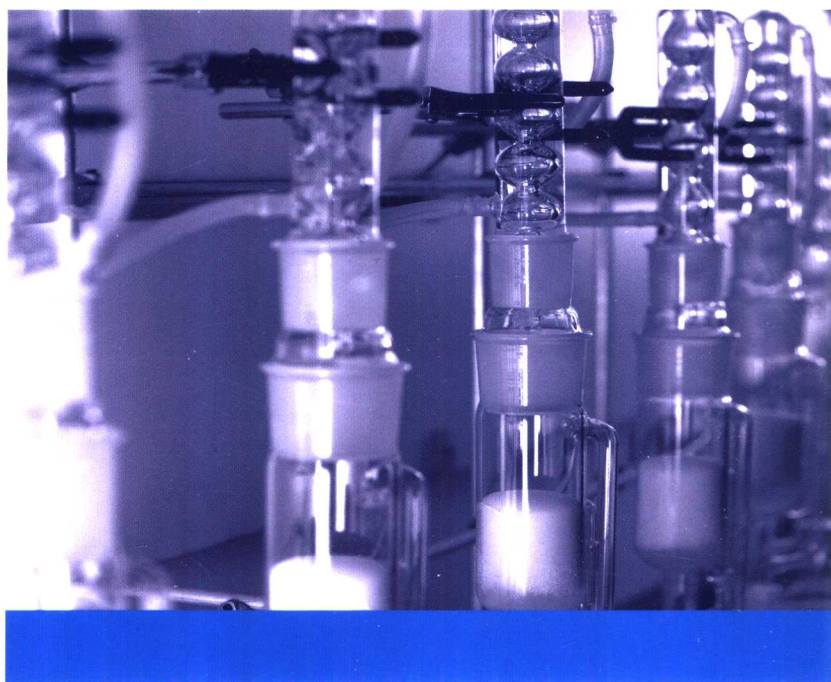




高等学校教材

食品分析

侯曼玲 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

食 品 分 析

侯曼玲 编著

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

食品分析/侯曼玲编著. —北京: 化学工业出版社,
2004. 5
高等学校教材
ISBN 7-5025-5021-6

I. 食… II. 侯… III. 食品分析-高等学校-教材
IV. TS207. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 044671 号

高等学校教材

食 品 分 析

侯曼玲 编著

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 温建斌

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京兴顺印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 289 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5021-6/G · 1330

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

食品是人类维持生命、进行各种智力和体力活动不可缺少的物质。食品品质的好坏,关系到食用者的健康、生活质量和安全。随着社会的进步和经济的发展,人们对食品质量提出了更高的要求,食品中营养素的含量高低、有毒有害污染物及食品添加剂的种类和残留量等都是人们普遍关心的问题,而对这些指标进行准确的鉴定和检测正是食品分析的主要内容。

食品分析是在无机化学、分析化学、有机化学和生物化学等学科的基础之上建立起来的一门应用性学科,涉及的内容非常广泛,分析的对象十分复杂,分析的方法和手段也多种多样(包括感官鉴定法、物理分析法、化学分析法、仪器分析法和微生物分析法等),而且随着科学技术的进步,食品分析的内容和方法还在不断地扩展和更新,为了适应食品工业的迅猛发展和满足高等学校食品分析课程的教学需要,作者根据多年食品分析教学的体会,并搜集了一些国内外有关资料编写了这本教材。

全书共分12章,对食品样品的采集、处理和食品中一般成分的分析做了较为全面系统的介绍,测定方法以国家标准分析方法为主,同时也综合了部分实际工作中常用的测定方法,并力求重点突出、简明实用,以满足学生学习和实际工作的需要。在内容上着重测定原理、操作方法和实际经验的介绍,并注重知识结构的系统性和合理性。为了提高学生分析问题和解决问题的能力,每章末附有问题与讨论,以方便学生复习和掌握重点。

