

## 综述

## 食品中氟检测分析的研究进展

车明秀<sup>1,2</sup>, 泮秋立<sup>1,2</sup>, 胡明燕<sup>1,2</sup>, 刘睿<sup>1,2</sup>, 肖梅<sup>1,2</sup>, 孙德鹏<sup>1,2</sup>, 王骏<sup>1,2</sup>

(1. 山东省食品药品检验研究院, 山东 济南 250101;

2. 国家市场监督管理总局重点实验室 肉及肉制品监管技术, 山东 济南 250101)

**摘要:** 为了解氟检测技术的发展, 本文概述了近年来食品中氟的检测分析技术, 包括氟离子选择电极法、比色法、离子色谱法和高效液相色谱法。各种氟测定方法各有优缺点, 适用范围也存在差异。建立高灵敏度、高选择性的离子色谱法测定氟的检测技术, 是未来的主攻方向。

**关键词:** 食品基质; 氟; 检测分析; 对比; 发展方向

**中图分类号:** R155

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-8456(2023)01-0137-05

**DOI:** 10.13590/j.cjfh.2023.01.021

### Research progress on the fluoride detection and analysis in different food samples

CHE Mingxiu<sup>1,2</sup>, PAN Qiuli<sup>1,2</sup>, HU Mingyan<sup>1,2</sup>, LIU Rui<sup>1,2</sup>, XIAO Mei<sup>1,2</sup>, SUN Depeng<sup>1,2</sup>, WANG Jun<sup>1,2</sup>

(1. Shandong Institute for Food and Drug Control, Shandong Ji'nan 250101, China; 2. Key Laboratory of Supervising Technology for Meat and Meat Products for State Market Regulation, Shandong Ji'nan 250101, China)

**Abstract:** To understand the development of fluorine detection technology, the detection and analysis technology of fluorine in different food matrices in recent years are summarized, including fluoride ion selective electrode method, colorimetric method, ion chromatography, high performance liquid chromatography. Each various fluorine determination methods have their own advantages and disadvantages. And there are differences in the scope of application. It is the main research direction in the future to establish a detection technology for the determination of fluorine by ion chromatography with high sensitivity and selectivity.

**Key words:** Food matrices; fluorine; detection and analysis; contrast; development direction

氟是自然界中广泛分布的元素之一,也是人体必需的微量元素之一。适量的氟是人体所必需的,可与牙齿钙质生成不溶于水的氟化钙,预防龋齿;过量的氟对人体的多种组织器官及系统均有影响,会引起氟斑牙和氟骨症<sup>[1-5]</sup>。目前,食品中氟测定的方法主要有离子选择电极法<sup>[6-10]</sup>、比色法<sup>[11-13]</sup>、离子色谱法<sup>[14-15]</sup>等,不同样品基质中氟的检测和限量标准也不同<sup>[16-27]</sup>。食品基质较为复杂,实际应用过程中存在问题,造成测定结果误差大。本文针对食品中氟测定分析技术,归纳总结光度法、离子选择电极法、液相色谱法等对食品中氟离子测定的研究。为提高效率,保证结果的准确性,建立一套适合不同

基质、不同含量水平氟的测定方法奠定基础。

## 1 食品中氟的检测方法

### 1.1 氟离子选择电极法

GB/T 5009.18—2003<sup>[16]</sup>《食品中氟的测定》中,第三法为氟离子选择电极法,试样经酸浸提后,在乙酸钠-柠檬酸钠介质中,氟离子选择电极的氟化镧单晶膜对氟离子产生选择性的对数响应,氟电极和饱和甘汞电极在待测液中,电位差随溶液中氟离子活度的变化而改变,电位变化规律符合能斯特方程。氟离子选择电极法由于电极结构简单、灵敏度高、快速、不受色度和浊度干扰等优点,得以广泛应用。

盛晓凤等<sup>[28]</sup>发现 GB/T 5009.18—2003《食品中氟的测定》中规定的氟离子选择电极法的线性范围很窄,将南极虾样品稀释后测定,氟含量高的样品测定结果差别很大,分别为 419.8 和 548.3 mg/kg,相对偏差达到 26.5%,稀释 100 倍的过程中明显增

