

论著

食品中铝的分析方法改进及在风险监测中的应用

梁春穗,胡曙光,王晶,李海

(广东省疾病预防控制中心,广东 广州 510300)

摘要:目的 对测定食品中铝的国标分析方法进行改进、整合,为研制新的食品安全标准方法提供依据。开展广东各地面制食品中铝含量调查,为评估我省居民膳食暴露量及规范含铝添加剂使用提供依据。方法 对 GB/T 5009.182—2003 中的消解和显色体系进行改进,用于监测添加含铝膨松剂的面制食品,同时采用 GB/T 23374—2009 和石墨炉原子吸收法测定各类食品中铝的本底值。结果 2006—2010 年在全省城乡各地的超级市场、副食品商店、个体零售店采集各种面制食品 2 369 份。检测结果表明油条、油饼等油炸食品,馒头、包子等蒸制食品以及面包等烘烤食品中铝含量中位值分别为 321.0、201.0 和 26.2 mg/kg,对照 GB 2760—2011,以上 3 种面制食品中铝含量合格率分别为 18.5%、31.6% 和 95.2%。结论 建议将 GB/T 5009.182—2003 和 GB/T 23374—2009 合并,增加石墨炉原子吸收法,研制新的《食品中铝的测定》食品安全国家标准。连续 5 年的监测表明,广东省油炸和蒸制面制食品中铝超标问题较为普遍,FAO/WHO 2006 年提出铝的每周耐受摄入量 (PTWI) 为 1 mg/kg BW,按此评估,广东省居民食用面制食品摄入铝对健康可能造成危害的问题应引起关注。

关键词:面制食品;铝;食品安全标准;风险监测;食品污染物;石墨炉原子吸收法;分光光度法;电感耦合等离子体质谱法

中图分类号:O614.31 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2012)02-0097-05

Improving the method for detecting aluminum in food and its application in risk monitoring

Liang Chunsui, Hu Shuguang, Wang Jing, Li Hai

(Guangdong Center for Disease Control and Prevention, Guangdong Guangzhou 510300, China)

Abstract: Objective To integrate and improve the method for the determination of aluminum in food in order to provide data base for establishing a new National Food Safety Standard. To carry out an investigation on the aluminum content in flour products in Guangdong province to provide data base for evaluating human exposure to aluminum through diet and to standardize the use of aluminum-containing food additives. **Methods** Improved the digestion system and chromogenic system in the method of GB/T 5009.182—2003 and applied to detect the content of aluminum in wheaten food in which aluminum-containing food additives had been added as a leavening agent; and the background values of aluminum in food was detected by GB/T 23374—2009 and graphite furnace atomic absorption spectrometry. **Results** A total of 2 369 varied wheaten food samples were collected from supermarkets, grocery stores or kiosks located in different cities and villages in Guangdong province from 2006 to 2010. The results showed that the average contents of aluminum in deep-fried products like dough sticks and deep-fried cakes, steamed products like steamed stuffed bun and steamed bread, and bakery products like bakery bread were 321.0, 201.0 and 26.2 mg/kg respectively, the eligibility for GB 2760—2011 in these three kinds of food listed above were 18.5%, 31.6% and 95.2% respectively. **Conclusion** It is proposed to modify the GB/T 5009.182—2003 by adding graphite furnace atomic absorption spectrometry and integrating the GB/T 5009.182—2003 with GB/T 23374—2009 to establish a new National Food Safety Standard. The surveyed data continuously collected in the past 5 years indicated that aluminum-containing food additives had been widely used in deep-fried and steamed wheaten food and lead to a prevalence of exceeding the standard limit value of aluminum. FAO/WHO propounded in the year 2006 that the (provisional tolerable weekly intake) PTWI was 1 mg/kg BW. According to this guidance value, more attention should be paid to the problem of aluminum contamination through the ingestion of wheaten food, which might do harm to the health of residents in Guangdong province.