书后附有常用基准物质的干燥条件及应用、标准溶液的配制和标定方法、常用指示剂的配制方法以及部分食品常用分析数据,供读者需要时查阅。

由于编者水平有限,书中错误之处在所难免,敬请批评指正。

编者

2004年4月

内 容 摘 要

本教材共分 12 章，主要包括食品一般成分的分析、食品中元素含量的分析和食品添加剂的分析，其中以食品营养成分的分析作为重点。样品的采集、制备、保存和预处理单独作为 1 章列出，其他各章分类叙述了食品一般成分的测定方法。在内容编排上除了较为完整和系统的介绍分析的原理、仪器、试剂、操作方法、结果计算和说明及注意事项外，还从食品营养和卫生学的观点出发，对各成分的性质和作用也做了简要介绍。

本书可作为综合性大学食品分析选修课教材和食品加工专业的教学参考书，也可供相关科研、技术人员参考使用。

目 录

绪论	1
1 样品的采集与处理	8
1.1 样品的采集	8
1.1.1 采样的意义及要求	8
1.1.2 采样的数量和方法	8
1.1.3 采样的注意事项	10
1.2 分析试样的制备及分解	10
1.2.1 样品的制备	10
1.2.2 样品的预处理	11
1.3 样品的保存	14
思考与习题	15
2 密度的测定	16
2.1 概述	16
2.2 相对密度的测定方法	17
2.2.1 密度瓶法	17
2.2.2 密度计法	18
思考与习题	19
3 食品水分的测定	21
3.1 概述	21
3.2 食品水分的测定方法	22
3.2.1 加热干燥法	23
3.2.2 蒸馏法	26
3.2.3 卡尔·费休法	27
3.2.4 水分活度值的测定	30
3.2.5 其他测定方法简介	31
思考与习题	32
4 食品灰分的测定	33
4.1 食品灰分及其测定意义	33
4.2 总灰分的测定	34

4.3	水溶性灰分与水不溶性灰分的测定	36
4.4	酸溶性灰分与酸不溶性灰分的测定	36
	思考与习题	37
5	食品酸度的测定	38
5.1	食品中的有机酸及其测定意义	38
5.2	总酸度的测定	39
5.3	乳及乳制品酸度的测定	41
5.3.1	酸度 ($^{\circ}\text{T}$) 的测定	41
5.3.2	乳酸含量的测定	42
5.3.3	复原乳酸度 ($^{\circ}\text{T}$) 的测定	42
5.4	挥发酸的测定	42
5.5	有效酸度的测定	44
	思考与习题	46
6	脂肪及脂肪酸的测定	47
6.1	概述	47
6.2	脂肪提取剂的选择	49
6.3	样品的预处理	50
6.4	脂肪含量的测定方法	50
6.4.1	索氏抽提法	50
6.4.2	碱性乙醚法	52
6.4.3	酸水解法	54
6.4.4	氯仿-甲醇提取法	55
6.4.5	其他测定方法简介	56
6.5	油脂酸价的测定	57
6.6	油脂碘价的测定	58
6.7	油脂皂化价的测定	59
6.8	油脂过氧化值的测定	61
6.9	油脂羰基价的测定	62
	思考与习题	64
7	糖类的测定	65
7.1	食品中的糖	65
7.2	还原糖的测定	66
7.2.1	糖类的提取和澄清	66
7.2.2	还原糖的测定	67
7.3	蔗糖含量的测定	74
7.3.1	转化方法的选择	75

7.3.2 蔗糖的测定	75
7.3.3 乳粉中乳糖及蔗糖的测定	75
7.4 淀粉含量的测定	77
7.4.1 淀粉的结构和性质	77
7.4.2 淀粉的测定	77
7.5 粗纤维的测定	81
7.5.1 膳食纤维及其功能	81
7.5.2 粗纤维的测定	82
7.6 果胶物质的测定	86
7.6.1 果胶的存在形式与果胶凝胶的形成	86
7.6.2 果胶含量的测定	87
思考与习题	90
8 维生素的测定	91
8.1 样品的采集和处理	91
8.2 维生素 A 的测定	92
8.2.1 三氯化锑比色法	93
8.2.2 紫外分光光度法	96
8.3 胡萝卜素的测定	97
8.4 维生素 D 的测定	100
8.5 维生素 E 的测定	103
8.6 维生素 B ₁ 的测定	105
8.7 维生素 B ₂ 的测定	108
8.8 烟酸的测定	111
8.9 维生素 C 的测定	113
8.9.1 2,6-二氯酚酚滴定法	114
8.9.2 2,4-二硝基苯肼法	116
8.9.3 高效液相色谱法	118
思考与习题	119
9 蛋白质及氨基酸的测定	121
9.1 蛋白质定量法	121
9.1.1 微量凯氏定氮法	122
9.1.2 常量凯氏定氮法	125
9.1.3 双缩脲法	126
9.1.4 紫外线吸收法	127
9.2 氨基酸态氮的测定	128
9.3 挥发性盐基氮的测定	129

