

食品中基体标准物质研究进展

刘素丽, 王宏伟, 赵梅, 曹进, 黄丙楠, 钮正睿*

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘要: 国内食品行业问题频出, 为了保障食品质量安全, 食品标准物质在产品检验和质量控制中不可或缺。由于食品基质复杂, 使得许多食品单纯采用纯品标准品已难以满足校准检测体系要求, 需结合基体标准物质进行校准。与纯品标准物质相比, 基体标准物质为目标化合物和基体结合, 与真实检测样品更一致, 可以保障测试结果的准确性和质量控制的有效性。我国在纯度标准物质方面的研究已经比较完善, 但在复杂基体方面的研究与发达国家仍存在一些差距。本文综述了食品中基体标准物质研究进展, 包括国内外食品基体标准物质现状及要求、标准物质研究存在的问题, 以为食品基体标准物质的研制及发展提供一定的参考。

关键词: 食品; 基体; 标准物质

Research progress of matrix reference materials for food

LIU Su-Li, WANG Hong-Wei, ZHAO Mei, CAO Jin, HUANG Bing-Nan, NIU Zheng-Rui*

(National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

ABSTRACT: Issues in food happen frequently. In order to ensure food quality and safety, reference materials are indispensable in product inspection and quality control. Due to the complexity of the food matrix, many foods have been difficult to meet the requirements of the calibration test system by simply using the pure standard. It is necessary to calibrate with the matrix standard substance. Compared with the pure standard substance, the matrix standard substance is the combination of the target compound and the matrix, which is more consistent with the real test sample, and can ensure the accuracy of the test result and the effectiveness of the quality control. China's research on purity standard materials has been relatively complete, but there are still some gaps in the research on complex matrices of developed countries. This paper reviewed the research progress of matrix reference materials in foods, including the status and requirements of food matrix reference materials at home and abroad, and the problems existing in the study of reference materials, in order to provide a reference for the development of food matrix reference materials.

KEY WORDS: food; matrix; reference material

1 引言

近年来, 食品安全中食品添加剂、重金属残留、食品毒素污染物、农兽药残留等问题已备受国内外关注, 对食

品的质量控制已成为质量监督检验等机构的工作重点之一。标准物质(reference material, RM)是具有足够均匀的一种或多种化学的、物理的、生物学的、工程技术的或感官的等性能特征, 经过技术鉴定, 并附有说明有关性能数据

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC1601300)

Fund: Supported by National Key R&D Program of China (2017YFC1601300)

*通讯作者: 钮正睿, 副主任药师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: liuhy@hsc.pku.edu.cn

*Corresponding author: NIU Zheng-Rui, Associate Chief Pharmacist, National Institutes of Food and Cosmetics Control, No.2, TiantanXili, Dongcheng District, Beijing 100050, China. E-mail: liuhy@hsc.pku.edu.cn

证书的一批样品。有证标准物质(certified reference material, CRM)系附有证书的标准物质, 其一种或多种特性值用建立了溯源性的程序确定, 使之可溯源到准确度复现的用于表示该特性值的计量单位, 而且每个标准值都附有给定置信水平的不确定度^[1]。我国有证标准物质分为国家一级和国家二级标准物质。标准物质是分析检测过程中质量保证的基础, 用以确保检测方法及数据可靠性、可比性、可追溯性。许多计量院及检测机构将食品标准物质研究作为近年来的重点发展^[2,3]。本文结合我国食品分析用基体标准物质与其他国家的研制现状, 整体介绍基体标准物质的相关定义、研制过程、现状及研究存在的问题, 以期为食品基体标准物质的研制及发展提供一定的参考, 为食品安全监测、监督等提供有益的帮助。

