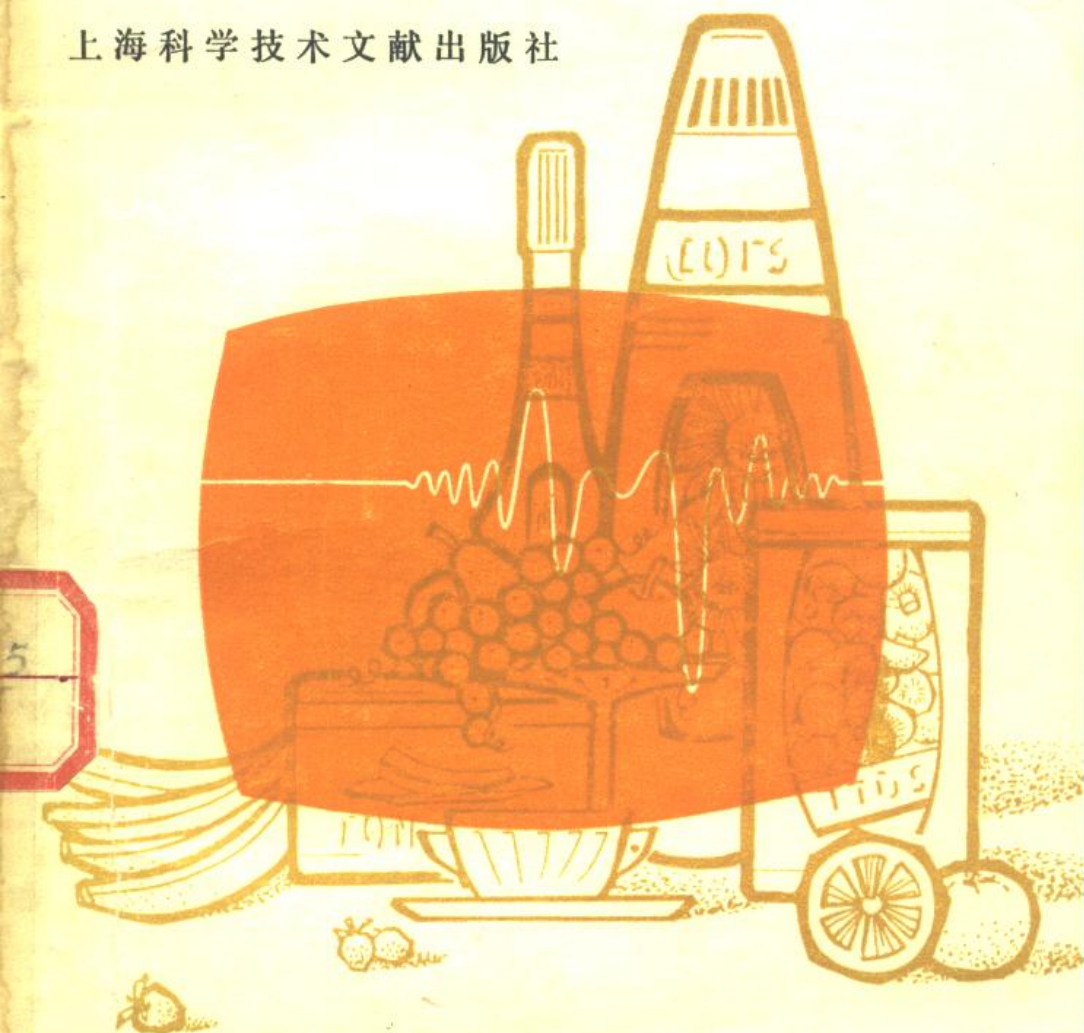


国外

上海商品检验局 编

食品分析法

上海科学技术文献出版社



C0139863



前 言

食品中成份对人们的健康关系极大,有些营养成分和物质组成吃了有益于身体健康,有些吃了则有害于身体。因此,搞清楚食品的成份非常重要。随着我国食品工业和食品科学技术的发展以及对外贸易的需要,食品分析工作已提高到一个重要的地位。特别是为了保证食品的品质,搞好食品卫生监督工作,开展食品科学技术研究,开发食品工业新途径和找寻食品污染的根源,人们更需要对食品进行各种营养物质的研究和进行各种污染物质的分析。

