

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业教育食品科学与工程专业教学用书

食品卫生 检测技术

SHIPIN WEISHENG
JIANCE JISHU

主 编：张邦建 赵 珺
副主编：袁静宇 钟彩霞 王淑艳
参 编：纳 日 苏晓燕
李 莉 艾日登才次克

食品卫生与食品安全的概念

食品添加剂检测

食品中污染物的测定

食品中微生物和微生物毒素的检测

食品中有害物质的检测

海洋出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业教育食品科学与工程专业教学用书

食品卫生 检测技术

SHIPIN WEISHENG
JIANCE JISHU

主 编：张邦建 赵 珺
副主编：袁静宇 钟彩霞 王淑艳
参 编：纳 日 苏晓燕
李 莉 艾日登才次克

食品卫生与食品安全的概念

食品添加剂检测

食品中污染物的测定

食品中微生物和微生物毒素的检测

食品中有害物质的检测

海洋出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书是为了适应我国食品类高等教育发展的需要,全面推进素质教育,培养学生的创新精神和实践能力而编写的教材。

全书共分为 5 章,主要介绍了食品卫生与食品安全的概念、食品添加剂检测、食品中污染物的测定、食品中微生物和微生物毒素的检测和食品中有害物质的检测等。在编写时以食品检验为主线,从安全检测、微生物检测、添加剂检测三大角度讲清概念、理顺脉络、阐述方法,突出“重点、难点、要点”,以国家标准为基础,做到理论联系实际,对其中重要的内容尽量以实验设计或简明、直观和形象化的图示、表格等形式来表达,有利于学生加深理解,增强记忆和乐于自学等。

适用范围:高等职业院校食品类各专业教材,还可作为食品工程技术人员的参考书及相关人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

食品卫生检测技术/张邦建,赵珺主编. —北京:海洋出版社,2013.9
ISBN 978-7-5027-8608-3

I. ①食… II. ①张…②赵… III. ①食品卫生—食品检验 IV. ①R155.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 144559 号

总 策 划:刘 斌

责任编辑:刘 斌

责任校对:肖新民

责任印制:赵麟苏

排 版:海洋计算机图书输出中心 晓阳

出版发行:海洋出版社

地 址:北京市海淀区大慧寺路 8 号(716 房间)
100081

经 销:新华书店

技术支持:(010) 62100055

发 行 部:(010) 62174379(传真)(010) 62132549
(010) 68038093(邮购)(010) 62100077

网 址:www.oceanpress.com.cn

承 印:北京画中画印刷有限公司

版 次:2013 年 9 月第 1 版

2013 年 9 月第 1 次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.75

字 数:282 千字

印 数:1~4000 册

定 价:35.00 元

本书如有印、装质量问题可与发行部调换

前 言

《食品卫生检测技术》是为了适应我国食品类高等教育发展的需要,全面推进素质教育,根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》的精神并全面贯彻党的教育方针,培养学生的创新精神和实践能力而编写的供高等职业院校使用的学生素质教育教材。

本书根据食品行业对食品质量安全控制岗位及各技术领域岗位群的任职要求选择编排内容,主要包括食品卫生检测项目、食品法律法规与标准、食品添加剂检测技术、食品微生物检测技术及近年来备受关注的引发食品安全事件的物质的检测,同时配套相应的技能训练,适应教师在现代高等职业教育“工学结合”教学理念的指导下,采用案例教学、项目教学等方法进行教学。本书的编写以本学科的科学性和系统性为前提,引入最新检测方法,依据最新的国家标准,注重学生知识面的拓展,力求实现强基础、重实践的目标。

本书是编者多年来在教学改革过程中的探索和总结。本书以食品检验为主线,从安全检测、微生物检测、添加剂检测三大角度去讲清概念、理顺脉络、阐述方法,突出三点“重点、难点、要点”,以国家标准为基础,做到理论联系实际,对其中重要的内容尽量以自行设计或精选的简明、直观和形象化的图示、表格等形式来表达,有利于学生加深理解,增强记忆和乐于自学等目的。

本书根据学科理论的发展,针对高职教育人才培养的特点,精心选择实验、实训内容。根据国家标准介绍了检验方法的原理、试剂的制备,并详细地介绍操作步骤及结果的计算,在每个项目后,细化了关于检验的说明及注意事项,便于学生自学。

本书将模拟完成企业“项目任务”贯穿整个编写过程,将内容置于企业生产经营活动中,具有理论联系实际,构思独特,简明易懂,突出技能实训的培养,可操作性、职业性和实用性较强等特点。适用于高等职业院校食品类各专业教材,还可作为食品工程技术人员的参考书及相关人员的培训教材。

本书由包头轻工职业技术学院张邦建和内蒙古化工职业技术学院赵珺担任主编,包头轻工职业技术学院袁静宇、钟彩霞、王淑艳担任副主编,参与编写的人员还有内蒙古化工职业学院的纳日、苏晓燕,内蒙古农业大学的李莉以及新疆维吾尔自治区动物卫生监督所的艾日登才次克。在编写过程中还得到了海洋出版社的大力支持和热心帮助,编者在此表示衷心的感谢。限于编者的学识和水平有限,书中不当及错漏之处难免,望广大学生和同行随时指正,以待日后再版时改进。

