

高等学校轻工专业试用教材

食品分析

无锡轻工业学院
天津轻工业学院 合编

轻工业出

375

高等学校轻工专业试用教材

食 品 分 析

无锡轻工业学院
天津轻工业学院 合编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书包括一般食品成分分析与食品污染物质及食品添加剂的检测两大部分,即水分、灰分、酸度、脂肪、碳水化合物、蛋白质、重金属、有机氯农药残留物、黄曲霉毒素以及食品添加剂等诸方面的分析。可供轻工业高等院校食品专业作试用教材,也可供有关科技人员参考。

高等学校轻工专业试用教材

食 品 分 析

无锡轻工业学院
天津轻工业学院 合编

*

轻工业出版社出版

(北京中成路3号)

89020部队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

650×1180毫米 32开 印张: 12 1/4 字数: 305千字

1983年11月第一次印刷

印数: 1-15,000 定价: 1.65元

统一书号: 15042·1732

前 言

《食品分析》是食品专业教材编审委员会组织编写与审订的。

本书由无锡轻工业学院和天津轻工业学院联合编写，吴平（无锡轻工业学院）担任主编，黄本立（无锡轻工业学院）、萧家捷（轻工业部食品发酵工业科学研究所）主审，左景善（上海食品工业研究所）参加审订。

本书包括一般食品成分分析与食品污染物质及食品添加剂的检测两大部分，即水分、灰分、酸度、脂肪、碳水化合物、蛋白质、重金属、有机氯农药残留物、黄曲霉毒素以及食品添加剂等诸方面的分析。可供轻工业高等院校食品专业作教学用书，也可供有关科技人员参考。

在编写过程中得到各方面的支持，对编写本书提供了许多宝贵意见和大量资料，谨此表示感谢。

由于我们的水平有限，本书定有不少缺点和错误，希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

总则	(1)
第一章 绪言	(7)
第二章 样品的采取、制备、处理与保存	(11)
第一节 样品的采取	(11)
一、正确采样的意义	(11)
二、采样的一般方法	(11)
三、采样实例	(13)
第二节 样品的制备与预处理	(14)
一、样品的制备	(14)
二、样品的预处理	(15)
第三节 样品的保存	(22)
第三章 比重法、折光法及旋光法	(24)
第一节 比重法	(24)
一、液态食品的浓度与其比重的关系	(24)
二、比重测定的意义	(26)
三、液态食品比重的测量法	(26)
第二节 折光法	(37)
一、测定的意义	(37)
二、食品中可溶固形物浓度与折射率的关系	(38)
三、折光仪的构造、性能、使用、维护与折光 仪的校正	(40)
第三节 旋光法	(63)
一、比旋光度	(63)
二、变旋光作用	(67)
三、旋光仪	(67)
四、验糖仪	(69)

五、粗制糖旋光度测定的实例.....	(70)
第四章 水分的测定	(74)
第一节 食品的水分含量.....	(74)
第二节 食品中水分的存在形式.....	(75)
第三节 常见的几种水分测定法.....	(75)
一、重量法.....	(75)
二、蒸馏法.....	(81)
三、卡尔·费休法.....	(83)
第五章 灰分的测定及灰化方法	(89)
第一节 总灰分的测定.....	(90)
一、坩埚.....	(90)
二、样品的预处理.....	(91)
三、操作条件的选择.....	(91)
四、总灰分的测定方法.....	(93)
第二节 水溶性灰分和酸不溶性灰分的测定.....	(94)
一、水溶性灰分的测定.....	(94)
二、酸不溶性灰分的测定.....	(94)
第三节 特殊的灰化方法.....	(95)
一、测定磷的灰化法.....	(96)
二、测定硫的灰化法.....	(96)
三、测定氯的灰化法.....	(96)
四、湿法灰化测定重金属.....	(97)
第六章 酸度的测定	(100)
第一节 引言.....	(100)
一、测定酸度的意义.....	(100)
二、果蔬及某些食品中常见的有机酸.....	(101)
三、果蔬及某些食品的苹果酸、柠檬酸、酒石 酸的含量.....	(103)
第二节 总酸度的测定(滴定法).....	(104)