9.4 蛋白质氮和非蛋白质氮的测定	130
9.4.1 醋酸铜作沉淀剂	130
9.4.2 用氢氧化铜作沉淀剂	131
9.5 蛋白质和氨基酸的其他测定方法	132
9.5.1 蛋白质测定的其他常用方法	132
9.5.2 氨基酸测定的其他常用方法	132
思考与习题	133
10 单宁含量的测定	134
10.1 概述	134
10.1.1 单宁的化学结构及一般性质	134
10.1.2 两种单宁的特征性区别	136
10.1.3 酶促褐变的控制方法	136
10.2 单宁含量的测定	137
10.2.1 比色法	137
10.2.2 EDTA 络合滴定法	138
10.2.3 高锰酸钾滴定法	139
思考与习题	141
11 食品中元素含量的测定	142
11.1 概述	142
11.1.1 食品中重要矿物质元素及其营养功能	142
11.1.2 有毒元素及其危害	144
11.1.3 食品中元素含量的测定意义	144
11.2 食品中常量元素的测定	144
11.2.1 钙的测定 (EDTA 滴定法)	144
11.2.2 钾、钠的测定 (火焰光度测定法)	146
11.2.3 总磷的测定 (钼蓝比色法)	147
11.2.4 氯的测定	149
11.2.5 钙、镁、钾、钠的测定 (原子吸收分光光度法)	151
11.3 食品中必需微量元素的测定	153
11.3.1 铁的测定 (邻二氮菲比色法)	153
11.3.2 硒的测定 (荧光法)	155
11.3.3 氟的测定 (氟离子选择电极法)	157
11.3.4 碘的测定 (氯仿萃取比色法)	158
11.3.5 锌的测定 (双硫脲比色法)	159
11.3.6 铜的测定 (比色法)	163
11.3.7 铁、锰的测定 (原子吸收分光光度法)	165

11.4 食品中部分有害元素的测定	167
11.4.1 铅的测定(双硫脲比色法)	167
11.4.2 砷的测定(银盐法)	169
11.4.3 汞的测定(双硫脲比色法)	173
11.4.4 锡的测定(苯茆酮比色法)	175
11.4.5 镉的测定(原子吸收分光光度法)	177
11.4.6 铬的测定(原子吸收分光光度法)	179
思考与习题	181
12 食品添加剂的测定	182
12.1 概述	182
12.2 甜味剂——糖精钠的测定	184
12.3 防腐剂——山梨酸、苯甲酸的测定	187
12.4 护色剂——亚硝酸盐与硝酸盐的测定	189
12.4.1 亚硝酸盐的测定(盐酸萘乙二胺法)	190
12.4.2 硝酸盐的测定(镉柱法)	191
12.5 抗氧化剂——BHA、BHT 及 PG 的测定	193
12.5.1 食品中 BHA 与 BHT 的测定(比色法)	194
12.5.2 油脂中 PG 的测定(比色法)	196
12.6 漂白剂——亚硫酸盐的测定	197
12.7 着色剂——食用合成色素的测定	200
思考与习题	204
附录 I	206
一、分析中部分标准溶液的配制及标定	206
二、常用指示剂的配制方法	211
附录 II	213
主要参考文献	222

绪 论

一、食品分析的任务和作用

食品分析是研究和评定食品品质及其变化的一门专业性很强的实验科学。

食品分析依据物理、化学、生物化学的一些基本理论和国家食品卫生标准，运用现代科学技术和分析手段，对各类食品（包括原料、辅助材料、半成品及成品）的主要成分和含量进行检测，以保证生产出质量合格的产品。同时，作为质量监督和科学研究不可缺少的手段，在食品资源的综合利用、新型保健食品的研制开发、食品加工技术的创新提高、保障人民身体健康等方面都具有十分重要的作用。