目 录

第 1 章 食品卫生检测概述	1
1.1 食品卫生与食品安全	1
1.1.1 食品卫生	1
1.1.2 食品安全与食品安全标准	2
1.1.3 食品污染	2
1.1.4 食物中毒	3
1.2 食品卫生检测技术	4
1.2.1 食品感官检验	4
1.2.2 仪器分析	5
1.2.3 微生物分析	6
1.2.4 食品快速检测技术的发展	7
1.3 样品采集	9
1.3.1 理化样品的采集	9
1.3.2 样品预处理	10
1.4 微生物样品的采集	13
1.5 知识拓展——现代食品检测技术与国家标准	14
1.6 习题	15
第 2 章 食品添加剂检测	16
2.1 防腐剂的测定	16
2.1.1 气相色谱法测定山梨酸和苯甲酸	18
2.1.2 高效液相色谱法测定山梨酸和苯甲酸	20
2.1.3 薄层色谱法测定山梨酸和苯甲酸	21
2.1.4 中和法测定山梨酸和苯甲酸	23
2.2 护色剂的测定	24
2.2.1 离子色谱法测定亚硝酸盐和硝酸盐	25
2.2.2 分光光度法测定亚硝酸盐和硝酸盐	28
2.2.3 乳及乳制品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定	31
2.2.4 卤肉制品中硝酸盐及亚硝酸盐含量的测定	35
2.3 漂白剂的测定	36
2.3.1 盐酸副玫瑰苯胺法测定亚硫酸盐	38
2.3.2 蒸馏法测定亚硫酸盐	39
2.3.3 小麦粉中过氧化苯甲酰的测定	40
2.4 甜味剂的测定	42
2.4.1 高效液相色谱法测定糖精钠	43
2.4.2 薄层色谱法测定糖精钠	45
2.4.3 离子选择电极测定法测定糖精钠	47
2.4.4 山梨糖醇的测定	49
2.5 合成着色剂的测定	50
2.5.1 高效液相色谱法测定合成着色剂	51
2.5.2 薄层色谱法测定合成着色剂	53
2.6 习题	56
第 3 章 食品中污染物的测定	57
3.1 铅的测定方法	57
3.1.1 酱油中铅的测定	58
3.1.2 二硫腈比色法测定食品中铅的含量	60
3.1.3 单扫描极谱法测定铅的含量	61
3.2 汞的测定方法	62
3.2.1 冷原子吸收光谱法	63
3.2.2 二硫腈比色法	66
3.3 砷的测定方法	67
3.3.1 氢化物原子荧光法	68



3.3.2 银盐法	70	4.6 习题	143
3.3.3 无机砷的测定	73	第5章 食品中有害物质的检测	144
3.4 镉的测定	74	5.1 食品中农药残留的检测	144
3.4.1 石墨炉原子吸收光谱法	74	5.1.1 农药残留概述	145
3.4.2 火焰原子吸收光谱法	76	5.1.2 食品中有机氯农药残留量的测定	146
3.4.3 原子荧光法测定食品中镉的含量	78	5.1.3 食品中有机磷农药残留量的测定	149
3.5 知识拓展	79	5.2 食品中兽药残留的检测	150
3.6 习 题	80	5.2.1 兽药残留概述	150
第4章 食品中微生物及微生物毒素的检测	81	5.2.2 畜禽肉中土霉素、四环素、金霉素残留量的测定（高效液相色谱法）	151
4.1 食品微生物实验室的管理	81	5.2.3 畜禽肉中己烯雌酚的测定	153
4.1.1 微生物实验室的基本条件	81	5.3 食品中瘦肉精的检测	154
4.1.2 无菌操作技术	82	5.3.1 瘦肉精概述	155
4.1.3 革兰氏染色技术	84	5.3.2 实验室常用检测方法	156
4.1.4 常用仪器设备	86	5.4 食品中三聚氰胺的检测	159
4.2 检测样品的制备	90	5.4.1 三聚氰胺概述	159
4.2.1 不同样品的处理与制备方法	90	5.4.2 三聚氰胺的检测方法	160
4.2.2 具体食品检样的制备	90	5.4.3 GC-MS 检测方法	162
4.3 食品卫生细菌的检测技术	93	5.4.4 LC-MS 检测方法	162
4.3.1 菌落总数的测定	93	5.5 食品中苏丹红的检测	163
4.3.2 大肠菌群的检测	96	5.5.1 苏丹红概述	163
4.4 食品中致病菌的分析	100	5.5.2 高效液相色谱法测定食品中苏丹红含量	164
4.4.1 沙门氏菌的检验	100	5.5.3 薄层色谱法检测辣椒酱中苏丹红 I	165
4.4.2 志贺氏菌的检验	105	5.6 食品中塑化剂的检测	167
4.4.3 大肠埃希氏菌的检测	110	5.6.1 塑化剂概述	167
4.4.4 肉毒梭菌及其毒素检测（GB/T4789.12—2003）	114	5.6.2 食品中邻苯二甲酸酯的测定（GB/T21911—2008）	168
4.4.5 罐头的商业无菌检验（GB/T4789.26—2003）	118	5.6.3 食品塑料包装材料中邻苯二甲酸酯的测定（GB/T21928—2008）	169
4.5 常见产毒霉菌的鉴定及微生物毒素的测定	122	5.6.4 生活中常见塑化剂	170
4.5.1 常见产毒霉菌的鉴定（GB/T4789.16—2003）	122	5.7 习题	172
4.5.2 黄曲霉毒素的测定	123	习题参考答案	173
4.5.3 赭曲霉毒素测定	133		
4.5.4 葡萄球菌肠毒素的测定（GB4789.10—2010）	141		

【知识目标】

- ☑ 了解食品卫生、食品安全的定义和食品安全标准。
- ☑ 掌握食品污染的途径及食品中毒的方式。
- ☑ 了解食品卫生检测技术的意义及发展。
- ☑ 掌握食品卫生检测的常规技术的分类及食品卫生检测技术的范围。
- ☑ 掌握现代食品检测技术的种类。