食品分析已有很大的发展。分析方法由定性、半定量到定量。检出量由百万分之一到十亿分之一,而且准确度和精密度也越来越高。伴随着食品分析技术的发展,新型仪器的生产和使用也日益俱增。但是在目前,国内有关食品分析的专业书籍还较少,不能适应食品分析工作的需要,因此我们结合日常工作,搜集汇编了近年来国外有关的一些食品分析的资料,供有关人员参考。

这本书主要介绍国外有关各种食品的一般成份分析,微量元素分析,食品添加剂分析和食品中有害物质分析等的检验方法。适合于食品厂、卫生、商检部门和食品分析工作者参考。本书由黄伟坤、许韦、赵修英、郑心濬、林瑞勋等同志译校。

由于食品种类很多、分析内容复杂、再加上分析技术的不断发展、而我们水平有限,因此谬误之处在所难免,望读者批评指正。

上海商品检验局

1979.11

目 录

一、一般成份的分析.....(1)

1. 干菜中水份的测定(1)
2. 用硫酸中五价钒薄层层析法定量分析碳水化合物——D-果糖, D-葡萄糖和蔗糖.....(3)
3. 乳糖的快速测定法(6)
4. 鱼和水产品中氮的测定(9)
5. 肉与肉制品中氨基氮的测定(11)
6. 用手工和自动光度法测定食品中的维生素C(13)
7. 气-液层析法测定香肠中的山梨糖醇.....(21)

二、食品中微量元素的分析.....(24)

1. 用铜离子选择电极电位法测定棕榈油中的铜(24)
2. 用分光光度法测定酒精饮料中的铜(26)
3. 水果和蔬菜制品中锡的测定(28)
4. 用无焰原子吸收分光光度法测定鱼中的甲基汞(31)
5. 蔬菜罐头中钙的测定(34)
6. 湿式分解法在砷化氢-原子吸收分光光度法测定食品的微量砷中的应用(36)
7. 食品中砷的测定(47)
8. 生乳中碘含量的间接测定法(49)
9. 简易的燃烧捕集汞蒸气技术测定鱼中的汞(53)
10. 食品中金属的测定(综述)(53)

三、食品中添加剂的分析(105)

1. 分光光度法测定亚硝酸盐时亚硫酸盐干扰
的排除(105)
2. 食品添加剂(硝酸盐和亚硝酸盐)的测定(110)
3. 干果中二氧化硫的测定(110)
4. 桔子汁中苯甲酸和山梨酸的测定(112)
5. 用分光光度法测定水果、蔬菜及其制品中苯甲酸
的含量(120)
6. 用快速筛选法测定碎牛肉中的防腐剂——亚硫酸
盐、苯甲酸盐、山梨酸盐和抗坏血酸(124)
7. 快速检定罐头红色水果中的赤藓红(128)

四、食品中有害物质的分析(131)

1. 滴滴涕残留量的测定(131)
2. 用离子选择电极测定 2,4-二氯苯氧基醋酸(138)
3. 玉米中黄曲霉毒素的快速筛选(142)
4. 乳制品中黄曲霉毒素 M_1 的测定(145)
5. 用荧光检定器的高效液相层析法检测食品中的
黄曲霉毒素和棕曲霉毒素(150)
6. 食品中苯(a)芘的测定(155)
7. 环状亚硝胺类的直接气相层析法(166)
8. 柱头进样并用气-固层析法检测聚氯乙烯包装的食
品中低于 1PPb 的氯乙烯残留量(171)
9. 用快速薄层层析法检测鱼制品中的组胺(177)
10. 能同时测定鱼样品中组氨酸和组胺的简易
快速纸层析法(179)
11. 鱼和海产品中三甲胺的测定(184)
12. 测定鱼和海产品中的组胺类似物(186)

