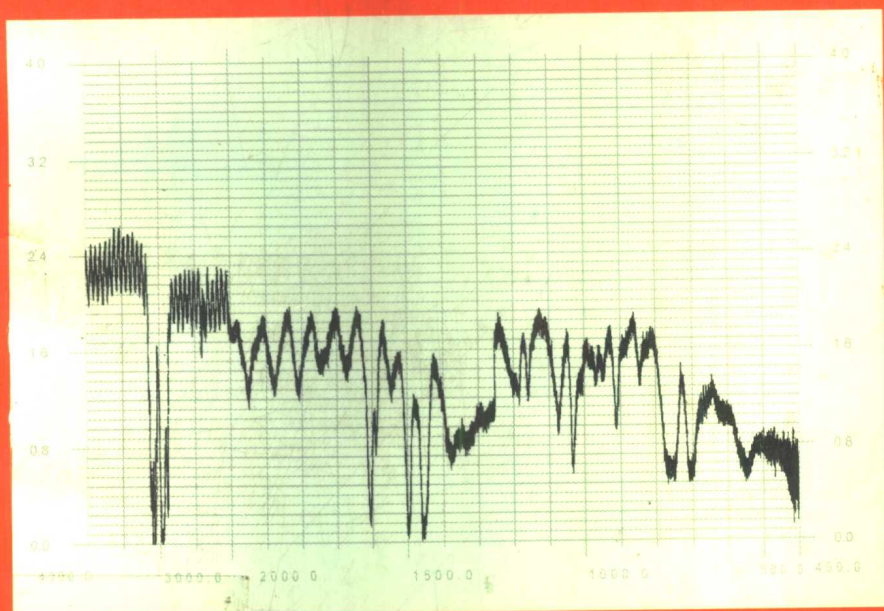


# 实用仪器分析

路纯明 牛安妮 叶维明 编著



航空工业出版社

# 实用仪器分析

路纯明 牛安妮 叶维明 编著

航空工业出版社

1997

## 内容提要

本书根据粮油食品各专业的实际应用需要,比较全面地介绍了光学分析法、电化学分析法、色谱法等常用的仪器分析方法的基本原理、仪器结构、实验方法和实验技术在粮油食品分析方面的实际应用;同时还介绍了发展中的新方法和新技术。全书共15章,内容丰富、文字流畅、图文并茂,具有启发性和实用性;叙述深入浅出,简明扼要,章末附有习题帮助读者巩固所学知识;书后有附录和英汉关键词索引,方便使用者查阅和参考。

本书可作为粮油食品各专业教学用书和参考书,同时也可供有关专业科技人员、分析工作者参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

实用仪器分析/路纯明等编著. —北京:航空工业出版社,1997.9

ISBN 7-80134-271-2

I. 实… II. 路… III. 仪器分析 IV. 0657

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第20948号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

河南农业大学印刷厂印刷 全国各地新华书店经售

1997年9月第1版

1997年9月第1次印刷

开本:850×1168 1/32

印张:17

字数:463千字

印数:1—2 000

定价:28.00元

## 前 言

随着科学技术的发展,新的仪器、新的技术、新的分析方法不断出现,在生产和科学技术的许多领域中应用十分广泛,发挥着重要作用。各门学科的相互渗透促进了科学的发展,仪器分析向食品科学的渗透是广泛和深入的,特别是在粮油食品的分析 and 检测方面使用了许多仪器分析方法。现代仪器分析的应用不仅提高了粮油食品分析的效能,而且加深了对食品内在组分的认识。现在,紫外可见分光光度计、红外分光光度计、原子吸收分光光度计、感应耦合等离子体发射光谱仪、氨基酸自动分析仪、薄层扫描仪、离子选择电极、极谱仪、气相色谱仪、电泳仪、热分析仪、流动注射分析仪等已经在我国食品检测部门普遍使用。粮食、食品院校各有关专业都开设了仪器分析课程。由于各专业要求不同,所设学时差别较大。但是目前还没有一本能适应于当前教学的仪器分析教材。从1983年开始,本书主编路纯明就主持讲授粮油食品各专业的仪器分析课程,至今从未间断。为满足教学工作的需要,根据我们多年讲授仪器分析的讲义,并集百家之智慧,编写出这本教材。

本书包括各种应用广泛的仪器分析方法,在编写上突出基础理论、实验技术和其在粮油食品分析中的应用,同时也兼顾了仪器分析的系统性和新成果。我们把各种仪器分析方法分别编写成章,以便不同专业根据教学需要灵活选用。对于每一章内容,也应根据实际教学课时数予以取舍。

