



普通高等教育“十三五”规划教材

# 食品分析 实验指导

EXPERIMENTAL INSTRUCTION  
OF FOOD ANALYSIS



赵晓娟 黄桂颖 主编



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

普通高等教育“十三五”规划教材

# 食品分析实验指导

赵晓娟 黄桂颖 主 编  
白卫东 陈悦娇 副主编



 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

食品分析实验指导/赵晓娟, 黄桂颖主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 6

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5184 - 0891 - 7

I. ①食… II. ①赵… ②黄… III. ①食品分析—高等学校—教材 ②食品检验—高等学校—教材 IV. ①TS207.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 069899 号

责任编辑: 苏 杨

策划编辑: 马 妍 文字编辑: 方朋飞 责任终审: 劳国强

封面设计: 锋尚设计 版式设计: 锋尚设计 责任校对: 燕 杰

责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 10.5

字 数: 240 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 0891 - 7 定价: 28.00 元

邮购电话: 010 - 65241695 传真: 65128352

发行电话: 010 - 85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

151523J1X101ZBW

## 本书编委会

- 主 编 赵晓娟（仲恺农业工程学院）  
黄桂颖（仲恺农业工程学院）
- 副 主 编 白卫东（仲恺农业工程学院）  
陈悦娇（仲恺农业工程学院）
- 参编人员 陈海光（仲恺农业工程学院）  
于 辉（仲恺农业工程学院）  
马应丹（仲恺农业工程学院）

## 前 言

### Preface

随着我国经济快速发展,人们的生活水平和健康意识日益提高,对食品的营养和安全问题也更加关注和重视。利用食品分析检测技术对食品中的营养成分、添加剂和有毒有害物质进行定性定量测定,可以指导人们科学、合理地调配膳食结构,保证营养均衡,还可以指导食品生产企业进行工艺优化和生产过程的质量管理,从监督层面促进食品质量安全。因此,学习和掌握食品分析的基本操作技能和基础知识十分必要。

“食品分析”课程是高等院校食品科学与工程和食品质量与安全专业的专业基础课之一,具有较强的理论性、技术性和实践性。实验教学的质量直接关系到“食品分析”课程的整体教学效果,关系到食品相关专业的人才培养质量。为了使学生和食品相关科技人员在掌握食品分析基本操作技能的基础上,能进一步拓展思维,掌握更全面的实际分析应用技能,了解食品分析检测领域的先进检测技术,编者在食品分析教学科研实践与实验教学研究基础上,基于学院使用的自编教材《食品分析与检验实验》,参考和引用国家标准和国内外最新检测技术的研究成果编写了本教材。

本教材内容包括食品分析实验基础、食品物理性质的测定、食品营养成分的测定、食品功能性成分的测定、食品添加剂的测定、食品中有毒有害物质的测定、综合技能训练实验以及相关附录。本书既有常规检测项目,也有功能性蛋白质和多肽等功能性成分、农药、兽药、氨基甲酸乙酯、三聚氰胺、“瘦肉精”等检测项目;既有数据分析与处理方法,也有黄酒和腊肠等的综合分析实验。此外,除重点介绍国家标准分析方法和经典实用的分析方法之外,还涉及气相色谱-嗅觉风味测量法(GC-O)与低场核磁共振水分测定法等先进分析方法。每个实验包括实验目的、实验原理、材料和试剂、仪器和设备、测定步骤、结果计算、说明及注意事项等环节,实验方案简明扼要、重点突出、可操作性强。

本教材由仲恺农业工程学院轻工食品学院赵晓娟、黄桂颖担任主编,白卫东、陈悦娇担任副主编。编写分工如下:第一章由赵晓娟和黄桂颖编写;第二章由黄桂颖和陈海光编写;第三章由赵晓娟和陈悦娇编写;第四章由白卫东、黄桂颖和马应丹编写;第五章和第六章由赵晓娟、陈悦娇和于辉编写;第七章由白卫东、赵晓娟和黄桂颖编写。全书由赵晓娟统稿。

本教材可作为高等院校食品科学与工程、食品质量与安全等相关专业食品分析和食品理化检验课程的实验教材,也可供食品质量监督、食品卫生检验和食品企业等相关单位的技术人员参考或作为培训用书。