【技能目标】

- ☑ 培养鉴别食品卫生质量好坏的能力及食品安全标准的认知能力。
- ☑ 培养判断食品中毒及污染途径的识别能力。

1.1 食品卫生与食品安全

在中国,经过二十多年的改革开放后,已经基本解决了温饱问题,食品供给格局发生了根本性的变化,品种丰富,数量充足。近年来,食品质量安全问题已成为社会关注的热点问题,其原因是:一方面基于我国人民生活水平的提高,食物结构发生转变,全民食品营养卫生知识得到普及,饮食消费观念也发生转变,对食品的质量标准的要求有所提高。另一方面,由于我国环保技术和理念的落后,导致环境污染严重,水土流失,耕地质量下降,农业再生产能力下降;加上工业化进展迅速及城市人口剧增,工业三废、城市废物的大量排放,农药、兽药的使用增多,导致大量有毒有害物质进入土壤,加剧了食品工业原料的污染程度。随着食品卫生与安全问题日益被广大消费者和各国政府重视,以及国际食品贸易的不断发展,食品卫生检测的方法也日益受到重视并得以迅速发展。

1.1.1 食品卫生

食品卫生与食品安全紧密相关,食品卫生如果得不到良好的控制,将直接影响国民的食品安全。食品卫生是公共卫生的组成部分,也是食品科学的内容之一。食品卫生与食品安全这两个概念不仅在内容和意义方面是相互涵盖的,而且具有一定的联系。

食品卫生是指为防止食品污染和有害因素危害人体健康而采取的综合措施。从狭义上



讲,根据世界卫生组织 1955 年对食品卫生的定义,指从食品原料的生产、加工、制造及最后消费的所有过程中,为保证食品的安全性、有益性和完好性而采取的全部措施。1996 年世界卫生组织将食品卫生定义为:“为确保食品安全性和适合性在食品链的所有阶段必须采取的一切条件和措施。”从广义上讲,食品卫生还应该包括营养性及人类因食物丰富、过食、偏食所引起的所谓文明病,同时也包括用于免疫、抗菌、抗癌、老年病的防治、体能调节等健康食品。

1.1.2 食品安全与食品安全标准

1. 食品安全

食品安全是指研究食物的毒性因素和可能存在的风险,并为控制和降低毒性和风险制订相应的措施或方法的一门科学。

1996 年世界卫生组织在《加强国家级食品安全性计划指南》中将食品安全定义为:“对食品按其原定用途进行制作和食用时不会使消费者受害的一种担保”。它是指在食品的生产和消费过程中,确保食品中存在或引入有毒有害物质未达到危害程度,从而保证人体按正常剂量和以正确方式摄入这样的食品不会受到急性或慢性的危害。

引起食源性中毒和食品污染的途径很多,最主要的是食品加工过程中存在的问题较多。包括食品加工过程工艺操作不当和储藏不当(如微生物杀灭不彻底,导致食品残留病原微生物),以及超量使用和滥用食品添加剂、非法添加物引起的食品安全问题。

2. 食品安全标准

目前与食品卫生与安全有关的国际组织,如食品法典委员会(CAC)、世界卫生组织(WHO)、国际兽医局(OIE)、联合国粮农组织(FAO)、国际标准化组织(ISO)以及食品药品监督管理局(FDA)等都在致力于国际社会食品卫生与安全通用法规和标准的建设,指导各国加强食品卫生与安全的监控与管理,消除食品国际贸易中的技术壁垒。中国也在制定和不断完善与食品有关的法律法规和标准,推行各种食品安全控制管理体系。

1.1.3 食品污染

随着化学工业的进步,人工合成的化学物质不断增加,这些医药品、农兽药、食品添加剂、工业用品或家庭用品在生产、运输、应用及应用后,如果管理不当,将直接或间接污染食品及环境,危害人体健康。例如多氯联苯(PCB),由于其卓越的物理化学性质,广泛应用于化学工业及电气产品。为了限制这类物质大量应用,加剧环境污染,危害人类健康,世界各国联合着手管理含有此类物质,将这类物质定义为特定化学物质,加以保护环境及人类健康。

食品污染是指食品被外来的、有害人体健康的物质所污染。食品污染物的定义及范围目前尚不明确,一般认为,在食品中含有超出一定限量能产生有毒有害等不良效果,且在一般动植物体内不能自然生成或者非有意添加的物质,即为污染物。国标 2762《食品中污染物限量》中定义为食品从生产(包括农作物种植、动物饲养和兽医用药)、加工、包装、贮存、运输、销售、直至食用等过程中产生的或由环境污染带入的、非有意加入的化学性危害物质。这些非有意加入食品中的物质为污染物,包括除农药、兽药、和真菌毒素以外的所有物质。我国对食

品中农药残留限量、兽药残留限量、真菌毒素限量、放射性物质限量另行制定相关食品安全国家标准，因此，新的 GB2762 标准不包括农药残留、兽药残留、生物毒素和放射性物质限量指标。

食品污染的原因有二，一是由于人的生产或生活活动使人类赖以生存的环境介质，即水体、大气、土壤等受到不同程度和不同状况的污染，各种有害污染物被动植物吸收、富集、转移，造成食物或食品的污染；二是食物在生产、种植、包装、运输、储存、销售和加工烹调过程中造成的污染。

按污染物的性质不同，食物污染可以分为生物性、化学性及物理性污染 3 类。生物性污染包括微生物、寄生虫、昆虫污染。其中以微生物污染范围最广，危害最大；化学性污染种类繁多，主要是指食品受到各种有害的无机或有机化合物以及人工合成物的污染；物理性污染主要是指食品在生产、储存、运输等环节发生的杂物污染，以及放射性物质的开采、冶炼、生产，在生活中的应用与排放，以及核爆炸和核废物的污染。

1.1.4 食物中毒

1. 定义

食物中毒是指健康人摄入了含有生物性或化学性有毒有害物质的食物，或把有毒有害物质当作食物摄入后出现的非传染性疾病。食物中毒不包括因暴饮暴食而引起的急性胃肠炎、寄生虫病以及经饮食肠道传染的疾病，也不包括因一次大量或长期少量多次摄入某些有毒、有害物质而引起的以慢性毒害为主要特征的疾病。

