



“十三五”普通高等教育规划教材

食品质量与安全检验实验

Shipin Zhiliang Yu Anquan Jianyan Shiyan (第二版)

余以刚 肖性龙 主编



中国质检出版社
中国标准出版社



“十三五”普通高等教育规划教材

Shipin Zhiliang Yu Anquan
Jianyan Shiyan

食品质量与安全 检验实验

(第二版)

余以刚 肖性龙 主编



中国质检出版社
中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

食品质量与安全检验实验/余以刚,肖性龙主编. —2版. —北京:中国质检出版社,2016.8
ISBN 978-7-5026-4329-4

I. ①食… II. ①余… ②肖… III. ①食品安全—食品检验—实验 IV. ①TS207.3-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第167768号

内 容 提 要

食品质量与安全检验实验(第二版)是讲述与食品质量及安全相关分析检测实验的专业教材,内容包括食品检验与分析实验的基本知识、食品的物理检验、食品中一般成分含量的测定、食品添加剂含量的检测、有害有毒元素的检测、食品中污染物、有害残留物含量的检测、食品腐败变质和天然毒素的检测、食源性致病菌快速检测方法和综合训练实验等。

本教材适用于高等院校食品质量与安全专业、食品科学与工程专业的教师与学生,同时,对从事食品检验、生产与研究的工程技术人员也有重要的参考价值。

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本787×1092 1/16 印张18.5 字数470千字

2016年8月第二版 2016年8月第二次印刷

*

定价:39.00元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

编 委 会

- 主 编 余以刚 (华南理工大学)
肖性龙 (华南理工大学)
- 副主编 王小玉 (珠海出入境检验检疫局)
李 蓉 (中山出入境检验检疫局)
林福兰 (华南理工大学)
- 参 编 姚卫蓉 (江南大学)
欧仕益 (暨南大学)
曾庆祝 (广州大学)
叶盛权 (广东海洋大学)
雷红涛 (华南农业大学)
于 辉 (仲恺农业工程学院)
易翠平 (长沙理工大学)
杨 丽 (华南理工大学)
曹湛慧 (广东海洋大学)
张朋杰 (中山出入境检验检疫局)
杨 芳 (中山出入境检验检疫局)
卢俊文 (中山出入境检验检疫局)
彭碧宁 (珠海出入境检验检疫局)
吴洁珊 (珠海出入境检验检疫局)
彭玉芬 (珠海出入境检验检疫局)
姚丽锋 (珠海出入境检验检疫局)

前 言

• FOREWORD •

食品质量与安全关系国计民生。我国食品安全事件时有发生，严重影响消费者身体健康、生命安全和企业形象。食品质量与安全问题涉及面非常广，普及和推广相关检测知识非常重要。

本书从教学、科研和生产实际出发，以国家标准为主要依据，概述了食品检验与分析实验的基本知识、食品的物理检验、食品中一般成分含量的测定、食品添加剂含量的检测、有害有毒元素的检测、食品中污染物、有害物的检测、食品腐败变质和天然毒素的检测、食源性致病菌快速检测方法和综合训练实验等。

本书由余以刚、肖性龙任主编，王小玉、李蓉、林福兰任副主编。全书共分九章，编写分工如下。

第一章由广州大学曾庆祝和暨南大学欧仕益编写，第二章由华南理工大学林福兰、杨丽和中山出入境检验检疫局张朋杰编写，第三章由华南理工大学肖性龙、杨丽和中山出入境检验检疫局杨芳编写，第四章由珠海出入境检验检疫局彭碧宁和吴洁珊、华南理工大学余以刚和中山出入境检验检疫局李蓉、卢俊文编写，第五章由广东海洋大学

叶盛权、曹湛慧和广州大学曾庆祝编写，第六章由珠海出入境检验检疫局彭玉芬和华南理工大学余以刚编写，第七章由仲恺农业工程学院于辉和华南农业大学雷红涛编写，第八章由珠海出入境检验检疫局王小玉、姚丽锋和长沙理工大学易翠平编写，第九章由华南理工大学余以刚和江南大学姚卫蓉编写。