2 标准物质介绍

2.1 标准物质分类

标准物质可分为纯品标准物质和基体标准物质。从目前世界各国食品分析用标准物质所提供的特性量来看, 其包括农药、兽药、抗生素、食品添加剂、无机元素、同位素^[4]、元素形态、工业污染物、生物毒素、转基因、致病基因、微生物、蛋白质、氨基酸、碳水化合物、维生素^[5]、甾醇、油脂、纤维、生物活性成分、酒成分、包装迁移物等各种类型; 基体标准也比较多, 涉及粮食及粮食制品、食用油、肉及肉制品、乳及乳制品^[6-8]、蛋及蛋制品、水产品及其制品、果蔬、奶粉复合膳食、饮料。食品的添加剂、营养成分等随着科学技术不断更新, 基质越来越复杂, 使得许多食品单纯采用纯品标准品已难以满足校准检测体系要求, 需同时采用纯品标准物质和基体标准物质进行校准^[9-11]。基体标准物, 即目标物与基体结合与真实检测样品一致, 可用于食品分析方法确认和质量控制, 可有效避免基体效应对物质成分检测的影响, 对准确控制食品质量安全具有重要意义^[12-14]。

2.2 基体标准物质研制

基体标准物质的种类复杂多样, 在制备过程中应针对具体情况制定采取相应的制备方法, 其主要过程如图 1 所示。

2.2.1 原料的采集与加工

按照原料与制备工艺的特点, 标准物质主要有天然、合成、混合和加标 4 类。动物源基体标准物质可分为自然(污染)基体标准物质和加料基体标准物质 2 种^[15-17], 前者通过饲喂、注射或药浴等方式对实验动物进行药物饲养, 通过控制养殖时间来制备经动物体代谢、含有原形药物和/或代谢物的样品材料。后者则是选取经检测为阴性的动物组织为样品材料, 粉碎、匀浆后, 通过向其中人为添加目标药物来进行制备。两者的区别在于前者与实际样品基本

一致, 能够反映药物在动物体内代谢结合的真实情况, 但需要考虑如何用药、何时屠宰、如何选择含有预期浓度目标化合物的合适部位以制作有足够数量的样品等问题; 而后者仅属于实际样品的“模拟状态”, 但其能够基本满足基体效应校正的要求, 并具有制备简单、所得样品均匀性好、目标药物浓度高等特点^[18,19]。

2.2.2 分装与储存

依据标准物质的特性及运输、使用要求选择合适的包装工艺、容器。对于食品类标准物质, 可采用真空复合铜膜。从而隔绝空气、光照, 并降低微生物生长, 防止氧化变质。

2.2.3 均匀性检验

通过检测不同分装后样品和同一瓶内、特定取样量的样品。通过测量结果是否在规定不确定范围内判断特性量值的均匀性。随机取样的个数通常不低于 10, 一般为 10~30 个。均匀性研究的常用方式是单因素方差分析法。

2.2.4 稳定性检验

稳定性是在特定时间范围内及特定的储藏条件下, 标准物质保持其特性量值的能力, 主要包括长期稳定性和短期稳定性, 常指代保存期限内标准物质研制的关键技术能力, 包括阳性样品的筛查、本底水平的确认和筛选、候选物的精准饲喂和种植培养、多梯度多成分标准物质制备、高效前处理和精准测量、测量结果溯源性控制、不确定度评价与控制等。

2.2.5 定值

候选物通过均匀性检验后, 进行准确测量并对测量数据进行系统分析处理即为标准物质的定值。GB/T 15000.7—2001 将标准物质的定值分成以下 4 种基本方式: (1) 单个实验室单个基准方法(重量法、库仑法、滴定法、同位素稀释质谱法、凝固点下降法等)。(2) 单个实验室采用一种或多种独立的标准方法。(3) 由实验室网络用一种或多种可证明其准确度的方法。(4) 由实验室网络, 用特定方法, 只给出该方法评定的特性值。方式(1)常只限于纯品标准物质, 对于大多数基体标准物质的测定, 方式(1)遗落基体影响和/或干扰的风险大, 因此基体标准物质通常最好由不同的实验组采用独立(基准)的方法得到至少 2 组独立的定值结果。

标准物质作为测量标准, 其特性值应能溯源到合适的单位或参考测量标准。与纯品标准物质相比, 基体标准物质情况更复杂, 其测定结果溯源性涉及面远超出实际测量, 尽管特性值的测量本身可通过如校准所用的仪器而溯源到合适的单位, 但基体标准物质还包括样品的转化, 即由一种物理(化学)形态转化为另一种形态的过程, 如破坏样品和提取被测物等。这种转化可通过与某一测量标准(适用时)的比对或在自己之间进行比对。对某些转换, 规定标准方法, 它们可以在定值方案中用以评定与这种转换有关的不确定度。其他情况, 只能通过不同实验室用同一种方