2. 食物中毒来源

造成食物中毒的病源可分 4 类。

(1) 细菌：食物中毒以细菌引起的最为多见。食品被有毒的细菌污染后，会繁殖大量的有害细菌，如果食用前未经过加热杀菌则会引起中毒。常见的细菌有沙门氏菌、变形杆菌、副溶血性弧菌、致病性大肠菌、产毒素葡萄球菌、肉毒梭菌、蜡样芽孢杆菌、韦氏杆菌等。细菌性食物中毒多发于夏、秋季，以动物性食品发生较多，植物性食品如剩饭、凉糕、豆制品、面类发酵食品也有发生。

(2) 霉菌和真菌：霉菌引起的食物中毒包括赤霉菌麦面食物中毒和霉变甘蔗中毒，前者由禾谷镰刀菌生长产生毒素引起，后者由甘蔗阜孢霉、串珠镰刀菌产生毒素引起。此外，甘薯黑斑病也能引起中毒。霉菌毒素能引起急性中毒。

(3) 化学物质：食品在生产、加工、包装、运输等过程中如果受到有毒金属、非金属及其化合物、农药等各种有毒化学品污染，也会引起中毒。污染的途径包括：不遵守卫生制度，食品装入曾装有毒化学品而未经清洗消毒的容器或运输工具，加工过程使用了化学性不稳定的材料制作的工具、器具、设备、管道和容器，特别是与酸性较强的食品长期接触，有毒金属会大量溶解进入食品。较常见的有锌中毒、砷中毒、亚硝酸盐中毒等。如表 1-1 所示为容易引起食物中毒的化学物质。

(4) 有毒动植物：因食用有毒动植物导致的中毒发病率较高，病死率因动植物种类而异。有毒动物包括河豚、有毒贝类等；有毒植物包括毒蕈、含氰苷果仁、木薯、四季豆等。



表 1-1 化学物质

化学物质名称	化学物质名称	化学物质名称	化学物质名称
砷化合物	铋化物	磷化锌	对硫磷
铅化合物	PCB（多氯联二苯）	四次甲基二砷四胺	对硝基甲苯胺
锡化合物	甲醇（木精）	氟乙酰胺	紫苏醛
汞化合物	亚硝酸盐	阿托品	有机磷农药

1.2 食品卫生检测技术

食品卫生检测方法主要是指对食品在生产、加工、贮运过程中，食品组分中存在的或者环境中引入及产生的有毒有害物质的分析检测方法。包括使用物理、化学、微生物、仪器分析等手段，对食品中的重金属等进行检测。随着科技的发展，食品卫生检测技术也得到了大力的发展，国际上对这方面的研究可谓日新月异，其他学科的先进技术不断应用到食品检测领域中来，由于新技术的引入，食品行业开发出许多自动化纯度和精度很高的食品检测仪器。不仅缩短了分析时间，减少了认识误差，也大大提高了食品分析检验的速度、灵敏度和准确度。传统的检测方法包括食品感官检验法、化学分析法、仪器分析法、微生物分析法和酶分析法。

1.2.1. 食品感官检验

食品感官检验是食品最基本的检验方法之一，通过感官可以较直观的了解食品的色、香、味等品质，判别食品质量的优劣，具有方法简便、迅速、不需要仪器设备等特点。感官检验方法的运用与掌握，对正确评定食品品质有着重要意义。目前在粮谷类、罐头类等食品检验中占有一定的位置。

1. 感官检验的意义及类型

食品质量感官检验是指凭借人体自身的感觉器官，具体地讲就是凭借眼、耳、鼻、口和手，对食品的质量状况作出客观的评价。感官检验有两种类型，一是分析型感官检验，另一种是偏爱型感官检验。分析型感官检验与偏爱型感官检验的本质区别就是分析对象的不同，分析型感官检验可以凭借适当的测量仪器，可以依靠物理、化学手段测定质量特性值，也可以利用人的感官。其主要目的是判断食品样品有无差异为主。主要用于产品的入厂检验、工序控制与出厂检验。偏爱型感官检验是以食品样品为工具，了解人的感官反应及倾向。

2. 食品感官检验的种类

(1) 视觉检验

通过被检验物作用于视觉器官所引起的反映对食品进行评价的方法称为视觉检验。视觉检验应在白昼的散射光线下进行。

(2) 听觉检验

通过被检验物作用于听觉器官所引起的反映对食品进行评价的方法称为听觉检验。例如，

对于同一物品,在外来机械敲击下,应该发出相同的声音。但当其中的一些成分、结构发生变化后,会导致原有的声音发生一些变化。

(3) 嗅觉检验

通过被检物作用于嗅觉器官而引起的反映评价食品的方法称为嗅觉检验。在进行嗅觉检验时,常常需要稍稍加热,最好是在 15~25℃ 的常温下进行。食品气味检验的顺序应当是先识别气味淡的,后鉴别气味浓的,以免影响嗅觉的灵敏度。在鉴别前禁止吸烟。

(4) 味觉检验

通过被检物作用于味觉器官所引起的反映评价食品的方法称为味觉检验。味觉是由舌面和口腔内味觉细胞(味蕾)产生的,基本味觉有酸、甜、苦、咸四种,其余味觉都是由基本味觉组成的混合味觉。受到食品温度、舌头部位、时间及呈味物质水溶性等的影响。

食品温度对味蕾灵敏度影响较大。一般来说,味觉检验的最佳温度为 20~40℃。温度过高会使味蕾麻木,温度过低会降低味蕾的灵敏度。舌头不同部位的味觉灵敏度是不同的,舌头各部位都有各自的味觉阈限;从刺激味觉感受器到出现味觉,一般需 0.15~0.4 秒。其中咸味的感觉最快,苦味的感觉最慢。味觉的强度与呈味物质的水溶性有关。只有溶解在水中的物质才能刺激味觉神经,产生味觉。在检验时,先检验味淡的,后检验味浓的食品,且每品尝一种样品后,都要用温水漱口。对已有腐败迹象的食品,不要进行味觉检验。