收稿日期:2021-12-30

作者简介:车明秀 女 高级工程师 研究方向为食品检测、相关标准制定 E-mail:cmxiu\_ok@sina.com

通信作者:王骏 男 研究员 研究方向为食品检测、食品相关标准制定、食品加工、行业状况等 E-mail:sdzjywj@163.com

大了实验误差,导致测定结果不准确。因此,对于高氟含量的样品,必须将线性范围扩大进行测定。但对于脂肪含量高的样品,采取直接浸提测定氟,脂肪等有机物容易吸附在电极周围,影响氟的测定。陈南<sup>[29]</sup>为解决这一问题,通过碱性条件下固定淡水鱼中低含量的氟,高温灰化去除有机物,盐酸浸提,采用氟离子选择电极测定淡水鱼中的氟,克服直接盐酸浸提,脂肪干扰测定的缺陷。特殊医学用途配方食品,采用离子选择电极法的国家标准方法进行测定,存在溶液浑浊、电极响应慢、回收率低等问题。王文特等<sup>[30]</sup>通过酶解、沉淀蛋白、加入总离子强度缓冲剂消除干扰进行测定,发现测试液澄清,电极相应快,回收率为92.8%~107.5%,满足方法学要求。虽然氟离子选择电极法在实际应用中存在以上诸多的问题,但该方法具有良好选择性,在大量的食品检测工作中发挥重要的作用<sup>[31-36]</sup>。

### 1.2 比色法

比色法由于使用的仪器简单、灵敏度高,受到广泛关注。GB/T 5009.18—2003《食品中氟的测定》中,第一、二法均为氟试剂比色法。在酸性条件下,分离出来的氟经氢氧化钠吸收后,与氟试剂生成蓝色络合物。但第一法中的塑料扩散盒不属于常见耗材,且操作比较繁琐,方法中涉及保温时间为20 h,检验周期太长,且重复性不好,空白值较高,质量控制较难。第二法也需要经过高温灰化、蒸馏后,进行比色。高素虹等<sup>[37]</sup>采用灰化蒸馏-氟试剂比色法测定茶叶中的氟含量,并与离子色谱法测定相比,发现灰化蒸馏-氟试剂比色法操作繁琐、准确度低,每批处理样品的个数和时间分别是离子色谱法的12%和5.3倍,不适合大批量样品的测定。基于此原因,该方法未得到广泛推广使用。而催化分光光度法和离子液体增敏分光光度法相比上述方法,操作简单、分析速度快。沙鸥等<sup>[38]</sup>建立了离子液体增敏分光光度法测定南极磷虾中的氟,克服国家标准方法的操作繁琐,且与氟离子选择电极法测定结果一致,回收率为95.8%~106.9%。熊海涛<sup>[39]</sup>建立褪色光度法测定小白菜及绿茶中氟含量的方法,通过在酸性溶液中, $\text{Fe}^{3+}$ 与 $\text{F}^-$ 络合形成稳定的无色络合物,而使红橙色乙酰丙酮铁褪色,该方法所用仪器简单、操作方便且灵敏度较高。罗济文等<sup>[40]</sup>通过研究氟离子与紫红色的铝离子-铬天青S络合物的作用,氟离子与铝离子络合生成无色稳定的 $[\text{AlF}_6]^{3-}$ 使紫红色褪去,褪色程度与氟离子浓度有关,建立的茶叶中痕量氟的检测方法,结果与氟离子选择电极法检测接近。

### 1.3 离子色谱法

与前文几种传统分析方法相比,离子色谱法具有快速、灵敏、稳定性高、选择性好、可同时分析多组分等突出优点。因此,近年来离子色谱法在食品分析中已经得到越来越广泛的应用<sup>[41-43]</sup>。崔鹤等<sup>[44]</sup>建立了离子色谱法测定水产品中的氟离子,通过超声提取氟离子,色谱柱条件优化的方式,解决氟离子的出峰时间和一些低分子有机酸接近产生的干扰问题,测定鲫鱼、蛤蜊、鲑鱼中的氟,其回收率为89.8%~93.8%,与传统的灰化蒸馏-氟试剂比色法相比,具有操作简单、样品基质干扰小、准确度高的优点。谢娟<sup>[45]</sup>通过灰化法处理红茶和绿茶,采用离子色谱法测定氟,可有效降低影响氟测定的干扰因素,样品回收率为88.2%~94.3%。胡培勤等<sup>[46]</sup>通过水蒸气蒸馏的方式提取海产品及肉制品中的氟,建立了海产品及肉制品中离子色谱法测定氟,最低检出质量浓度为0.3 mg/kg,样品中氟的回收率为88.1%~99.0%。因此,离子色谱法可用于痕量氟离子的分析,结果准确,重现性好,回收率也较高。