法进行测量来比对。这种情况是通过独立测量结果之间的一致性来实现定值。保证测量结果的溯源性通常采用适宜的测量标准进行校准。建立和证明溯源性这一步达到何种程度取决于这些加料样品的制备方式和赋值。

2.2.6 不确定度评定

标准物质特性值及其不确定度的评定必须建立在合理的均匀性、稳定性评估及定值测量的基础上。基体标准物质必要时,应根据基体标准物质原料、制备与定值过程的变化等重新评定,或通过必要的验证评估确保标准物质特性值及不确定度的持续适用。

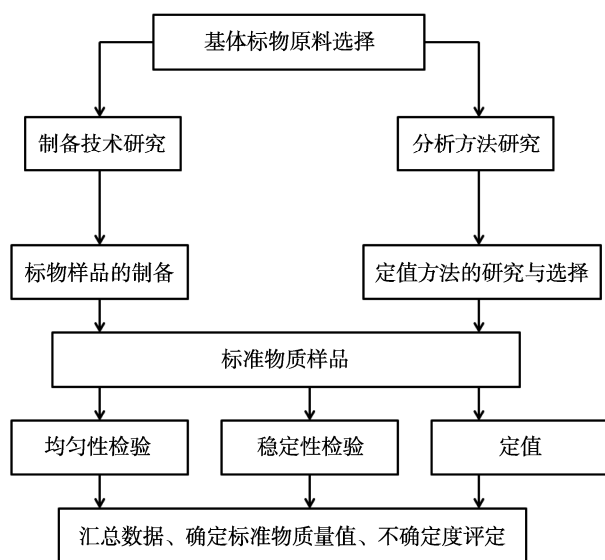


图 1 基体标准物质的研制流程

Fig.1 Development process of matrix reference materials

3 我国食品分析用基体标准物质的现状

自 2006 年起,标准物质,尤其食品标准物质进入高位增长阶段,截至 2018 年,我国食品相关一级标准物质有 145 种,二级标准物质有 452 种,食品基体标准物质研制相对较晚,仅有 96 种,其中有机分析用基体标准物质 24 种(标物号 33 个)^[20-24],见表 1。上海出入境检验检疫局通过对药物在河鲫鱼体内的代谢研究,对含有药物残留的肌肉组织进行匀浆、冷冻干燥和均匀化后加工处理,研制了鱼粉中氯霉素和克伦特罗、沙丁胺醇标准物质,这是我国首个兽药残留基体标准物质,填补了国内食品安全检测领域兽药残留基体标准物质的空白^[25];福建出入境检验检疫局通过对鳗鲡进行药浴给药,使呋喃唑酮在鱼体内代谢,从而使鳗鲡肌肉中含有一定浓度的呋喃唑酮代谢物,研制了鳗鲡肌肉冻干粉中呋喃唑酮代谢物 3-氨基-2-恶唑烷酮残留标准物质,这是我国发布的首个兽药代谢物基体标准物质^[26];上海市计量测试技术研究院以健康安全的猪尿作为空白基体,利用添加的方法,研制一套 4 种浓度水平的猪尿冻干

粉中盐酸克伦特罗标准物,满足了国内外对猪尿中克伦特罗残留实验室的质量控制及方法验证的需求,填补了克伦特罗基体标准物质的空白,为猪尿中克伦特罗残留分析提供了量值溯源的依据^[27]。

表 1 我国食品基体有机物分析用基体标准物质信息表
Table 1 Basic information of matrix reference materials for food matrix organic matter analysis in China