在《食品质量与安全检验实验（第二版）》编写过程中曾得到珠海出入境检验检疫局冯家望、东莞出入境检验检疫局邱杨等多位同行的热心帮助和指导，华南理工大学研究生余祥雄、王成和张青同学对本书的校稿做出重要贡献，在此对各位的帮助深表谢意。

由于编写人员业务水平有限，书中内容难免有不妥之处，敬请读者批评指正，更希望与我们进行探讨与交流。本书可作为轻工、农林、水产、商业及综合院校食品质量与安全及食品科学与工程专业本科生、研究生的教材或参考用书。也可供食品工业、食品添加剂行业从事科研开发的工程技术人员和质检部门的检测人员参考使用。

编 者

2016 年 7 月

目 录

• CONTENTS •

第一章 检验与分析实验的基本知识	(1)
第一节 食品检验与分析实验室的基本要求	(1)
第二节 实验室安全及防护知识	(2)
第三节 常用试剂的使用及配制方法	(5)
第四节 食品检验与分析实验中的一般规则	(11)
第五节 检验结果的数字修约规则与数据处理	(15)
第二章 食品的物理检验	(19)
第一节 食品的物理检验法	(19)
实验 2-1 液态食品的相对密度值的测定	(19)
实验 2-2 折光法在食品分析中的应用	(22)
实验 2-3 旋光法在食品分析中的应用	(25)
第二节 食品的物性测定	(28)
实验 2-4 液态食品黏度的测定(旋转黏度计法)	(28)
实验 2-5 食品质构的测定	(30)
实验 2-6 植物油色泽的测定	(34)
实验 2-7 红曲色素色价的测定	(36)
第三章 食品中一般成分含量的测定	(38)
第一节 食品中水分含量的测定	(38)
实验 3-1 直接干燥法测定食品中水分含量(干燥失重)	(38)
实验 3-2 减压干燥法测定食品中水分含量	(40)
第二节 食品中水分活度值的测定	(41)
实验 3-3 A_w 测定仪法测定食品中水分活度值	(41)
实验 3-4 扩散法测定食品中水分活度值	(43)

第三节 食品中灰分含量的测定	(45)
实验 3-5 质量分析法测定食品中总灰分含量	(45)
第四节 食品中酸度的测定	(48)
实验 3-6 滴定法测定鲜橙粉中总酸度	(48)
实验 3-7 自动电位滴定法测定酱油中总酸	(50)
第五节 食品中脂肪含量的测定	(53)
实验 3-8 索氏抽提法测定食品中粗脂肪的含量	(53)
实验 3-9 巴布科克法测定鲜牛乳中总脂肪含量	(55)
第六节 食品中糖类物质的测定	(57)
实验 3-10 直接滴定法测定食品中还原糖含量	(57)
实验 3-11 高锰酸钾滴定法测定食品中还原糖含量	(61)
实验 3-12 水杨酸比色法测定食品中还原糖含量	(64)
实验 3-13 蒽酮比色法测定食品中总糖含量	(65)
实验 3-14 苯酚-硫酸比色法测定樱桃酒中总糖含量	(66)
第七节 食品中蛋白质和氨基酸含量的测定	(68)
实验 3-15 微量凯氏定氮法测定食品中蛋白质含量	(68)
实验 3-16 自动凯氏定氮法测定食品中蛋白质含量	(71)
实验 3-17 考马斯亮蓝法 (Bradford 法)	(74)
实验 3-18 电位滴定法测定食品中氨基酸总量	(76)
第八节 食品中维生素的测定	(78)
实验 3-19 2,4-二硝基苯肼比色法测定食品中抗坏血酸总量	(78)
实验 3-20 固蓝盐比色法测定还原型抗坏血酸	(80)
实验 3-21 2,6-二氯酚酚滴定法测定食品中还原型抗坏血酸	(83)
实验 3-22 自动电位滴定法测定果汁中维生素 C 含量	(85)
实验 3-23 纸层色谱法测定食品中胡萝卜素含量	(88)
实验 3-24 高效液相色谱法测定胡萝卜素含量	(91)