二、食品分析的内容

食品分析主要包含以下三个方面的内容。

（1）食品营养成分分析 食品中含有各种营养成分，如水分、蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质元素等。对这些成分的检测是食品分析的主要内容。检测的对象包括动物性食品、植物性食品以及饮料、调味品等。

（2）食品中污染物质的分析 食品中污染物质是指食物中原有的或加工、贮藏时由于污染混入的，对人体有急性或慢性危害的物质。就其性质而言，这些污染物质可分为两类：一类是生物性污染，另一类是化学性污染。生物性污染如霉菌毒素，此类污染物中危害最大的是黄曲霉毒素。化学性污染的来源主要是环境污染。另外，使用不符合要求的设备和包装材料以及加工不当都会对食品造成污染。这类污染物主要有残留农药、有毒重金属、亚硝胺、3, 4-苯并芘、多氯联苯等。加强对污染物质的监测和控制，是保障人类健康的重要措施。

（3）食品添加剂的分析 食品添加剂是指食品在生产、加工或保存过程中，添加到食品中期望达到某种目的的物质。食品添加剂本身通常不作为食品来食用，也不一定具有营养价值，但加入后能起到防止食品腐败变质，增强食品色、香、味的作用，因而在食品加工中使用十分广泛。食品添加剂多是化学合成的物质，如果使用的品种或数量不当，将会影响食品质量，甚至危害食用者的健康。因此，对食品添加剂的鉴定和检测也具有十分重要的意义。

此外，食品的色泽、组织形态、风味、香味以及有无杂质等感官特征也是食品的重要技术指标，食品分析通常也包括这些内容。

三、食品的种类

食品是维持人类生命和身体健康所需营养物质和能量的来源。食品的种类繁多，组成复杂，性质各异，根据来源、加工程度和习惯等的不同可分为许多种类。

根据来源的不同，可将食品分为植物性食品、动物性食品和矿物性食品三大类。植物性食品是人体所需碳水化合物、维生素、矿物质和蛋白质的重要来源，这类食品又可分为谷类、豆类、果蔬类及调味料等；动物性食品富含脂肪和蛋白质，主要包括畜禽肉类、水产类、蛋类和乳类等；矿物性食品含有丰富的矿物质元素，包括食盐、食用碱、矿泉水等。

根据食品加工程度的不同，可将食品分为初加工食品，如米、面、油、食糖等；再加工食品，如面包、糕点、酒类等，这类食品是由初加工食品进行加工制成的；以及深加工食品，这类食品主要指一些功能性食品，如婴幼儿食品、保健食品等。

根据商业经营习惯又可将食品分为粮油食品、果品、蔬菜、肉禽及其制品、水产品、乳及乳制品、焙烤食品、罐头食品、饮料等。

根据中国饮食习惯不同，还可把食品分为主食类、副食品和嗜好品。主食类是由米、面加工的食品，如米饭、馒头、面包等，它们是人体热量的主要来源；副食品包含的种类很多，是人体蛋白质、脂肪、维生素、矿物质的主要来源；嗜好品是指某些含有特殊成分，以满足有特殊嗜好的消费者需要的食品，主要包括烟、酒、茶叶、咖啡等。

四、食品分析方法的分类

对食品品质的评价，主要包括食品营养、卫生和嗜好性三个方面。食品分析所采用的分析方法主要有感官分析法、理化分析法、微生物分析法和酶分析法。

(1) 感官分析法 感官分析又叫感官检验或感官评价，是通过人体的各种感觉器官（眼、耳、鼻、舌、皮肤）所具有的感觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉，结合平时积累的实践经验，并借助一定的器具对食品的色、香、味、形等质量特性和卫生状况作出判定和客观评价的方法。感官检验作为食品检验的重要方法之一，具有简便易行、快速灵敏、不需要特殊器材等特点，特别适用于目前还不能用仪器定量评价的某些食品特性的检验，如水果滋味的检验、食品风味的检验以及烟、酒、茶的气味检验等。

