

Food



普通高等教育“十二五”规划教材

食品分析科学

李启隆 胡劲波 编著



化学工业出版社

Food

A Series of Food Science
& Technology Textbooks

食品科技
系列

普通高等教育“十二五”规划教材

食品分析科学

李启隆 胡劲波 编著



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

食品分析科学/李启隆, 胡劲波编著. —北京: 化学工业出版社, 2010.12
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-10107-5

I. 食… II. ①李…②胡… 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 (2010) 第 241795 号

责任编辑: 赵玉清
责任校对: 吴 静

文字编辑: 张春娥
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 433 千字 2011 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.80 元

版权所有 违者必究

食品分析不仅是一门技术，也是一门科学。它是一门研究食品的检测方法、品质评定及其有关理论的学科。食品的检测方法和品质评定涉及面很广，不仅涉及化学、物理学、生物学范畴，也涉及电子学、计算机学领域，因此，将这本书定名为《食品分析科学》是适宜的。

本书分为食品分析基础知识、感官检验法与物理检验法、化学分析法、仪器分析法和微生物检验法等5篇，共29章，约43万字。其中在化学分析法中，包括与其关系密切的比色法和分光光度法。化学分析法是常量分析方法，是食品分析中重要的方法之一。本书是按通常的食品八大营养的次序而写的。每一章在叙述定义、分类和检测意义的基础上，着重叙述该营养物质在食品中存在的形态及其含量，这对于分析工作者来说，是必须了解或掌握的内容。物质的分离和检测是依据物质的特性，即分析特性。换句话说，分析特性是物质分离和检测的基础，是非常重要的。因此，每一章在叙述测定方法之前写一节物质的分析特性，显然是很必要的。

仪器分析法中，叙述各种仪器分析方法及其在食品分析中的应用。除强调方法的定义、分类、特点外，着重叙述仪器的基本结构和方法的基本原理，尽量避免冗长的数学公式的推导。

本书在讲授《食品分析》课程的基础上编写而成，内容选取上力求少而精，简而明，通俗易懂，便于自学；主次分明，重点突出，突出基本概念、基本原理和方法特点。食品的检测方法是多种多样的，只有掌握其特点，才能区分它们，进而选择和应用它们。

在本书成书和出版过程中，我们参阅了有关参考书和资料，向有关作者表示衷心的感谢。博士生李硕琦、焦皎和硕士生刘陈瑶、陈群霞等帮助查找了资料和绘制图表等，也向他们表示衷心的感谢。

由于时间有限，书中难免有疏漏和不足，敬请读者批评指正。

作者于北京师范大学
2010.10

第一章 绪论	1	三、食品添加剂的检测	2
第一节 食品分析科学的定义与作用	1	四、食品中有害物质的检测	2
一、食品分析科学的定义	1	五、微生物的检测	2
二、食品分析科学的作用	1	第三节 食品检测方法与发展趋势	2
第二节 食品分析科学的内容与特征	1	一、食品的检测方法	2
一、食品的感官鉴定	1	二、食品检测方法的发展趋势	3
二、食品营养成分的检测	1	思考题与习题	3

第一篇 基础知识

第二章 基本知识	4	第三章 食品分析的误差与数据处理	10
第一节 样品采集、制备及保存	4	第一节 食品分析的误差	10
一、采样及其要求和步骤	4	一、误差的种类及其来源	10
二、样品的制备	6	二、准确度和精密度	11
第二节 样品的预处理	6	第二节 控制和消除误差的方法	13
一、有机物破坏法	6	一、减小测量误差	13
二、蒸馏分离法	7	二、减小偶然误差	13
三、溶剂提取法	7	三、消除系统误差	13
四、化学分离法	8	第三节 分析数据的处理	14
第三节 检测方法的选择	8	一、有效数字及其应用	14
一、正确选择检测方法的重要性	8	二、分析数据的取舍	14
二、选择检测方法应考虑的因素	9	三、校准曲线	15
思考题与习题	9	思考题与习题	16

第二篇 感官检验法与物理检验法

第四章 感官检验法	17	第五章 物理检验法	23
第一节 概述	17	第一节 概述	23
一、感官检验法的定义与意义	17	一、定义与分类	23
二、感官检验的种类	17	二、特点与应用	23
三、感官检验的条件	18	第二节 相对密度法	23
第二节 检验方法	19	一、密度和相对密度	23
一、差别检验法	19	二、测定方法	24
二、标度类别检验法	19	第三节 折射率法	25
第三节 数据统计分析与评定	20	一、液态食品的折射率与其浓度的关系	25
一、差别检验的数据处理	20	二、折光仪的基本结构及其使用	26
二、排列检验的数据处理	21	三、适用范围及特点	27
第四节 实验方法举例	21	第四节 旋光法	27
食品感官差别检验法——配对和对比		一、旋光度与旋光活性物质浓度的关系	28
检验法	21	二、旋光仪的基本结构	29
思考题与习题	22	第五节 黏度法	29