(5) 触觉检验

食品除了味觉外,还有脆性、黏性、弹性、硬度、冷热、油腻性和接触压力等触感。

通过被检物作用于触觉感受器官所引起的反映评价食品的方法称为触觉检验。触觉检验借助手、皮肤等器官的触觉神经检验某些食品的弹性、韧性、紧密程度、稠度等。在进行感官检验时,通常先进行视觉检验,再进行嗅觉检验,然后进行味觉检验及触觉检验。

1.2.2 仪器分析

1. 仪器分析技术分类

可分为光学分析法、电化学法、色谱分析法及质谱分析法等类型。

2. 常用分析方法简介

(1) 光学分析法

光学分析法是指根据物质发射的电磁辐射,或物质与辐射的相互作用,对物质做定性或定量测定的方法。光学分析法包括光谱分析和非光谱分析。光谱分析是指物质与光相互作用时,记录物质内部能量变化与波长的关系,分为吸收、发射、散射光谱。非光谱分析是指不以光的波长为特征讯号,仅通过测量电磁辐射的某些物理性质的变化的分析方法。

① 原子吸收光谱 (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS),即原子吸收光谱法,是基于气态的基态原子外层电子,对紫外光和可见光范围的相对应原子共振辐射线的吸收强度来定量测量被测元素含量为基础的分析方法,是一种测量特定气态原子对光辐射的吸收的方法。该方法主要适用样品中微量及痕量组分分析。包括火焰原子化和非火焰原子化两种。火焰原子化法如图 1-1 所示。

② 原子荧光光谱 (Atomic Fluorescence Spectrometry, AFS),是介于原子发射光谱 (AES) 和原子吸收光谱 (AAS) 之间的光谱分析技术。它的基本原理是基态原子 (一般蒸汽状态)



吸收合适的特定频率的辐射而被激发至高能态，在激发过程中以光辐射的形式发射出特征波长的荧光。如图 1-2 所示。

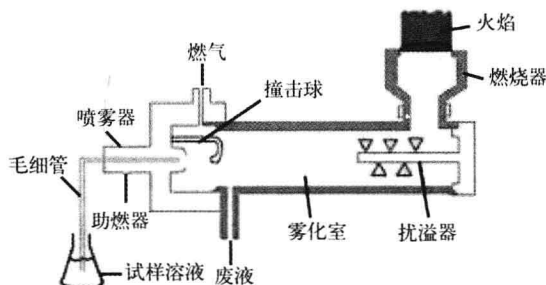


图 1-1 原子吸收光谱示意图

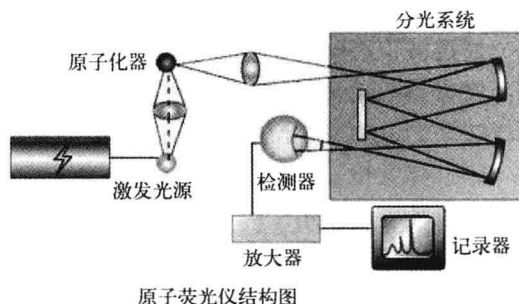


图 1-2 原子荧光结构示意图

(2) 电化学分析法(electrochemical analysis)，是仪器分析的重要组成部分之一。它是根据溶液中物质的电化学性质及其变化规律，建立在以电位、电导、电流和电量等电学量与被测物质某些量之间的计量关系的基础之上，对组分进行定性和定量分析的仪器分析方法。常见的方法包括电位分析法和极谱分析法。

① 电位分析法

电位分析法是一种通过测量电极电位来测定物质的分析方法。如果能测定出电极电位 E ，则可求出该物质的活度或浓度。如图 1-3 所示。

② 极谱分析法

极谱法(polarography)通过测定电解过程中所得到的极化电极的电流-电位(或电位-时间)曲线来确定溶液中被测物质浓度的一类电化学分析方法。1922 年由捷克化学家 J.海洛夫斯基建立。它具有检测范围广、选择性好、准确度高等特点，常用于检测食品中的重金属含量，近年来使用最多的是单扫描极谱法。

(3) 色谱分析法

色谱分析法是指利用物质在两相中的吸附、分配、交换、排阻等差异进行分析的方法。主要包括液相色谱、气相色谱、薄层色谱、毛细管电泳等方法。

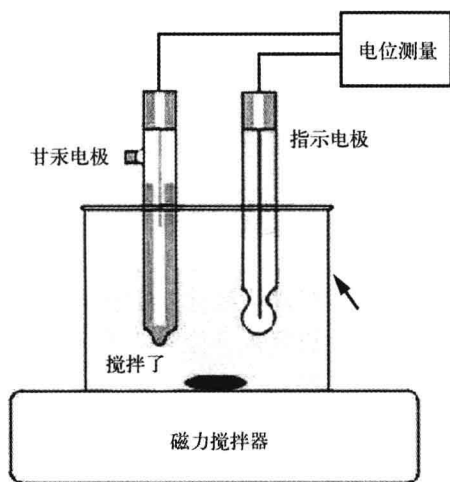


图 1-3 电位分析原理图

1.2.3 微生物分析

食品卫生微生物分析主要包括食品卫生细菌的检验、霉菌的检验以及肠道致病菌的检验三个项目，食品卫生细菌的检验主要包括大肠菌群，菌落总数；食品卫生霉菌的检验包括常见的霉菌形态辨别；食品卫生肠道致病菌的检验分三类：致病性球菌，一般检测金黄色葡萄球菌、溶血性链球菌；致病性杆菌，一般检测沙门氏菌、志贺菌；致病性弧菌，一般检测霍乱弧菌、副溶血性弧菌。