第三节 挥发酸的测定	(107)
第四节 pH值的测定	(109)
一、测定原理	(109)
二、仪器	(109)
三、试剂	(110)
四、测定步骤	(110)
第七章 脂类总量的测定	(114)
一、食品的脂肪含量	(114)
二、提取剂的选择	(115)
三、样品的预处理	(117)
四、索氏提取法	(120)
五、巴布科克氏法和盖勃氏法	(121)
六、碱性乙醚提取法	(124)
七、氯仿-甲醇法	(125)
八、其他方法	(128)
第八章 碳水化合物的测定	(131)
第一节 单糖和低聚糖	(132)
第二节 糖类的提取与澄清	(133)
第三节 单糖和低聚糖的测定	(136)
一、还原糖法	(136)
二、缩合反应法	(159)
三、碘量法	(166)
四、纸上层析法	(168)
五、其他方法	(173)
第九章 多糖的测定	(179)
第一节 淀粉的测定	(179)
一、淀粉的主要性状	(179)
二、淀粉的分子结构	(181)
三、淀粉的性质	(181)

四、淀粉的糊化.....	(182)
五、食物中的淀粉含量.....	(183)
六、淀粉的测定方法.....	(183)
第二节 纤维的测定.....	(192)
一、什么是粗纤维和膳食纤维.....	(193)
二、纤维中主要组分的性质.....	(193)
三、粗纤维的测定.....	(194)
四、酸性洗涤纤维的测定.....	(198)
第三节 果胶物质的测定.....	(199)
一、重量法.....	(201)
二、比色法.....	(204)
第十章 蛋白质的测定.....	(208)
第一节 食品中蛋白质的含量及测定意义.....	(208)
一、测定意义.....	(208)
二、食品中蛋白质的含量.....	(209)
三、一些蛋白质的含氮量.....	(210)
第二节 蛋白质定量法.....	(211)
一、常量凯氏定氮法.....	(211)
二、微量凯氏定氮法.....	(216)
三、含硝食品的测定.....	(219)
四、染料结合法.....	(221)
五、其他方法.....	(225)
第十一章 食品添加剂的测定.....	(230)
第一节 食品添加剂简介.....	(230)
第二节 添加剂的测定方法.....	(233)
一、亚硝酸盐和硝酸盐的测定.....	(233)
二、二氧化硫的测定.....	(244)
三、苯甲酸的测定.....	(249)
四、山梨酸的测定.....	(254)

五、食用色素的测定·····	(258)
第十二章 重金属的测定 ·····	(261)
第一节 测定的意义·····	(261)
第二节 测定的方法·····	(264)
一、汞的测定·····	(272)
二、镉的测定·····	(279)
三、砷的测定·····	(286)
四、铅的测定·····	(298)
五、铬的测定·····	(303)
六、铜的测定·····	(309)
七、锌的测定·····	(313)
八、锡的测定·····	(318)
第十三章 有机氯农药残留量及黄曲霉毒素的检测 ·····	(326)
第一节 有机氯农药残留量的检测·····	(326)
一、有机氯杀虫剂DDT、六六六的理化性质·····	(328)
二、食品中六六六和 DDT 残留量的检测方法·····	(331)
三、样品中有机氯农药的提取·····	(332)
四、提取液的净化·····	(333)
五、水产罐头样品的提取和净化的实例·····	(335)
六、检测方法·····	(336)
第二节 黄曲霉毒素的检测·····	(352)
一、与分析有关的黄曲霉毒素的物理化学性质·····	(353)
二、黄曲霉毒素的测定方法·····	(353)
三、食品中黄曲霉毒素B ₁ 的薄层层析测定法·····	(354)
四、操作条件的选择·····	(354)
五、花生中黄曲霉毒素的微柱层析测定法·····	(360)
附录 实验数据的统计处理 ·····	(365)

总 则

1. 本书中使用的水, 在没有注明其他要求时, 系指其纯度能满足分析要求的蒸馏水或离子交换水。水浴除外。

2. 本书中使用的乙醇(酒精), 在没有注明其他要求时, 系指浓度为 95% 的乙醇。浓度为 $x\%$ 的乙醇, 系指 100 毫升溶液中含有 x 毫升 95% 乙醇。