13. 鱼和海产品中吡啶的测定·····	(190)
14. 气相层析法测定虾中吡啶的多内标技术·····	(195)
五、食品中有关成份的测定 ·····	(196)
1. 水果制品中柠檬酸的测定(王溴丙酮法)·····	(196)
2. 水果制品中柠檬酸和异柠檬酸的测定(层析法)·····	(199)
3. 用固定蛋白质测定食品中的丹宁·····	(204)
4. 用蛋白质沉淀法定量测定丹宁·····	(209)
5. 快速目视酶试验法分析鱼的新鲜度·····	(215)
6. 罐头食品中水分活性的测定·····	(222)

一、一般成份的分析

1. 干菜中水份的测定

所有玻璃仪器在烘箱中烘干。

样品制备

研磨样品用 30 号筛筛选并贮于密封的容器中。

近红外线分光光度法

仪器

分光光度计: 贝克曼仪 DK₂A 型或近红外线记录仪。

标准曲线的绘制

准确称取水 200, 300, 400, 500 和 600 毫克, 移入一组 125 毫升锥形瓶中。每瓶中用移液管加入 N, N-二甲替甲酰胺 (DMF) 100 毫升。在 1.8~2.1 微米波长处记录比色池中溶液的吸光度。当制备标准溶液时用相同量 N, N-二甲替甲酰胺 (DMF) 用作对照溶液。

在约 1.82 微米和 2.0 微米波长处最小吸收峰之间划基线。标准溶液的最大吸光度约为 1.92 微米, 相等于总量的最大吸光度减去基线最大吸光度。以校正的基线吸光度对每 100 毫升 DMF 中水的毫克数绘图。

测定

准确称取约含 70~100 毫克水的样品于 50 毫升具玻塞锥

形瓶中。用移液管加入二甲替甲酰胺 20 毫升。瓶塞塞好，于 $90 \pm 1^\circ\text{C}$ 烘箱中加热 60 ± 1 分钟。机械振摇烧瓶 10 分钟。冷却至室温。倾注溶液于具玻塞离心管中，以每分钟 1500 转的速度进行离心至溶液澄清（约 5 分钟）。记下溶液的吸光度，并按照“标准曲线的绘制”中所述计算最大吸光度。

含水百分率 = (以标准曲线求得的水毫克数 $\times 100$) / (5 $\times$ 样品毫克数)。

卡尔弗邱(Kar Fischer)法

仪器

滴定计, Fisher 科学公司 36 型或相同的滴定计, 附有两个铂电极, 自动调零的滴定管; 试剂贮器; 磁性搅拌器; 滴定皿; 电极和终点测定的电路系统。全部开口处须密闭或用干燥的试管保护, 以免沾污空气中的水。各种滴定装置可购买也可自行装配。装配滴定仪器要按照厂方说明书进行调整。调好记录器使能指示 30 秒钟的终点。加足量的无水甲醇使盖过电极的探头, 并且打开搅拌器。将搅拌器的速度调节到搅拌良好但不致泼溅。不要使搅拌棒接触电极。滴定至满意的终点。新装或最近还未使用的仪器要求重复此项步骤, 使整个系统达到干燥。连续滴定获得的终点的稳定性超过第一个 30 秒钟终点以外对待测样品所要求相同的时间, 一般来说终点应保持持续 5 分钟以保证不受大气中水的沾污和试剂不稳定性的影响。

试剂

(1) 卡尔弗邱试剂: 用水 (每毫升试剂约相当于 5 毫克水) 稳定。取实用级甲酰胺置于装有磁性搅拌器的 200 毫升 Berzelius 烧杯中。置于滴定仪中进行滴定。(慢慢滴定至接近终点, 再加 0.1 毫升使滴定计偏到 0 的右边并持续 60 秒钟)。

迅速加入准确称重的(0.250~0.350克)二水酒石酸钠。立即滴定至同样的终点。重复测定并计算其平均值。

毫克水/毫升试剂=(毫克二水酒石酸钠×0.1566)/毫升试剂。

(2) 二水酒石酸钠:“60”目。

测定

准确称取2.0~2.5克样品于50毫升有玻璃塞的锥形瓶中。用移液管加入20毫升N,N-二甲替甲酰胺,按照前法“测定”中所述的方法抽提并离心。

取50毫升甲酰胺置于200毫升Berzelius烧瓶中,滴定到如标定卡尔弗邱试剂时同样的终点。迅速吸移10毫升样品溶液于烧杯中,并滴定至同一终点。按照测定样品的方法滴定10毫升DMF以测定空白。重复测定空白并计算其平均值。

样品中水的百分率=[200×(滴定样品所消耗的试剂毫升数-滴定空白消耗试剂毫升数)×毫升水/毫升试剂]/毫克样品。

译自《Official Methods of Analysis of the AOAC》
601~602, 1975.