1.2.4 食品快速检测技术的发展

1. 目前常用的食品安全快速检测技术

随着生物学技术的快速发展,其种类也越来越多,其中大多数都能用于食品安全检测。比较常用的快速检测方法主要有快速检验纸片法、免疫学技术、分子生物学检测方法等。

(1) 快速检验纸片法

目前已经有许多微生物检测纸片,可以分别检测菌落总数、大肠菌群、霉菌、沙门菌、葡萄球菌等,这些微生物检测纸片与传统检测方法之间的相关性非常好。例如,使用大肠菌群快检纸片检测餐具的表面,其操作简便、快速、省料,特异性和敏感性与发酵法符合率高。美国 3M 公司生产的 PF (Petrilm) 试纸还加入了染色剂、显色剂,增强了效果,而且避免了热琼脂法不适宜受损细菌恢复的缺陷。在大肠菌群检测方面,国际方法报告的是 MPN 值而不是每 g 食品中的大肠菌群数,PF 试纸可以得出精确数据。霉菌快速检测纸片采用 25℃ 或 36℃ 生化培养箱培养 48h 就可以观察结果,能够准确、快速地反映食品中霉菌的实际污染情况。

纸片法与国标法在霉菌检出率上无显著性差异,且菌落典型,易判定。纸片荧光法可以利用细菌产生某些代谢酶或代谢产物的特点而建立的一种酶——底物反应法。只需检测食品中大肠菌群、大肠杆菌的有关酶的活性,将荧光产物在 365nm 紫外光下观察即可。同时纸片可以进行高压灭菌处理,在 4℃ 条件下保存,简化了实验准备、操作和判断。

(2) 免疫学技术

免疫学技术通过抗原和抗体的特异性结合反应,再辅以免疫放大技术来鉴别细菌。免疫学技术的优点是样品在进行选择性增菌后,不需要分离,即可采用免疫技术进行筛选。由于抗原抗体反应的特异性,所以该方法的种类特别多,目前用于食品安全检测的技术主要有免疫磁珠分离法、免疫力检测试剂条、免疫乳胶试剂、免疫酶技术、免疫深沉法或免疫色谱法等。

由于免疫学技术有较高灵敏度,样品经增菌后可以在较短的时间内达到检出度,抗原和抗体的结合反应可以在很短时间内完成。例如,利用免疫磁珠分离技术可以有效地收集、浓缩大量样品中的少量病原微生物,为研究 TDH 阳性副溶血性弧菌引起的食物中毒的预防提供了重要的应用价值。胶体金免疫层析法可以用于迅速检测沙门氏菌,将抗沙门氏菌多抗用抗原吸收法封闭与其他肠道杆菌的交叉反应,标记胶体金溶胶制成探针,采用多膜复合的方法制成免疫层析条,有良好的开发应用前景。

(3) 分子生物学检测方法

聚合酶链式反应 (polymerase chain reaction, PCR) 是近年来分子生物学领域中迅速发展和广泛应用的一种技术。PCR 技术检测细菌的基本原理是应用细菌遗传物质中各菌属菌种高度保守的核酸序列,设计出相关引物,对提取到的细菌核酸片段进行扩增,进而用凝胶电泳和紫外核酸检测仪观察扩增结果。从 PCR 扩增开始到得出实验结果一般仅需 2~4 小时,再加上富集的时间,整个过程所需的时间可以控制在 24 小时之内。目前对该法自身的应用研究也日新月异,派生出免疫捕获 PCR、荧光定量 PCR、基因芯片技术等。

① 免疫捕获 PCR 法。根据特异性抗体与病原菌菌体抗原特异性结合的免疫学原理,将特异性抗体包裹在磁珠或 PCR 管壁上,富集或捕获菌悬液和标本中的病原菌,再进行 PCR 反应,



即可检测目标病原菌。例如, 0157 病原菌检测, 它基于生化特性的传统培养法约需 72 小时, 而本方法只需 4~5 小时, 如有必要, 也只需增菌 6 小时以提高灵敏度。

② 荧光定量 PCR 法。荧光定量 PCR 在传统 PCR 的基础上添加一条标记 2 个荧光基团的探针, 构成了能量传递结构, 5'端荧光基团发出的荧光可以被 3'的荧光基团吸收。当有特异 PCR 发生时, 探针在 PCR 过程中被 Taq 酶的外切酶活性作用分解, 荧光抑制作用消失, 从而引起荧光信号的增长。在 PCR 过程中, 连续不断地检测反应体系中的荧光信号变化, 并由循环数与荧光值作图, 阳性反应管呈现特征性的曲线, 根据曲线特征可以判断体系中是否有特异性 PCR 扩增, 同时通过与一系列标准比较, 可以对体系中的模板进行定量。荧光定量 PCR 采用闭管检测扩增后无须电泳, 减少了污染的可能性。使用检测荧光值代替肉眼分析结果, 灵敏度比定性可以提高 2~3 个数量级。

③ 细菌直接计数法。主要包括流式细胞仪(flow cytometry, FCM)和固相细胞计数(solid phase cytometry, SPC)法。流式细胞仪通常以激光作为发光源, 经过聚焦整形后的光垂直照射在样品流上, 被荧光染色的细胞在激光束的照射下产生散射光和激发荧光。光散射信号基本上反映了细胞体积的大小; 荧光信号的强度则代表了细胞膜表面抗原的强度或其核内物质的浓度, 由此可以通过仪器检测散射光信号和荧光信号来估计微生物的大小、形状和数量。流式细胞计数具有高度的敏感性, 可以同时为目的菌进行定性和定量。目前已经建立了细菌总数、致病性沙门菌、大肠埃希氏菌等的 FCM 检验方法。固相细胞计数法可以在单个细胞水平对细菌进行快速检测。在滤过样品后, 将存留的微生物在滤膜上进行荧光标记, 采用激光扫描设备自动计数。每个荧光点可以直观地由通过计算机驱动的流动台连接到 Chem Scan 上的落射荧光显微镜来检测, 对于生长缓慢的微生物来说, 该方法检测用时短, 明显优于传统平板计数法。