本书可供食品科学、食品工程、油脂工程、粮油储藏、粮食工程、发酵工程等专业使用,也可供有关专业科技人员及工作者参考。

参加本书编写的有路纯明(第四、六、八、九、十、十二、十三、十五章、英汉关键词索引等),牛安妮(第一、三、五、七章),叶维明(第十一、十四章),李亚萍(第二章及附录)等。全书由路纯明统一修改、整理、定稿。在编写本书的过程中,得到了周展明、艾宏韬两位教授的大

力支持和帮助,承蒙两位教授审阅书稿,并提出了许多宝贵意见,同时,李鸿寅教授、姜永嘉教授、潘福林、谷克仁主任对本书的出版给予了极大的关心、支持和帮助,对此表示衷心的感谢。张宝珍小姐帮助打印了部分书稿,在此特表谢意。

限于编者的学识水平和经验,书中欠缺之处乃至谬误在所难免,恳请读者批评指正。

**编 者**

1997年6月

# 目 录

第一章 绪论 .....	( 1 )
第一节 仪器分析的方法和分类 .....	( 1 )
第二节 仪器分析的特点 .....	( 3 )
第三节 仪器分析法的发展趋势 .....	( 4 )
第四节 仪器分析和粮油食品分析 .....	( 6 )
第二章 原子发射光谱分析法 .....	( 8 )
第一节 概述 .....	( 8 )
一、光谱的分类 .....	( 8 )
二、发射光谱分析的基本过程 .....	( 10 )
三、发射光谱的特点及其应用 .....	( 10 )
第二节 发射光谱分析的基本原理 .....	( 12 )
一、原子光谱的产生 .....	( 12 )
二、谱线的强度 .....	( 13 )
第三节 发射光谱分析的主要仪器 .....	( 14 )
一、光源 .....	( 14 )
二、光谱仪(摄谱仪) .....	( 19 )
三、检测设备 .....	( 25 )
第四节 发射光谱的分析方法 .....	( 28 )
一、元素的灵敏线,最后线和分析线 .....	( 28 )
二、光谱定性分析方法 .....	( 28 )
三、光谱半定量分析 .....	( 30 )
四、光谱定量分析 .....	( 31 )
第五节 发射光谱法在粮油食品分析中的应用 .....	( 34 )
习题 .....	( 36 )
第三章 原子吸收光谱法 .....	( 37 )

第一节	概述	( 37 )
第二节	原子吸收光谱法基本原理	( 39 )
一、	基态原子的产生	( 39 )
二、	原子吸收光谱	( 40 )
三、	原子吸收的测量	( 46 )
四、	基态和激发态原子的分布	( 49 )
五、	原子吸收的定量基础	( 50 )
第三节	原子吸收分光光度计	( 51 )
一、	原子吸收分光光度计类型	( 51 )
二、	光源—空心阴极灯	( 53 )
三、	原子化系统	( 55 )
四、	光学系统	( 62 )
五、	检测和显示装置	( 65 )
第四节	原子吸收光谱法的测量技术	( 68 )
一、	测量条件的选择	( 68 )
二、	灵敏度、特征浓度及检出极限	( 71 )
第五节	干扰及其抑制	( 72 )
一、	物理干扰(基体效应)及其消除方法	( 73 )
二、	化学干扰及其消除方法	( 73 )
三、	光谱干扰及其消除方法	( 75 )
第六节	定量分析方法	( 78 )
一、	标准曲线法	( 78 )
二、	标准加入法	( 79 )
第七节	原子吸收光谱法在粮油食品分析中的应用	( 81 )
第八节	原子荧光光度法简介	( 84 )
一、	基本原理	( 84 )
二、	原子荧光类型	( 85 )
三、	原子荧光光谱分析的应用	( 86 )
	习题	( 87 )