Key words: Flour product; aluminum; food safety standard; risk monitoring; food contaminants; graphite furnace atomic absorption spectrometry; UV spectrophotometric method; inductively coupled plasma mass spectrometry

收稿日期:2011-10-14

基金项目:广东省科技计划项目(20090320)

作者简介:梁春穗 男 主任技师 研究方向为食品理化检验 E-mail:liangchunsui@yahoo.com.cn

铝是地壳中丰度最高的金属元素,常以硅酸盐、氧化物、氢氧化物等形式存在。铝往往会因自然条件变化、工农业生产活动等因素的影响进入环境中。食物中铝含量一般较低,但部分面制食品由于加工中使用了明矾、铵矾等含铝膨松剂,使铝含量明显增大。铝在毒理学上属于低毒元素,但许多研究表明铝化合物对神经系统有潜在危害,与骨质疏松、肾病、高血压、糖尿病等疾病存在相关性,并且具有生殖毒性。1980年WHO规定饮用水标准铝限量值为0.2 mg/L,1988年FAO/WHO提出铝的暂定每人每周允许摄入量(PTWI)为7 mg/kg BW,并于1989年正式将铝确定为污染物加以控制。1994年我国发布了GB 1520—94《面制食品中铝限量卫生标准》,规定油炸、蒸制、烘烤面制食品中铝的限量值为100 mg/kg(干重计),后并入GB 2760—2007《食品添加剂使用卫生标准》,最新发布的GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》中铝的限量值维持不变。2006年FAO/WHO重新对铝进行评估,提出将PTWI值下调,暂定为1 mg/kg BW(适用于所有食品及添加剂)。本文提出对现行GB/T 5009.182—2003《面制食品中铝的测定》和GB/T 23374—2009《食品中铝测定电感耦合等离子体质谱法》进行技术改进,并增加石墨炉原子吸收光谱法(GFAAS),在此基础上研制新的食品安全国家标准,并应用于广东省食品安全风险监测^[1-4]。

1 材料与方法

1.1 仪器

美国Agilent 7500a型等离子体质谱仪;澳大利亚Varia spectr AA 220Z型石墨炉原子吸收光谱仪和AA 240Z型火焰石墨炉原子吸收光谱仪;日本岛津UV—2501型和UV—2550型紫外可见分光光度计;美国HACHDR 2400型便携式分光光度计;德国MWS—II型高压密闭微波消解系统,聚四氟乙烯密闭消解罐;北京AEO—IV型可调式控温电热消解器,50 ml带刻度硬质玻璃消化管;上海新拓XF—9800型控温预处理电热板;密闭高压消解器,配有消解内罐。

1.2 试剂

硝酸、高氯酸、硫酸(均为优级纯);硝酸镁溶液(0.5 g/L):称取0.5 g硝酸镁(优级纯),以水稀释至1 000 ml。1 000 μg/L铝标准贮备液,由国家标准物质研究中心提供。对硝基酚乙醇溶液(1.0 g/L),铬天青S溶液(1.0 g/L),聚乙二醇辛基苯醚溶液(3+100),乙二胺-盐酸缓冲溶液(pH6.7~7.0)等的配制可参照GB/T 5750.6—2006;抗坏血酸溶液

(10 g/L)的配制可参照GB/T 5009.182—2003。实验用水应符合GB/T 6682规定的一级水规格。

1.3 样品预处理

将各种面制食品粉碎均匀,置于85℃烘箱中干燥4 h,备用。

1.3.1 微波消解

称取样品0.2~0.5 g(精确至0.1 mg)于消解罐中,加入5 ml硝酸,按照微波消解仪操作步骤消解(参考条件:室温至120℃,升温5 min,恒温5 min;120~160℃升温5 min,恒温5 min;160~180℃升温10 min,恒温5 min)。消解罐放在控温电热板上于140~160℃赶酸,放冷后将消化液转移至25 ml或50 ml容量瓶中,用少量水洗涤罐2~3次,合并于容量瓶中定容,混匀备用;同时做试剂空白试验。

1.3.2 高压消解

称取样品0.3~1 g(精确至0.1 mg)于消解内罐中,加入5 ml硝酸浸泡过夜。旋紧消解外罐,放入恒温干燥箱在120~160℃消解4~6 h,冷却至室温,缓慢旋松外罐,内罐放在控温电热板上于140~160℃赶酸,放冷后将消化液转移至25 ml或50 ml容量瓶中,用少量水洗涤罐和内盖2~3次,合并于容量瓶中定容,混匀备用;同时做试剂空白试验。

1.3.3 湿法消解

称取样品0.5~3 g(精确至0.1 mg)于50 ml带刻度硬质玻璃消化管中,加入10 ml硝酸,0.5 ml硫酸,在控温电热消解器上加热(参考条件:升温至120℃,恒温5 min;放置,升温至180℃,恒温2~4 h,再升温至220℃),若变棕褐色,再加硝酸,消解至冒白烟,消化液呈无色透明或略带黄色,加10 ml水蒸发至冒白烟,取出冷却,直接用水定容至50 ml,混匀备用;同时做试剂空白试验^[5]。