第四章 食品添加剂含量的检测

第一节 食品中甜味剂和防腐剂的检测	(94)
实验 4-1 薄层色谱法检测饮料中糖精钠含量	(94)
实验 4-2 高效液相色谱法测定食品中糖精钠的含量	(97)
实验 4-3 气相色谱法测定山梨糖醇含量	(99)
实验 4-4 紫外分光光度法测定食品中苯甲酸的含量	(100)
实验 4-5 气相色谱法检测苯甲酸、山梨酸的含量	(103)
实验 4-6 薄层色谱法检测苯甲酸、山梨酸的含量	(105)
第二节 食品发色剂的检测	(107)
实验 4-7 盐酸萘乙二胺比色法检测亚硝酸盐的含量	(107)

实验 4-8	镉柱法检测硝酸盐的含量	(110)
实验 4-9	紫外分光光度法测定水中硝酸盐氮	(114)
第三节	食品中色素的检测	(117)
实验 4-10	高效液相色谱法测定食用合成色素	(117)
实验 4-11	薄层层析法测定合成色素	(120)
第四节	食品中漂白剂的检测	(123)
实验 4-12	盐酸副玫瑰苯胺比色法测定食品中二氧化硫含量	(123)
实验 4-13	自动电位滴定法测定酒中二氧化硫含量	(126)
第五节	食品中抗氧化剂的测定	(128)
实验 4-14	气相色谱法测定食品中抗氧化剂“BHA”与 “BHT”的含量	(128)
实验 4-15	薄层层析法检测食品 BHT、BHA 的含量	(131)
第五章	食品中有害有毒元素的检测	(134)
实验 5-1	原子吸收光谱法测定食品中铜含量	(134)
实验 5-2	溶液萃取比色法测定食品中铜的含量	(136)
实验 5-3	电化学分析法测定食品中铜、铅的含量	(138)
实验 5-4	微分脉冲极谱法测定饮用水中的镉离子	(140)
实验 5-5	食品中总汞含量检测	(141)
第六章	食品中污染物、有害残留物含量的检测	(148)
实验 6-1	食品中邻苯二甲酸酯的测定	(148)
实验 6-2	荧光分光法测定肉制品中苯并(a)芘含量	(153)
实验 6-3	目测比色法测定肉制品中苯并(a)芘的含量	(156)
实验 6-4	气相色谱法测定食品中有机氯农药残留量	(157)
实验 6-5	气相色谱法测定食品中有机磷农药残留量	(161)
实验 6-6	胆碱酯酶抑制法测定有机磷农药残留	(164)
实验 6-7	高效液相色谱法测定畜禽肉中土霉素、四环素、 金霉素残留量	(168)
实验 6-8	变色酸法快速定性检测水发食品中的甲醛	(171)
实验 6-9	高效液相色谱法定量检测水发食品中甲醛	(173)
实验 6-10	高效液相色谱法测定非食用色素(苏丹红染料)的 含量	(175)
实验 6-11	食品中反式脂肪酸的测定: 气相色谱法	(178)
实验 6-12	液相色谱-质谱联用检测原料乳与乳制品中 三聚氰胺	(185)

实验 6-13 食品中三唑锡和三环锡残留量的检测方法 气相色谱-质谱法	(189)
第七章 食品腐败变质和天然毒素的检测	(195)
实验 7-1 挥发性盐基氮的检测	(195)
实验 7-2 水产品中组胺的测定	(197)
实验 7-3 马铃薯毒素的检测	(198)
实验 7-4 酶联免疫法检测食品中的黄曲霉毒素 B ₁ (试剂盒方法)	(199)
实验 7-5 薄层层析法检测食用油中黄曲霉毒素 B ₁	(202)
第八章 食源性致病菌快速检测方法	(207)
实验 8-1 实时荧光 PCR 检测食品中金黄色葡萄球菌	(207)
实验 8-2 实时荧光 PCR 检测食品中的副溶血性弧菌	(210)
实验 8-3 恒温核酸扩增 (LAMP) 法检测食品中金黄色 葡萄球菌	(214)
第九章 综合训练实验	(220)
综合实验 9-1 麦芽质量指标的测定	(220)
综合实验 9-2 乳品质量与安全的检测	(227)
综合实验 9-3 食用植物油脂质量与安全检测	(240)
综合实验 9-4 原子吸收光谱法测定食品中铅、镉、铬等有害 金属元素 (石墨炉法)	(254)
综合实验 9-5 饮料中糖精钠和苯甲酸含量	(258)
综合实验 9-6 掺伪蜂蜜的鉴别检验	(262)
综合实验 9-7 荧光 PCR 定性检测植物及其加工食品中植物性转 基因成分	(265)
附录	(270)
参考文献	(284)