第六节 实验方法举例	30
食品中味精纯度和淀粉含量旋	

光法的测定	30
思考题与习题	31

第三篇 化学分析法

第六章 水分、灰分及其测定	32
第一节 水分及其测定	32
一、概述	32
二、水分的分析特性	33
三、水分的测定方法	34
四、水分活度及其测定	35
第二节 灰分及其测定	37
一、概述	37
二、灰分的测定	38
第三节 实验方法举例	39
一、食品中水分含量的测定——常压 烘箱干燥法	39
二、食品中水分含量的测定——费休化 学法	40
三、食品中水分活度的测定——扩散法	42
四、食品中总灰分含量的测定——重 量法	43
思考题与习题	45
第七章 酸类及其测定	46
第一节 概述	46
一、酸类及其浓度的概念	46
二、酸类在食品中存在的形态及含量	46
三、酸类在人体中的重要性及其测定的 意义	47
第二节 酸类的分析特性	48
一、呈酸性	48
二、离解度小	48
三、挥发性	49
第三节 有机酸的测定方法	49
一、总浓度的测定	49
二、挥发酸的测定	49
三、酸度的测定	49
第四节 实验方法举例	50
一、食品中酸总浓度的测定——酸碱滴 定法	50
二、食品中挥发酸的测定——直接酸碱滴 定法	51
思考题与习题	52
第八章 脂类及其测定	53
第一节 概述	53
一、定义与分类	53
二、脂类在食品中存在的形态及含量	53

三、脂肪在人体中的重要性及其测定的 意义	54
第二节 脂类的分析特性	54
一、溶解性	54
二、水解性	54
三、被氧化性	55
四、加成性	55
五、生色性	55
第三节 脂类的测定方法	55
一、游离脂肪的测定	55
二、总脂肪的测定	56
三、乳脂的测定	56
第四节 食用油脂的质量检测	57
一、酸价	57
二、过氧化值	57
三、碘价	58
四、皂化价	58
五、羰基价	59
第五节 实验方法举例	59
一、食品中粗脂肪的测定——索氏提 取法	59
二、鲜牛乳中总脂肪的测定——巴布科 克法	61
思考题与习题	62
第九章 碳水化合物及其测定	63
第一节 概述	63
一、定义与分类	63
二、碳水化合物在食品中存在的形态及 含量	63
三、碳水化合物在人体中的重要性及其 测定的意义	63
第二节 糖类的分析特性	64
一、溶解性	64
二、还原性	64
三、生色性	64
四、水解性	64
第三节 糖类的测定方法	65
一、还原糖的测定	65
二、蔗糖的测定	66
三、多糖的测定	66
第四节 实验方法举例	68
食品中还原糖的测定——直接滴定法	68
思考题与习题	70

第十章 蛋白质和氨基酸及其测定	71	第二节 添加剂的分析特性	86
第一节 概述	71	一、生色性	86
一、定义与分类	71	二、还原性或氧化性	87
二、蛋白质在食品中存在的形态及含量	71	三、酸性	87
三、蛋白质在人体中的重要性及其测定的意义	71	第三节 添加剂测定方法	87
第二节 蛋白质和氨基酸的分析特性	72	一、甜味剂的测定	87
一、水溶性	72	二、防腐剂的测定	88
二、水解性	72	三、发色剂的测定	89
三、氨化性	72	四、漂白剂的测定	90
四、生色性	72	五、着色剂的测定	91
第三节 蛋白质和氨基酸的测定方法	73	第四节 实验方法举例	91
一、蛋白质的测定	73	一、亚硝酸盐的测定——盐酸萘乙	
二、氨基酸总量的测定	74	二胺分光光度法	91
第四节 实验方法举例	75	二、二氧化硫的测定——盐酸副玫瑰	
一、食品中蛋白质含量的测定——微量		苯胺分光光度法	93
凯氏定氮法	75	思考题与习题	95
二、氨基酸态氮的测定——双指示剂甲		第十三章 食品中的元素及其测定	96
醛滴定法	77	第一节 概述	96
思考题与习题	78	一、食品中的元素及其分类	96
第十一章 维生素及其测定	79	二、无机元素在食品中存在的状态和	
第一节 概述	79	含量	96
一、定义、分类与特性	79	第二节 元素的分析特性	97
二、维生素在食品中存在的形态及其主要		一、一般含量小、干扰大	97
来源	79	二、配位性	97
三、维生素在人体中的重要性及其测定的		三、常量滴定法测定常量元素	98
意义	80	四、仪器分析法测定微量元素	98
第二节 维生素的分析特性	80	第三节 元素测定方法	98
一、溶解性	80	一、常量元素的测定	98
二、水解性	80	二、必需微量元素的测定	99
三、生色性	80	三、有害元素的测定	100
四、荧光性	80	第四节 实验方法举例	102
第三节 脂溶性维生素测定方法	81	乳粉中铅含量的双硫腍比色法测定	102
一、维生素 A 的测定	81	思考题与习题	104
二、维生素 D 的测定	81	第十四章 有害物质及其测定	105
三、维生素 E 的测定	82	第一节 概述	105
第四节 水溶性维生素测定方法	82	一、有害物质的定义与分类	105
一、维生素 B ₁ 的测定	82	二、有害物质的来源	105
二、维生素 C 的测定	83	三、加强食品中有害物质的检测	105
第五节 实验方法举例	83	第二节 有害物质的分析特性	106
食品中维生素 C 的测定——2,4-二硝基苯肼		一、含量很低	106
分光光度法	83	二、成分复杂	107
思考题与习题	85	第三节 有害物质测定方法	107
第十二章 食品添加剂及其测定	86	一、农药有机氯的测定	107
第一节 概述	86	二、农药有机磷的测定	108
一、定义与分类	86	三、黄曲霉毒素的测定	109
二、食品添加剂测定的意义	86	四、二噁英的测定	110
		第四节 实验方法举例	111