<b>第四章 紫外吸收光谱法</b> .....	( 89 )
<b>第一节 分子吸收光谱</b> .....	( 89 )
<b>第二节 有机化合物的紫外吸收光谱</b> .....	( 91 )
一、有机化合物分子内的电子跃迁 .....	( 91 )
二、常用术语 .....	( 93 )
三、有机化合物的紫外吸收光谱 .....	( 94 )
<b>第三节 影响紫外吸收光谱的因素</b> .....	( 99 )
一、温度 .....	( 99 )
二、溶剂 .....	( 100 )
三、pH 值 .....	( 102 )
<b>第四节 紫外可见分光光度计</b> .....	( 103 )
一、紫外可见分光光度计与可见分光光度计比较 .....	( 103 )
二、紫外-可见分光光度计的类型 .....	( 103 )
<b>第五节 紫外吸收光谱的应用</b> .....	( 105 )
一、定性分析 .....	( 105 )
二、纯度检查 .....	( 106 )
三、结构鉴定 .....	( 107 )
四、定量分析 .....	( 109 )
<b>第六节 紫外吸收光谱法在粮油食品分析中的应用</b> .....	( 117 )
习题 .....	( 120 )
<b>第五章 分子发光分析法</b> .....	( 122 )
<b>第一节 分子发光的原理</b> .....	( 122 )
一、分子的激发态 .....	( 122 )
二、分子荧光和磷光的产生 .....	( 123 )
三、激发光谱和荧光光谱(发射光谱) .....	( 124 )
<b>第二节 分子结构与荧光</b> .....	( 126 )
一、具有共轭双键结构的有机物 .....	( 126 )
二、具有刚性平面结构的分子 .....	( 127 )
三、苯环上取代基的类型 .....	( 127 )



四、环境(物理条件)对荧光的影响·····	( 128 )
第三节 荧光的定量分析·····	( 130 )
一、荧光强度与浓度的关系·····	( 130 )
二、定量分析方法·····	( 132 )
三、分子发光法的灵敏度·····	( 132 )
第四节 荧光分析仪器·····	( 133 )
一、荧光分析仪器的分类和组成·····	( 133 )
二、荧光分析仪器的校正·····	( 135 )
第五节 磷光分析·····	( 136 )
一、磷光光度计·····	( 136 )
二、磷光定量分析·····	( 138 )
第六节 化学发光与生物发光分析·····	( 138 )
一、化学发光分析的基本原理·····	( 138 )
二、化学发光反应的类型·····	( 140 )
三、化学发光的测量仪器·····	( 141 )
四、生物发光分析法·····	( 142 )
第七节 分子发光法在粮油食品分析中的应用·····	( 143 )
习题·····	( 146 )
<b>第六章 红外吸收光谱法·····</b>	<b>( 148 )</b>
第一节 概述·····	( 148 )
第二节 红外吸收光谱法的基本原理·····	( 149 )
一、产生红外吸收的条件·····	( 149 )
二、双原子分子的振动·····	( 150 )
三、多原子分子的振动·····	( 152 )
四、吸收谱带的强度·····	( 155 )
第三节 基团频率·····	( 155 )
一、基团频率和相关峰·····	( 155 )
二、红外光谱的分区·····	( 156 )
三、影响基团频率的因素·····	( 158 )

第四节 红外分光光度计和傅立叶变换红外分光光度计	
.....	( 163 )
一、红外分光光度计.....	( 163 )
二、傅立叶变换红外分光光度计.....	( 166 )
第五节 试样的制备 .....	( 168 )
一、红外光谱法对试样的要求.....	( 168 )
二、制备方法.....	( 169 )
第六节 红外吸收光谱法的应用 .....	( 171 )
一、定性分析和结构分析.....	( 171 )
二、定量分析.....	( 176 )
习题 .....	( 178 )
第七章 电位分析法 .....	( 180 )
第一节 概述 .....	( 180 )
第二节 参比电极 .....	( 181 )
一、参比电极应具备的条件.....	( 181 )
二、甘汞参比电极.....	( 183 )
三、银—氯化银参比电极.....	( 184 )
四、其它参比电极.....	( 185 )
第三节 指示电极 .....	( 185 )
一、金属基指示电极.....	( 185 )
二、膜电极(离子选择性电极).....	( 193 )
第四节 离子选择性电极的特性参数 .....	( 207 )
一、选择性系数及选择比.....	( 207 )
二、检测限和线性范围.....	( 209 )
三、响应时间.....	( 210 )
四、稳定性,重现性和电极寿命 .....	( 210 )
五、电极内阻.....	( 210 )
六、不对称电位和空白电位.....	( 211 )
第五节 电位测量仪器 .....	( 211 )