3. 配制溶液的试剂

(1) 配制标准溶液或一般提取用溶剂, 可用化学纯;

(2) 配制微量物质的标准溶液时, 所用的试剂纯度应在分析纯以上。

(3) 作为标定当量标准溶液或标准摩尔浓度溶液用的试剂纯度应为基准级或优级纯。

(4) 一般试剂可用化学纯。如遇试剂空白较高时, 则需用更纯的试剂。

(5) 溶液未指定用何种溶剂配制时, 均指水溶液。

4. 溶液的浓度

(1) N 指当量浓度 表示 1 升溶液中含有溶质的克当量数。

(2) M 指摩尔浓度 表示 1 升溶液中含有溶质的摩尔数。

(3) 按比例配制的液体组分溶液, 系指各组分体积的比。例如正丁醇-乙醇-水 (40:11:19) 是指 40 体积的正丁醇、11 体积的乙醇和 19 体积的水混合而成的溶液。

有时试剂名称后注明 (1+2)、(5+4) 等符号, 第一个数字表示试剂的体积, 第二个数字表示水的体积。例如, $\text{HCl}(1+2)$ 表示该溶液由 1 体积浓盐酸(比重 1.19) 与 2 体积水配制而成。若试剂是固体, 则表示试剂与水的重量比, 第一个数字表示试剂的重

量, 第2个数字表示水的重量。

(4) 容量百分比溶液(% , V/V)系指溶液 100 毫升中含有液体溶质若干毫升; 重量容量百分比溶液(% W/V)系指溶液 100 毫升中含溶质(一般为固体)若干克。一般百分浓度溶液就是取溶质 x 克溶于水中, 并稀释到 100 毫升。

5. 基本度量衡单位名称采用国际单位制

(1) 长度

1 米(m) = 10 分米(dm) = 100 厘米(cm);

1 微米(μm) = 10^{-6} 米(m);

1 纳米(nm) = 10^{-9} 米(m);

1 埃($\text{\AA}$) = 0.1 纳米(nm) = 10^{-10} 米(m)*。

(2) 重量

1 千克(公斤, kg) = 1000 克(g);

1 毫克(mg) = 10^{-3} 克(g);

1 微克(μg) = 10^{-6} 克(g);

1 纳克(ng) = 10^{-9} 克(g)。

(3) 容量

1 升(l) = 1000 毫升(ml);

1 微升(μl) = 10^{-6} 升(l)。

6. 测定结果一般以下列三种形式表示:

(1) 百分含量(%)——每百克(或每百毫升)中所含的克数;

(2) 百万分含量(ppm)——每公斤(或每升)中所含毫克数, 或每克(或每毫升)中所含微克数;

(3) 十亿分含量(ppb)——每公斤中所含微克数或每克(或每毫升)中所含纳克数。

* $\text{\AA}$ 是暂时与国际单位制并用的单位, 本书仍用于表示光波长度。

7. 常用浓酸和氨水的浓度和密度

名 称	密 度20℃ 克/毫升	浓 度	
		重 量 %, 克/100克溶液	克分子/升
HNO ₃	1.420	71.63	16.14
HNO ₃	1.415	70.39	15.81
HNO ₃	1.410	69.23	15.49
H ₂ SO ₄	1.835	95.72	17.91
HCl	1.180	36.23	11.73
HCl	1.185	37.27	12.11
HCl	1.190	38.32	12.50
H ₃ PO ₄	1.690	85.54	14.75
HClO ₄	1.540	60.04	9.203
HClO ₄	1.675	70.15	11.70
CH ₃ COOH	1.050	99.9	17.5
氨 水	0.898	28.00*	14.76*
氨 水	0.896	28.67*	15.08*
氨 水	0.894	29.33*	15.40*
氨 水	0.892	30.00*	15.71*
氨 水	0.880	34.35*	17.75*

* 指 NH₃ 浓度。

8. 筛目与筛孔大小

各国筛目标准不一，我国筛目尚未颁行。

英美筛目是根据每英寸长度上的筛孔数来标称的，而公制、德、法、苏则是按每厘米长度上的筛孔数来标称的。由于组成筛网的金属丝粗细各国稍有不同，因此，标称目数与筛孔大小间就各有差别。