在本教材编写过程中,得到了许多同行和朋友的帮助和指导,参考了部分相关实验

教材和文献资料。在此，向为本教材的出版付出辛勤劳动的各位朋友和所有支持者表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在不妥及错误之处，恳请有关专家和读者批评指正。

编者  
2016年3月

# 目 录

Contents

<b>绪 论</b> .....	1
一、食品分析实验课程简介 .....	1
二、食品分析实验内容 .....	1
<b>第一章 食品分析实验基础</b> .....	3
<b>第一节 样品的采集与处理</b> .....	3
一、样品的采集 .....	3
二、样品的前处理 .....	4
<b>第二节 数据分析与处理方法</b> .....	6
一、数据分析方法 .....	6
二、数据处理方法 .....	7
<b>第二章 食品物理性质的测定</b> .....	9
<b>第一节 密度的测定</b> .....	9
一、密度瓶法 .....	9
二、密度计法 .....	10
<b>第二节 旋转流变性的测定</b> .....	11
<b>第三节 质构特性的测定</b> .....	13
<b>第四节 色泽的测定</b> .....	15
<b>第五节 酒精度的测定</b> .....	16
一、蒸馏法 .....	16
二、气相色谱法 .....	17
三、酒精计法 .....	18
<b>第六节 糖度的测定</b> .....	19
<b>第三章 食品营养成分的测定</b> .....	21
<b>第一节 水分含量及水分活度的测定</b> .....	21
一、干燥法测定水分含量 .....	21
二、蒸馏法测定水分含量 .....	23
三、扩散法测定水分活度 .....	24

四、 $A_w$ 测定法测定水分活度 .....	25
第二节 蛋白质及氨基酸的测定 .....	26
一、凯氏定氮法测定蛋白质含量 .....	26
二、双缩脲法测定蛋白质含量 .....	30
三、甲醛滴定法测定氨基酸总量 .....	31
四、氨基酸自动分析仪法测定氨基酸总量 .....	33
第三节 酸度的测定 .....	35
一、酸碱滴定法测定总酸度 .....	35
二、酸度计法测定有效酸度 .....	36
第四节 脂肪的测定 .....	38
一、索氏提取法测定脂肪含量 .....	38
二、酸水解法测定脂肪含量 .....	39
三、盖勃氏法测定乳脂肪含量 .....	41
第五节 碳水化合物的测定 .....	42
一、斐林试剂滴定法测定还原糖含量 .....	42
二、斐林试剂滴定法测定总糖含量 .....	44
三、间苯二酚分光光度法测定蔗糖含量 .....	45
四、气相色谱法分离和测定糖含量 .....	46
五、折光仪法测定可溶性固形物(糖类)含量 .....	48
六、旋光仪法测定淀粉含量 .....	49
七、重量法测定粗纤维含量 .....	51
八、酶重量法测定膳食纤维含量 .....	52
第六节 灰分及几种矿物元素的测定 .....	55
一、灼烧法测定灰分含量 .....	55
二、原子吸收法测定铁、镁、锰含量 .....	57
三、高锰酸钾滴定法测定钙含量 .....	59
四、EDTA 配位滴定法测定钙含量 .....	60
五、钼蓝比色法测定磷含量 .....	62
第七节 维生素的测定 .....	63
一、二氯酚靛酚滴定法测定维生素 C 含量 .....	63
二、二硝基苯胍分光光度法测定总抗坏血酸含量 .....	65
三、荧光分光光度法测定维生素 $B_1$ 含量 .....	66
四、光黄素荧光法测定维生素 $B_2$ 含量 .....	69
五、核黄素荧光法测定维生素 $B_2$ 含量 .....	70
六、三氯化锑比色法测定维生素 A 含量 .....	72
七、柱层析-分光光度法测定胡萝卜素含量 .....	74
八、高效液相色谱法测定维生素 A、维生素 D、维生素 E 含量 .....	76