一、食品中有机磷农药残留量的测定——气相色谱法	111
二、花生中黄曲霉毒素的测	

定——薄层色谱法	112
思考题与习题	114

第四篇 仪器分析法

一、光学分析法	115
二、电化学分析法	115
三、色谱法	115
四、其他仪器分析法	115
第十五章 原子吸收光谱法	116
第一节 概述	116
一、定义	116
二、分类	116
三、特点	116
第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	116
一、仪器的基本结构及其特点	116
二、方法的基本原理	118
三、分析方法	118
第三节 在食品分析中的应用	119
一、必需微量元素的测定	119
二、有害元素的测定	119
第四节 实验方法举例	120
一、食品中铅的测定——火焰原子吸收光谱法	120
二、食品中铜的测定——石墨炉原子吸收光谱法	122
思考题与习题	123
第十六章 ICP 原子发射光谱法	124
第一节 概述	124
一、定义	124
二、特点与应用	124
第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	124
一、仪器的基本结构及其特点	124
二、方法的基本原理	125
三、分析方法	126
第三节 在食品分析中的应用	126
一、饮用水中总硅的测定	126
二、茶叶和咖啡中硼的测定	126
三、食用盐中微量元素的同时测定	126
四、饼干、乳制品、糖果等食品中多元素的测定	127
五、植物性食品中稀土元素的测定	127
第四节 实验方法举例	127

一、饮用水中总硅的测定	127
二、乳制品中多元素的测定	128
思考题与习题	129
第十七章 红外吸收光谱法	130
第一节 概述	130
一、定义与分类	130
二、红外吸收光谱法的特点	131
第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	131
一、仪器的基本结构及其特点	131
二、方法的基本原理	132
三、分析方法	132
第三节 在食品分析中的应用	133
一、食品中有毒有害成分的检测	133
二、食品中农药残留的检测	133
三、多糖结构的鉴定	133
四、傅里叶变换红外光谱研究蛋白质二级结构	133
五、食品掺假的鉴定	133
第四节 实验方法举例	134
一、奶粉中苯甲酸钠含量的测定	134
二、食用植物油中掺假的鉴别和分析	135
思考题与习题	136
第十八章 分子荧光光谱法	137
第一节 概述	137
一、原子荧光光谱法	137
二、分子荧光光谱法	137
第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	138
一、仪器的基本结构及其特点	138
二、方法的基本原理	138
三、分析方法	139
第三节 在食品分析中的应用	140
一、维生素和氨基酸的测定	140
二、添加剂、防腐剂和包装有害物质的测定	140
三、毒物的测定	140
四、农药残留和杀虫剂残留的测定	141
第四节 实验方法举例	141
食品中核黄素(维生素 B ₂)的测定	141
思考题与习题	143

第十九章 核磁共振波谱法	144	三、分析方法	166
第一节 概述	144	第三节 在食品分析中的应用	166
一、定义与分类	144	一、糖类的分析	166
二、核磁共振谱法的特点	145	二、脂类的分析	166
第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	145	三、氨基酸、肽和蛋白质的分析	166
一、仪器的基本结构及其特点	145	四、有机酸的分析	167
二、方法的基本原理	146	五、维生素的分析	167
三、化合物鉴定与定量分析	147	六、添加剂的分析	167
第三节 在食品分析中的应用	149	七、真菌毒素的分析	168
一、食品成分的分析	149	八、农药与兽药残留的分析	168
二、食品成分分子结构的测定	149	第四节 实验方法举例	168
三、水果品质的无损检测	149	一、鸡蛋及蛋粉中三聚氰胺的测定	168
第四节 实验方法举例	150	二、食品中苏丹红染料的测定	169
油菜籽含油量的测定	150	三、水发食品中甲醛的定量检测	171
思考题与习题	151	思考题与习题	172
第二十章 气相色谱法	152	第二十二章 离子色谱法	173
第一节 概述	152	第一节 概述	173
一、色谱法及其分类	152	一、定义与分类	173
二、气相色谱法的定义	152	二、特点	173
三、气相色谱法的特点	152	第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	174
第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	153	一、仪器的基本结构及其特点	174
一、仪器的基本结构及其特点	153	二、方法的基本原理	175
二、方法的基本原理	155	三、分析方法	175
三、分析方法	155	第三节 在食品分析中的应用	175
第三节 在食品分析中的应用	156	一、无机阴阳离子的检测	175
一、气体的分析	156	二、有机酸的检测	175
二、糖类的分析	156	三、胺和其他有机碱的检测	176
三、脂类的分析	157	四、糖类和氨基酸的检测	176
四、添加剂的分析	157	第四节 实验方法举例	176
五、农药的分析	158	一、自来水中阴离子的测定——非抑制型离子色谱法	176
第四节 实验方法举例	158	二、葡萄酒中有机酸的测定——抑制型离子色谱法	178
一、食品中抗氧化剂 BHA 和 BHT 的测定	158	思考题与习题	179
二、食品中有机氯农药残留量的测定	160	第二十三章 毛细管电泳法	180
思考题与习题	162	第一节 概述	180
第二十一章 高效液相色谱法	163	一、定义与分类	180
第一节 概述	163	二、毛细管电泳法的特点	181
一、定义与分类	163	第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	181
二、与气相色谱法比较	163	一、仪器的基本结构及其特点	181
三、特点及应用	164	二、方法的基本原理	182
第二节 仪器的基本结构及方法的基本原理	164	三、分析方法	182
一、仪器的基本结构及其特点	164	第三节 在食品分析中的应用	182
二、方法的基本原理	166	一、氨基酸和蛋白质的检测	182
		二、维生素的检测	183