9. 实验室操作人员应具备最基本的安全知识，特别是关于易燃物质、强氧化剂、爆炸性物质的处理与防爆，以及气瓶（钢瓶）和高压气体的使用等方面的基本知识，以确保人身与国家财产的安全。兹择要介绍于下：

泰勒标准筛		美国标准筛		英国标准筛	
目数 (每英寸)	筛孔大小 (毫米)	目数 (每英寸)	筛孔大小 (毫米)	目数 (每英寸)	筛孔大小 (毫米)
10	1.651	12	1.68	10	1.676
12	1.397	14	1.41	12	1.405
14	1.168	16	1.19	14	1.204
16	0.997	18	1.00	16	1.003
20	0.833	20	0.84	18	0.853
24	0.701	25	0.71	22	0.699
28	0.589	30	0.59	25	0.599
32	0.495	35	0.50	30	0.500
35	0.417	40	0.42	36	0.422
42	0.351	45	0.35	44	0.353
48	0.295	50	0.297	52	0.295
60	0.246	60	0.250	60	0.251
65	0.208	70	0.210	72	0.211
80	0.175	80	0.177	85	0.178
100	0.147	100	0.149	100	0.152
115	0.124	120	0.125	120	0.124
150	0.104	140	0.105	150	0.104
170	0.088	170	0.088	170	0.089
200	0.074	200	0.074	200	0.076
250	0.061	230	0.062	240	0.066
270	0.053	270	0.053	300	0.053
325	0.043	325	0.044	—	—

注：目前国内生产的标准筛接近泰勒规格者较多。

(1) 用移液管吸取有毒样品时,要用橡皮球操作,不得用嘴,如须以鼻鉴别试剂时,可用手轻轻扇动,使试剂气体流到自己面前,稍闻其味即可,切勿以鼻子接近瓶口。

(2) 易燃药品(如汽油、乙醚、苯、酒精)及其他低沸点物质不可放在火源附近。启用易挥发物时应先冷却,尤其在夏季。对于易燃、易挥发物,如须加热,应在水浴、油浴或封闭式电热板上进行,严禁用火焰或电炉直接加热。

(3) 腐蚀性、刺激性药品，如强酸、强碱、浓氨水、浓过氧化氢、冰醋酸等，取用时尽可能戴上橡皮手套和防护眼镜等。倾注腐蚀性药品时，切勿直对容器口俯视，以免伤害人体。

(4) 高氯酸是一种常见的分析试剂，高氯酸溶液与易氧化、易燃烧的物质以及脱水剂等接触，可能引起灾害。

浓于72%的高氯酸对热和冲击作用反应灵敏。分析实验室不用无水和浓于85%的高氯酸。

用高氯酸消化样品的通风橱和导管应定时用水冲洗，特别是木料部分。不慎而溢漏高氯酸时应立即用大量的水充分洗涤，尽可能不用棉布拭擦。

为排放高氯酸用的通风橱和管道，最好用陶瓷或石棉制品，工作面宜用瓷砖铺设。粘合剂要采用水玻璃、水泥等不易燃烧的物质，绝不可用红丹-甘油等易氧化的材料。

高氯酸蒸汽与易燃气体或易燃物的蒸汽会形成爆炸猛烈的混合物，切忌使之相遇。因此，蒸发高氯酸的通风橱内，决不能同时处理氢气、乙醚、乙醇等易燃物。其他房间如使用同一通风管道，也不能排出易燃的蒸汽。排气系统应放气于安全地带。

除非另作说明，使用高氯酸进行湿法灰化时，要先用硝酸处理样品，以除去易于氧化的有机物。

高氯酸与强烈的脱水剂如五氧化二磷或浓硫酸接触时，可能形成爆炸性的无水高氯酸。

(5) 气瓶（钢瓶）及高压气体的使用：气瓶是高压容器，不同的工作气体有不同的减压器。高压气瓶上使用的减压器要专用。用于氧的减压器可用在装氮或空气的气瓶上，而用于装氮的气瓶上的减压器只有在充分洗去油脂后才可用在装氧的气瓶上。

