

光度分析法测定痕量硒的研究与应用

李燕, 杨焱明, 刘树元, 徐媛媛, 王晋, 张丽娜, 魏琴

(济南大学 化学化工学院, 山东 济南 250022)

摘要: 就目前研究较多的测定痕量硒的光度分析法进行了综述, 着重介绍了分光光度法、荧光光度法、散射光谱法、原子吸收光谱法、电感耦合等离子体发射光谱等方法。

关键词: 硒; 分光光度法; 荧光光度法; 散射法; 原子吸收光度法; 电感耦合等离子体发射光谱法

中图分类号: O657

文献标识码: A

文章编号: 1006-3757(2007)04-0236-06

硒是人和动物必需的微量元素之一, 若硒摄入不足, 会导致多种疾病, 例如在世界范围内分布较广的克山病、大骨节病、癌症、心血管疾病、高血压、白内障、免疫缺失、关节炎与环境缺硒等有密切的关系。同时硒也具有毒性, 硒摄入量过多, 对体会造成危害, 会引起硒中毒。因此, 硒的定量测定成为科学工作者关注的重点和热点。硒的分析方法近年来也有了较大的发展。目前, 测定硒的分析方法很多, 包括光度法、极谱法、色谱法等。其中, 光度分析因操作简便、灵敏快速等诸多优点, 在生产和生活中各个领域的检测中一直广为应用。本文就目前应用较多的光度分析法测定硒的研究进展作一总结和评述。

1 分光光度法测定硒

分光光度法是基于郎伯比尔定律, 即被测物质的浓度与吸光度呈线性关系来进行定量分析的方法。分光光度法具有操作简便、灵敏度高以及仪器费用低等优点。

1.1 常规分光光度法

分光光度法通常利用硒(IV)在酸性介质中与某些试剂的直接或间接作用, 引起吸收光谱变化, 进而达到测定硒的目的。在盐酸介质中, 硒(IV)可氧化成 SeO_3^{2-} , 进而与结晶紫形成离子缔合物。基于此, 杨昕^[1]测定了新鲜海藻中硒的含量, 阿拉伯树胶的加入提高了体系的灵敏度, 其在 620 nm 处的摩尔吸光系数 ϵ 达到 $4.26 \times 10^4 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$ 。陈俐娟

等^[2]对硒-碘化钾-结晶紫-聚乙烯醇显色体系进行了研究, 发现该体系的最大吸收波长在 560 nm, $\epsilon = 2.31 \times 10^5 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$, 并利用巯基棉消除了干扰离子的影响, 提高了体系的选择性。张义民等^[3]将 N_2 浮选应用于测定硒的过程中, 提高了体系的选择性。罗丹明 B 也是一种常用的测定硒的染料^[4, 5]。陈文宾等^[6]建立了一种在碱性条件下利用邻羟基苯基重偶氮氨基偶氮苯测定痕量硒的方法, 并将该方法成功地应用于矿泉水及玉带河水中硒的测定。Suvardhan 等^[7]研究发现 *p*-硝基苯胺被硒(IV)氧化后的产物与 NEDA 结合后生成一红色物质, 该物质的吸收峰位于 560 nm, 基于此建立了一种测定中硒含量的方法。该方法在 35 °C 下可稳定 15 d, 其线性范围为 1.0 ~ 21 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 已被成功地应用于各种蔬菜硒的测定。

1.2 催化动力学分光光度法

动力学分光光度法是以测定反应速度为基础的。根据反应过程中是否使用催化剂, 可分为非催化和催化分光光度法。催化分光光度法灵敏高, 选择性好, 对于快速反应、慢速反应及副反应、高浓度和低浓度均可进行测定。其缺点是影响因素多, 且不易严格控制, 因而测定误差较大。目前采用催化动力学分光光度法测定硒是光度分析中一个热门的研究方向。按照氧化剂、还原剂的不同可以分为: ①以溴酸钾为氧化剂^[8~15]; ②以氯酸钾为氧化剂^[16~18]; ③以双氧水为氧化剂^[19, 20]; ④以硫化钠作

收稿日期: 2007-08-06; 修订日期: 2007-08-22。

基金项目: 国家自然科学基金(No. 20577016)和山东省强化重点学科基金(XTD0705)资助项目。

作者简介: 李燕(1979-), 女, 助教, 主要从事应用化学方面的研究工作。

还原剂^[21~23]; ⑤其他^[24~26]. 将近年来使用不同氧化剂的催化动力学反应体系列于表1.