三、糖类的检测	183	二、方法的基本原理	199
四、有机酸的检测	183	三、分析方法	199
五、添加剂的检测	183	第三节 在食品分析中的应用	199
六、农药和抗生素残留量的检测	183	一、矿物元素的测定	199
七、生物毒素的检测	183	二、糖类的测定	199
八、无机离子的检测	184	三、维生素的测定	200
第四节 实验方法举例	184	四、添加剂的测定	200
一、牛乳铁蛋白含量的测定	184	五、生物毒素和药物残留量的测定	200
二、食品中氨基酸的测定——高效毛细 管电泳-间接紫外吸收检测法	185	六、新鲜度的检验	200
思考题与习题	186	七、食品滋味、气味和熟度的检验	200
第二十四章 质谱分析法	187	第四节 实验方法举例	200
第一节 概述	187	一、酱油中氨基酸总量的测定——电位滴 定法	200
一、定义与分类	187	二、果汁饮料中 pH 的测定——直接电 位法	202
二、特点	187	思考题与习题	203
第二节 仪器的基本结构及方法的基本 原理	188	第二十六章 伏安法	204
一、仪器的基本结构及其特点	188	第一节 概述	204
二、方法的基本原理	189	一、定义	204
三、分析方法	191	二、定性、定量分析的依据	204
第三节 在食品分析中的应用	192	三、分类	204
一、食品成分的分析	192	四、特点	205
二、农药残留和二噁英的检测	193	第二节 仪器的基本结构及方法的基本 原理	205
三、在食品掺假检测中的应用	193	一、仪器的基本结构及其特点	205
第四节 实验方法举例	193	二、方法的基本原理	206
织纹螺中河豚毒素的测定——固相 萃取-超过滤-高效液相色谱/质谱联用法	193	三、分析方法	207
思考题与习题	195	第三节 在食品分析中的应用	207
第二十五章 电位分析法	196	一、金属离子和非金属离子的检测	207
第一节 概述	196	二、氨基酸和添加剂的测定	208
一、定义与分类	196	三、农药残留量的测定	208
二、电位分析法的特点	196	第四节 实验方法举例	208
第二节 仪器的基本结构及方法的基本 原理	196	茶叶中微量铜的测定——单扫描示波极 谱法	208
一、仪器的基本结构及其特点	196	思考题与习题	209

第五篇 微生物检验法

第二十七章 微生物检验法及培养技术 ...	210	二、微生物的培养技术	212
第一节 概述	210	思考题与习题	214
一、微生物检验法的定义与分类	210	第二十八章 微生物检验范围、指标及 测定	215
二、食品微生物检验的意义	210	第一节 微生物检验范围及指标	215
第二节 微生物样品的采集及其预处理	211	第二节 菌落总数及其测定	215
一、样品的采集	211	一、菌落总数	215
二、样品的预处理	211	二、菌落总数的测定	215
第三节 微生物的接种和培养技术	211	第三节 大肠菌群及其测定	217
一、微生物的接种技术	212		

一、大肠菌群	217	三、检验方法	229
二、大肠菌群的测定	218	第四节 水产品的检验	229
第四节 常见致病菌及其测定	221	一、水产品中常见的微生物	229
一、常见致病菌	221	二、样品的采集与处理	230
二、常见致病菌的测定	221	三、检验方法	230
思考题与习题	225	第五节 饮料、饮品的检验	230
第二十九章 微生物检验在食品分析中的		一、饮料、饮品中常见的微生物	230
应用	226	二、样品的采集与处理	231
第一节 肉与肉制品的检验	226	三、检验方法	231
一、肉与肉制品中常见的微生物	226	四、乳酸菌的检验	231
二、样品的采集与处理	226	第六节 糖果、糕点、果脯的检验	232
三、检验方法	227	一、糖果、糕点、果脯的污染	232
第二节 乳与乳制品的检验	227	二、样品的采集与处理	232
一、乳与乳制品中常见的微生物	227	三、检验方法	233
二、样品的采集与处理	227	第七节 实验方法举例	233
三、检验方法	228	一、豆制品中菌落总数和大肠菌群的	
第三节 蛋与蛋制品的检验	228	测定	233
一、蛋与蛋制品中常见的微生物	228	二、果蔬中致病性大肠杆菌的测定	234
二、样品的采集与处理	228	思考题与习题	235