高压气瓶必须分类保管，直立时要用链条、皮带等固定，远离热源，避免爆晒及强烈震动。

乙炔是极易燃、易爆的气体，存放气瓶处要通风良好，温度要保持在35℃以下。为了防止气体回缩，应装上回闪阻

止器。

存放氢气气瓶，一定要严禁烟火。

氧气是强烈的助燃气体。氧气瓶中绝对不能混入其他可燃气体或误用其他可燃气体来充灌氧气。

氧气瓶放气或打开减压器时，动作必须缓慢。放气太快，气体过快地流过阀门时，会产生静电火花，也是引起氧气瓶爆炸的原因之一。处理乙炔、氢气等可燃易爆气体时也应如此。

其他注意事项详见有关文献。

第一章 绪 言

食品——供给人类生活所需的各种营养素和能量。食品品质的好坏，要看它所含营养素的多少、有没有毒害物质以及其口味好坏。食品分析是研究和评定食品品质及其变化的一门科学，分析工作者的任务是依据物理、化学、生物化学的一些基本理论和运用各种科学技术，按照制订的技术标准，对原料、辅助材料、半成品以及成品的质量进行检验，以保证生产质量优良的产品；同时，帮助生产部门开发新的食品资源、试制新的优质产品、改革生产工艺、改进产品包装和贮运技术。

食品分析的范围很广泛，它包括下面一些内容：

1. 食品营养成分分析

根据早期的研究，衡量食品品质的标准是食品必须含有适当量的蛋白质、脂肪、碳水化合物、水分和灰分。根据这些物质的含量，就可以用营养学和生物化学的知识来确定食品的主要营养价值。这些物质的分析方法是食品分析的主要内容。

后来，人们逐渐弄清了食品中还有许多含量很低而对营养起着重要作用的微量成分，例如各种维生素以及维持生命所必须的微量元素。目前，对这些物质的适当供给量，有许多还不能提出准确的标准，环境中的痕量元素与人体健康的关系也极为复杂。要研究解决这些问题，也有赖于食品分析。

2. 食品中污染物质的分析

食品分析内容中通常包括食品污染方面的问题。所谓食品污染，就其性质来说，一是生物性污染，一是化学性污染。前者如霉菌毒素，后者主要包括：

(1) 农药：如有机氯农药 DDT 和六六六；

(2) 重金属：如汞、铅、镉和砷；

(3)来源于包装材料的有毒物质：如聚氯乙烯及其某些添加剂，包装材料印刷油墨中的多氯联苯和包装用纸中的荧光增白剂；

(4)其他化学物质：如食物在熏烤等加工过程中可能受致癌物质3,4-苯并芘的污染。

食品的污染来源，一是由于环境污染所造成的食品原料的污染，一是由于食品在加工过程中被污染，两者都可以在食品质量上造成严重的损失。

为了保证人民健康，国家制订了食品卫生标准和卫生法规，对食品质量及其中有害物质的最高允许含量都有明确的规定，食品生产单位必须严格遵守。

3. 食品辅助材料及食品添加剂的分析

食品生产加工过程所用的辅助材料和添加剂，一般都是工业产品，其品种和质量规格一般都由国家规定，应该严格遵守。特别是食品添加剂，本来是为了改进食品的色、香、味或防止食品变质而加入的，但如果所用品种和数量不当，未能严格遵守国家规定，反而会使食品质量变差甚至不能食用。因此，对食品添加剂的鉴定和检测，也是食品分析的重要内容。

4. 食品的感官鉴定

各种食品都有一定的感官特征。消费者习惯上都凭感官来决定食品的取舍。但是感官鉴定无疑地带有主观性，感官认为良好的食品，不一定符合营养和卫生要求。某些有害物质不一定影响食品对感官的印象。但食品对感官印象的指标，如色泽、组织状态、风味、香味和有无杂物等，古今中外，都是食品的重要技术标准。食品分析绝不可忽视这些感官鉴定项目。

食品分析的方法有化学分析法、仪器分析法、微生物分析法和生物鉴定法。近代分析技术，特别是自动化技术已逐步被用于食品分析领域，这可使分析过程加快，减少人为的误差，可以一次测定一种固定的组分，也可以一次测定多种组分。例如，对蛋白