序号	基体标准物质名称	编号
1	蛋黄粉中胆固醇成分分析标准物质	GBW10030
2	婴幼儿配方奶粉中烟酰胺成分分析标准物质(维生素 PP)	GBW10037
3	三文鱼中多氯联苯标准物质	GBW10040
4	金枪鱼中多氯联苯标准物质	GBW10041
5	鱼油中多氯联苯标准物质	GBW10042
6	奶粉中三聚氰胺成分分析标准物质	GBW10059
		GBW10060
		GBW10061
7	蜂蜜中 5-羟甲基糠醛成分分析标准物质	GBW10080
		GBW10081
		GBW10082
8	浓缩苹果汁中拟除虫菊酯类农药成分分析标准物质	GBW10084
9	奶粉中氯霉素成分分析标准物质	GBW10085
10	橙汁中苯甲酸、安赛蜜、糖精钠成分分析标准物质	GBW10110
		GBW10111
11	大豆油脂脂肪酸标准物质	GBW(E)100120
12	菜籽油脂肪酸标准物质	GBW(E)100121
13	花生油脂脂肪酸标准物质	GBW(E)100122
14	葵花籽油脂脂肪酸标准物质	GBW(E)100123
15	玉米油脂脂肪酸标准物质	GBW(E)100124
16	芝麻油脂脂肪酸标准物质	GBW(E)100125
17	鲑鱼中有机氯农药标准物质	GBW(E)100129
18	海鲈鱼中多环芳烃标准物质	GBW(E)100130
19	鳕鱼中指示性多氯联苯标准物质	GBW(E)100131
20	多维元素片中烟酰胺、维生素 B ₂ 及 10 种无机元素成分标准物质	GBW(E)100228
21	婴幼儿配方奶粉中烟酸、维生素 B ₁ 、维生素 B ₂ 、及 9 种无机成分标准物质	GBW(E)100227
22	猪肉粉中克伦特罗成分分析标准物质	GBW10135
		GBW10136
		GBW(E)100364
23	鱼肉粉中氯霉素成分分析标准物质	GBW10137
		GBW(E)100365
24	苹果醋中安赛蜜、山梨酸和日落黄成分分析标准物质	GBW(E)100369
		GBW(E)100370

4 国外食品基体标准物质研究现状

国际标准物质数据库 (Coded Indexation des Matériaux de Référence, COMAR), 是目前全球最大最全的标准物质数据库, 为全球范围内标准物质的研究发展提供了权威的免费资源^[28,29]。COMAR 数据库现收录食品类标准物质 421 种, 乳制品标准物质 51 种。其中, 大部分标准物质的基体为乳粉, 其次为奶酪、奶油、液体乳等, 种类涉及各类营养素、微量元素、维生素、农药残留、微生物毒素、污染物等^[30-33]。

美国国家标准与技术研究院 (National Institute of Standards and Technology, NIST), 通过运用食品中蛋白质、脂肪、碳水化合物的三角关系, 选择有代表性的食品基体开展重点研制, 同时通过不断地补充定值和修订, 提高标准物质所提供特性量值的数量和定值准确性^[34,35]。目前, NIST 单品种食品分析用基体标准物质最多可提供 105 种标准值及有不确定度信息的参考值。其食品分析用基体标准物质的数量与我国和欧盟相比, 虽然不占多数 (为 52 种, 其中有证基体标准物质为 36 种), 但是对各类食品检测基体和检测指标的覆盖性相对较好, 奠定了 NIST 在标准物质研制领域的领先地位。欧盟标准物质以欧洲标准局标准品 (IRMM) 为核心, 具有以欧委会 (Environmental Resources Management, ERM)、欧盟标准局 (European Community Bureau of Reference, BCR)、或 IRMM 开头的标准物质编号。其食品基体标准物质为 209 种, 其中有证基体标准物质为 191 种。

除了美国及欧盟在食品分析用基体标准物质研制和生产方面形成了较大规模外, 英国政府化学家实验室 (Laboratory of the Government Chemist, LGC) 作为英国国家化学计量实验室和商业化食品检测实验室, 现已能提供 51 种食品分析用基体标准物质, 涉及肉类、蔬菜、水果、油脂、饮料、饲料等多种基体。

5 我国食品分析基体标准物质主要存在的问题

我国对基体标准物质的研制比较晚, 生产无形成固定投入, 规模性小^[36-38], 部分年代较久远的标准物质因复制难度大、无稳定的经费渠道或研制单位变迁及人员变更等原因出现断档。如 56 种 GBW 和 GBW(E) 系列的分析检测用基体标准物质中, 1995 年以前研制的标准物质, 撤销、断档或基本断档高达 13 种, 占整体的 23%。

我国食品分析检测用标准物质数量不少, 但重复研制现象较多^[39-41]。如食品的营养成分、添加剂及有毒有害成分等标准物质还远远达不到检测需要, 生物基体中微量有机污染物 (特别是农药、有机金属等环境内分泌干扰物) 标准物质很少甚至没有。另外, 在标准物质的研制结构 (如种类和特性量分布) 方面, 有待调整。目前食品分析用基体标

