浊法	比浊法	比浊法	比浊法
硝酸盐	重量法	/	/	/	重量法
硫酸盐	比浊法	比浊法	比浊法	比浊法	比浊法
砷盐、磷酸盐与硅酸盐	目视比色法	目视比色法	目视比色法	目视比色法	目视比色法
磷酸盐	目视比色法	目视比色法	目视比色法	/	电感耦合等离子体原子发射光谱法
镁及碱金属	重量法	重量法	重量法	/	重量法
重金属(以 Pb 计)	目视比色法	/	/	方法一: 饱和硫化氢水溶液比色法 方法二: 硫化钠-丙三醇比色法	硫化钠-丙三醇比色法
铅	/	/	用“偏磷酸钠”铅含量检测方法	/	石墨炉原子吸收光谱法

表 3 实样检测结果
 Table 3 Results of sample determination

样品编号	感官	鉴别	钼酸铵含量[(以 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 计)]/%	不溶性杂质/%	氯化物	硫酸盐	镁及碱金属/%	硝酸盐	砷盐、磷酸盐与硅酸盐/%	磷酸盐	铅(Pb)/重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)
YP1	符合要求	通过试验	99.3	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP2	符合要求	通过试验	99.7	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP3	符合要求	通过试验	99.8	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP4	符合要求	通过试验	101.5	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP5	符合要求	通过试验	100.1	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP6	符合要求	通过试验	100.0	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP7	符合要求	通过试验	99.3	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP8	符合要求	通过试验	100.5	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP9	符合要求	通过试验	100.4	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0
YP10	符合要求	通过试验	100.4	< 0.005	通过试验	通过试验	< 0.02	通过试验	≤ 0.001	通过试验	< 2.0

3.2 实际样品测定

从生产企业渠道购得钼酸铵 10 批次,按照上述方法进行检测,并将检测数据进行归纳,见表 3。从表 3 可以看出上述 10 批次钼酸铵产品的含量 99.3%~101.5%,氯化物通过试验(<0.002%),硫酸盐通过试验(<0.02%),不溶性杂质<0.005%,镁及碱金属<0.02%,硝酸盐通过试验,砷盐、磷酸盐和硅酸盐<0.001%,磷酸盐通过试验,铅<2.0 mg/kg,重金属(以 Pb 计)<10 mg/kg。可见上述 10 个产品均能符合拟设置的技术指标。

4 总结与展望

GB 14880-2012《食品安全国家标准 食品营养强化剂使用标准》^[6]中规定特殊膳食用食品中营养素及其他营养成分的含量按相应的食品安全国家标准执行,允许使用的营养强化剂及化合物来源应符合本标准附录 C 和(或)相应产品标准的要求。钼酸铵为钼营养强化剂的化合物来源之一,却没有相关标准,仅有化学试剂级别的国家推荐标准。本研究对钼酸铵的国内外应用情况,相关法规涉及的技术指标和检测方法进行了归纳和总结,确定了食品营养强化剂钼酸铵产品标准拟设置的技术指标,并建立了相应试验方法,同时进行了 10 批次的实样验证,所有批次产品均符合拟设置的技术指标,说明钼酸铵产品标准拟设置的技术指标和建立的试验方法具有可行性,为食品营养强化剂钼酸铵产品标准的诞生奠定了基础,同时填补了我国食品级钼酸铵相关标准的空白。

参考文献

- [1] 孔祥瑞,孔令春. MO—人体必需微量元素[J]. 金属世界, 2000, (1): 25
Kong XR, Kong LC. MO—Essential trace elements for human body [J]. Metal World. 2000, (1): 25.
- [2] 王佳伟,王训,程楠. 微量元素钼的代谢与人体健康[J]. 中华临床营养杂志, 2013, 21(4): 241–245.
Wang JW, Wang X, Cheng N. Metabolism of molybdenum and its role in human health [J]. Chin J Clin Nutr, 2013, 21(4): 241–245.
- [3] 吴茂江. 钼与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(5): 66–67.

Wu MJ. Molybdenum and human health [J]. Studies Elem Health, 2006, 23(5): 66–67.

- [4] 武洲,孙院军. 神奇的金属—钼[J]. 中国铝业, 2010, 34(5): 1–6.
- Wu Z, Sun LJ. Magic metal—Molybdenum [J]. Al Corpor China, 2010, 34(5): 1–6.
- [5] 张文征. 钼酸铵研发进展[J]. 中国铝业, 2005, 29(2): 29–32.
Zhang WK. Progress of research and development for ammonium molybdate [J]. China Mo Ind, 2005, 29(2): 29–32
- [6] GB 14880–2012 食品安全国家标准 食品营养强化剂使用标准[S].
GB 14880–2012 National food safety standard—Standard for the use of nutritional fortification substances [S].
- [7] GB/T 3460–2017 钼酸铵[S].
GB/T 3460–2017 Ammonium molybdate [S].
- [8] GB/T 657–2011 化学试剂 四水合钼酸铵(钼酸铵)[S].
GB/T 657–2011 Chemical reagent—Hexaammonium heptamolybdate tetrahydrate [S].
- [9] 美国药典 USP34[S].
United States pharmacopoeia 34 [S].
- [10] 美国药典 USP42[S].
United States pharmacopoeia 42 [S].
- [11] 韩国食品公典[S].
Korean food code [S].
- [12] 美国化学试剂[B].
ACS Reagent Chemicals Book [B].
- [13] GB/T 4325. 1–2013 钼化学分析方法 第 1 部分: 铅量的测定石墨炉原子吸收光谱法[S].
GB/T 4325. 1–2013 Methods for chemical analysis of molybdenum—Part 1: Determination of lead content—Graphite furnace atomic absorption spectrometry [S].

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



俞 淑, 工程师, 主要研究方向为食品安全与检测。

E-mail: yushu@sqi.org.cn