1.3 萃取光度分析

萃取光度法是将萃取分离与光度分析两者结合在一起进行的. 测定前, 用萃取方法将被分析组分富

集, 然后测定. 由于许多萃取剂同时也是显色剂, 萃取剂与被萃取离子间的配合或缔合反应, 也就是一种显色反应, 因而可在有机相中直接光度测定. 这种分离富集方法, 不但可以提高待测组分的浓度, 而且可以减小基体成份的干扰.

表1 测定痕量硒的催化动力学方法

Table 1 The determination of selenium by catalytic kinetics spectrophotometry

分类	氧化剂	还原剂	酸度	波长 /nm	线性范围 /($\mu\text{g/L}$)	灵敏度 /($\mu\text{g/L}$)	样品	文献
①	溴酸钾	罗丹明 B	HNO ₃	552	0 ~ 9.6	0.905	中草药	[8]
	溴酸钾	甲基紫	pH= 3	590	0.14 ~ 8	-	扇贝	[9]
	溴酸钾	偶氮氯磷 mA	3 mol/L H ₂ SO ₄	540	30 ~ 100	-	自来水	[10]
	溴酸钾	靛蓝胭脂红	0.24 mol/L H ₂ SO ₄	608	0 ~ 10 ³	20.0	茶叶	[11]
	溴酸钾	亚甲基蓝	HNO ₃	662	0 ~ 8	0.4	红枣	[12]
	溴酸钾	甲基橙	0.025 mol/L HNO ₃	510	0.8 ~ 8.4	0.687	中草药	[14]
	溴酸钾	2', 4'-二氯苯基荧光酮	HNO ₃	470	0 ~ 60.0	4.21 × 10 ⁻²	茶叶等	[15]
②	氯酸钾	2(5-硝基-2-吡啶偶氮)-5-二乙氨基苯酚	0.2 mol/L HCl	430	0 ~ 2.0	0.0183	人发	[16]
③	H ₂ O ₂	铬天青 S	pH= 3.5 BR	600	0 ~ 20.0	0.25	大米、茶叶等	[20]
④	培花青	Na ₂ S	pH 7.0	620	50~ 1000	10.0	硒酵母等	[21]
	天青 I	Na ₂ S	pH= 7.0	620	100 ~ 2000	15.0	大蒜、硒酵母	[22]
⑤	亚甲基蓝	硫离子	pH= 9.56	612	0 ~ 0.18	22	魔芋飞粉	[23]
	高碘酸钾	酸性铬蓝 K	pH= 2.1	650	0.0 ~ 4.0	3.65 × 10 ⁶	头发等	[24]

* : 表观摩尔吸光系数, 单位: L/(mol · cm).

通过萃取分离富集的分光光度法可以使灵敏度大大提高, 因而在痕量分析中广泛使用. 3, 3'-二氨基联苯胺是一种在可见光区无吸收的碱, 在酸性条件下与 Se(IV) 反应生成黄色的茎吡硒脑, 可用苯、甲苯等有机溶剂萃取, 进而达到测定硒的目的^[27~32]. 硒(IV) 与硫氰酸钾和甲基紫的显色反应^[33]形成缔合物可溶于苯中, 其最大吸收峰位于 600 nm 处, 该方法可用于合成水样及环境水样中硒的测定.

分光光度法测定硒的方法中, 主要采用催化光度法、萃取光度法等, 其目的是为了解决硒在自然界中含量很低, 采用常规的光度法难以直接检测的问题. 因此在选用合适的显色剂、在线富集、自动检测等方面应该还有很大的发展空间.