<b>第四章</b>	<b>食品功能性成分的测定</b> .....	79
	第一节 功能性蛋白质与多肽的测定 .....	79
	一、紫外分光光度法测定谷胱甘肽含量 .....	79
	二、高效亲和色谱法测定免疫球蛋白含量 .....	80
	第二节 功能性糖及糖醇的测定 .....	82
	一、高效液相色谱法测定果低聚糖含量 .....	82
	二、酶法测定乳糖含量 .....	83
	三、分光光度法测定粗多糖含量 .....	84
	四、气相色谱法测定木糖醇含量 .....	86
	第三节 多酚的测定 .....	88
	第四节 黄酮的测定 .....	89
<b>第五章</b>	<b>食品添加剂的测定</b> .....	91
	第一节 甜味剂的测定 .....	91
	一、高效液相色谱法测定糖精钠含量 .....	91
	二、薄层色谱法测定糖精钠含量 .....	92
	第二节 防腐剂的测定 .....	95
	一、气相色谱法测定山梨酸和苯甲酸含量 .....	95
	二、高效液相色谱法测定山梨酸和苯甲酸含量 .....	96
	第三节 抗氧化剂的测定 .....	98
	一、气相色谱法测定丁基羟基茴香醚、二丁基羟基甲苯与特丁基对 苯二酚含量 .....	98
	二、酒石酸亚铁分光光度法测定没食子酸丙酯含量 .....	100
	第四节 发色剂的测定 .....	101
	一、盐酸萘乙二胺分光光度法测定亚硝酸盐和硝酸盐含量 .....	101
	二、离子色谱法测定亚硝酸盐和硝酸盐含量 .....	103
	第五节 漂白剂的测定 .....	106
	一、蒸馏滴定法测定二氧化硫及亚硫酸盐含量 .....	106
	二、盐酸副玫瑰苯胺比色法测定二氧化硫及亚硫酸盐含量 .....	107
	第六节 合成色素的测定 .....	109
	一、高效液相色谱法测定食用合成色素含量 .....	109
	二、层析-分光光度法测定食用合成色素含量 .....	111
<b>第六章</b>	<b>食品中有毒有害物质的测定</b> .....	114
	第一节 农药残留的测定 .....	114
	一、氨基甲酸酯类农药残留的测定 .....	114
	二、拟除虫菊酯类农药残留的测定 .....	116
	三、有机氯农药残留的测定 .....	117
	四、有机磷农药残留的测定 .....	120

第二节 兽药残留的测定 .....	122
一、动物源性食品中土霉素、四环素、金霉素残留测定 .....	122
二、动物源性食品中己烯雌酚残留检测 .....	123
第三节 食品中其他有害物质的测定 .....	125
一、有害重金属的测定 .....	125
二、酒中甲醇的测定 .....	131
三、三聚氰胺的测定 .....	133
四、“瘦肉精”的测定 .....	135
五、黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> 的测定 .....	137
<b>第七章 综合技能训练实验</b> .....	141
第一节 黄酒的分析测定 .....	141
一、黄酒分析项目概述 .....	141
二、非糖固形物的测定 .....	142
三、气相色谱-质谱法测定氨基甲酸酯 .....	142
第二节 腊肠的分析测定 .....	145
一、腊肠分析项目概述 .....	145
二、低场核磁共振法测定水分 .....	145
第三节 香精的分析测定 .....	146
一、香精分析项目概述 .....	146
二、乳化食用香精粒度的测定 .....	147
三、气相色谱-嗅觉测量法(GC-O)测定牛肉香精香味活性化合物 .....	147
<b>附录一 常用酸碱溶液的密度和浓度</b> .....	149
<b>附录二 常用标准溶液的配制及标定</b> .....	150
<b>附录三 常用缓冲溶液的配制</b> .....	153
<b>附录四 常用指示剂溶液的配制</b> .....	156
<b>附录五 标准缓冲液 pH 与温度对照表</b> .....	157
<b>参考文献</b> .....	158

## 绪论

### 一、食品分析实验课程简介

食品分析课程是高等院校食品科学与工程和食品质量与安全专业的专业基础课之一，具有较强的理论性、技术性和实践性。实验教学可以提高学生分析问题和解决问题的能力，培养学生的实际应用能力和创新能力，实验教学的质量直接关系到食品分析课程的整体教学效果，关系到食品相关专业的人才培养质量，因此，实验教学是食品分析课程非常重要的环节。食品分析实验课程的教学目标是使学生掌握食品分析的基本操作、基本技能和基础知识，学会根据检测要求合理选用分析方法对样品进行分析。