1.4 样品检测

1.4.1 分光光度法测定

采用1.3.3湿法消解样品,吸取1.0 ml样品溶液和试剂空白液分别置于25 ml比色管中,加水至10 ml,吸取1.00 μg/ml铝标准使用液0、0.25、0.50、1.00、1.50、2.00和2.50 ml,分别置于25 ml比色管中,依次向各容量瓶中加入1 ml硫酸溶液(1%),加水至10 ml。向标准管、样品管及空白管中滴加1滴对硝基酚溶液,混匀,滴加氨水(1+6)至浅黄色,滴加硝酸溶液(2.5%)至黄色消失后再多加1滴,加入1 ml抗坏血酸溶液(10 g/L),混匀后加1.5 ml铬天青S溶液(1.0 g/L),混匀后加0.5 ml聚乙二醇辛基苯醚溶液(3+100),1.0 ml溴代十六烷基吡啶溶液(3.0 g/L),1.5 ml乙二胺-盐酸缓冲液(pH6.7~7.0),加水定容,混匀。放置

40 min后于 620 nm 波长测定^[6-9]。

1.4.2 等离子体质谱法测定

该法可采用 1.3.1、1.3.2、1.3.3 三种方式消解样品。使用 2% 硝酸溶液配制铝浓度为 0、10.0、20.0、40.0、80.0、120.0 $\mu\text{g/L}$ 标准系列,内标钪(Sc)溶液浓度为 1.0 mg/L,仪器参考条件见表 1^[3]。

表 1 ICP-MS 参考工作条件

Table 1 Instrument parameters for ICP-MS

项目	参数	项目	参数
等离子体气流速	15.0 L/min	采样深度	8.0 mm
载气流速	1.17 L/min	测点数	3
射频功率	1300 W	分析时间	0.1 s
雾化室温度	2 $^{\circ}\text{C}$	重复次数	3

1.4.3 石墨炉原子吸收法测定

该法亦可采用上述 3 种方式消解样品。使用 1% 硫酸溶液配制 0、25.0、50.0、100.0、150.0、200.0 $\mu\text{g/L}$ 的铝标准系列溶液,采用 0.5 g/L 硝酸镁溶液为基体改进剂。将仪器调至最佳状态,参考条件为:测定波长 257.4 nm,缝宽 0.5 nm,灯电流 10~15 mA;升温程序:干燥 85~110 $^{\circ}\text{C}/30$ s,灰化 1 000~1 200 $^{\circ}\text{C}/20$ s,原子化 2 700 $^{\circ}\text{C}/4$ s,氩气流量 0.3 L/min,原子化停气^[10-12]。

2 结果与分析

2.1 对现行国标的技术改进

2.1.1 分光光度法测定的比较

GB/T 5009.182—2003《面制食品中铝的测定》采用络天青 S,溴化十六烷基三甲胺与铝离子形成蓝绿色三元络合物进行测定,而 GB/T 5750.6—2006《生活饮用水标准检验方法》采用络天青 S,溴化十六烷基吡啶,聚乙二醇辛基苯醚与铝离子形成蓝绿色四元胶束比色定量。比较以上两种方法,GB/T 5750.6—2006 的定量检测限(LOQ:10 $\mu\text{g/L}$)优于 GB/T 5009.182—2003(LOQ:16 $\mu\text{g/L}$)。GB/T 5750.6—2006 采用的四元胶束显色基团在放置 35~60 min 内保持稳定。而 GB/T 5009.182—2003 采用的三元络合物比色法稳定性稍差。建议研制《食品中铝的测定》食品安全国家标准方法可参考 GB/T 5750.6—2006,但还应针对食品检测的特殊性进行改进,增加对干扰离子的掩蔽以及溶液 pH 值控制等步骤^[2,8]。采用 1% 抗坏血酸作为掩蔽剂,可消除食品中 Fe、Cu 等离子对测定铝的正干扰,1% 抗坏血酸的加入量不会影响铝四元胶束的稳定性。

2.1.2 残存高氯酸对测定的影响

GB/T 5009.182—2003 采用硝酸-高氯酸消化

样品,耗酸量因样品不同而变化。油条、油饼、煎饼等的消解比馒头、面包、膨化食品、面条等的消解耗酸量大,需加入高氯酸 2~3 ml。虽后期再加 0.5 ml 硫酸,升高温度要求赶尽高氯酸,但高氯酸沸点较高,容易在瓶壁冷凝回流,是否赶尽也无指示方式,所以消化后的样品溶液中常残存高氯酸。实验结果表明,不论是采用 GB/T 5009.182—2003,还是采用 GB/T 5750.6—2006 进行测定,样液中高氯酸都会产生负干扰,并随高氯酸浓度增加而明显增大。而硫酸浓度在 4% 之内对分光光度法测定铝没有干扰。本文提出不加高氯酸,采用硝酸-硫酸消解^[13]。