2 荧光法

近年来, 荧光光度法在测定痕量硒方面的研究受到了越来越多的重视, 其测定方法按照发光原理的不同大致可以分为分子荧光法和原子荧光法.

2.1 分子荧光光度法

当紫外光照射到某些物质的时候, 这些物质会发射出各种颜色和不同强度的可见光, 而当紫外光停止照射时, 这种光线也随之很快地消失, 这种光线称为荧光. 自 1867 年 Goppelösorder 进行了历史上首次荧光分析以来, 各种物质的荧光分析层出不穷^[34].

2, 3-二氨基萘或其衍生物是一种重要的测定硒的探针^[35~37]. 在酸性条件下, 2, 3-二氨基萘与 Se(IV) 生成荧光物质 4, 5-苯并茎吡硒脑, 再用环己烷萃取, 在激发波长 378 nm, 发射波长 518 nm 下测定其荧光强度, 生成物的荧光强度与 Se(IV) 的浓度在一定范围内成正比, 基于此可实现硒的测定. 4-甲基邻苯二胺是另外一种用于测定痕量硒的芳胺类试剂, 它可以与硒(IV) 形成的配合物可溶于甲苯溶剂, 该配合物的激发波长为 442 nm, 发射波长在 493 nm^[38]. 该方法以成功地应用于银杏叶中硒的测定.

在水溶液中也实现硒的测定. 马建强等人^[39]建立了 1, 10-邻菲罗啉荧光光度法测定硒的方

法,解决了 2, 3-二氨基萘或 4-甲基-邻苯二胺测定硒费用高的缺点.其他可以在水溶液中测定硒的染料有吡啶红^[40]、吡啶橙^[41]、6-甲基-2-(α -羟乙基)-1H-苯并咪唑^[42]、藏红 T^[43]等.

2.2 原子荧光光度法

在众多光谱分析方法中,原子荧光光谱法以灵敏度高、线性范围宽、检出限低、干扰少、仪器价格相对便宜,较其他光谱类仪器分析方法在我国的应用领域有很大的优势.

近年来,氢化物发生-原子荧光法(HG-AFS)得到了广泛应用.与分子荧光法测定硒相比较,该法具有简便、快速、干扰少等优点,避免了环己烷、甲苯萃取等繁琐环节,同时也减少 DAN 等有机试剂对环境造成污染.氢化物发生-原子荧光法检出限比较低,已被用于环境水样^[44]、矿石^[45]、食品^[46, 47]等试样中硒的测定.张铨等^[48]采用微波消解方法分解样品,以原子荧光法测定食品中硒,并对影响灵敏度的分析条件进行了优化.方法检出限为 0.01 $\mu\text{g/L}$,进一步提高 HG-AFS 法测定硒的灵敏度.

3 散射光谱法

共振瑞利散射(Resonance Rayleigh Scattering, RRS)是近几年发展起来的新的灵敏的分析技术.曾亮^[49]研究发现在 HCl 溶液中,以抗坏血酸还原 Se(IV)为单质硒分子,用 RF-540 荧光扫描仪测定其散射强度.在 0.01 ~ 1.0 $\mu\text{g/L}$ 范围内,于 430 nm 处的散射强度与浓度呈良好的线性关系,基于此建立了一种测定硒的方法,并成功地应用于食盐中痕量硒的测定.白燕等^[50]研究了在稀 HCl 中硒(IV)与抗坏血酸反应生成单质硒 Se(0),并且在液相中以纳米粒子的形式存在.利用该纳米粒子在 470 nm 处的共振瑞利散射峰可对硒进行测定.在 0.028 ~ 5.640 $\mu\text{g/mL}$ 范围内,共振瑞利散射强度与硒(IV)的质量浓度成线性关系,检出限为 0.007 89 $\mu\text{g/mL}$,应用此方法测定了茶叶、螺旋藻、黄芪样品中总硒量.刘绍璞等^[51]研究发现在 0.16 ~ 0.32 mol/L 的盐酸溶液中,硒(IV)氧化 I^- 形成 I_3^- 配阴离子可使得维多利亚蓝 4R 的共振瑞利散射、二级散射和倍频散射大大增强,基于此建立了 3 种测定硒的散射方法.