准物质所提供的特性量相对单一, 大部分集中在无机元素。而有机营养成分、食品添加剂、有机金属、生物毒素、油脂、农药、兽药、生物活性成分、一般特性等特性量方面的基体标准物质匮乏; 另外, 甜料及蜂蜜、兽药残留检测相关的动物代谢物、蛋及蛋制品、饲料、与动物产品中农药、糕点及糖果、巧克力、油脂、籽类和坚果、加工食品、包装材料、膳食补充剂方面的基体标准物质基本是空白^[42-44]。

基体标准物质研制水平与国际先进水平相比, 存在一定差距, 主要体现在标准物质研制的规划设计、制备技术、定值技术等方面。

在当今标准物质国际互认的大趋势下, 复杂食品基体标准物质的生产质量控制及溯源性尤为重要^[45-47]。食品分析用基体标准物质的定值一般采用多家定值模式, 我国有证标准物质首次研制的方法组数一般为 6 组, 与欧盟 (一般为 10~15 组) 相比较少^[47,48]。证书方面, 存在内容过于简单, 溯源性描述不清, 不确定度表示不规范 (如一些标准物质的不确定度以测量平均值标准偏差来表示, 不提供量值不确定度的扩展因子), 多种标准物质在同一张证书上, 证书与所对应的标准物质之间缺乏有效性标志, 出现批号不清的情况等问题。目前国际范围内的标准物质分级制度尚不完善, 用户主要依靠证书上提供的信息判别标准物质的质量和可靠性的情况, 因此, 证书信息不全可能会对我国标准物质的推广、发展及国际互认产生不良影响^[48-50]。与美国 (NIST 有食品分析用标准物质 52 种、58% 的国家校准测量能力 (calibration measurement capability, CMC) 互认能力) 相比, 我国仅为 15 种, 不到 5%, 在逐步实现国际互认的过程中, 标准物质的质量提升工作任重而道远。

6 展 望

食品安全问题已经受到全社会各方面的广泛重视, 这是很好的契机, 应进一步宣传标准物质在食品安全技术保障中的重要作用引起各方面的重视。加强标准物质的规划、科研、生产和管理, 实现标准物质研制的可持续发展。开展技术合作, 联合攻关, 研制急需、有代表性和战略性食品分析用标准物质, 研究新的定值特性量的同时提高定值技术水平, 强化标准权威方法在高端标准物质定值中的应用, 推动高水平标准物质的研制, 带动我国食品分析用标准物质的推广、应用及量值溯源体系的建立。

参考文献

- [1] 全浩, 韩永志. 标准物质及其应用技术第 2 版[M]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
Quan H, Han YZ. Standard substance and its application technology, 2nd Ed [M]. Beijing: China Standard Press, 2002.
- [2] 全国标准物质管理委员会. 标准物质的研制管理与应用[M]. 北京: 全国计量出版社, 2010.