第一章 检验与分析实验的基本知识

第一节 食品检验与分析实验室的基本要求

食品检验与分析实验室是食品分析课程、食品安全与质量教学中实践教学的重要场所,除了应达到一般教学实验室所应具备的基本要求之外,还应符合食品分析、食品安全与质量所具备的一些特殊要求。

一、食品检验与分析实验室的实验教学条件要求

根据专业实验教学的特点,食品检验与分析实验室除了从事食品检验与分析实验教学之外,还应具备从事以现行国家标准以及地方、行业、企业等标准规定的检验方法对食品的质量、安全进行分析评价,并且承担科研、课外科技创新活动,综合性、设计性实验等任务。按照教学需要,应将实验室分设为化学分析室、若干功能仪器分析室、药品室、预备室等。

(一) 化学分析室

(1) 化学分析室应具备采光良好、排风好,上下水通畅的条件,是一次可容纳 15 ~ 30 人实验教学的场所。每个学生应独立操作一套基本仪器设备,实验台桌可以是单边的也可以是双边的,每人所占实验台桌宽度不小于 600mm,长度不小于 1 000mm,两实验台桌之间的距离不应小于 1 300mm。

(2) 化学分析室内应设有充足的洗水池和水龙头,并设有通风厨、排气扇和各种电源插座。

(二) 精密仪器室

仪器室可根据仪器的功能、精密程度设立若干功能室,例如气相色谱室、高压液相色谱室、光学分析仪器室、原子吸收仪器室等。要求具有防震、防潮、防腐蚀、防尘和防有害、易燃、易爆气体等特点。温度应保持在 15 ~ 30℃,湿度在 65% ~ 75%。仪器台应稳固,有稳压和清洁的独立电源。

二、食品检验与分析实验室的管理

食品检验与分析实验室应配备有专职的实验人员,负责实验室的日常管理和开设教学实验。

(1) 实验管理人员应具有相应的学历和职称,熟悉业务范围内的试剂药品和仪器设备的性能、使用和维护等知识。能指导教学大纲要求的全部实验,并能指导学生的课外科技创新活动实验。

(2) 实验室内有完善的管理规章制度,包括“实验室工作守则”、“实验室安全、防火、卫生守则”、“实验室物质管理规定”、仪器使用说明等,并有相应的责任人和管理条例。



(3) 实验室应逐步实行对单位内开放、对全体学生开放、对社会开放,不断提高综合使用效率,使之成为教学、科研、实习的重要人才培养基地。

三、食品检验与分析实验的基本要求

(一) 对实验预习的要求

实验前做好充分的准备工作是十分重要的。

在做一个实验前,学生必须仔细阅读有关的教材(实验的原理、步骤和用到的实验技术),查阅手册或其他参考书。

要做到:弄懂这次实验要做什么,怎样做,为什么这样做,不这样做行不行,还有什么方法等。对所用的仪器装置做到能叫出每件仪器的名称,了解仪器的原理、用途和正确的操作方法,可否用其他仪器代替等。并在实验记录本上写好预习笔记。

预习笔记的内容要求简单明了。用图表形式列出整个实验步骤的流程,设计好原始记录表格。

(二) 对实验记录的要求

每个学生都必须准备一本实验记录本,并编上页码,不能用活页本或零星纸张代替。不准撕下记录本的任何一页。如果写错了,可以用笔勾掉,但不能涂抹或用橡皮擦掉。写好实验记录是从事科学实验的一项重要训练。