4 原子吸收光谱法

原子吸收光谱法是基于物质所产生的原子蒸

气,对特征谱线的共振吸收作用来进行定量分析的一种方法.原子吸收光谱法测定硒常采用的方法是石墨炉原子吸收光谱法和氢化物原子吸收光谱法.

4.1 石墨炉原子吸收光谱法

该方法具有较高的灵敏度,但由于硒是极易挥发性的一种元素,用石墨炉原子吸收光谱法测定时,在灰化阶段有严重的挥发损失,因此测定结果的准确度一般比较差.董银根等^[52]使用 0.1% $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 作为基体改进剂,可使样品灰化温度提高到 1 000 $^\circ\text{C}$,实际使用灰化温度为 600 $^\circ\text{C}$,有效地避免了硒的流失.经氙灯校正背景,直接测定奶牛血清中的硒含量方法简便省时,回收率在 104.0% ~ 93.3% 之间,相对标准偏差为 4.9%.目前,基体改进剂除了镍外,还有钨^[53]等.铁梅等^[54]采用石英高压消化罐消化样品避免了硒的流失,检出限为 15.8 $\mu\text{g/L}$,适于食用菌中痕量硒的分析测定.

4.2 氢化物发生原子吸收光谱法

氢化物石墨炉原子吸收光谱法是近年来发展起来的一项技术.它使测定元素转化成气态氢化物与基体分离,受干扰较小、灵敏度高、重现性好.李晖等^[55]采用微波消解-流动注射硼氢化钠还原原子吸收法测定骨头中的痕量硒,结果令人满意.该方法测定硒的检测限为 1.78 ng/mL ,相对标准偏差为 3.6%,加标回收率为 95.53% ~ 102.2%.

5 电感耦合等离子体发射光谱法

电感耦合等离子体发射光谱法是利用激发光源发出的光,经分光系统色散后成为单色光,再由检测系统测量光的波长和强度,从而完成试样成分的定性和定量分析.电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)是近年发展起来的一种常用的测定环境中硒含量的方法,其特点是量少、准确、迅速灵敏、精密度好、检出能力强、线性范围宽、光谱背景、基体效应和化学干扰小,但由于发射光谱的局限性,该法需昂贵的高分辨仪器.电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)也是新发展起来的测定环境中硒的有效方法.Arslan 等^[56]把样品在微波炉中加硝酸和氢氟酸消煮后,用该法测定富硒地区海生浮游生物中的微量元素.范哲锋等^[57]建立了微波消解连续氢化物发生 ICP-AES 法测定川山紫中痕量硒的方法,方法简便快速,检出限为 0.003 8 $\mu\text{g/mL}$,RSD 为 1.13%,样品加标回收率为 99.24%.孟君等^[58]建立了微波消解-氢化物发生-电感耦合等离子体原子发射光谱联

用技术测定郁金香中微量元素砷、硒的方法.

6 结束语

通过以上对光度分析法在测定痕量硒方面应用的综述,不难发现光度分析法在金属硒的测定中应用相当广泛. 催化剂的引入以及萃取分离富集技术的联用,大大提高了反应的灵敏度,扩大了反应条件的允许范围. 同时可以看出,硒的测定样品也已发展为复杂的药物、食品和生物样品,对分析技术提出了更高的要求. 随着科学技术的发展,新的测试及分离手段将不断地被应用于分析测定,从而使硒的测定朝着更灵敏、更精确、更简便、更快速的方向发展.