### 二、食品分析实验内容

食品分析实验涉及的检测项目和分析方法种类繁多。为了让学生掌握基本的食品分析操作技能和实际分析应用技能，了解食品分析检测领域的先进检测技术，本实验课程体系中，主要包括了食品物理性质的测定、食品营养成分的测定、食品功能性成分的测定、食品添加剂的测定、食品中有毒有害物质的测定、综合技能训练实验。既有常规检测项目，也有功能性蛋白质和多肽等功能性成分、农药、兽药、氨基甲酸乙酯、三聚氰胺、“瘦肉精”等检测项目；既有黄酒和腊肠等的综合分析实验，又有气相色谱-嗅觉风味测量法（GC-O）与低场核磁共振水分测定法等先进分析方法。食品分析实验主要内容如下。

#### （一）食品物理性质的测定

食品的物理性质主要包括食品的力学性质、光学性质、热学性质和电学性质等。这些物理性质与食品的组成成分和含量，以及食品的质量密切相关。密度、流变性、质构特性、色度、酒精度和糖度等物理性质及指标的测定，通常可作为食品生产加工的控制指标和品质优劣的衡量指标。

#### （二）食品营养成分的测定

食品营养成分的测定主要包括对水分、蛋白质和氨基酸、脂肪、碳水化合物、矿物质和维生素六种营养要素，以及酸度的检测。分析方法既包括经典的容量法和重量法，也有原子吸收、荧光光度、色谱和凯氏定氮仪法等现代仪器分析方法。对某种成分采用不同的分析方法进行测定，可以了解各种分析方法的特点和适用范围；对各种食品的营养成分进行分析测定，可为科学选择和搭配食品提供可靠的依据，并可用于食品品质的监控与评价。

### （三）食品功能性成分的测定

随着人们生活水平和健康意识的提高，近年来功能性食品行业发展迅速。功能性食品中功能活性成分的测定是功能性食品生产和管理的重要环节，同时对功能性食品的标准化和科学化发展具有积极的促进作用。此外，许多水果和蔬菜中含有多糖、多酚和黄酮等天然功能性成分。对果蔬等食品中天然功能性成分的分析测定，有助于人们认识和评价该类食品的营养保健功能，提取更多的天然功能活性物质，开发新型功能性食品。

### （四）食品添加剂的测定

食品添加剂是食品生产中为改善食品品质和色、香、味以及为防腐、保鲜和加工工艺的需要而加入食品中的人工合成或者天然物质。按照国家标准规定的食品添加剂品种、使用范围和使用量正确使用，食品添加剂的安全性是有保障的。但是如果超范围和（或）超量使用，或在生产、加工和销售等环节重复添加，将引起食品安全问题，危害人们的身体健康。对食品中的甜味剂、防腐剂、抗氧化剂、发色剂、漂白剂和食用合成色素进行分析测定，了解食品添加剂的使用情况，从监督层面进一步保障食品安全。

### （五）食品中有毒有害物质的测定

《中华人民共和国食品安全法》对食品安全的定义是：食品无毒、无害，符合应当有的营养要求，对人体健康不造成任何急性、亚急性或者慢性危害。可见，无毒、无害是食品安全的基本要求，但食品从原料到生产、加工、包装和流通等各个环节中，都有可能本身存在或产生、引入一些对人体有毒有害的物质。对食品中的农药（氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类、有机氯和有机磷农药）残留、兽药（土霉素、四环素、金霉素、己烯雌酚）残留、有害重金属（镉、砷、汞）、酒中甲醇、三聚氰胺、“瘦肉精”和黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 进行分析测定，对评价食品安全性具有重要意义。

### （六）综合技能训练实验

经过前面各个单元模块的实验训练，学生已经初步掌握了食品分析的基本操作技能。本教材的最后模块对广东特色食品，如黄酒、腊肠和香精三类产品的分析检测项目进行了总述，同时融入了一些食品分析检测技术的最新研究成果，如气相色谱-质谱法测定氨基甲酸乙酯、低场核磁共振法测定水分、气相色谱-嗅觉测量法（GC-O）测定香味活性化合物。通过对这三类产品的全面、综合分析，进一步提高学生的实际分析应用技能，使学生了解食品分析检测领域的先进检测技术，初步获得独立开展科学研究的能力。

# 食品分析实验基础

## 第一节 样品的采集与处理

### 一、样品的采集

从原料或产品的总体（通常指大量的分析对象）中抽取有代表性的一部分作为分析样品的过程，称为样品的采集，简称采样。

采样是分析中最基础的工作。除了要求具有代表性外，采样应满足分析的精度要求。由于食品材料的均匀性差，食品分析中采样和制样带来的误差往往大于后续测定带来的误差。因此，应严格地按照采样和制样的各项要求，认真完成采样和制样工作。