在实验记录本上做预习笔记、实验记录和总结讨论。待全部实验完成后交给教师评阅作为考核资料之一。

(三) 对实验过程的要求

在实验过程中,实验者必须遵守实验守则,严格执行实验操作规程,养成一边进行实验一边直接在记录本上作记录的习惯,不许事后凭记忆补写,或以零星纸条暂记再转抄。记录的内容包括实验的全部过程和所观察到的现象。记录要求实事求是,准确反映真实的情况,特别是当观察到的现象和预期的不同以及操作步骤与教材规定的不一致时,要按照实际情况记录清楚,以便作总结讨论的依据。应该牢记,实验记录是原始资料,科学工作者必须重视。

(四) 对实验报告的要求

写好实验报告是完成实验的一个必不可少的重要环节。实验报告应包括以下项目:实验名称、实验日期、简明实验原理、实验仪器及试剂、主要实验步骤或主要实验条件、实验数据及其计算过程、结果及讨论等。对实验结果的分析与讨论是实验报告的重要部分,其内容虽无固定模式,但是可涉及诸如对实验原理的进一步深化理解。如做好实验的关键、失败的教训及自己的体会、实验现象的分析和解释、结果的误差分析以及对该实验的改进意见等各个方面。可就其中体会较深者讨论一项或几项。

第二节 实验室安全及防护知识

实验室的安全是头等大事,凡进入实验室工作的人员(包括教师、实验员、学生)都必须有

高度的安全意识,严格遵守操作规程和规章制度,时刻保持警惕,避免发生事故。

一、实验室危险性种类

(一) 易燃、易爆危险

实验室内因存有易燃、易爆等化学危险品,以及高压气体钢瓶、低温液化气体,并可能进行蒸馏、干燥、浓缩等操作,如果操作不当或没有遵守安全操作规定,有可能导致安全事故的发生。

(二) 有毒气体危险

在食品检验与分析实验中,经常使用各种有机溶剂和具有挥发性的有毒、有害试剂,实验过程中也可能产生有毒气体和腐蚀性气体,如不注意,都有引起中毒的可能。

(三) 机械伤害危险

分析实验中经常涉及安装玻璃仪器、连接管道、接触运转中的设备等,操作者疏忽大意或思想不集中是导致事故发生的主要原因。

(四) 触电危险

实验室经常接触电气设备及高压仪器设备,用电安全必须时刻注意。

(五) 其他危险

涉及放射性、微波辐射、电磁、电场的工作场所应有适当的防护措施,防止泄漏及对环境造成伤害。

二、实验室通用安全守则

为保障实验室人身及设备仪器安全,遵守下列安全守则是必要的。

(1) 实验室人员必须熟悉仪器、设备的性能和使用方法,按规定要求进行操作。

(2) 凡进行危险性实验,实验人员应首先检查防护措施,确认防护妥当后,才可进行操作。实验过程中操作人员不得擅自离开,实验完成后立即做好善后清理工作,并作出记录。

(3) 凡有毒或有刺激性气体发生的实验,应在通风柜内进行,做好个人防护,不得把头部伸进通风柜内。

(4) 凡接触或使用腐蚀和刺激性药品,如强酸、强碱、氨水、过氧化氢、冰醋酸等,取用时尽可能佩戴橡皮手套和防护眼镜,瓶口不要直接对着人,禁用裸手直接拿取上述物品。开启有毒气体容器时应带防毒面具。