2. 用硫酸中五价钒薄层层析法定量

分析碳水化合物——D-果糖,

D-葡萄糖和蔗糖

〔提要〕 硫酸中的五价钒可用于定量分析糖类。黄色的五价钒被碳水化合物还原成蓝色的四价钒。钒(V)的消耗量或生成的钒(IV)的量均能测出。使用不同的D-果糖—D-葡萄糖—

蔗糖混合物进行典型的研究。用薄层层析法将单糖从双糖中分离出来。由于醛糖和酮糖之间的反应性差别很大,无须先行分离即可测出 D-果糖和 D-葡萄糖。此法能检测每种糖的量为 10 微克。

引 言

在许多天然产品中占多数的单糖和双糖是 D-果糖, D-葡萄糖和蔗糖。单糖和双糖易于进行色层分离,但是 D-果糖和 D-葡萄糖在大多数色层分离系统中不能很好地分离。测定混合物中这二种糖通常是困难而且慢的。

D-果糖和 D-葡萄糖对硫酸中的五氧化二钒(氧化剂)反应不同,前者迅速地被钒(V)氧化,而后者较不活泼。Malangeau 等人指出,在 20°C 5M 硫酸中的钒(V)能在几小时内完全氧化酮糖和糖醛酸,而不氧化醛糖。由于此反应不同,因此有可能选择性地测定药物制品中有醛糖存在时的糖醛酸或酮糖。

黄色的五价钒被糖类还原成蓝色的四价钒。黄色的钒最大光吸收在 260 毫微米波长处,蓝色的钒在 700 毫微米波长处。钒(V)的消耗量或生成的钒(IV)的量均能测出。在 260 毫微米波长处,钒(V)的克分子光吸收为 800,而钒(IV)为 160;在 700 毫微米波长处,钒(IV)的克分子光吸收为 14,而钒(V)在此波长处不吸收。这一方法测定钒(V)的消耗量最灵敏,但测定生成钒(IV)的量是比较简单的方法。

实 验

材料

溶解钒酸铵(11.7 克)于硫酸(6M, 100 毫升)中配制成氧化剂(0.1M)。喷雾试剂为 1M 硫酸中含 0.1M 五氧化二钒或 1M 硫

酸中含 0.1M 钒酸铵。层析板涂以硅胶 G-硅藻土 G(2:1)(0.25 毫米厚),在 100°C 干燥二小时,在实验室中于室温下贮存,使用时无须再活化。甲苯-乙酸-甲醇(2:2:1)用作溶剂系统。

定量分析

常量法 将含有 50~1000 微克待测的各种糖的样品溶液 50 微升呈条状点样在 20×20 厘米层析板上。色层谱被展开和干燥,用喷雾试剂轻微地喷雾来显出糖类的位置。各个蓝色谱带被刮入试管内,每管加入 5 毫升 6M 硫酸的 0.1M 钒酸铵溶液,充分振荡试管。悬浮液用玻璃纤维滤纸过滤。测定 D-果糖时,滤液在室温下放置 30 分钟,在 700 毫微米波长处读取光吸收。测定总单糖时,溶液在沸水浴中加热 20 分钟,冷却后和在 700 毫微米波长处读取吸光度。测定蔗糖和其它“非混合的”谱带时,氧化混合物也要在沸水浴中加热 20 分钟。