依据所使用的感觉器官的不同，感官检验可分为视觉检验、嗅觉检验、味觉检验、触觉检验和听觉检验五种。

① 视觉鉴定 是鉴定者利用视觉器官，通过观察食品的外观形态、颜色光泽、透明度等，来评价食品的品质如新鲜程度、有无不良改变以及鉴别果蔬成熟度等的方法。

② 嗅觉鉴定 是通过人的嗅觉器官检验食品的气味,进而评价食品质量(如纯度、新鲜度或劣变程度)的方法。

③ 味觉鉴定 是利用人的味觉器官(主要是舌头),通过品尝食品的滋味和风味,从而鉴别食品品质优劣的方法。味觉检验主要用来评价食品的风味(风味是食品的香气、滋味、入口获得的香气和口感的综合构成),也是识别某些食品是否酸败、发酵的重要手段。

④ 听觉鉴定 听觉鉴定是凭借人体的听觉器官对声音的反应来检验食品品质的方法。听觉鉴定可以用来评判食品的成熟度、新鲜度、冷冻程度及罐头食品的真空度等。

⑤ 触觉鉴定 是通过被检食品作用于鉴定者的触觉器官(手、皮肤)所产生的反应来评价食品品质的一种方法。如根据某些食品的脆性、弹性、干湿、软硬、黏度、凉热等情况,可判断食品的品质优劣和是否正常。

感官分析的方法有很多,常用的检验方法有差别检验法、标度和类别检验法、分析或描述性检验法等。

感官分析法虽然简便、实用且多数情况下不受鉴定地点的限制。但也存在明显缺陷,由于感官分析是以经过培训的评价员的感觉器官作为一种“仪器”来测定食品的质量特性或鉴别产品之间的差异,因此判断的准确性与检验者的感觉器官的敏锐程度和实践经验密切相关。同时检验者的主观因素(如健康状况、生活习惯、文化素养、情绪等),以及环境条件(如光线、声响等)都会对鉴定的结果产生一定的影响。另外,感官检验的结果大多数情况下只能用比较性的用词(优良、中、劣等)表示或用文字表述,很难给出食品品质优劣程度的确切数字。

(2) 理化分析法 根据测定原理、操作方法等的不同,理化分析法又可分为物理分析法、化学分析法和仪器分析法三类。

① 物理分析法 通过对被测食品的某些物理性质如温度、密度、折射率、旋光度、沸点、透明度等的测定,可间接求出食品中某种成分的含量,进而判断被检食品的纯度和品质。物理分析法简便、实用,在实际工作中应用广泛。

② 化学分析法 是以物质的化学反应为基础的分析方法,主要包括重量分析法和滴定分析法两大类。化学分析法适用于食品中常量组分的测定,所用仪器设备简单,测定结果较为准确,是食品分析中应用最广泛的方法。同时化学分析法也是其他分析方法的基础,虽然目前有许多高灵敏度、高分辨率的大型仪器应用于食品分析,但现代仪器分析也经常需要用化学方法处理样品,而且仪器分析测定的结果必须与已知标准进行对照,所用标准往往要用化学分析法进行测定,因此经典的化学分析法仍是食品分析中最重要的方法之一。

③ 仪器分析法 是以物质的物理和物理化学性质为基础的分析方法。这类方法需要借助较特殊的仪器,如光学或电学仪器,通过测量试样溶液的光学性质或电学性质从而求出被测组分的含量。在食品分析中常用的仪器分析方法有以下

几种。

a. 光学分析法 根据物质的光学性质所建立的分析方法，主要包括吸光光度法、发射光谱法、原子吸收分光光度法和荧光分析法等。

b. 电化学分析法 根据物质的电化学性质所建立的分析方法，主要包括电位分析法、电导分析法、电流滴定法、库仑分析法、伏安法和极谱法等。

c. 色谱分析法 是一种重要的分离富集方法，可用于多组分混合物的分离和分析，主要包括气相色谱法、液相色谱法（又分为柱色谱和纸色谱）以及离子色谱法。

此外，还有许多用于食品分析的专用仪器，如氨基酸自动分析仪、全自动全能牛奶分析仪等。仪器分析方法具有简便、快速、灵敏度和准确度较高等优点，是食品分析发展的方向。随着科学技术的发展，将有更多的新方法、新技术在食品分析中得到应用，这将使食品分析的自动化程度进一步提高。