(5) 不使用无标签(或标志)容器盛放的试剂、试样。

(6) 实验中产生的有毒、有害废液、废物应集中处理,不得任意排放或流入下水道。酸、碱或有毒物品溅落时,应及时清理及除毒。

(7) 严格遵守安全用电规程。不使用绝缘不良或接地不良的电气设备,不准擅自拆修电器。

(8) 安装可能发生破裂的玻璃仪器时,要用布巾包裹。往玻璃管上套橡皮管时,管口应烧圆滑,并用水或甘油润滑,防止玻璃管破裂割伤手。

(9) 实验完毕,实验人员应养成洗手离开的习惯。实验室内禁止吸烟和存放食物、食具(食品感官鉴评实验室例外)。

(10) 实验室应配备消防器材。实验人员要熟悉其使用方法并掌握有关的灭火知识。

(11) 实验结束,人员离室前要检查水、电、燃气和门窗,确保安全,并作好登记。

三、常见的实验室事故急救和处理

(一) 实验室灭火

实验室发生火灾的危险具有普遍性。如果万一发生火灾,切忌惊慌失措,在拨打 119 报警电话的同时,如能在火灾发生的初期采取适当的措施,可以将损失大大减少。实验室灭火的原则是:移去或隔绝燃料的来源,隔绝空气(氧气),降低温度。对不同物质引起的火灾,应采取不同的扑救方法。

(1) 防止火势蔓延,首先切断电源,熄灭所有加热设备,快速移去附近的可燃物质,关闭通风装置,减少空气流通。

(2) 立即扑灭火焰,设法割断空气,使温度下降到可燃物的着火点以下。

(3) 火势较大时,可用灭火器扑救。常用的灭火器有以下几种:二氧化碳灭火器,用以扑救电器、油类和酸类火灾,不能扑救钾、钠、镁、铝等物质火灾;泡沫灭火器,适用于有机溶剂、油类着火,不宜扑救电器火灾;干粉灭火器,适用于扑灭油类、有机物、遇水燃烧物质的火灾;1211 灭火器,适用于扑救油类、有机溶剂、精密仪器、文物档案等火灾。

水是最常用的灭火手段,但在下列情况下应注意:能与水发生猛烈作用的物质失火时,不能用水灭火;比水轻,不溶于水的易燃与可燃液体着火时,不能用水灭火;电气设备及电线着火时,首先用四氯化碳灭火剂灭火,电源切断后才能用水扑救。严禁在未切断电源前用水或泡沫灭火剂扑救。

(二) 化学物质中毒及灼伤的急救

(1) 有毒气体的中毒:常见有毒气体有氯气、硫化氢、氮氧化物、一氧化碳等。如果一旦发生中毒,要立即离开现场,将中毒者抬到空气新鲜处,报警或送医院急救。

(2) 强酸、强碱灼伤:受到硫酸、盐酸、硝酸伤害时,立即用大量水冲洗,然后用 2% 的小苏打水冲洗患处;受到 NaOH、KOH 溶液伤害时,迅速用大量水冲洗,再用 2% 稀醋酸或 2% 硼酸充分洗涤患处。遇有衣服粘连在皮肤上,切忌撕开或揭开,以防破坏皮肤组织,大量冲水后再送医院由医生处理。

(3) 触电的急救:遇到人身触电事故时,必须保持冷静,立即拉下电闸断电,或用木棍将电源线拨离触电者。千万不要徒手和脚底无绝缘体情况下去拉触电者。如人在高处,要防止切断电源后把人摔伤。脱离电源后,检查伤员呼吸和心跳情况。若呼吸停止,立即进行人工呼吸,并报警呼救。

第三节 常用试剂的使用及配制方法

一、试剂的纯度

食品理化检验使用的试剂除特别注明外,一般为分析纯试剂。乙醇除特别注明外,系指95%的乙醇。水除特别注明外,均为蒸馏水或去离子水。常用的酸碱试剂有盐酸、硫酸、硝酸、磷酸及氨水等,如果没有指明浓度,即为市售的浓盐酸、浓硫酸、浓硝酸、浓磷酸及浓氨水等。常用的市售酸碱试剂见表1-1。