### 1.4 高效液相色谱法

离子选择电极法和光度法测定氟,仪器简单,适合大部分实验室的需要;离子色谱法测定氟具有快速、准确的优点;但测定时,离子选择电极和光度法在灵敏度和选择性方面有待提升,离子色谱法受到样品基体效应影响较大、预处理条件要求高。因此需要建立一种具有较广泛的应用普及性和较高灵敏度的方法。吴秀红等<sup>[47]</sup>利用反相高效液相色谱法测定水中的氟离子,方法的重复性和稳定性好。陈小聪等<sup>[48]</sup>利用邻苯二甲酸吸收为背景建立F<sup>-</sup>的高效液相色谱法,测定茶叶中的氟,并与离子色谱法进行比较,结果发现高效液相色谱法前处理简单,节省时间,同时结果准确度高于离子色谱法。丁朝武等<sup>[49]</sup>建立了矿泉水和食盐等样品中反相液相色谱测定氟离子的方法,相对标准偏差为1.9%~2.7%,回收率为97%~98%。与分光光度法相比,该反相液相色谱法可将含氟络合物与试剂分离开,大大提高测定的灵敏度和选择性。

## 2 氟检测方法对比

不同氟测定方法比较见表1。由表1可知,各种氟测定方法各有优缺点,适用范围及应用程度亦存在差异。尽管不同食品基质氟的测定多种多样,但离子色谱相对于其他检测方法,具有经济、简便等优点,是最值得推广的检测技术。值得注意的是,食品中氟的测定是通过适当的预处理方式将基质中各种形态的氟化物转化成氟离子再通过离子

表1 不同氟测定方法的对比

Table 1 Comparison of different determination methods of fluorine

氟测定方法	费用	操作技术	操作时长	准确度	适用范围	应用
氟离子选择电极法	低	简单	快	一般	氟含量较高且基质简单的样品	广
比色法	低	繁琐	慢	一般	氟含量较低的样品	少
离子色谱法	高	简单	快	高	适合所有基质样品	广
液相色谱法	高	适中	快	高	适合所有基质样品	少

色谱的方式进行测定。不同的样品基质,所适用的前处理方式不同,尤其是一些油脂含量较高的样品,虽然沉降了蛋白质和脂肪,但是复杂的基质会影响基线的稳定性。

### 3 结论

未来检测技术要求的是准确、简便快速、适用性强。本文通过对食品基质中氟的不同测定方法进行系统的分析,不同测定方法优缺点不一,但总体来说,氟离子选择电极法操作简单、费用低、适用范围广;离子色谱法操作简单、准确度高、应用范围广。应针对目前方法存在的问题,建立准确、高效的氟离子选择电极法和离子色谱法,促进氟检测技术的发展,同时为国家标准的更新发展打下坚实的基础。