(3) 微生物分析法 此法是基于某些微生物的生长需要特定的物质而进行相应组分测定的方法。例如乳酪乳酸杆菌在特定的培养液中生长繁殖，能产生乳酸，在一定的条件下，产生的乳酸量与维生素 B₂ 的加入量呈相应的比例关系。利用这一特性，可在一系列的培养液中加入不同量的维生素 B₂ 标准溶液或样品提取液，接入菌种培养一定时间后，用标准氢氧化钠溶液滴定培养液中的乳酸含量，通过绘制标准曲线比较，即可得出待检样品中维生素 B₂ 的含量。微生物分析法测定条件温和，方法选择性较高，已广泛应用于维生素、抗生素残留量和激素等成分的分析。

(4) 酶分析法 此法是利用酶的反应进行物质定性、定量的方法。酶是具有专一性催化功能的蛋白质，用酶法进行分析的主要优点在于高效和专一，克服了用化学分析法测定时，某些共存成分产生干扰以及类似结构的物质也可发生反应，从而使测定结果发生偏离的缺点。酶分析法测定条件温和，结果准确，已应用于食品中有机酸、糖类和维生素的测定。

五、分析中的一般规定和溶液浓度的表示方法

(1) 一般规定

① 分析中所用试剂，除特别注明的外，均为分析纯。

② 分析中所使用的水，在没有注明其他要求时，系指其纯度能满足要求的蒸馏水或去离子水。水浴除外。

③ 溶液未指明用何种溶剂配制时，均指水溶液。

④ 盐酸、硫酸、硝酸、氨水等，未指明具体浓度时，均指市售试剂规格的浓度。

⑤ 液体的滴，系指蒸馏水自滴定管流下的一滴的量，在 20℃ 时 20 滴相当于 1.0mL。

⑥ 称取，是指用天平进行的称量操作，其精度要求用有效数字位数表示，如

“称取 10.00g……”，系指称量的精度为 $\pm 0.01\text{g}$ 。

⑦ 准确称取，是指用精密天平进行的称量操作，其精度为 $\pm 0.0001\text{g}$ 。如果给出了准确数值，必须按所列数值称取，如果给出的是称量范围，或“准确称取约”则称取量可接近所列数值（不超过规定量的 $\pm 10\%$ ），但必须准确称至 0.0001g 。

⑧ 吸取和量取，吸取是指用移液管或吸量管取液体物质的操作，而量取则是指用量筒或量杯取液体物质的操作，其精度要求均用数值的有效位数表示。

⑨ 空白试验，是化学分析中作比较常用的分析方法。当进行某一试样分析时，同时做一空白试验（即操作条件和所用试剂均相同，但无试样存在），以校正有关因素对分析结果的影响。

⑩ 恒重，是指在规定的条件下，连续两次干燥或灼烧后的质量之差不超过规定的范围（一般在 $0.2\sim 0.5\text{mg}$ 以下）。

⑪ 用于直接配制或标定标准溶液的试剂应为基准物质，常用的基准物质有纯金属和纯化合物（几种常用的基准物质的干燥条件及其应用列于附录 I 表 I-1 中，常用标准溶液的配制和标定方法参见附录 I）。

(2) 溶液浓度的表示方法

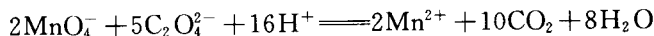
① 标准溶液的浓度用物质的量浓度表示，常用单位为 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。对于物质 B 的物质的量浓度，可用符号 $c(\text{B})$ 或 c_{B} 表示。由于物质的量的数值取决于基本单元的选择，因此，表明物质的量浓度时须指明基本单元。如某硫酸溶液的浓度，由于选择不同的基本单元，其摩尔质量就不同，浓度亦不同：

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$c(2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

选择基本单元时，一般以化学反应的计量关系为依据。例如在酸性溶液中，用 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 作为基准物质标定 KMnO_4 溶液浓度，根据滴定反应：