从邻近色层谱的不含糖部分刮下相等的一部分,并按上述方法处理作为空白。

微量法 将含有 5~10 微克待测糖的样品溶液 1 微升(使用微量移液管)点样在 5×20 厘米层析板的三个起点上。色谱被展开和干燥。为了定出各种糖的位置,用一块玻璃板盖住两条展开的带而用喷雾试剂喷雾第三条带。未喷雾的带上所需的区域位置是通过和在检测物带中的标记化合物进行比较来定的。将所需要的区域刮进 V 型管中,每管加入 250 微升 6M 硫酸的 0.1M 钒酸铵溶液。为了单独测定果糖,盛有 D-果糖、D-葡萄糖混合物的试管在室温下放置 30 分钟。测定总单糖和蔗糖时,盛有这些混合物的试管在沸水浴中加热 20 分钟。在氧化作用完全之后,加 15 毫升水,充分振荡该混合物并过滤。在 260 毫微米波长处对照试剂空白测定光吸收。试剂空白的配制系从邻近色层谱的不含糖的部分刮下相等的面积,并按试样处理此空白。

当是“正常的”情况时，微量法的光吸收是扣除的而不是加添的。空白必须按样品一样处理，而样品按空白一样处理，即在一个双光束分光光度计中，空白放在样品光束中而样品放在参考光束中。使用单光束分光光度计，将光吸收调到零测样品，读取空白的光吸收即可求出所耗的氧化剂的量。也可将空白的光吸收调在一个给定的值处，比方说 0.5，再测定光吸收的减量。

计算

根据适当的标准曲线图便可求出糖的量，图上已有色谱梯段。对于 D-果糖和 D-葡萄糖混合物，在校准曲线图中所用的值必须根据在 20°C 和 100°C 氧化所求得的吸光值(常量法)或吸光值的减量(微量法)来计算。

结果和讨论

用钒(V)氧化碳化合物的速率主要取决于硫酸浓度，氧化速率随着硫酸浓度增加而迅速增加。为了在短时间内能完全氧化，选用浓度高的酸。为了寻找能分别测出混合物中 D-果糖和 D-葡萄糖含量的条件，使用了不同浓度的硫酸和不同的反应时间和温度。理想的条件应该这样：(1)果糖完全被氧化而葡萄糖一点也不被氧化，(2)葡萄糖也完全被氧化。

节译自《J. Chromatography》150(2), 485~490, 1978.

3. 乳糖的快速测定法

〔提要〕 这里介绍一种测定牛乳或乳清中乳糖含量的简便、精确的比色方法。显色是根据苯酚、氢氧化钠、苦味酸和亚硫酸氢钠与乳糖结合作用。这个方法不到 30 分钟就可完成。其检验结果与 A.O.A.O. 法作比较，两者之间的相差不大。这个方法

比其它需要较长的检验时间、复杂的设备、昂贵或腐蚀性试剂、大量的仪器或熟练的分析技能的方法优越。

前言

分析液体产品如牛乳或乳清中乳糖含量的大多数方法是根据硫酸铜还原为不溶于水的氧化铜,然后,后者通过直接称重或用硫代硫酸钠滴定,或者从硝酸溶液中进行电解产生沉淀作重量测定。这样测定的氧化铜可以借助于单独计算乳糖或有蔗糖存在下的哈蒙德换算表(Hammond table)换算出乳糖的含量。

乳糖也可以用碘化汞沉淀蛋白质后作旋光计测定。其它测定方法则是根据比色法。

另外,根据己糖激酶和 ATP 存在下 β -半乳糖酶的结合作用的酶学法也可采用。用葡萄糖-6-磷酸脱氢酶和三磷酸吡啶核苷酸(TPM 或 NADP)氧化葡萄糖-6-磷酸作为指示剂,所形成的 TPNH 可通过在 360 毫微米处光吸收值的增加来测定,也可用酶水解二糖后进行荧光比色。

材料

样品是牛乳或乳清,在室温下(约 20°C)混合均匀。试剂为 4.5%氢氧化钡(保存在塞好的容器中),5%硫酸锌和 Teles 试剂(用蒸馏水制备贮备溶液:1%苯酚,5%氢氧化钠,1%苦味酸和 1%亚硫酸氢钠,分析纯,有效期 2 天)。作为 Teles 试剂的工作溶液(有效期 2 天)用如下方式配制:1 体积苯酚,2 体积氢氧化钠,2 体积苦味酸和 1 体积亚硫酸氢钠溶液按次序加入后充分混合而成。工作溶液保存在棕色瓶中。