参考文献:

- [1] 杨昕. 硒(IV)-碘化钾-结晶紫吸光光度法测定海藻中痕量硒[J]. 理化检验 化学分册, 2006, 42(10): 857-858.
- [2] 陈俐娟, 李晖. 碘化钾-结晶紫-聚乙烯醇吸光光度法测定海豚肝脏中微量硒[J]. 理化检验 化学分册, 2000, 36(5): 195-197.
- [3] 张义民, 闫永胜, 陆晓华. N_2 -苯浮选光度法测定天然水中痕量硒的研究[J]. 冶金分析, 2002, 22(3): 13-15.
- [4] 张力, 达古拉, 张淑艳. 分光光度法测定克什克腾旗热泉水中的硒[J]. 光谱实验室, 2004, 21(4): 691-692.
- [5] 张力, 达古拉, 德格吉日乎. 蒙药新 II 中微量硒的测定[J]. 光谱实验室, 2004, 21(5): 929-930.
- [6] 陈文宾, 马卫兴, 李艳辉, 等. 邻羟基苯基重氮氨基偶氮苯分光光度法测定痕量硒[J]. 冶金分析, 2007, 27(2): 57-59.
- [7] Suvadhan K, Suresh K K, Rekha K D, *et al.* Selenium determination in various vegetable samples by spectrophotometry[J]. Food Chemistry, 2007, 103(3): 1044-1048.
- [8] 丁良, 单金缓, 王秀梅, 等. 催化动力学光度法测定抗癌中草药中痕量硒 I. 溴酸钾-罗丹明 B 体系[J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 24(11): 1419-1421.
- [9] 许卉, 贺萍. 海洋生物中硒的催化动力学光度测定与形态分布研究[J]. 海洋科学, 2004, 28(2): 36-39.
- [10] 袁兆岭. 催化动力学光度法测定自来水中的痕量硒(IV)[J]. 临沂师范学院学报, 2003, 25(6): 55-57.
- [11] 白林山, 胡晓翠. 靛蓝胭脂红-溴酸钾催化光度法测定茶叶中微量硒[J]. 现代科学仪器, 2001, 5: 56-57.
- [12] 高翠英, 郭惠霞, 郭军丽. 催化动力学光度法测定红枣中的硒[J]. 吕梁高等专科学校学报, 2001, 1: 41-42.
- [13] ZHOU Zhi rong, ZHOU Li min, XU Werr yuan, *et al.* Kinetic spectrophotometric determination of trace selenium (IV) in foodstuff based on its catalytic effect on the oxidation of dimethyl yellow with potassium bromate[J]. Food Science, 2006, 27(1): 181-186.
- [14] 单金缓, 王秀梅, 丁良. 催化动力学光度法测定抗癌中草药中痕量硒[J]. 理化检验 化学分册, 2004, 40(10): 605-607.
- [15] 寿崇琦, 李慧芝, 张志良, 等. 超支化聚合物分离富集催化光度法测定痕量硒[J]. 理化检验 化学分册, 2005, 41: 14-16.
- [16] 仇佩虹, 林丽, 杨小凤. 痕量硒的催化褪色法测定[J]. 分析化学, 2002, 30(8): 935-937.
- [17] 仇佩虹, 林丽, 叶晓霞, 等. 催化动力学法测定人发中痕量硒[J]. 化学研究与应用, 2001, 13(3): 343-344.
- [18] 刘长久, 羊细群, 刘继声. 阻抑氧化甲基橙动力学光度法测定硒(IV)[J]. 分析化学, 2001, 29(9): 1030-1032.
- [19] 王秀梅, 单金缓, 周海洋. 催化动力学光度法测定富硒茶叶中痕量硒[J]. 分析科学学报, 2003, 19(5): 480-481.
- [20] 李成平, 施青红, 刘文涵. 催化动力学光度法测定痕量硒[J]. 光谱实验室, 2006, 23(1): 104-107.
- [21] 樊静, 叶存玲, 冯素玲, 等. 在非离子表面活性剂存在下流动注射催化光度法测定硒(IV)[J]. 分析化学, 2001, 29(9): 1062-1064.
- [22] 樊静, 吕辉雄, 叶存玲, 等. 硒形态流动注射催化光度法分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2005, 25(2): 263-265.
- [23] 陈百玲, 颜克美, 廖全斌, 等. 催化动力学光度法测定微量硒的研究[J]. 广东微量元素科学, 2006, 13(11): 48-50.
- [24] 单伟光, 陈正晓. 催化光度法测定痕量硒的研究[J]. 化学工程师, 2001, 83(2): 38-39.
- [25] 汪敏, 丁杨栋, 李东辉. 催化分光光度法测定粮食中的硒含量[J]. 粮食与饲料工业, 2003, 11: 46-47.
- [26] Gong Zheng jun, Zhang Xir shen, Chen Guo he, *et al.* Flow injection kinetic spectrophotometric determination of trace amounts of Se(IV) in seawater[J]. Talanta, 2005, 66(4): 1012-1017.
- [27] 王雪莹, 薄凤英. 硒试剂光度法测定钢铁及加硒碘盐中的微量硒[J]. 化学分析计量, 2001, 10(1): 18-20.
- [28] 熊彪, 周大寨, 邓礼君. 3,3'-二氨基联苯胺比色法