### 参考文献

- [ 1 ] IRIGROYEN-CAMACHO M E, PÉREZ A G, GONZÁLEZ A M, et al. Nutritional status and dental fluorosis among schoolchildren in communities with different drinking water fluoride concentrations in a central region in Mexico [J]. *Science of the Total Environment*, 2016, 541: 512-519.
- [ 2 ] RANJAN R, RANJAN A. Fluoride toxicity in animals [J]. Springer, 2015.
- [ 3 ] MAURICE T J. Fluorides and oral health. Report of a WHO expert committee on oral health status and fluoride use [J]. *World Health Organization Technical Report Series*. 846, 1994: 26-29.
- [ 4 ] GONZÁLEZ SACRAMENTO N, RUBIO ARMENDÁRIZ C, GUTIÉRREZ FERNÁNDEZ A J, et al. Elagua de consumo como fuente de exposición crónica a fluoruro en Tenerife: Evaluación del riesgo [J]. *Nutricion Hospitalaria*, 2015, 31(4): 1787-1794.
- [ 5 ] FORDYCE F M, VRANA K, ZHOVINSKY E, et al. A health risk assessment for fluoride in Central Europe [J]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2007, 29(2): 83-102.
- [ 6 ] 李丽霞, 罗学平, 何春雷, 等. 金属掩蔽剂对电极法测定砖茶中氟含量的影响 [J]. *食品工业*, 2016, 37(11): 173-176.  
LI L X, LUO X P, HE C L, et al. Influence of masking reagent on the electrode method for determination of fluorine in brick tea [J]. *The Food Industry*, 2016, 37(11): 173-176.
- [ 7 ] 张东霞, 乔元元, 史宝明, 等. 氟离子选择性电极-标准加入法测定葡萄酒中氟 [J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(6): 215-218.  
ZHANG D X, QIAO Y Y, SHI B M, et al. Determination of fluorine in wines by fluorion selective electrode analysis coupled with interior label [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(6): 215-218.
- [ 8 ] 许立松, 岳正东, 王颖臻. 云南西双版纳茶叶中氟离子含量的测定 [J]. *昆明学院学报*, 2017, 39(6): 50-52.  
XU L S, YUE Z D, WANG Y Z. Determination of fluorine content in tea in Yunnan Xishuangbanna [J]. *Journal of Kunming University*, 2017, 39(6): 50-52.
- [ 9 ] PAZ S, JAUDENES J R, GUTIÉRREZ A J, et al. Determination of fluoride in organic and non-organic wines [J]. *Biological Trace Element Research*, 2017, 178(1): 153-159.
- [ 10 ] GOSCHORSKA M, GUTOWSKA I, BARANOWSKA-BOSIACKA I, et al. Fluoride content in alcoholic drinks [J]. *Biological Trace Element Research*, 2016, 171(2): 468-471.
- [ 11 ] 董浩. 扩散分离-分光光度法测定植物样品中的氟 [J]. *农业科技与装备*, 2016(8): 28-30.  
DONG H. Fluorine in plant sample determined by diffusive separation-spectrophotometric method [J]. *Agricultural Science & Technology and Equipment*, 2016(8): 28-30.
- [ 12 ] 傅益伦, 王淮洲. 食品中氟的测定方法: 灰化蒸馏氟试剂比色法 [J]. *卫生研究*, 1983, 12(3): 62-69.  
FU Y L, WANG H Z. Determination method of fluorine in food: ashing distillation fluorine reagent colorimetric method [J]. *Journal of Hygiene Research*, 1983, 12(3): 62-69.
- [ 13 ] 陈秀娜, 王燕, 安国荣, 等. 扩散分光光度法测定黑枸杞中的氟 [J]. *当代化工*, 2017, 46(10): 2166-2169.  
CHEN X N, WANG Y, ANGUO R, et al. Determination of fluorine in black Chinese wolfberry by spectrophotometric method [J]. *Contemporary Chemical Industry*, 2017, 46(10): 2166-2169.
- [ 14 ] 王静, 胡荣宗, 潘丹梅, 等. 扩散-离子色谱法测定鱼肉中氟的含量 [J]. *食品科学*, 2007, 28(4): 264-267.  
WANG J, HU R Z, PAN D M, et al. Determination of fluorine in fish by diffusion-ion chromatography [J]. *Food Science*, 2007, 28(4): 264-267.
- [ 15 ] 洪祥奇, 林庆光. 离子色谱测定茶叶中总氟方法的研究 [J]. *中国热带医学*, 2009, 9(3): 543-544.  
HONG X Q, LIN Q G. Detection of total fluorine in tea by ion chromatography [J]. *China Tropical Medicine*, 2009, 9(3): 543-544.
- [ 16 ] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 食品中氟的测定: GB/T5009.18—2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.  
Ministry of Health of the People's Republic of China, National Standardization Administration of China. Determination of fluorine in foods: GB/T5009.18—2003 [S]. Beijing: China Standards Press, 2003.