2.1.3 电感耦合等离子体质谱法的改进

GB/T 23374—2009 采用微波消解法或压力消解法,以 $\text{HNO}_3\text{—H}_2\text{O}_2$ 消解样品。本文单以 HNO_3 为氧化剂,并适当增加微波消解升温 and 保持时间,有利于提高样品消解的有效性。GB/T 23374—2009 配制铝的标准系列浓度为 0~1 000 $\mu\text{g/L}$,本文提出将铝的标准系列浓度下调为 0~120 $\mu\text{g/L}$,内标钪(Sc)溶液也相应下调至 1.0 mg/L,可适用于大多数食物中铝本底值的定量分析。对于测定含铝较高的食品,如面制食品、茶叶、海带、紫菜、海蜇制品、干食用菌等,可根据实际情况采用高浓度标准曲线。分别选择低浓度和高浓度两个标准系列进行测定,浓度范围可达 3 个数量级^[3]。

2.2 在国标研制中加入新的测定方法

2.2.1 石墨炉原子吸收法的条件选择

GB/T 5009.182—2003 主要针对添加了含铝膨松剂的面制食品,比如油条、油饼、馒头、蒸包等。该方法主要缺点是灵敏度、精密度稍差,对于准确测定面粉、面条等食物中铝的本底值有一定难度。建议以 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 为基体改进剂,采用石墨炉原子吸收法测定食物中铝的本底含量,并对铝的诸条吸收共振谱线进行对比选择。实验表明,采用铝的最灵敏谱线 309.3 nm 测定时,灵敏度太高(LOQ:0.5 $\mu\text{g/L}$),线性范围太窄(0~20 $\mu\text{g/L}$)。采用铝的 257.4 nm 谱线测定虽灵敏度下降(LOQ:4 $\mu\text{g/L}$),但拓宽了线性范围(0~250 $\mu\text{g/L}$),适合各类食品中铝本底值的测定^[13]。

2.2.2 增加电感耦合等离子体光谱法

食品中铝的含量一般较低,电感耦合等离子体光谱法(ICP-OES)是多元素分析方法,具有灵敏度高,准确度高,线性范围宽等优点,已应用于生活饮用水标准检验方法(GB/T 5750.6—2006)和婴幼儿食品中多种元素同时测定的标准方法(GB 5413.21—2000)中,《食品中铝的测定》食品安全国家标准中应增加电感耦合等离子体光谱法^[14-16]。

2.3 样品消解方式的选择

2.3.1 湿消解法选择

无论采用微波消解法还是密闭高压罐消解法都不能确保有机物分解完全,这两种前处理方式适用于石墨炉原子吸收法和电感耦合等离子体质谱法,但不完全适用于分光光度法测定。由于高氯酸对石墨炉原子吸收光谱法测定铝也产生负干扰,所以采用湿法消解、微波消解和密闭高压罐消解 3 种方式进行样品前处理均不应加入高氯酸。实验表明,硫酸浓度在 5% 以内对石墨炉原子吸收法测定铝基本没有影响,所以湿法消解采用硝酸-硫酸消化,而微波消解和高压罐消解则单用硝酸消化。

2.3.2 干灰化法存在问题

干灰化法是经典的食品消解方式,但若以瓷坩埚为容器则存在污染问题。粘土、长石等坩埚原料中铝含量 $\geq 5\%$,且波动较大。本文采用瓷坩埚为消解容器进行试剂空白试验,将瓷坩埚清洗干燥后放入马弗炉中 800 °C 下 5 h,放冷后加入 2 ml 硝酸(1+1)于瓷坩埚中,盖后放置 1 h,用玻棒搅拌后将液体转入带 25 ml 刻度塑料试管定容,采用石墨炉原子吸收法测定,结果见表 2。实验结果表明,采用瓷坩埚的试剂空白值高且波动大,特别是新旧瓷坩埚之间铝的溶出迁移量不同,旧坩埚铝的溶出明显高于新坩埚,原因是坩埚在高温下反复灼烧表面釉层脱落,铝更易溶出。由于实验室大多采用瓷坩埚,故不建议增加干灰化法。