- National Standard Committee for CRM's. Development, management, and application of reference materials [M]. Beijing: National Metrology Press, 2010.
- [3] 张庆合, 卢晓华, 阚莹, 等. 化学测量相关领域标准物质现状与趋势[J]. 化学试剂, 2013, 35(10): 865-870.
Zhang QH, Lu XH, Kan Y, *et al.* Current status and trends of reference materials in chemical measurement related fields [J]. Chem Reag, 2013, 35(10): 865-870.
- [4] 徐蓓, 邵明武, 方向, 等. 同位素稀释质谱法用于 CCQM-K21(鱼油中 P,P'-DDT)关键比对测量[J]. 质谱学报, 2001, 22(4): 24-30.
Xu P, Shao MW, Fang X, *et al.* Isotope dilution mass spectrometry applied for the key comparison of CCQM- K21 (Determination of P,P'-DDT in fish oil) [J]. J Chin Mass Spectr Soc, 2001, 22(4): 24-30.
- [5] 田颖. 食品中多种水溶性维生素的检测与标准物质的研制[D]. 北京: 北京化工大学, 2011.
Tian Y. Determination of various water-soluble vitamins in foods and development of reference materials [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2011.
- [6] GB 5413.14-2010 食品安全国家标准婴幼儿食品和乳品中维生素 B₁₂ 的测定[S].
GB 5413.14-2010 National food safety standard-Determination of vitamin B₁₂ in infant foods and dairy products [S].
- [7] 曹红, 王浩. HPLC 法快速测定婴幼儿配方奶粉中维生素 B₁[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(11): 46-47.
Cao H, Wang H. Rapid determination of vitamin B₁ in infant formula milk powder by HPLC [J]. China Dairy Ind, 2010, 38(11): 46-47
- [8] Noni ID. Reference material needs for quality assessment of milk and dairy products [J]. Accred Qual Assur, 2004, 9(4/5): 226-231.
- [9] Prosekov AY, Ivanova SA. Geoforum food security: The challenge of the present [J]. Geoforum, 2018, (91): 73-77.
- [10] 杨丽君, 王静, 胡巧茹, 等. 动物源基体药物及其代谢物残留冻干粉标准样品制备方法: 中国, 201410418903[P]. 2014-11-19.
Yang LJ, Wang J, Hu QR, *et al.* Preparation of freeze-dried powder of standard samples for animal derived matrix drugs and their metabolites residues: China, 201410418903 [P]. 2014-11-19.
- [11] 杨方, 余孔捷, 李耀平, 等. 用于农、兽药残留分析的基体标准物质研究进展[J]. 化学分析计量, 2009, 18(3):82-85.
Yang F, Yu KJ, Li YP, *et al.* Study progress of matrix preference materials for pesticide and drug residues analysis [J]. Chem Anal Meter, 2009, 18(3): 82-85.
- [12] 尹太坤, 杨方, 刘正才, 等. 鳊鱼肌肉中孔雀石绿代谢物隐性孔雀石绿染料残留标准物质的研制[J]. 水产科学, 2016, 35(3): 272-277.
Yin TK, Yang F, Liu ZC, *et al.* Development of a reference material for leucomalachite green residues in eel muscle [J]. Fish Sci, 2016, 35(3): 272-277.
- [13] 余孔捷, 杨方, 刘正才, 等. 含氟甲喹残留的鳊鱼肌肉糜自然基体标准样品的制备[J]. 色谱, 2011, 29(7): 691-695.
Yu KJ, Yang F, Liu ZC, *et al.* Preparation of natural matrix standard sample of minced eel for quality control of flumequine residue [J]. Chin J Chromatogr, 2011, 29(7): 691-695.
- [14] Ting TL, Sin WM, Ho C, *et al.* The role of metrology in chemistry in the upholding of public health and food safety in Hong Kong [J]. Accred Qual Assur, 2006, 11(4): 172-174.