附录

附录 1 对比、配对差别试验统计概率表	236	附录 4 观测糖锤度温度改正表	241
附录 2 三角形差别试验统计概率表	238	附录 5 相当于氧化亚铜质量的葡萄糖、	
附录 3 排列试验统计表	240	果糖、乳糖、转化糖质量表	242

参考文献

第一章 绪 论

(introduction)

第一节 食品分析科学的定义与作用

一、食品分析科学的定义

何谓食品？食品是安全无毒、有营养的物质，是维持人们活动的能量源，增进人们健康的营养源，满足人们食欲的美味源。食品分析不仅是一门技术，也是一门科学。“食品分析科学”是一门研究食品的检测方法、品质评定及其有关理论的学科。食品的检测方法和品质评定涉及面很广，不仅涉及化学、物理学、生物学范畴，也涉及电子学、计算机学等领域。

二、食品分析科学的作用

俗话说得好，“民以食为天”，这充分说明了食对于民是极其重要的。但要食得安全、食得营养、食得味美、食得健康，就得对食品进行检测和评定，就离不开“食品分析科学”这门学科知识。其具体作用如下所述。

1. 控制和管理生产，保证和监督食品质量

检测和评定在生产中，如同医务工作者的探听器和诊断器，起到侦察和确诊的作用。通过对食品生产所用原料、辅助材料的检验，可了解其质量是否符合生产要求，使生产者做到胸中有数；通过对半成品和成品的检验，可掌握生产情况，及时发现问题，采取相应措施，保证产品质量；也可为工厂制订生产计划，核算经济成本提供基本数据。

2. 为食品新资源和新产品的开发，以及新技术和新工艺的探索等提供可靠的依据

在食品科学研究中，不论是理论性研究还是应用性研究，食品的检测和评定均是不可缺少的手段。例如，在开发新的食品资源，试制新产品、新设备，改革生产工艺，改进产品包装和贮运技术等各方面的研究中，常需选定适当的项目进行检测，再将检测的结果进行综合对比，得出结论。

第二节 食品分析科学的内容与特征

食品的种类繁多，组成复杂，检验的目的不同和项目各异，测定方法也多种多样，因此食品检测的范围很广。其主要内容如下。

一、食品的感官鉴定

各种食品均具有各自的感官特征，除了色、香、味是所有食品共有的感官特征外，液态食品还有澄清、透明等感官指标，对固体、半固体食品还有软、硬、弹性、韧性、黏、滑、干燥等一切能为人体感官判定和接受的指标。好的食品不仅要符合营养和卫生的要求，也要有良好的可接受性。因此，各类食品的质量标准中均有感官指标。感官鉴定是食品质量检验的主要内容之一，在食品检验中占有重要地位。

二、食品营养成分的检测

食品从营养成分看，主要有水分、灰分、矿物元素、脂肪、碳水化合物、蛋白质与氨基酸、有机酸和维生素八大类。不同的食品所含营养成分的种类和含量是各不相同的。在天然食品中，能同时提供各种营养成分的品种较少，人们必须从不同的食品中摄取多种营养成分。为

此,需要对各种食品的营养成分进行检测,以评定其营养价值,为选择食品提供依据。营养成分的检测是食品检测的主要内容之一。

三、食品添加剂的检测

在食品生产中,为了改善食品的感官性状,或改善食品原来的品质、增加营养、提高质量,或延长食品的货架期,或因加工工艺的需要,常加入一些辅助材料,即食品添加剂。由于当前所使用的食品添加剂多为化学合成物质,有些对人体有一定的毒性,故国家对其使用范围和用量均作了严格的规定。为保证食品的安全,必须对其进行检测,这是食品检测的一个重要内容。

四、食品中有害物质的检测

正常的食品应当无毒无害,符合应有的安全和营养的要求。但食品在生产、加工、包装、运输、贮存、销售等各个环节中,常常产生、引入或污染某些对人体有害的物质,如砷、镉、汞、铅、铜、铬、锡、锌、硒等有害元素,各种农药和细菌、霉菌及其毒素等。为保证食品的安全,必须对其有害成分进行检测。

五、微生物的检测

微生物检测是利用微生物的有关理论和方法,研究食品中微生物的种类、数量、性质及其对人类健康的影响。微生物广泛地分布于自然界,绝大多数微生物对人类和动、植物是有益的,有些甚至是必需的,但微生物也是造成食品变质的主要因素,其中病原微生物还会致病,一些在代谢过程中产生的毒素,还会引起食物中毒。食品的微生物污染情况是食品卫生质量的重要指标之一。食品的微生物检验包括细菌形态学检验、细菌生理学检验、食品卫生细菌学检验和真菌学检验等,其中主要是对食品中的细菌总数、大肠菌群和致病菌进行检验。