表 2 采用新旧瓷坩埚进行干灰化试剂空白试验的铝溶出情况

Table 2 The dissolution of aluminum from new and old porcelain crucibles tested by dry ashing reagent blank ($n = 10, \mu\text{g/L}$)

测定对象	铝测定结果	备注
试剂空白值	7.45 ± 1.02	未经坩埚浸泡
新坩埚试剂空白值	133 ± 40.8	使用 2 次以下的坩埚
次新坩埚试剂空白值	214 ± 93.1	使用 5 次左右的坩埚
旧坩埚试剂空白值	257 ± 155	使用 10 次左右的坩埚

2.4 食品中铝的监测

2.4.1 面制食品中铝含量

2006—2010 年在广东全省 21 个地级市城乡的超级市场、集贸市场、副食品商店和个体零售店采集各种面制食品共 2 369 份,测定铝含量结果详见表 3。监测结果表明,油条、油饼等油炸食品和馒头、包子等蒸制食品中铝含量很高,中位值分别为 321.0 和 201.0 mg/kg,对照 GB 2762—2011 规定的铝限量值 100 mg/kg(干重计),合格率分别为 18.5% 和 31.6%。不论是珠三角地区,粤东潮汕地区、粤东北客家地区,还是粤西地区,油条、油饼、馒头、包子等面制品铝含量超标严重的问题普遍存在,说明在加工时滥用铝膨松剂是全省性问题。其他面制品如面粉、面条、膨化食品、面包、饼干中铝的含量若按 ≤ 100 mg/kg(干重计)限量指标评价,合格率均高于 90%(表 3),个别“自发面粉”、“高筋面粉”等样品铝含量超标严重^[17]。

表 3 各种面制食品中铝含量测定结果

Table 3 The results of aluminum content in varied wheaten food

面制品	样品份数	含量范围(mg/kg)	中位值(mg/kg)	超标份数	合格率(%)
油条、油饼	475	5.2 ~ 1351	321.0	387	18.5
馒头、蒸包	576	5.0 ~ 1406	201.0	394	31.6
面包	517	4.5 ~ 701	26.2	25	95.2
面粉	220	3.5 ~ 413	16.9	6	97.3
面条	438	3.5 ~ 107	18.1	1	99.8
其他油炸食品 ^a	53	5.0 ~ 587	25.7	13	75.5
饼干	23	3.1 ~ 121	28.8	1	95.7
膨化食品 ^b	46	4.2 ~ 112	18.1	1	97.8
粉条 ^c	21	30.6 ~ 395	98.2	11	47.6
合计	2369	3.5 ~ 1406	16.9 ~ 321.0	839	64.6

注:a 包括俗称笑口枣、油角、蛋散、麻花、煎堆等面制食品;b 包括旺旺饼、雪米饼、烤味米果、烧一粟、薯片等食品;c 主要由豆粉、薯粉等制成。

2.4.2 海蜇和茶叶中铝的含量

2008—2009 年采集袋装即食海蜇和散装海蜇皮样品共 34 份,铝含量范围 164 ~ 2 572 mg/kg,均值 1 203 mg/kg ± 605 mg/kg(以湿重计)。1992—1995 年测定我省 16 种茶叶中铝含量范围 303.8 ~ 1 432 mg/kg,均值(601.1 ± 297.2)mg/kg,茶叶中水溶性铝占总铝量的 24.7% ± 4.9%。茶叶中的铝主要来源于茶树叶片对铝的富集,老叶片铝含量远高于嫩叶片是茶叶中铝含量波动较大的主要原因^[18]。

2.4.3 海蜇产品中铝的来源调查

盐渍海蜇产自沿海各省,目前国内外市场上销售的袋装即食海蜇主要产自广东。2010 年对湛江、茂名等地的海蜇生产企业进行现场调查表明,海蜇制品在加工中用食盐和明矾脱水是造成铝含量高的原因。卫生部发布的 GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》中规定水产品及其加工制品中铝的限量值为 ≤ 100 mg/kg(干样品,以 Al 计),若按此评价,即食海蜇制品中铝的含量严重超标^[1]。但农业

部发布的水产行业标准 SC/T 3210—2001 中却规定盐渍海蜇制品中明矾(硫酸铝钾, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)含量为 1.2% ~ 2.2%。广东省质量技术监督局发布的广东省地方标准 DB 44/T 242—2005 规定即食海蜇丝中明矾限量值为 $\leq 1.0\%$ 。不同政府部门发布的标准对同类食品的不同项目采用不同的甚至是相互矛盾的指标等问题,应在今后研制新的食品安全标准过程中妥善解决^[19-20]。