- [15] 尹太坤, 杨方, 刘正才, 等. 全蛋冻干粉中 4 种苏丹染料残留基体标准物质的研制[J]. 分析实验室, 2015, 34(11):1286-1290.
Yin TK, Yang F, Liu ZC, *et al.* Preparation of matrix reference material for Sudan residues in freeze-dried egg powder [J]. Chin J Anal Lab, 2015, 34(11): 1286-1290.
- [16] 黄超群, 谢文, 侯建波, 等. 蜂王浆冻干粉中甲硝唑残留标准样品制备的研究[J]. 分析测试学报, 2013, 32(4): 512-518.
Huang CQ, Xie W, Hou JB, *et al.* Preparation of reference material for metronidazole residue in royal jelly powder [J]. J Instrum Anal, 2013, 32(4): 512-518.
- [17] 余孔捷, 刘正才, 黄杰, 等. 含喹诺酮类多残留鳊糜自然基体标准样品快速制备[J]. 分析实验室, 2015, 34(2): 182-185.
Yu KJ, Liu ZC, Huang J, *et al.* Fast production of natural matrix reference material minced eel with quinolone multi residues [J]. Chin J Anal Lab, 2015, 34(2): 182-185.
- [18] 孙兴权, 李莉, 高世光, 等. 己烯雌酚动物源自然基体标准物质研究进展[J]. 化学试剂, 2015, 37(11): 1005-1014.
Sun XQ, Li L, Gao SG, *et al.* Progress of natural-matrix diethylstilbestrol standard reference material for animal origin [J]. Chin J Chem Reag, 2015, 37(11): 1005-1014.
- [19] Li X, Zhang Q, Li H, *et al.* CCQM-K103 key comparison melanine in milk powder [J]. Metrologia, 2017, 54(1A): 8018.
- [20] 李秀琴, 逯海, 李红梅, 等. 食品安全化学计量技术与标准物质发展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(15): 3891-3896.
Li XQ, Lu H, Li HM, *et al.* Development of food safety chemical metrology technology and standard material [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(15): 3891-3896.
- [21] 国家标准物质资源共享平台[EB/OL]. <http://www.ncrm.org.cn>. Standard material resources sharing platform [EB/OL]. <http://www.ncrm.org.cn>.
- [22] 王浩堃. 建立国家标准物质信息系统及其与 COMAR 的国际多边合作[J]. 现代计量测试, 1994, 12(5): 37-42.
Hao HK. Establishing a national standard material information system and its international cooperation with COMAR [J]. Mod Meas Test, 1994, 12(5): 37-42.
- [23] 韩永志. 标准物质手册[M]. 北京: 中国计量出版社, 1998.
Han YZ. Standard substances handbook [M]. Beijing: China Metrology Press, 1998.
- [24] 荆新艳, 李萍, 杨学林, 等. 国内标准物质概况及重点领域发展现状[J]. 化学分析计量, 2017, 26(6): 120-124.
Jing XY, Li P, Yang XL, *et al.* Overview of domestic standard materials and development status of key areas [J]. Chem Anal Meterag, 2017, 26(6): 120-124.
- [25] 郭德华, 邓晓军, 李波, 等. 鱼粉中氯霉素和克仑特罗、沙丁胺醇标准物质研制和定值[J]. 分析化学, 2008, 36(9): 1221-1227.
Guo DH, Deng XJ, Li B, *et al.* Preparation, Testing and certification of reference materials for chloramphenicol and β -agonist in fish powder [J]. Chin J Anal Chem, 2008, 36(9): 1221-1227.
- [26] 杨方, 杨守深, 卢声宇, 等. 鳊鱼肌肉冻干粉中呋喃唑酮代谢物 3-氨基-2-噁唑烷酮残留标准物质的研制[J]. 分析化学, 2010, 38(3): 397-400.
Yang F, Yang SS, Lu SY, *et al.* Preparation and certification of reference materials for 3-amino-a-oxazolidinone residue in eel muscle lyophilisates [J]. Chin J Anal Chem, 2010, 38(3): 397-400.