食品与药物一样涉及人们的生命和健康,国家把食品和药物一起归口统一管理,食品检测所用的方法与药物一样是法定的,是非常严格的。这是食品检测的显著特征。

第三节 食品检测方法与发展趋势

一、食品的检测方法

食品的检测方法很多,根据其原理不同可分为以下各种。

1. 感官检验方法

感官检验是借助人的感觉器官的功能,如视觉、嗅觉、味觉和触觉等的感觉来检验食品的颜色、香、味和组织状态等。感官检验的重要性不仅在于有些产品的特性目前还不能用仪器检验,即使有了先进的测量仪器,感官检验的重要性也不会降低,因为食品的感官指标和理化指标是相互补充的,只有将两者结合起来,才能得到产品质量的完整信息。感官检验方法是食品检测的重要方法之一。

2. 化学分析方法

化学分析是根据物质的化学反应为基础的分析方法。化学分析法包括定性分析和定量分析两部分。对于食品分析来说,由于大多数食品的来源及主要成分是已知的,一般不必做定性分析。最经常的工作是定量分析。化学定量分析法包括重量法和容量法。对于食品中水分、灰分、脂肪、果胶、纤维等成分的检测,常规的方法是采用重量法。容量法包括酸碱滴定法、氧化还原滴定法、配位滴定法和沉淀滴定法。食品中酸的总浓度和蛋白质的检测,常采用酸碱滴定法,还原糖、维生素C的检测常采用氧化还原滴定法。

化学分析法是食品检测的基础。即使是现代的仪器分析法,也要用化学法对样品进行预处理及制备标准样品;有时为检验仪器分析的准确度和精密度,也要用规定的或推荐的化学标准法作对照。因此,化学分析法是食品检测的重要方法。

3. 仪器分析方法

仪器分析法是根据物质的物理或物理化学性质而进行分析的方法。它包括物理分析法和物理化学分析法。

物理分析法是通过测定密度、黏度、折射率、旋光度等物质的物理特性来检测成分含量的方法。如密度法可检测糖液的浓度、酒中酒精含量等；折射率法可检测果汁、蜂蜜、糖浆等食品的固形物含量和牛乳中乳糖含量等；旋光法可检测饮料中的蔗糖含量以及谷类食品中的淀粉含量等。

物理化学分析法是通过测量物质的光学、电化学和亲和力等性质来检测成分含量的方法。它包括光学分析法、电化学分析法、色谱分析法和质谱分析法等。光学分析法又分为紫外-可见分光光度法、原子吸收分光光度法、荧光分析法等，可用于检测食品中的无机元素、碳水化合物、蛋白质、氨基酸、食品添加剂、维生素等成分。电化学分析法又分为电导分析法、电位分析法和伏安分析法（包括极谱分析法）等。电导法可检测糖类灰分和水的纯度等；电位法可检测食品的 pH 以及其中的无机元素、酸根、添加剂等成分；伏安法可用于检测食品中的重金属、维生素、食品添加剂等成分。色谱法包括气相色谱法、高效液相色谱法、离子色谱法和毛细管电泳法等，可用于检测食品中的有机酸、氨基酸、糖类、维生素、食品添加剂、农药残留量、黄曲霉毒素以及无机离子和有机离子等成分。

仪器分析法具有灵敏、快速、操作简单、易于实现自动化等优点，因而在食品分析中得到越来越广泛的应用。

4. 微生物分析法

微生物分析法是基于某些微生物生产需要特定的物质，对细菌、病毒进行观察、培养与检测，以判断微生物的污染程度。该法广泛地用于维生素、抗生素残留量、激素等成分的检测。

二、食品检测方法的发展趋势

随着科学技术的迅猛发展，食品工业生产水平的不断提高，对食品检测方法提出了更高的要求。食品检测方法正向着灵敏、快速、在线、无损、自动化的方向发展。

1. 仪器化和自动化

为发展快速和简便的检测方法，就要实现方法的仪器化和自动化；研究多功能仪器于食品检测中的应用，不仅可快速检测食品中的某种成分，也可以同时检测多种成分。例如，用近红外自动测定仪检测食品中营养成分时，样品无需进行预处理就可直接进样，经过微机系统迅速给出蛋白质、氨基酸、脂肪、碳水化合物、水分等各种成分的含量；全自动牛乳分析仪可对牛乳中各种成分进行自动快速的检测。为提高检测的精密度和准确度，也要发展综合型的分析仪器。

2. 在线检测和无损检测

大多数食品检测是对抽样进行破坏性检测，虽然抽取样品占总体的比例很小，但从经济角度来看也是一种消耗。随着检测技术的提高，已出现或发展了低损耗或无损耗检测，降低了生产消耗，提高了经济效益。有的检测甚至可在生产线上完成，如线上细菌检测、线上容量检测等。这些不仅简化了检测工作，也加快了生产的节奏。