一、电位差计·····	( 212 )
二、酸度计(pH 计)·····	( 213 )
三、自动电位滴定计·····	( 214 )
第六节 直接电位法·····	( 215 )
一、定量方法·····	( 215 )
二、溶液 pH 测量·····	( 218 )
三、离子选择性电极测定离子活度·····	( 220 )
第七节 电位滴定法·····	( 221 )
一、滴定终点的确定·····	( 221 )
二、电位滴定方法·····	( 225 )
第八节 电位分析法在粮油食品分析中的应用·····	( 226 )
习题·····	( 230 )
第八章 库仑分析法·····	( 232 )
第一节 电解分析法·····	( 232 )
一、电解·····	( 232 )
二、分解电压和析出电位·····	( 233 )
三、极化和过电位·····	( 235 )
四、浓差极化和电化学极化·····	( 235 )
五、控制电位电解法·····	( 236 )
第二节 库仑分析法·····	( 238 )
一、法拉第定律·····	( 238 )
二、控制电位库仑分析法·····	( 239 )
三、控制电流滴定法(库仑滴定法)·····	( 241 )
第三节 库仑分析法在粮油食品分析中的应用·····	( 244 )
习题·····	( 247 )
第九章 极谱分析法·····	( 248 )
第一节 极谱分析基本原理·····	( 248 )
一、基本装置和电路·····	( 248 )
二、极谱波的形成·····	( 250 )

三、极谱法的特点	( 252 )
第二节 极谱波方程	( 252 )
一、可逆极谱波和不可逆极谱波	( 252 )
二、简单金属离子的极谱波方程	( 253 )
三、络离子的极谱波方程	( 256 )
四、有机物的极谱波方程	( 257 )
第三节 极谱定量分析	( 257 )
一、扩散电流方程式	( 257 )
二、影响扩散电流的主要因素	( 259 )
三、干扰电流及其消除方法	( 259 )
四、定量分析方法	( 264 )
第四节 近代极谱法简介	( 266 )
一、经典极谱法的局限性	( 266 )
二、单扫描极谱法	( 266 )
三、脉冲极谱法	( 269 )
四、极谱催化波	( 272 )
五、溶出伏安法	( 275 )
第五节 极谱法在粮油食品分析中的应用	( 278 )
习题	( 282 )
第十章 气相色谱法	( 284 )
第一节 色谱法概述	( 284 )
一、色谱法简介	( 284 )
二、色谱法分类	( 285 )
三、气相色谱常用术语	( 286 )
第二节 气相色谱仪	( 289 )
一、气相色谱仪的流程	( 289 )
二、气相色谱仪的结构	( 289 )
第三节 气相色谱检测器	( 293 )
一、检测器的分类	( 293 )

二、检测器的性能指标·····	( 293 )
三、几种常用的检测器·····	( 295 )
第四节 气相色谱法的基本理论 ·····	( 301 )
一、塔板理论·····	( 301 )
二、速率理论·····	( 303 )
第五节 固定相及其选择 ·····	( 306 )
一、固体固定相·····	( 306 )
二、液体固定相·····	( 308 )
三、合成固定相·····	( 311 )
四、填充柱的制备·····	( 312 )
第六节 毛细管色谱柱 ·····	( 312 )
一、毛细管柱的分类·····	( 313 )
二、毛细管的涂渍·····	( 313 )
三、毛细管柱的色谱系统·····	( 314 )
第七节 气相色谱分离条件的选择 ·····	( 316 )
一、分离度·····	( 316 )
二、分离条件的选择·····	( 318 )
第八节 气相色谱定性与定量分析 ·····	( 320 )
一、定性分析·····	( 320 )
二、定量分析·····	( 323 )
第九节 气相色谱法在粮油食品分析中的应用 ·····	( 329 )
习题 ·····	( 332 )
第十一章 高效液相色谱法 ·····	( 335 )
第一节 概述 ·····	( 335 )
第二节 高效液相色谱仪 ·····	( 337 )
一、高压泵·····	( 337 )
二、梯度洗脱装置·····	( 338 )
三、进样装置·····	( 339 )
四、色谱柱·····	( 339 )

五、检测器	( 340 )
六、数据处理系统和结果处理	( 340 )
第三节 高效液相色谱法的主要类型	( 340 )
一、吸附色谱法	( 342 )
二、分配色谱法	( 344 )
三、离子色谱法	( 345 )
四、离子对色谱法	( 349 )
五、尺寸排阻色谱法	( 350 )
第四节 高效液相色谱分离类型的选择	( 353 )
第五节 高效液相色谱法在粮油食品分析中的应用	( 353 )
习题	( 357 )
第十二章 薄层色谱法	( 358 )
第一节 薄层色谱法的原理	( 358 )
一、吸附薄层色谱法	( 359 )
二、分配薄层法	( 359 )
三、离子交换薄层法	( 359 )
四、比移值	( 359 )
五、薄层色谱法的固定相	( 361 )
六、薄层色谱法的流动相	( 362 )
七、薄层色谱法的选择	( 363 )
第二节 薄层色谱法的基本技术	( 364 )
一、薄层的制备	( 365 )
二、点样	( 368 )
三、展开	( 369 )
四、检出(显色)	( 372 )
第三节 薄层色谱法的定性定量方法	( 373 )
一、定性方法	( 373 )
二、定量方法	( 374 )
第四节 高效薄层色谱法	( 378 )