#### （一）采样的方法

采样一般分为随机抽样和代表性取样。

随机抽样是随机从物料总体的各个部分抽取部分样品。代表性取样，是用系统抽样法采集能代表物料各部分组成和质量的样品。

随机抽样可以避免主观倾向造成的抽样偏差，但是该法不适用于不均匀样品。对于不均匀样品，采样时还必须结合代表性取样。

具体的取样方法，因分析对象的不同而异。液体样品的取样位点一般设在储液的上、中、下三层和管道口附近。固体食物的取样位点应设在食物整体的不同平面和位置，如在粮仓中取样，取样位点设在粮堆的上、中、下、角、心、面、左、中、右、前、后等各点；在大袋子里取粒状食物样品，应在表面以梅花点均匀定位后，再在上、中、下层取样；果蔬样品采样时，一般先随机采集若干个单独个体，然后按照一定的方法对所采集的个体进行处理。流水作业线上的取样点一般都设在流水线的一定位置上，每隔一定时间抽取样品。

#### （二）采样的一般步骤

采样前一般需要对待检物料进行调查，调查的项目包括：物料来源、种类、批次、生产日期、保质期、总量、包装堆积形式、运输情况、贮藏条件及时间、挥发损失、污染情况等。如果是外地运来的商品，还应审查其货运单、质量检查证及质检报告单、卫

生检验合格证及卫生检验报告单、港口或海关签发的通关证明和相关检验报告等。

根据待检物料的特点和地点,确定采样方法,做好采样准备(包括保存和运输的准备),按选择的方法取好检样并贴好标签后运回分析室。运达分析室后,立即按一定方法将检样均匀混合,得到原始样品。原始样品按一定方法被缩分后得到平均样品。平均样品被均分为三份:一份分析用,称为检验样品;另一份复查用,称为复检样品;第三份作为备份,称为保留样品。

采样时应应对采样过程中的各种相关情况予以记录。采样完毕时,应在专用的工作记录本上进行正规记录,内容包括:样品来源和种类、产品批号、包装情况、采样条件和数量、采样人、采样日期、样品编号、分析项目等。

### (三) 缩分

原始样品的缩分方法依样品种类和特点的不同而不同。

颗粒状样品可采用四分法进行缩分,即将样品混匀后堆成一圆锥,从正中画十字将其四等分,或者将样品铺成一正方形,连接对角线画十字将其四等分,然后将对角的两份取出后,重新混匀,继续按前面的方法缩分至得到需要量的平均样品。

液体样品的缩分,一般是将原始样品搅匀或摇匀,直接量取需要量即可。易挥发液体,应始终装在加盖容器内,缩分时可用虹吸法转移液体;易分层又易挥发的液体,缩分时可用虹吸法从上、中、下三层中平均转移一份液体。

水果、蔬菜、动物性食品的个体大小不一,且个体不宜过早切开,其检验样品、复检样品和保留样品可以分别直接从尚未混合的原始分样,按各份检样占总采样量的质量分数随机抽取,即将各检样按个体大小分为三份,然后再分别混合。其中的检验样品由于立即就可用于分析,混合后就可去掉皮、核、蒂、根、骨等不可食部分,然后切成小块、小片甚至打浆后混匀,这时再来缩分。

## 二、样品的前处理

食品样品种类繁多、组成复杂,往往由于杂质(或其他组分)的干扰,使检验者对被测组分的存在和含量不能进行准确判断,从而无法达到定性定量的目的。

为了保证检验工作的顺利进行,在样品测定之前,首先需要对样品进行前处理,消除杂质的干扰,或者对被测组分进行浓缩处理。样品经预处理后,应当立即进行分析。根据测定需要和样品的组成及性质,可采用不同的前处理方法。常用的方法有以下几种。

### (一) 有机物破坏法

食品中的无机元素,常与蛋白质等有机物质结合成为难溶的或难于离解的有机金属化合物。要测定这些无机元素的含量,需要在测定前采用高温或强氧化条件破坏有机结合体,释放出被测组分。

有机物破坏法可分为干法和湿法两大类。

#### 1. 干法灰化法

将样品置于坩埚中,小心进行炭化,然后在 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 高温灼烧至灰分中无炭粒存在并且达到恒重为止。