- [17] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 砖茶含氟量: GB 19965—2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006. Ministry of Health of the People's Republic of China, National Standardization Administration of China. The fluoride content of brick tea: GB 19965—2005[S]. Beijing: China Standards Press, 2006.
- [18] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 砖茶含氟量的检测方法: GB/T 21728—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of fluoride content in brick tea: GB/T 21728—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [19] 中华人民共和国农业部. 植物产品中氟的测定 离子色谱法: NY/T 1374—2007[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of fluorine in plant products ion chromatography method: NY/T 1374—2007[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [20] 国家质量监督检验检疫总局. 出口食品中氟化物、溴化物含量的测定 离子色谱法: SN/T 4041—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of fluoride and bromide content in foods for export. Ion chromatography: SN/T 4041—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [21] 国家质量监督检验检疫总局. 进出口食用动物中氟离子的测定 离子色谱法: SN/T 4815—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of fluorine in animals for import and export—IC method: SN/T 4815—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [22] 中华人民共和国农业部. 无公害食品 水产品中有毒有害物质限量: NY 5073—2006[S]. 北京: 农业出版社, 2006. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Pollution-free food—Limits of toxic and harmful substances in aquatic products: NY 5073—2006[S]. Beijing: Agricultural Press, 2006.
- [23] 中华人民共和国农业部. 绿色食品 蛋与蛋制品: NY/T 754—2011[S]. 北京: 中国农业出版社, 2011. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Green food—Egg and egg product: NY/T 754—2011[S]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2011.
- [24] 中华人民共和国农业部. 绿色食品 猕猴桃: NY/T 425—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Green food—Actinidia: NY/T 425—2000[S]. Beijing: Standards Press of China, 2001.
- [25] 中华人民共和国农业部. 食用花生: NY/T 1067—2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Peanuts for food: NY/T 1067—2006[S]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2006.
- [26] 中华人民共和国农业部. 绿色食品 禽肉: NY/T 753—2012[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Green food—Poultry meat: NY/T 753—2012[S]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2013.
- [27] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 特殊医学用途配方食品通则: GB 29922—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard—General rules for formula food for special medical purpose: GB 29922—2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [28] 盛晓风, 郭莹莹, 尚德荣, 等. 离子选择电极法测定高氟样品中氟的方法改进[J]. 食品工业科技, 2013, 34(9): 285-289. SHENG X F, GUO Y Y, SHANG D R, et al. Improvement of fluorine-ion selective electrode method for determination of fluorine in high fluoride samples[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(9): 285-289.
- [29] 陈南. 淡水鱼中氟的测定[J]. 江西食品工业, 2010(3): 26-27. CHEN N. Determination of fluoride in fresh water fish[J]. Jiangxi Food Industry, 2010(3): 26-27.
- [30] 王文特, 田洪芸, 张海红, 等. 特殊医学用途配方食品和婴幼儿配方乳粉中氟含量测定方法的改进[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(10): 3266-3272. WANG W T, TIAN H Y, ZHANG H H, et al. Improvement of the determination method of fluorine in formula food for special medical use and infant formula milk powder[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(10): 3266-3272.
- [31] 尤素荔. 离子选择电极法测定水中氟化物[J]. 福建环境, 2001(4): 42-43. YOU S L. Monitoring the water's fluoride by ion selective electrode[J]. Fujian Environment, 2001(4): 42-43.
- [32] 王维, 沈四林, 李尚琴. 茶叶中氟的测定[J]. 职业卫生与病伤, 2004, 19(4): 270-271. WANG W, SHEN S L, LI S Q. Determination of Fluorine in Tea[J]. Journal of Occupational Health and Damage, 2004, 19(4): 270-271.
- [33] 王金贵, 杨林. 蜂蜜中氟化物的测定[J]. 青海师范大学学报: 自然科学版, 2002, 18(2): 45-47. WANG J G, YANG L. Determination of fluoride in honey[J]. Journal of Qinghai Normal University: Natural Science Edition, 2002, 18(2): 45-47.
- [34] 王彤. 离子选择性电极测定蔬菜中的微量氟[J]. 青岛大学师范学院学报, 1998, 15(2): 45-46. WANG T. Determination of fluorine in vegetables by ion selective electrode[J]. Journal of Teachers College Qingdao University, 1998, 15(2): 45-46.
- [35] 吴红, 焦九英, 蒋松钰, 等. 氟离子选择电极法测定白菜中氟化物[J]. 河南科学, 2013, 31(4): 438-440. WU H, JIAO J Y, JIANG S Y, et al. Determination of fluoride in cabbage by fluorine ion selective electrode[J]. Henan Science, 2013, 31(4): 438-440.
- [36] 果秀敏, 杨秀敏, 解晓东, 等. 氧弹燃烧-氟离子选择电极法测定蔬菜中的氟[J]. 河北农业大学学报, 2009, 32(5): 98-