- 测定薇菜中的微量硒[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(1): 84-86.
- [29] 中华人民共和国卫生部. 生活饮用水卫生规范[S]. 2001, 157-164.
- [30] 茅宝华, 洪燕, 汪伟伟, 等. 二氨基联苯分光光度法测定水中硒的改进[J]. 现代预防医学, 2004, 31(6): 881-882.
- [31] 吴凤山, 吴涤. 光度法测定黑木耳中微量硒[J]. 光谱实验室, 2004, 21(4): 719-721.
- [32] 杨文琴, 王晶, 耿立威. 紫外光谱法测定土壤中微量 Se(IV)[J]. 理化检验 化学分册, 2002, 38(1): 42-43.
- [33] 张薇. 硒(IV)-硫酸钾 甲基紫萃取光度法测定痕量硒[J]. 化学分析计量, 2001, 10(6): 8-9.
- [34] 厉朝龙, 陈枢青, 刘子贻. 生物化学与分子生物学实验技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1999.
- [35] 黄高凌, 王秋铭, 邱恩. 荧光法测定食用菌中痕量硒的研究[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2006, 11(4): 310-314.
- [36] 张寒俊, 刘大川. 分子荧光法测定富硒油菜籽中的硒含量[J]. 中国油脂, 2006, 31(3): 31-33.
- [37] 张寒俊. 改进荧光法测定食品中微量硒的研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(2): 110-113.
- [38] 郭华, 侯冬岩, 回瑞华, 等. 4-甲基-邻苯二胺荧光光度法测定痕量硒[J]. 光谱实验室, 2006, 23(1): 88-90.
- [39] 马建强, 谢跃生, 肖邦莲, 等. 1,10-邻菲罗啉荧光光度法测定微量元素硒[J]. 广东微量元素科学, 2003, 10(2): 63-66.
- [40] 高甲友. 吡啶红荧光猝灭法测定痕量硒[J]. 理化检验 化学分册, 2003, 39(8): 443-447, 477.
- [41] 成永强, 鲍所言, 石生勋. 荧光猝灭法测定痕量硒(IV)[J]. 理化检验 化学分册, 2005, 41(4): 259-260, 263.
- [42] 蔡瑜娜, 黄凌, 贾文平. 苯并咪唑衍生物荧光猝灭法测定硒盐中的微量硒[J]. 浙江化工, 2006, 37(12): 26-28.
- [43] 成永强, 鲍所言, 崔雪红, 等. 催化荧光法测定痕量硒[J]. 分析实验室, 2004, 23(5): 65-67.
- [44] 罗国兵, 邱会东, 戚文炜, 等. 氢化物发生-原子荧光法同时测定污水中的砷和硒[J]. 化工环保, 2005, 25(3): 247-250.
- [45] 李遵义, 李飞, 李逸, 等. 原子荧光光谱法测定铜精矿中的硒[J]. 有色矿冶, 2006, 22(4): 66-67, 70.
- [46] 哈婧, 孙汉文, 康维钧, 等. 氢化物发生-原子荧光法测定大蒜中的硒[J]. 食品科学, 2007, 28(2): 247-249.
- [47] 徐文军. 顺序注射氢化物发生-原子荧光光谱法测定富硒平菇中的硒[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(1): 129-132.
- [48] 张铨, 韩国才. 微波消解-流动注射-碱性模式氢化物发生原子荧光法测定食品中的微量硒[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(8): 112-114.
- [49] 曾亮. 散射光度法测定食盐中的痕量硒[J]. 甘肃环境研究与监测, 1999, 12(2): 80-82.
- [50] 白燕, 李维嘉, 吴雅琴, 等. 共振瑞利散射法测定微量硒[J]. 分析实验室, 2005, 24(8): 8-11.
- [51] 刘绍璞, 刘忠芳, 罗红群. 硒(IV)-碘化物-维多利亚蓝 4R 体系共振瑞利散射、二级散射和倍频散射法测定痕量硒(IV)[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2000, 25(4): 408-412.
- [52] 董银根, 沈惠君. 石墨炉原子吸收光谱法测定奶牛血清中硒[J]. 光谱学与光谱分析, 2002, 22(4): 691-692.
- [53] 李志民. 石墨炉原子吸收法测定水样中的 Pb、Cr、Co、Ni[J]. 运城学院学报, 2006, 24(5): 25-26.
- [54] 铁梅, 张崴, 景逵, 等. 石墨炉原子吸收法测定食用菌中硒[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(1): 151-153.
- [55] 李晖, 胡晓荣, 程光磊. 微波消解原子吸收法测定骨头中的汞和硒[J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 24(10): 1264-1266.
- [56] Arslan Z, Ertas N, Tyson J F, *et al.* Determination of trace elements in marine plankton by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) [J]. *Fresenius J Anal Chem*, 2000, (366): 273-282.
- [57] 范哲锋, 冀向利, 解惠敏. 微波消解氢化物发生 ICP-AES 法测定川山紫中痕量硒[J]. 理化检验 化学分册, 2001, 37(11): 493-494.
- [58] 孟君, 林雪银, 冯金荣, 等. 微波消解 HG-ICP-AES 法测定郁金中砷硒[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2005, 23(4): 73-76.