- [27] 李兰英, 许丽, 徐勤, 等. 猪尿冻干粉中盐酸克伦特罗标准物质的研制 [J]. 中国测试, 2014, 40(2): 49–52.
Li LY, Xu L, Xu Q, *et al.* Development of reference materials of clenbuterol hydrochloride in swine urine lyophilisate [J]. China Measur Test, 2014, 40(2): 49–52.
- [28] 王巧云. 国际标准物质数据库 COMA 及有证标准物质 [J]. 岩矿测试, 2014, 33(2): 155–167.
Wang QY. The international database for certified reference materials (COMAR) [J]. Rock Min Anal, 2014, 33(2): 155–167.
- [29] COMAR. International database for certified referencematerials [DB/OL]. 2012. <http://www.comar.bam.e.cn/>.
- [30] BAM. Certified reference materials catalogue [M]. Germany: BAM, 2017.
- [31] Gandre RLDP, SantosALSD, Santos PPBD, *et al.* Production and evaluation of a reference material for moisture, ash, and total fat mass fractions, and titratable acidity in whole milk powder [J]. Accred Qual Assur, 2016, 21(1): 47–55
- [32] Olivares IRB, Souza GB, Nogueira ARA, *et al.* Trends in analytical chemistry trends in developments of certified reference materials for chemical analysis-Focus on food, water, soil, and sediment matrices [J]. Trend Anal Chem, 2018, (100): 53–64.
- [33] Phillips M. Best food reference material challenge [J]. Anal Bioanal Chem, 2018, (410): 2451–2452.
- [34] Munton E, Liu FH, Murby EJ, *et al.* Certification of steroid carbon isotope ratios in a freeze-dried human urine reference material [J]. Drug Test Anal, 2012, 4(12): 928–933.
- [35] National Institute of Standards and Technology (NIST) of the United States. Standard reference materials [DB/OL]. <https://www-s.nist.gov/srmors/>.
- [36] GB 2762-2005 食品中污染物限量标准[S].
GB 2762-2005 Limitation standards for food contaminants [S].
- [37] FDA. Prohibits use of antiviral drugs in poultry to help keep drugs effective for humans [EB/OL]. [2009-6-18]. <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/2006/ucml08620.htm>
- [38] 国际计量局. KCDB 数据库[EB/OL]. <http://kcdb.bipm.org>.
International Bureau of Weights and Measures. KCDB database [EB/OL]. <http://kcdb.bipm.org>.
- [39] 朱红激. 浅谈药品标准物质/标准样品 [J]. 化学试剂, 2017, 39(4): 379–384
Zhu HJ. Discussion on drug reference materials/standard samples [J]. Chin J Chem Reag, 2017, 39(4): 379–384
- [40] 陈钰, 程义斌, 孟凡敏, 等. 国内外标准物质发展现状 [J]. 环境卫生学杂志, 2017, 7(2): 156–163.
Chen Y, Cheng YB, Meng FM, *et al.* Development status of reference materials at home and abroad [J]. J Environ Hyg, 2017, 7(2): 156–163.
- [41] 卢晓华, 汪斌, 郭敬, 等. 2015-2016 国家有证标准物质资源发展分析 [J]. 中国计量, 2017, (3): 82–85.
Lu XH, Wang B, Guo J, *et al.* Development status of certified reference material in 2015-2016 [J]. China Metrol, 2017, (3): 82–85.
- [42] 汪斌, 卢晓华, 孟凡敏. 2001 年以来我国标准物质发展状况概述 [J]. 中国计量, 2009, 166(9): 71–72.
Wang B, Lu XH, Meng FM. An overview of the development of China's reference materials since 2001 [J]. China Meas, 2009, 166(9): 71–72.
- [43] Derrell J, Mitzi R, Tamara T, *et al.* Development challenges in the preparation of solution-based phytochemical and vitamin certified reference materials [J]. Anal Bioanal Chem, 2013, (405): 4345–4352.
- [44] 李红梅, 马联弟, 徐锐锋. 建立我国食品安全计量溯源体系实现食品检测数据的有效与可比 [J]. 中国计量, 2009, (9): 32–34.
Li HM, Ma LD, Xu RF. Development of food safety traceability system to realize the efficiency and comparability of detection results [J]. Chin Metrol, 2009, (9): 32–34.
- [45] Olivares IRB, Souza GB, Nogueira ARA, *et al.* Trends in analytical chemistry trends in developments of certified reference materials for chemical analysis-Focus on food, water, soil, and sediment matrices [J]. Trend Anal Chem, 2018, (100): 53–64.
- [46] Niu Z, Zhang W, Yu C, *et al.* Trends in analytical chemistry recent advances in biological sample preparation methods coupled with chromatography, spectrometry and electrochemistry analysis techniques [J]. Trend Anal Chem, 2018, (102): 123–146.
- [47] ISO 2006. Guide 35-Reference materials-General and statistical principles for certification [S].
- [48] 刘新民, 赵燕, 徐文见. 德国计量工作状况及对我国计量发展的借鉴 [J]. 中国计量, 2008, 149(4): 49–51.
Liu XM, Zhao Y, Xu WJ. The status of metrological work in Germany and its reference to China's metrological development [J]. China Metrol, 2008, 149(4): 49–51.
- [49] GB/T 6379.2-2004 测量方法与结果的准确度第 2 部分: 确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法[S].
GB/T 6379.2-2004 Accuracy of measurement methods and results-part 2: basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method [S].
- [50] 王清君, 孙磊, 刘峰, 等. 标准物质的发展和挑战与数字化新形式 [J]. 中国药学杂志, 2016, 51(18): 1537–1544.
Wang QJ, Sun L, Liu F, *et al.* Development and challenge of standard substances and new digital forms [J]. Chin Pharm J, 2016, 51(18): 1537–1544

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介

刘素丽, 硕士, 药师, 主要研究方向为食品化妆品质量分析研究。
E-mail: 419005378@qq.com

钮正睿, 副主任药师, 主要研究方向为食品质量与安全。
E-mail: liuhy@hsc.pku.edu.cn