如果选择 KMnO_4 的基本单元为 KMnO_4 ， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的基本单元为 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，则浓度分别表示为 $c(\text{KMnO}_4)$ 和 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ ，根据计量关系有：

$$5n(\text{KMnO}_4) = 2n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$$

如果选择 KMnO_4 的基本单元为 $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$ ， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的基本单元为 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，则浓度分别表示为 $c\left(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4\right)$ 和 $c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4\right)$ ，由等物质的量规则可得：

$$n\left(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4\right) = n\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4\right)$$

② 溶液的浓度以质量比、体积比或质量体积比为基础给出时,浓度分别用质量分数、体积分数或质量浓度表示,符号分别记为 w 、 φ 或 ρ [过去的表示方式分别为 $\% (w/w)$ 、 $\% (V/V)$ 或 $\% (w/V)$ 现已禁止使用]。

例如 B ($w=0.20=20\%$),表示物质 B 的质量与混合物的质量之比为 20% ;乙醇 ($\varphi=80\%$),表示 100mL 溶液中含有 80mL 乙醇;氢氧化钠 ($\rho=20\%$),表示 100mL 溶液中含有 20g 氢氧化钠,也可直接用 $200\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 给出。

③ 按一定比例配制的液体组分溶液,记为 $A+B+C$,如正丁醇-乙醇-水 ($40+11+19$),是指 40 体积的正丁醇、 11 体积的乙醇和 19 体积的水混合而成,又如乙醚、石油醚等体积混合时,记为乙醚-石油醚 ($1+1$)。有时试剂名称后注明 ($1+2$)、($3+4$) 等,但未指明与何种试剂混合时,则第 1 个数字表示试剂的体积,第 2 个数字表示水的体积。若试剂为固体,则表示试剂与水的质量比,第 1 个数字表示试剂的质量,第 2 个数字表示水的质量。

六、分析结果的表示与数据处理

(1) 分析结果的表示方法 检验结果的表示应采用法定计量单位并尽量与食品卫生标准一致。一般有以下几种表示方法。

① 固体物质 固体试样中待测组分的含量,一般以质量分数表示,在实际工作中通常使用的百分比符号“%”,是质量分数的一种表示方法,即表示每百克样品中所含被测物质的克数。

当待测组分含量很低时,可采用 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (或 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 10^{-6})、 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (或 $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 10^{-9})、 $\text{pg} \cdot \text{g}^{-1}$ (或 10^{-12}) 来表示^①。

② 液体试样 液体试样中待测组分的含量,可用下列方式表示。

- 物质的量浓度 表示待测组分的物质的量除以试液的体积,常用单位 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。
- 质量摩尔浓度 表示待测组分的物质的量除以试液的质量,常用单位 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。
- 质量分数 表示待测组分的质量除以试液的质量,量纲为 1。
- 体积分数 表示待测组分的体积除以试液的体积,量纲为 1。
- 摩尔分数 表示待测组分的物质的量除以试液的物质的量,量纲为 1。
- 质量浓度 表示单位体积中某种物质的质量,以 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $\text{pg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 等表示。

(2) 数据处理

① 记录规则 数据的记录应根据分析方法和测量仪器的准确度来决定,只允许保留一位可疑数字。除有特殊规定外,一般可疑数表示末位有 1 个单位的误差。

② 修约规则 按“四舍六入五留双”的规则进行。修约数字时,只允许对原

^① $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)、 $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ($\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$)、 $\text{pg} \cdot \text{g}^{-1}$ ($\text{pg} \cdot \text{mL}^{-1}$) 过去分别被称为 ppm、ppb 和 ppt,现已废除。

测量值一次修约到所需要的位数，不能分次修约。

③ 计算规则 加减法运算结果有效数字位数的保留，应以小数点后位数最少的数为依据。乘除法运算结果的有效数字位数，应与其中有效数字位数最少（即相对误差最大）的那个数相对应。

④ 异常值的取舍 在实验中得到的一组数据中，往往有个别数据离群较远，这一数据称为异常值，又称离群值或可疑值。如果这一数据是已知原因的过失造成的，如加错试剂、滴定过量等，则这一数据必须舍去。如果不是这种情况，则对异常值不能随意取舍，特别是测定数据较少时，更应慎重对待。

统计学处理异常值的方法有多种，常用的为 $4\bar{D}$ 法、Q 检验法及格鲁布斯法。