3 结语

本文提出对 GB/T 5009.182—2003 和 GB/T 23374—2009 进行改进,为制定测定食品中铝的食品安全国家标准提供了技术支持。2006 年 FAO/WHO 食品添加剂委员会(JECFA)提出铝的暂定每人每周容许摄入量(PTWI)为 1 mg/kg BW,成年人每人每日铝容许摄入量约为 8.57 mg。测定的 475 份油条、油饼中铝含量中位值为 321.0 mg/kg,测定的 576 份馒头、包子中铝含量中位值为 201.0 mg/kg。按此估算,成人每日食用油条不得超过 26.8 g 或食用馒头不得超过 42.6 g,我省部分面制食品在加工时过量使用铝膨松剂可能影响消费者健康的问题应引起相关监管部门的重视。

参考文献

- [1] 卫生部. GB 2760—2011 食品添加剂使用标准[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [2] 卫生部. GB/T 5009.182—2003 面制食品中铝的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2004.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 23374—2009 食品中铝的测定电感耦合等离子体质谱法[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [4] Joint FAO/WHO food standards program codex committee on contaminants in foods, Fourth Session. Working document for information and use in discussion related to contaminants and toxins in the GSCTF[S]. Izmir,2010.
- [5] SULLIVAN J, GREENFIELD J, CUMBERFOFD G, et al. Extraction efficiencies of heavy metals in hydroethanolic solvent from herbs of commerce[J]. AOAC Int,2010, 93(2):496-498.
- [6] RAMACHANDRAIAH C, RAJESH K J, REDDYS A, et al. Development of a highly sensitive and selective for extractive spectrophotometric determination of aluminum (III) from environmental matrices synthetic mixtures, and alloys using orthohydroxy propiophenonei sonicotinoylhydrazone[J]. Environm Monitor Assessm,2010,160(1-4):23-31.
- [7] SALMA M Z Al-KINDY, SALWS S Al-GHAMARI, FAKHR ELDIN O SULIMAN. A sequential injection method for the fluorimetric determination of aluminum in drinking water using 5-quinoline sulfonic acid[J]. Spectrochemical Acta Part A,2007, 68:1174-1179.
- [8] 卫生部. GB/T 5750.6—2006 生活饮用水卫生标准[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [9] ARVAMD M, LAHZACLEH S A A S. Ion-selective electrode for aluminum determination in pharmaceutical substances, tea leaves and water samples[J]. Talanta,2008,75(4):1046-1054.
- [10] KOLACHI N F, KAZI T G, BAIG J A, et al. Microwave-assisted acid extraction of seleniu from medical plants followed by electrothermal atomic absorption spectrometric determination[J]. AOAC Int,2010,13(2):694-702.
- [11] SUN M, WU Q. Determination of ultra-trace aluminum in human albumin by cloud point extraction and graphite atomic absorption spectrometry[J]. J Hazard Mater,2010,176(1-3):901-905.
- [12] ZIOLA-FRANKOWSKAA, FRANKOWSKI M, SIEPEAK J. Development of a new analytical method for online simultaneous qualitative determination of aluminum (free aluminium ion, aluminium-fluoride complexes) by HPLC-FAAS [J]. Talanta, 2009,78(2):623-630.
- [13] 梁春穗,黄妙英. 石墨炉原子吸收法测定食品中铝的方法探讨[J]. 环境与健康杂志,2000,17(增刊):95-97.
- [14] 王小平. 不同分解方法对 ICP-AES 测定植物样品中元素含量的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2005,25(4):563-566.
- [15] 姜杰,张慧敏,杨俊. ICP-OES 法测定深圳市面制食品中铝[J]. 中国热带医学杂志,2010,10(9):1143-1144.
- [16] 谢灵扬,余兆新. 面制食品中铝含量的 ICP-AES 测定方法[J]. 职业与健康,2009,25(13):1372-1373.
- [17] SAIYED S M, YOKEL R A. Aluminium content of some foods and products in the USA, with aluminium food additives[J]. Food Addit Contam,2005,22(3):234-244.
- [18] 梁春穗,李海. 茶叶中铝的来源及溶解性研究[J]. 现代预防医学,1996,23(4):235-237.
- [19] 农业部. SC/T 3210—2001 盐渍海蜇制品[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [20] 广东省质量技术监督局. DB 44/T 242—2005 即食海蜇丝[S].