3. 发展新技术和新方法

随着各种生物技术理论的发展及其在食品检测中的应用，已出现了许多新的检测方法，如生物传感检测技术、酶标检测、酶联免疫分析、生物荧光等，使食品的检测方法得到了极大的提高和改善。

思考题与习题

1. 何谓食品分析科学？它有何作用？
2. 食品分析科学包括哪些内容？它有何显著特征？
3. 食品检测方法有哪些？
4. 你认为食品分析科学的发展趋势如何？

第一篇 基础知识

(fundamental knowledge)

本篇基础知识包括食品分析的基本知识和食品分析的误差及数据处理。其中食品分析的基本知识主要介绍食品样品的采集、制备及保存；样品的预处理和分析方法等。而食品分析的误差和数据处理，包括误差及其来源与消除；实验数据的处理方法及其取舍等。

第二章 基本知识

(elementary knowledge)

食品的种类繁多，成分复杂，来源不一，要求不同，但食品的检测程序是相同的，即采样→制备和保存→样品预处理→成分分析→分析数据处理→分析报告撰写。

第一节 样品采集、制备及保存

一、采样及其要求和步骤

食品检测的首项工作是从大量的分析对象中抽取有代表性的一部分样品用于检测，这项工作叫采样。

1. 采样的要求、步骤和方法

(1) 采样的要求 ①采集的样品要均匀，有代表性，能反映全部被检食品的组成、质量和卫生状况；②采样过程中要确保食品原有的理化指标不变，防止成分逸散或带入杂质。

(2) 采样的步骤 采样过程可分为检样、原始样品和平均样品三个步骤。从整批食物的各个部分采取的少量样品，称为检样；把许多份检样综合在一起，称为原始样品；原始样品经过处理再抽取其中一部分作为检测用的称为平均样品。

(3) 采样的方法 有随机抽样和代表性取样两种。随机抽样，即按照随机原则，从大批物料中抽取部分样品。操作时，应使所有物料的各个部分都有被抽到的机会。代表性取样，是用系统抽样法进行采样，即依据样品随空间（位置）和时间变化的规律进行采样，以便采集的样品能代表其相应部分的组成和质量。例如，分层取样、随生产过程的各环节采样、定期抽取货架上陈列的不同时间食品的采样等。

随机取样可避免人为的倾向性，但有时仅用随机取样是不行的，例如，难以混匀的食品，必须结合代表性取样。因此，采样通常采用随机抽样和代表性取样相结合的方式。具体操作可根据物料的品种或包装按以下分类进行。

① 均匀固体物料（如粮食、粉状食品）

a. 完整包装（袋、桶、箱等）的物料 可先按半经验公式：

$$S = N/2 \quad (2.1)$$

式中， S 为采样点数； N 为被测样品的总数目（如袋、桶、箱等）。

确定采样点数，然后从样品堆放的不同部位，将双套回转取样管插入包装中，回转 180° 取出样品，每一包装需由上、中、下三层取出三份检样，将许多检样综合在一起成为原始样

品；用“四分法”将原始样品做成平均样品。所谓“四分法”，是将原始样品混合均匀后，堆积在清洁的玻璃板上，压平成厚度在 3cm 以下的料堆，划上“十”字线，将其分成四份，取对角的两份混合，再按上述操作分为四份，取对角的两份。如此反复操作，直至取得所需数量为止。

b. 无包装的散堆样品 先划分若干等体积层，然后在每层的四角和中心用取样器各取少量样品。再按上法处理取得平均样品。

② 较稠的半固体物料（如稀奶油、动物油脂、果酱等）这类物料不易混匀，可先按式（2.1）确定采样点数。开启包装，用采样器从各桶（罐）中分层（一般分上、中、下三层）分别取样，然后混合、分取、缩减到所需数量的平均样品。

③ 液体物料（如植物油、鲜乳等）

a. 包装体积不太大的物料 可先按式（2.1）确定采样点数。开启包装，充分混合。混合时可用混合器。从每个包装中取一定量的物料，综合在一起，经充分混合后，分取、缩减到所需数量。

b. 大桶装的或散装的物料 这类物料不易混匀，可用虹吸法分层取样，每层约 500mL，充分混匀后，分取、缩减到所需数量。

④ 不均匀的固体食品（如肉、鱼、果品、蔬菜等）这类食品各部位极不均匀，个体大小和成熟程度差异很大，可按下法取样。

a. 肉类 可从不同部位取样，经混合后代表该只动物情况；或从一只或多只动物的同一部位取样，混合后代表某一部位的情况。

b. 水产品 对小鱼、小虾，可随机取多个样品，切碎，混匀后，分取、缩减到所需数量；对个体较大的鱼，可从若干个体上切割少量可食部分，切碎混匀，再分取、缩减到所需数量。

c. 果蔬类 对体积较小的（如山楂、葡萄等），随机取若干个整体，切碎混匀，缩减到所需数量。对体积较大的（如西瓜、苹果、萝卜等），可按成熟度和个体大小的组成比例，选取若干个个体，对每个个体按生长轴纵剖分 4 份或 8 份，取对角线 2 份，切碎、混匀、分取、缩减到所需数量。对体积蓬松的叶菜类（如菠菜、小白菜等），由多个包装（一筐或一捆）分别抽取一定数量，混合后，捣碎、混匀、分取、缩减到所需数量。