④ ATP 生物发光法。该法是近年发展较快的一种用于食品生产加工设备结晶度检测的快速检测方法。利用 ATP 生物发光法分析技术和体细胞清除技术, 可以测量细菌 ATP 和体细胞 ATP, 细菌 ATP 的量与细菌数成正比。使用 ATP 生物发光分析技术检测肉类食品细菌污染状况或食品器具的现场卫生学检测, 都能够达到快速适时的目的。

⑤ 微型自动荧光酶标法(mini VIDAS)。该法是利用酶联荧光免疫分析技术, 通过抗原—抗体特异反应, 分离出目标菌, 由特殊仪器根据荧光的强弱自动判断样品的阳性或阴性。VIDAS 法检测食品沙门菌较常规法敏感特异, 使用其检测为阴性的样品时, 能够很快作出非沙门菌的判断, 可以比常规法提前 2~3 天。

2. 我国食品安全检测技术的研究进展

经过我国食品安全检验实验室科研人员的多年努力, 我国在农药残留检测、兽药残留检测、重要有机物的痕量与超痕量检测、食品添加剂与违禁化学品检验方法、生物毒素和中毒控制常见毒素检测、食品中重要人畜疾病病原体检测技术等方面的研究取得很大进展。

(1) 在农药残留检测技术方面的研究

在这方面, 重点研究酶抑制法和仪器分析法。酶抑制法检测试纸已研制成功, 测试盒及酶速测仪也研究成功, 胶体测试条正在研究。食品中 150 种农药残留系统检测技术正在研究中, 已建立了苄嘧磺隆等 7 种农药单残留检验方法。食品安全移动检测车也已研制成功, 并正在开发快速样品净化仪等其他小型设备。

(2) 在兽药残留检测技术方面研究

我国开展了多残留仪器分析和验证方法研究。完成了包括 B-兴奋剂、激素、磺胺、四环素类、氟霉素类、硝基呋喃类、B-内酰胺类、苯并咪唑类、阿维菌类、喹诺酮类、硝基咪唑类、氨基糖苷类、氨基硫脲类等 13 项药物的检测研究。同时完成了新型综合微量样品处理仪、超临界流体萃取在线富集离线净化装置、高效快速浓缩仪、便携式酶标仪的研制。

(3) 在重要有机污染物的痕量与超痕量检测技术方面的研究

完成了二恶英、多氯联苯和氯丙醇的痕量与超痕量检测技术的研究；建立了包括 12 种具有二恶英活性共平面 PCBs 单体同位素稀释高分辨质谱方法、以稳定性同位素稀释技术同时测定食品中氯丙醇方法，以及食品中丙烯酰胺、有机锡、灭蚊灵、六氯苯的检测技术。

(4) 在食品添加剂、饲料添加剂与违禁化学检验技术方面的研究

开展了纽甜、三氯蔗糖、防腐剂的快速检测的研究；进行了番茄红色素、辣椒红色素、甜菜红色素、红花色素、饲料添加剂虾青素、白梨芦醇等的检测研究；建立了阿力甜、姜黄素，保健食品中的红景天甙、15 种脂肪酸测定方法，番茄红素和叶黄素、红曲发酵产物中 Monacolinlink 开环结构的定量分析方法，食品（焦糖色素、酱油）中 4-甲基咪唑含量的毛细管气相色谱分析方法，芬氟拉明、杂氟拉明、杂醇油快速检验方法，磷化物快速检验方法。

(5) 在生物毒素检测技术方面的研究

我国已经研究成功真菌毒素、藻类毒素、贝类毒素 EIJ SA 试剂盒和检测方法，建立了果汁中展青霉素的高效液相色谱方法。

随着科学技术的发展，食品安全的快速检测方法在食品卫生检验方面起着越来越重要的作用。从长远的发展来看，免疫学、分子生物学、自动化和计算机技术的发展对建立更敏感、快捷的食品安全检测方法起到了积极促进作用，建立食品安全快速检测方法，对食品生产、运输、销售过程中质量的监控具有十分重要的意义。这些快速检测技术的推广应用，不仅是对传统的食品安全检测技术的一个改进和提高，也使我们的食品质量安全有了进一步的保障，从而推动食品工业更加健康、快速向前发展，也将改变人类的生活质量，满足人民提高健康水平的需要。

1.3 样品采集

1.3.1 理化样品的采集

食品卫生理化检验的一般程序是：样品的采集、制备和保存；样品的预处理；成分分析；分析数据处理；撰写分析报告。

样品采集是指从大量的分析对象中抽取有代表性的一部分样品作为分析材料，即分析样品。

(1) 采样原则

采样过程中应遵循两个原则：一是采集的样品要均匀，具有代表性，能反映全部被检测食品的组成、质量及卫生状况；二是采样中避免成分逸散或引入杂质，应保持原有的理化指标。

(2) 采样步骤

采样一般分三步。首先是获取检样，从大批物料的各个部分采集少量的物料称为检样；然后将所有获取的检样综合在一起得到原始样品；最后是将原始样品经技术处理后，抽取其中的一部分作为分析检验的样品，这些样品称为平均样品。



(3) 采样方案

采样数量应能反映该食品的卫生质量和满足检验项目对试样量的需求，样品应一式三份，分别供检验、复验、备查或仲裁，一般散装样品每份不少于 0.5kg。具体采样方法，因分析对象的性质而异。