Studies on the Determination of Selenium by Photometric Analysis Method

LI Yan, YANG Yarr ming, LIU Shu-yuan, XU Yuarr yuan, WANG Jin, ZHANG Li-na, WEI Qin
(School of Chemistry & Chemical Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China)

Abstract: The spectrum method used for the determination of selenium has been described, such as spectrophotometry, fluorescence spectrophotometry, resonance rayleigh scattering, atomic absorption spectrophotometry, and ICP-AES.

Key words: selenium; spectrophotometry; fluorescence spectrophotometry; resonance rayleigh scattering; atomic absorption spectrophotometry; ICP-AES

Classifying number: O657

仪器信息网"学术会议"栏目全新改版

应广大用户要求,仪器信息网近日对"学术会议"栏目进行了全面改版.此次改版将栏目的各个功能实现了模块化,设置了如:投稿中心、征集赞助、注册登陆、会议动态、特殊定制等几个功能模块,用户可以根据会议的特点来选择使用,以便更好地利用本网拥有的各项资源.新增的"会议动态"发布功能可以满足会议主办方随时随地发布会议进展最新消息的需求,并且其中高质量的新闻更有机会被本网"业界要闻"栏目收录,并在仪器信息网首页显示.此外,我们还专门针对无网站的学术会议设置了"特殊定制"模块,本网的设计人员会按照您的需求,提供个性化服务,为您的学术会议打造一片独特的平台,更多详情请与我们联系.

如果您主办分析测试行业相关的学术会议或学术研讨会,请与我们联系,我们免费给您提供一个网上网下宣传平台;如果您想参加会议,可以直接在网上完成投稿、注册;如果您想赞助大会,请在网上直接登记!

联系电话: 010- 51654077- 8017 联系人: 杨旭

电子邮箱: project@instrument.com.cn

网址: <http://conference.instrument.com.cn>

(仪器信息网 www.instrument.com.cn 供稿)

2007- 9- 29