- 100, 104.
- GUO X M, YANG X M, XIE X D, et al. Determination of fluoride in vegetables by using oxygen bomb fluoride ion-selective electrode method [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2009, 32(5): 98-100, 104.
- [37] 高素虹, 蔡梦华, 洪祥奇. 灰化蒸馏-氟试剂比色法与离子色谱法测定茶叶中氟含量的比较[J]. 预防医学论坛, 2010, 16(6): 549-550.
- GAO S H, CAI M H, HONG X Q. Comparison on determination of the content of fluoride in tea with cineration distillation-color method of fluorine reagent and ion chromatography [J]. Preventive Medicine Tribune, 2010, 16(6): 549-550.
- [38] 沙鸥, 刘华, 鲍佳琦, 等. 离子液体增敏分光光度法测定南极磷虾中氟含量[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(10): 173-177.
- SHA O, LIU H, BAO J Q, et al. Determination of fluoride in Antarctic krill by ionic liquid sensitization spectrophotometry [J]. Food Research and Development, 2020, 41(10): 173-177.
- [39] 熊海涛. 褪色光度法测定小白菜及绿茶中氟含量[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(7): 193-197.
- XIONG H T. Detection of trace fluorine in green tea and Chinese cabbage by decolorant spectrophotometry [J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(7): 193-197.
- [40] 罗济文, 陈宪明, 黎中良, 等. 铬天青S-铝抑制褪色光度法测定茶叶中痕量氟[J]. 光谱实验室, 2007, 24(5): 894-897.
- LUO J W, CHEN X M, LI Z L, et al. Determination of trace fluorine in tea by decoloration spectrometry of chrome azulol S-aluminium [J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2007, 24(5): 894-897.
- [41] 周方求, 黄学仲, 张攀. 碱熔-离子色谱法测定茶叶中氟[J]. 实用预防医学, 2009, 16(2): 581-582.
- ZHOU F Q, HUANG X Z, ZHANG P. Determination of Fluorine in Tea by Alkali Fusion-Ion Chromatography [J]. Practical Preventive Medicine, 2009, 16(2): 581-582.
- [42] 王静, 胡荣宗, 潘丹梅, 等. 扩散-离子色谱法测定鱼肉中氟的含量[J]. 食品科学, 2007, 28(4): 264-267.
- WANG J, HU R Z, PAN D M, et al. Determination of fluorine in fish by diffusion-ion chromatography [J]. Food Science, 2007, 28(4): 264-267.
- [43] 刘峰, 薛超, 邓叶延, 等. 扩散吸收提取-离子色谱法测定茶叶中氟含量[J]. 检验检疫学刊, 2020, 30(1): 15-17.
- LIU F, XUE C, DENG Y Y, et al. Determination of fluoride in tea by diffusion absorption extraction-ion chromatography [J]. Journal of Inspection and Quarantine, 2020, 30(1): 15-17.
- [44] 崔鹤, 李慧颖, 张文皓, 等. 离子色谱法测定水产品中氟离子的含量[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(23): 27-29.
- CUI H, LI H Y, ZHANG W H, et al. Determination of the fluorine in aquatic products by ion chromatography [J]. Food Research and Development, 2013, 34(23): 27-29.
- [45] 谢娟. 离子色谱法对茶叶中氟含量的检测[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(12): 2892-2894.
- XIE J. Detection of fluoride in tea by ion chromatography [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2014, 53(12): 2892-2894.
- [46] 胡培勤, 汪莉, 熊敏. 海产品及肉制品中氟的水蒸气蒸馏-离子色谱测定法[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(7): 540-542.
- HU P Q, WANG L, XIONG M. Determination of fluoride in sea food and meat by ion chromatogram [J]. Journal of Environment and Health, 2007, 24(7): 540-542.
- [47] 吴秀红, 迟海军, 姜效军, 等. 反相高效液相色谱仪测定水中的F<sup>-</sup>[J]. 鞍山科技大学学报, 2003, 26(2): 105-106.
- WU X H, CHI H J, JIANG X J, et al. Determination of f<sup>-</sup> in water by RP-HPLC [J]. Journal of Anshan University of Science and Technology, 2003, 26(2): 105-106.
- [48] 陈小聪, 刘珈伶, 段玉林, 等. 高效液相色谱法测定茶叶中的氟含量[J]. 中国食物与营养, 2017, 23(7): 10-12.
- CHEN X C, LIU J L, DUAN Y L, et al. Detection on fluoride in tea by high performance liquid chromatography [J]. Food and Nutrition in China, 2017, 23(7): 10-12.
- [49] 丁朝武, 李华斌. 反相高效液相色谱法测定氟离子[J]. 分析化学, 1998, 26(3): 369.
- DING C W, LI H B. Determination of Fluoride Ions by Reversed Phase High Performance Liquid Chromatography [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 1998, 26(3): 369.