① 液体、半流体饮食品。例如，鲜乳、酒类或其他饮料，如果使用桶或大罐包装时，应先充分混合后采样。样品分别放入三个干净的容器中。

② 粮食及固体食品。从每批食品的上、中、下三层中的不同部位分别采取部分样品混合后按四分法对角取样，再进行几次混合，最后取有代表性的样品。

③ 肉类、水产等食品。按分析项目的要求，可以分别采取不同部位的样品混合后代表一只动物；或从很多只动物的同一部位取样混合后代表某一部位的样品。

④ 罐头、瓶装食品。可以根据批号随机取样。同一批号的取样件数，250g 以上的包装不得少于 6 个，250g 以下的包装不得少于 10 个。掺伪食品和食物中毒的样品采集，要具有典型性。

采样示例：圆锥四分法

圆锥四分法是一种常用的手工缩分方法，也叫做堆锥四分法，简称四分法。

将试样置于洁净平整的铁板上，用铁铲铲起第一铲试样，落下，堆成圆锥形，而后用铁铲将全部试样依次铲起，自圆锥顶尖处落下，使均匀的沿锥尖散落，注意不要使圆锥中心错位；全部堆成圆锥形后，重复操作，将试样再次堆成圆锥形（称为转堆）；如此反复至少三次，使试样充分混匀；然后将圆锥顶尖用平板向下均匀压平成圆饼状（高度降低二分之一），通过中心按照十字形切分为四等分，弃去任意对角的两份，剩下的两份即为缩分后的试样。重复操作，缩分至不少于该粒度的最小留量。

缩分的次数不是随意的。在每次缩分时，试样的粒度与保留量之间应符合采样（缩分）公式。否则应进一步破碎后再缩分。

缩分经验公式

$$Q = Kd^a$$

式中 q ——试样质量，kg；

d ——试样最大粒度，mm；

k ——系数，取决于物料的粒度和特性（被测物料的比重、含量、分布的均匀程度、物料粒子的形状等）；

a ——指数，用来校正试样质量与颗粒大小的关系，取值为 1.5~2.7，一般取为 2.0。

缩分后试样质量应大于 Q 值才有代表性。

在盛装样品的容器上要贴上标签，注明样品名称、采样地点、采样日期、样品批号、采样方法、采样数量、分析项目及采样人。

1.3.2 样品预处理

1. 有机物破坏法

在测定食物中的无机物含量时，常常采用有机物破坏法来消除有机物的干扰。因为食物中的无机元素会与有机质结合，形成难溶、难离解的化合物，使无机元素失去原有的特性，而不能依法检出。有机物破坏法是指将有机物在强氧化剂的作用下经过长时间的高温处理，破坏其

分子结构,其中的有机质分解成气态逸散,而被测定的无机元素得以释放。该方法除了常用于测定食品中微量金属元素之外,还可以用于检测硫、氮、氯、磷等非金属元素。根据具体操作不同,有机物破坏法又分为干法和湿法两大类。

(1) 干法(又称灰化)

是指通过高温灼烧将有机物破坏,除汞外的大多数金属元素和部分非金属元素的测定均可采用此法。具体的操作方法:将一定量的样品置于坩埚中加热,使有机物脱水、炭化、分解、氧化,再在高温电炉中($500\sim 550^{\circ}\text{C}$)灼烧灰化,残灰应为白色或浅灰色,否则应继续灼烧,最后得到的残渣即为无机成分,可供测定使用。

干法的特点是破坏彻底,操作简便,使用试剂少,空白值低。由于破坏时间长、温度高,容易对汞、砷、锑、铅造成挥发损失。所以在对某些元素的测定时,可以添加助灰化剂。

(2) 湿法(又称消化)

湿法是指在酸性溶液中,向样品中加入硫酸、硝酸、过氯酸、过氧化氢、高锰酸钾等氧化剂,并加热消煮,使有机质完全分解、氧化,呈气态逸出,待测组分转化成无机状态存在于消化液中,供测试用。

湿法是一种常用的样品无机化法。其特点是分解速度快,时间短;因加热温度低可减少金属的挥发逸散损失。缺点是消化时易产生大量有害气体,需要在通风橱中操作;另外消化初期会产生大量泡沫外溢,需要随时照看;因试剂用量较大,空白值偏高。

2. 溶剂提取法

在同一溶剂中,不同的物质有不同的溶解度;同一物质在不同的溶剂中溶解度也不同。利用样品中各组分在特定溶剂中溶解度的差异,使其完全或部分分离即为溶剂提取法。常用的无机溶剂有水、稀酸、稀碱;有机溶剂有乙醇、乙醚、氯仿、丙酮、石油醚等。使用溶剂提取法可以从样品中提取被测物质或除去干扰物质。在食品分析中常用于维生素、重金属、农药及黄曲霉毒素的测定。

溶剂提取法可用于提取固体、液体及半流体,根据提取对象不同可分为浸取和萃取两种方法。

(1) 浸取法

使用适当的溶剂将固体样品中的某种被测组分浸取出来的方法称为浸取法,也称为液-固萃取法。该方法应用广泛,例如,在测定固体食品中脂肪的含量时,可以使用乙醚反复浸取样品中的脂肪,而杂质不溶于乙醚,再使乙醚挥发掉,称出脂肪的质量。

(2) 萃取法

利用适当的溶剂(常为有机溶剂)将液体样品中的被测组分(或杂质)提取出来的方法称为萃取法。萃取法的原理是被提取的组分在两互不相溶的溶剂中分配系数不同,从一相转移到另一相中而与其他组分分离。这种方法操作简单、快速,分离效果好,使用广泛。缺点是萃取剂易燃,有毒性。如图 1-4 所示。

3. 蒸馏法

蒸馏法是利用液体混合物中各组分挥发度的不同进行分离的方法。它既可以将干扰组分蒸馏除去,也可以将待测组分蒸馏逸出,然后收集馏出液进行分析。根据样品组分性质的不同,蒸馏法有常压蒸馏、减压蒸馏、水蒸气蒸馏 3 种方式,如图 1-5~图 1-7 所示。