⑤ 小包装食品（罐头、袋或听装奶粉、瓶装饮料等）这类食品一般按班次或批号连同包装一起采样。如小包装外还有大包装（如纸箱），可在堆放的不同部位抽取一定点数的大包装，打开包装，从每箱中抽取小包装，再缩减到所需数量。

2. 采样数量

取样数量的确定，应考虑：①分析项目的要求；②分析方法的要求；③被检物的均匀程度三个因素。样品应一式三份，分别供检验、复验和备查使用。每份样品数量一般不少于 0.5kg。检验掺伪物的样品，与一般的成分分析的样品不同，分析项目事先不明确，属捕捉性分析，因而，相对来说取样量要多一些。

3. 采样注意事项

① 一切采样器具、包装等都应清洁，不能将任何有害物质带入样品中。供微生物检验用的样品，应严格遵守无菌操作规程。

② 应保持样品原有微生物状况和理化指标，在进行检测之前不得受到污染，不发生变质。做黄曲霉毒素 B₁ 检测的样品，要避免阳光、紫外灯照射，以免黄曲霉毒素 B₁ 分解。

③ 感官不合格的产品不必进行理化检验，直接判为不合格产品。

④ 装样品的容器上要贴牢标签，注明样品名称、采样地点、日期、方法、数量、分析项目和采样人员。

⑤ 不能在短期内进行分析的样品应妥善保存。易变质、挥发的样品应保存在 0~5℃ 的冰

箱里或加入无干扰的防腐剂或保护剂。含胡萝卜素、黄曲霉毒素、维生素的样品,须在避光条件下保存。

二、样品的制备

按采样规程采取的样品往往数量过多,颗粒太大,组成不均匀。因此,必须对样品进行粉碎、混匀、缩分。这项工作称为样品制备,样品的制备方法因产品类型不同而异。

(1) 液体、浆体或悬浮液体 直接通过搅拌、摇匀的方法使其充分混匀。

(2) 互不相溶的液体(如油与水的混合物) 应首先使不相溶的成分分离,再分别进行采样。

(3) 固体样品 通过粉碎、捣碎、研磨等方法将样品制成均匀可检状态。水分含量少、硬度较大的固体样品(如谷类),可用粉碎法;水分含量较高、质地软的样品(如果蔬),可用匀浆法;韧性较强的样品(如肉类),可用研磨法。

(4) 罐头 水果罐头在捣碎前需清除果核;肉禽罐头应事先清除骨头;鱼罐头要先将调味品(如葱、辣椒等)分出后再捣碎。

在样品制备过程中,应防止易挥发性成分的逸散和样品组成、理化性质的变化。做微生物检验的样品,应按无菌操作规程制备。

第二节 样品的预处理

预处理也是食品检测中的一个重要环节。食品的成分较复杂,既含有高分子物质,如蛋白质等,也含有各种无机元素,如钾、钠、钙、铁等。这些组分往往以复杂的结合态或配合态形式存在。当检测食品中某一组分时,其他共存的组分常造成干扰。为得到准确的检测结果,在检测前必须排除这些干扰。有些被检测的组分在食品中含量很低,如污染物、农药、黄曲霉毒素等,检测前需要对样品进行分离、浓缩。这种为排除干扰而对样品进行分解、分离、浓缩、提纯等的处理,统称为样品的预处理。通常对食品的预处理有如下几种方法。

一、有机物破坏法

本法主要用于食品中无机盐成分或元素的检测。

食品中的无机盐成分或元素常与有机物质结合,形成难溶、难离解的化合物。如检测这些无机成分,需先破坏有机结合体,使被测成分释放出来。通常采用高温,或高温加氧化剂或助剂的方法,使有机物分解,以气态逸散,而被测组分则保留下来。根据操作不同,可分为干法灰化和湿法消化两种。

1. 干法灰化

这是一种用高温灼烧以破坏样品中有机物的方法,因而又称为灼烧法。除汞外,大多数金属元素和部分非金属元素的检测都可用此法处理样品。

(1) 原理 将一定量的样品置于坩埚中加热,使其中的有机物脱水、炭化、分解、氧化,再置于高温电炉(一般为 $500\sim 550^{\circ}\text{C}$)中灼烧灰化,直至残灰为白色或浅灰色为止。所得的残渣为无机成分,可制成溶液供检测用。

(2) 方法特点 ①本法基本不加或加入很少的试剂,故空白值低;②因多数食品经灼烧后灰分体积很小,所以可处理较多的样品和富集被测组分;③有机物分解完全,操作简便;④所需时间较长;因温度高可造成易挥发元素的损失。

2. 湿法消化

湿法消化也称为消化法。

(1) 原理 样品中加入强氧化剂,并加热,使样品中的有机物完全分解、氧化,以气态逸