干法灰化法的优点是有机物分解彻底、操作简便、使用试剂少、空白值低,但此法

所需时间长,而且由于温度高易造成某些易挥发元素的损失。

## 2. 湿法消化法

向样品中加入强氧化剂,并加热消化,使样品中的有机物质完全分解、氧化,呈气态逸出,待测成分转化为无机状态存在于消化液中,供测试用。常用的强氧化剂有浓硝酸、浓硫酸、高氯酸、高锰酸钾、过氧化氢等。

湿法消化的优点是有机物分解快、所需时间短,由于加热温度较干法灰化低,故可减少金属挥发的损失。但在消化过程中,常产生大量有害气体,因此操作过程需在通风橱内进行。试剂用量较大,空白值高,因此湿法消化时必须做空白实验。

## (二) 溶剂提取法

在同一溶剂中,不同的物质具有不同的溶解度。溶剂提取法利用样品各组分在某一溶剂中溶解度的差异,将不同组分完全或部分地分离。

根据待测样品的物理状态,溶剂提取法主要分为浸提法和萃取法。

### 1. 浸提法

浸提法是用适当的溶剂浸泡固体样品,把样品中的某种待测成分提取出来。提取方法有以下几类。

(1) 振荡浸渍法 将样品切碎,放在合适的溶剂系统中浸渍、振荡一定时间,即可从样品中提取出被测成分。此法简便易行,但回收率较低。

(2) 捣碎法 将切碎的样品放入捣碎机中,加溶剂捣碎一定时间,使被测成分提取出来。此法回收率较高,但干扰杂质溶出较多。

(3) 索氏提取法 将一定量样品放入索氏提取器中,加入溶剂加热回流一定时间,将被测成分提取出来。此法溶剂用量少、提取完全、回收率高。

### 2. 萃取法

萃取法是利用某组分在两种互不相溶的溶剂中分配系数的不同,使其从一种溶剂转移到另一种溶剂中,而与其他组分分离。

萃取通常在分液漏斗中进行,一般需经4~5次萃取,才能达到完全分离的目的。当用较水轻的溶剂,从水溶液中提取分配系数小,或振荡后易乳化的物质时,采用连续液液萃取器会得到更好的萃取效果。

近年来,超临界二氧化碳萃取技术在香精油、保健成分和其他天然有机成分的提取方面得到了越来越多的应用。该法无溶剂残留、萃取效率高。

## (三) 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。可用于将干扰组分蒸馏除去,也可用于将待测组分蒸馏逸出,收集馏出液进行分析。

具体的蒸馏方式,因样品中待测组分性质的不同而异。如果待测组分耐高温,可采用常压蒸馏;如果待测组分不耐高温,则需采用减压蒸馏或水蒸气蒸馏的方式。

## (四) 沉淀法

沉淀法是利用被测物质或杂质能与试剂生成沉淀的反应,经过过滤等操作,使被测成分同杂质分离。例如,测定食盐中硫酸盐含量时,可向样品溶液中加入氯化钡试剂,其与硫酸根反应生成硫酸钡沉淀,用重量法称出硫酸钡的质量后,再换算成食盐中硫酸盐的含量。

在食品分析中，通常用沉淀法去除溶液中的蛋白质。常用的蛋白质沉淀方法有以下三种。

#### 1. 盐析法

盐析法是在溶液中加入一定量的氯化钠或硫酸铵，使蛋白质沉淀下来。

#### 2. 有机溶剂沉淀法

有机溶剂沉淀法在溶液中加入一定量的乙醇或丙酮等有机溶剂，使蛋白质和多糖沉淀下来。

#### 3. 等电点沉淀法

蛋白质的荷电状况与溶液的 pH 密切相关，当 pH 达到蛋白质的等电点时，蛋白质就可能因失去电荷而沉淀。

### （五）透析法

透析法是利用被测组分分子在溶液中能通过透析膜，而高分子杂质不能通过透析膜的原理来进行分离。

透析膜是一种半透膜，如玻璃纸、肠衣和人造的商品透析袋，其膜孔有大小之分。为了使透析成功，必须根据所分离组分的分子颗粒大小，选择合适膜孔的透析袋。将样品液装入袋中，扎好袋口悬于盛有适当溶液的烧杯中进行透析，为了加速透析进行，操作时可以搅拌或适当加温。待小分子达到透析平衡后，将透析袋转入另一份同样的溶液中继续透析，如此反复透析，直到小分子全部转移到透析液中，合并透析液并进行浓缩。