第五节 薄层色谱法在粮油食品分析中的应用 .....	( 379 )
习题 .....	( 383 )
<b>第十三章 核磁共振波谱法</b> .....	( 384 )
<b>第一节 基本原理</b> .....	( 384 )
一、原子核的自旋 .....	( 384 )
二、自旋核在磁场中的行为 .....	( 385 )
三、核磁共振 .....	( 386 )
四、弛豫 .....	( 387 )
<b>第二节 核磁共振波谱仪</b> .....	( 388 )
一、连续波核磁共振波谱仪 .....	( 388 )
二、傅立叶变换核磁共振波谱仪 .....	( 390 )
三、样品的制备 .....	( 391 )
<b>第三节 化学位移和核磁共振图谱</b> .....	( 391 )
一、化学位移的产生 .....	( 391 )
二、化学位移的表示 .....	( 392 )
三、核磁共振波谱 .....	( 394 )
四、影响化学位移的因素 .....	( 395 )
五、化学位移和分子结构的关系 .....	( 398 )
<b>第四节 自旋偶合及自旋裂分</b> .....	( 398 )
一、自旋偶合及自旋裂分 .....	( 398 )
二、核的等价性 .....	( 400 )
三、一级图谱 .....	( 402 )
四、高级图谱(复杂图谱) .....	( 402 )
<b>第五节 核磁共振波谱的应用</b> .....	( 403 )
一、结构鉴定 .....	( 403 )
二、定量分析 .....	( 407 )
三、相对分子质量的测定 .....	( 408 )
习题 .....	( 409 )
<b>第十四章 质谱分析</b> .....	( 412 )

第一节	概述	(412)
第二节	基本原理和仪器	(413)
	一、质谱仪类型	(413)
	二、质谱仪的主要性能指标	(413)
	三、质谱仪的结构及工作原理	(415)
第三节	质谱峰的类型	(422)
	一、分子离子峰	(422)
	二、碎片离子峰	(423)
	三、同位素离子峰	(424)
	四、重排离子峰	(426)
	五、亚稳离子峰	(427)
第四节	有机物结构测定	(428)
	一、相对分子质量的测定	(428)
	二、分子式的确定	(430)
	三、质谱解析程序	(431)
	四、质谱解析举例	(432)
第五节	色谱—质谱联用技术	(434)
	一、色谱—质谱联用的特点	(4234)
	二、色谱—质谱联用的界面装置	(435)
	三、有机混和物的色谱—质谱分析	(436)
第六节	波谱综合解析应用示例	(437)
	一、波谱综合解析的步骤	(438)
	二、波谱综合解析应用示例	(438)
第七节	质谱法和色谱—质谱联用技术在粮油食品 分析中的应用	(445)
	习题	(448)
第十五章	其它仪器分析法简介	(452)
第一节	热分析	(452)
	一、热重法	(452)



二、差热分析	( 456 )
三、差示扫描量热法	( 460 )
四、热分析技术在食品分析中的应用	( 461 )
第二节 电泳法	( 461 )
一、基本原理	( 462 )
二、影响电泳的因素	( 463 )
三、纸电泳和醋酸纤维薄膜电泳	( 465 )
四、聚丙烯酰胺凝胶电泳	( 466 )
五、等电点聚集电泳	( 469 )
六、高效毛细管电泳	( 470 )
七、HPCE 在食品分析中的应用	( 474 )
第三节 流动注射分析	( 474 )
一、FIA 基本原理	( 475 )
二、FIA 仪器的基本装置	( 480 )
三、FIA 在粮油食品分析中的应用实例	( 482 )
习题	( 485 )
附录	( 486 )
表 1 原子吸收分光光度法中常用的分析线	( 486 )
表 2 几种原子光谱分析法的检测限比较	( 487 )
表 3 主要基团的红外特征吸收峰	( 490 )
表 4 十二种常用固定液	( 507 )
表 5 一些化合物的校正因子	( 508 )
表 6 各类氢核的化学位移值	( 509 )
英汉关键词索引	( 511 )
主要参考文献	( 526 )