表1-1 常用酸碱试剂

试剂名称	分子式	相对分子质量 M_r	密度 $\rho/(g/mL)$	质量分数 $w/\%$	物质的量浓度 $c_B/(mol/L)$
硫酸	H_2SO_4	98.8	1.84	96~98	18(H_2SO_4)
盐酸	HCl	36.46	1.19	36~38	12(HCl)
硝酸	HNO_3	63.01	1.42	65~68	16(HNO_3)
磷酸	H_3PO_4	98.00	1.69	85	15(H_3PO_4)
冰乙酸	CH_3COOH	60.05	1.05	99	17(CH_3COOH)
乙酸	CH_3COOH	60.05	1.04	36	6.3(CH_3COOH)
氨水	$NH_3 \cdot H_2O$	17.03	0.9	25~28	15($NH_3 \cdot H_2O$)

二、物质浓度的表示

混合物中或溶液中某物质的含量通常有以下几种表示方法,可用于试剂的浓度或分析结果的表达。

(1)质量分数(%):系指溶质的质量与溶液的质量之比,可用符号 w_B 表示,B代表溶质。如 $w(HCl) = 37\%$,表示100g溶液中含有37g氯化氢。如果分子和分母的质量单位不同,则质量分数应加上单位,如:mg/g、 $\mu g/g$ 等。

(2)体积分数(%):系指在相同的温度和压力下,溶质的体积与溶液的体积之比,可用符号 φ_B 表示,B代表溶质。如: $\varphi(CH_3CH_2OH) = 80\%$,表示100mL溶液中含有80mL无水乙醇。

(3)质量浓度(g/L):系指溶质的质量与溶液的体积之比,可用符号 ρ_B 表示,B代表溶质。如 $\rho(NaOH) = 10g/L$,指1L溶液中含有10g氢氧化钠。 $\rho(NaOH) = 10g/100mL$,指100mL溶液中含有10g氢氧化钠。当浓度很稀时,可用mg/L、 $\mu g/L$ 、ng/L表示。

(4)物质的量浓度(mol/L):指溶质的物质的量与溶液的体积之比,可用符号 c_B 表示,B代表溶质。如 $c(H_2SO_4) = 1mol/L$,表示1L溶液中含有1mol H_2SO_4 。

(5)比例浓度:系指溶液中各组分的体积比。如:正丁醇-氨水-无水乙醇(7:1:2),指7体积正丁醇、1体积氨水和2体积无水乙醇混合而成的溶液。

(6)滴定度(g/mL):系指1mL标准溶液相当于被测物的质量,可用 $T_{S/X}$ 表示,S代表滴定剂(标准溶液)的化学式,X代表被滴定剂(待测溶液)的化学式。如 $T(HCl/Na_2CO_3) = 0.005316g/mL$,表示1mL盐酸标准溶液相当于0.005316g碳酸钠。

《中华人民共和国计量法》规定,国家采用国际单位制。国家计量局于 1984 年 6 月 9 日颁布了《中华人民共和国法定计量单位使用方法》。因此,食品分析中所用的计量单位均应采用中华人民共和国法定计量单位、法定的名称及其符号。分析检测中常用的量及其单位的名称和符号见表 1-2。

表 1-2 分析检测中常用的量及其单位的名称和符号

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	倍数与分数单位
物质的量	n_B	摩[尔]	mol	mmol 等
质量	m	千克	kg	g, mg, μ g 等
体积	V	立方米	m^3	L(dm^3), mL 等
摩尔质量	M_B	千克每摩[尔]	kg/mol	g/mol 等
摩尔体积	V_B	立方米每摩[尔]	m^3/mol	L/mol 等
物质的量浓度	c_B	摩[尔]每立方米	mol/ m^3	mol/L 等
质量分数	w_B	—	%	—
质量浓度	ρ_B	千克每立方米	kg/ m^3	g/L, g/mL 等
体积分数	φ_B	—	%	—
滴定度	$T_{S/X}, T_S$	克每毫升	g/mL	—
密度	ρ	千克每立方米	kg/ m^3	g/mL, g/ m^3
相对原子质量	A_r	—	—	—
相对分子质量	M_r	—	—	—

三、几种常用试剂的配制与标定

标准溶液、指示剂与其配制应按 GB/T 601《化学试剂 标准滴定溶液的制备》中规定的方法配制溶液或进行标定。滴定分析用标准溶液在常温(15 ~ 25℃)下,保存时间一般不得超过两个月。下面是食品检验与分析几种常用试剂的配制与标定。