### （六）色谱法

色谱法是一种在载体上进行物质分离的一系列方法的总称。由于各组分在固定相和流动相两相间分配系数、吸附能力、亲和力、离子交换或排阻作用存在差异，各组分在固定相中的滞留时间不同，从而先后从固定相中流出。根据分离原理的不同，可分为吸附色谱法、分配色谱法、离子交换色谱法和凝胶排阻色谱法等。

## 第二节 数据分析与处理方法

### 一、数据分析方法

食品分析方法主要有感官分析法、物理分析法、化学分析法、生物学分析法以及仪器分析法。感官分析法是通过视觉、味觉、嗅觉和触觉对食品进行鉴定的重要分析方法。物理分析法是指对产品的物理性质的分析，包括相对密度法、折光法、旋光法、食品物性分析法等。化学分析方法是建立在食品中某些化合物的特征化学反应基础上的，有重量法和容量法两大类。生物学分析方法是利用生化反应进行物质定性定量分析，常用的有酶联免疫分析和速测试纸等。仪器分析法是近年来最常用的方法之一，依据化合物的光学、电化学等物理性质或者物理化学性质对食品组分进行定量分析，一般分为光学分析、电化学分析和色谱分析法等。



通过上述食品分析方法对样品进行测定,尤其是使用先进的仪器分析技术进行分析测定后,会获得一系列实验数据,这时就需要对数据进行分析和处理。近年来,在食品研发与分析领域,越来越广泛地采用统计学的方法来分析和处理各种实验数据,尤其是在香精香料分析中的应用最为突出。通过计算机软件或者特定的计算方法突出了仪器分析结果的特征性,以及得到感官分析与仪器分析法结果的相关性。

对香精香料分析中常用的数据分析方法简介如下。

### (一) 主成分分析

主成分分析(PCA, Principal Component Analysis)是将多个变量通过线性变换以选出较少个数重要变量的一种多元统计分析方法。可以用 IBM SPSS Statistics 软件来实现。PCA 用于对同一食品测出的多种香气成分的主成分分析。首先对香气物质建立矩阵,剔除最小特征值的主成分中对应的最大特征向量变量,一次剔除一个变量,对剩下的变量进行 PCA,取前几个累计方差贡献率接近 100% 的主成分用于该食品香气质量的评价。

### (二) 偏最小二乘回归法

偏最小二乘回归法(PLSR, Partial Least Squares Regression)是 XLSTAT 软件的一个分析方法,可对感官分析和仪器检测挥发性香气成分结果进行相关性分析。把双方结果数据建立 PLSR 模型的相关性载荷图,可以区分样品的主要感官香气属性及化合物。

### (三) 热图

热图(HEATMAP)是把数据转化成颜色的一种画图的方法,可以用 R 软件绘制。当比较大量样品的挥发性物质时,热图可以直观地显示挥发性物质品种间及具体成分含量的差异。

### (四) 新复极差法

新复极差法(Duncan)是 SAS 软件中用于多重比较差异性分析的方法。通过 Duncan 筛选出不同品种的食品香气中差异性较大的香气化合物,从而找到各品种的特征香气成分。

### (五) 方差分析

方差分析(ANOVA, Analysis of Variance)又称“变异数分析”或“ $F$  检验”,是 R. A. Fisher 发明的,用于两个及两个以上样本均数差别的显著性检验。用 ANOVA 对不同食品的感官分析数据进行处理后,获得食品的特征气味。

### (六) 香气提取物稀释分析法

香气提取物稀释分析法(AEDA, Aroma Extraction Dilution Analysis)是气相色谱-嗅辨仪法测香气成分的常用分析法。把样品不断稀释进样,直到闻香师在特定的时间里无法从嗅辨仪中辨识到气体香味为止,计算其香气稀释因子(Flavor Dilution Factor, FD)值,进而判断该香气成分对食品香气的贡献。

### (七) 香气活性值分析

香气活性值分析(OVA, Odor Activity Value)是香气化合物浓度与阈值的比值,是应用内标法对主要气味活性化合物的气味活度值进行计算的方法。

## 二、数据处理方法

计算机软件在食品分析数据处理中的应用非常广泛,常用的数据处理软件简介如下。