(一) 酸碱溶液

1. 硫酸标准溶液的配制与标定

(1) 0.5mol/L, 0.25mol/L, 1/5.6mol/L, 0.05mol/L 硫酸标准溶液的配制及标定

1) 配制

①分别量取 30, 15, 10.5, 3mL 浓硫酸(密度 1.84g/mL), 缓缓注入蒸馏水中, 冷却, 并稀释至 1 000mL, 摇匀待标。

②溴甲酚绿-甲基红混合指示剂: 量取 30mL 溴甲酚绿的乙醇溶液(2g/L), 加入 20mL 甲基红的乙醇溶液(1g/L), 混匀。

2) 标定

准确称取经 270 ~ 300℃ 干燥至恒重的基准物无水碳酸钠, 标定 0.5mol/L 取约 0.7g,

0.25mol/L 取约 0.35g, 1/5.6mol/L 取约 0.25g, 0.05mol/L 取约 0.07g(准确至 0.0002g)。溶于 50mL 水中,加 10 滴溴甲酚绿-甲基红混合指示液,用相应浓度的硫酸溶液滴定至溶液由绿色变为暗红色,煮沸 2min,冷却后继续滴定至溶液呈暗红色。同时作空白试验。

3) 计算

硫酸标准溶液的物质的量浓度 c 按式(1-1)计算:

$$c = \frac{1\,000 \times m}{52.99 \times (V - V_1)} \quad (1-1)$$

式中 m ——无水碳酸钠的质量,g;

V ——消耗硫酸溶液的体积,mL;

V_1 ——空白试验消耗的硫酸溶液的体积,mL;

52.99——无水碳酸钠的摩尔质量,g/mol。

(2) 当配制硫酸标准液的浓度很低时可采用分段配制法:如 0.025mol/L, 1/56mol/L, 0.005mol/L 硫酸标准溶液的配制及标定。

1) 配制

量取 30mL 浓硫酸(密度 1.84g/mL),缓缓注入蒸馏水中,冷却并稀释至 1 000mL,摇匀。该溶液浓度约为 0.5mol/L,分别量取约 0.5mol/L 的硫酸溶液 50mL, 36mL, 10mL,加水至 1 000mL,摇匀待标。

2) 标定

准确称取经 270~300℃干燥至恒重的基准物无水碳酸钠,标定 0.025mol/L 取约 1.35g, 1/56mol/L 取约 1.0g, 0.005mol/L 取约 0.27g(准确至 0.000 2g),加水溶解并定容至 1 000mL,用移液管准确吸取 25mL,置于 250mL 锥形瓶中,加 10 滴溴甲酚绿-甲基红混合指示液,用相应浓度的硫酸溶液滴定至溶液由绿色变为暗红色,煮沸 2min,冷却后继续滴定至溶液呈暗红色,同时作空白试验。

3) 计算

硫酸标准溶液的物质的量浓度 c 按式(1-2)计算:

$$c = \frac{25 \times m}{52.99 \times (V - V_1)} \quad (1-2)$$

式中 c ——硫酸标准滴定溶液的实际浓度,mol/L;

m ——基准物无水碳酸钠的质量,g;

V ——消耗硫酸溶液的体积,mL;

V_1 ——空白试验消耗硫酸溶液的体积,mL;

52.99——无水碳酸钠的摩尔质量,g/mol。

另一标定方法:准确吸取 25mL 欲标定的硫酸溶液于 250mL 锥形瓶中,加入约 50mL 不含二氧化碳的蒸馏水及 2 滴 10g/L 酚酞指示液,用相应浓度的氢氧化钠标准溶液滴至呈粉红色即为终点。

硫酸溶液的物质的量浓度 c 按式(1-3)计算:

$$c = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) \div V(\text{H}_2\text{SO}_4) \quad (1-3)$$

式中 $c(\text{NaOH})$ ——NaOH 的物质的量浓度,mol/L;

$V(\text{NaOH})$ ——NaOH 的体积,mL;