仪器

离心管 16×100 毫米;血糖管,即 Folin 管有 12.5 和 25 毫升刻度;分光计,带有 10 毫米 ID 玻璃比色杯;在室温下至少每分钟 1000 转的离心机。

方法

稀释 取 2 毫升牛乳或乳清移至 100 毫升容量瓶中，用蒸馏水稀释至刻度，摇匀。

比色 取 2.5 毫升上述稀释液于离心管中，加入 0.2 毫升 5% 硫酸锌溶液，再加入 0.2 毫升 4.5% 氢氧化钡溶液，以每分钟 2500 转速度离心 15 至 30 秒或以每分钟 1000 转离心 1 分钟。取 1 毫升上清液于血糖管中，加入 2.5 毫升 Teles 试剂，用一干燥的橡皮塞塞紧，把试管底都浸入水浴中约 4~6 厘米，精确地煮沸 6 分钟，立即在冷水中冷却，根据样品中乳糖的含量，用蒸馏水稀释至体积为 12.5 或 25 毫升。上下摇动六次。用 2.5 毫升水代替样液在相同条件下作为试剂空白，在 520 毫微米处读出吸收值。将得到结果与乳糖标准溶液比较。乳糖标准溶液以干燥的乳糖用蒸馏水配制成每毫升 1 毫克或溶解 1.052 克乳糖 $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ 于 1000 毫升蒸馏水中（在冰箱中保存有效期为一星期），并对样品进行比色。

计算 乳糖($\frac{\text{毫克}}{\text{毫升}}$) = $\frac{\text{样品吸收值} \times 50}{\text{标准乳糖吸收值}}$ 或用标准曲线。

结果与讨论

表 1 是从美国亚利桑那商业厂中得到的均质全脂牛乳，干酪乳清中乳糖含量的测定结果与 A.O.A.C. 法作统计学比较 ($p < 0.05$)。平均值与 t 试验作比较。数值表示了牛乳和乳清单独样品中典型的重现性分析。这个方法的通常测定范围为乳糖含量的 0.2~2.0 毫克。

样品中的蔗糖、乙醇或醋酸铅的存在并不影响测定，但减少了测定的物质，例如，这个方法不宜于测定冰冻的乳制点心或含有谷类糖浆食品的乳糖。色泽是稳定的，或缓慢而成比例地消失，显色后在 12 小时尚能读出正确的吸收值。

表 1 AOAC法与用 Teles 试剂法测定牛乳或乳清中乳糖含量的比较

重现性试验编号	牛乳中乳糖%		乳清中乳糖%	
	AOAC	Teles	AOAC	Teles
1	5.29	5.34	4.35	4.34
2	5.27	5.26	4.45	4.34
3	5.24	5.34	4.48	4.48
4	5.47	5.34	4.45	4.48
5	5.33	5.34	4.52	4.34
6	5.27	5.34	4.48	4.42
$\bar{X}$	5.31*	5.33*	4.46*	4.40*
SD	0.083	0.032	0.058	0.069
$t=0.013(P<0.05)$			$t=0.021(P<0.05)$	

* 指相同上标平均值并不是统计之差($P<0.05$)。

全部检验过程不到 30 分钟可以完成。其标准偏差一般在 0.08 或更小,为了节约起见,试剂用蒸馏水配制,不需要去离子水或其再处理水,使用过 Teles 试剂的试管,简单地用蒸馏水淋洗四次就能达到洗涤效果。这个方法可以使用径流比色杯进行测定。

译自《J. Dairy. Sci.》61:506~508,1978.

4. 鱼和水产品中氨的测定

试剂 (用蒸馏水配制)

(1) 溴溶液:用水将 10 毫升氢氧化钠溶液(1+1)稀释至约 10 毫升。再加 1.0 毫升溴,摇动并用水稀释至 200 毫升。使用时配制。

(2) 百里酚溶液:10%的酒精溶液,用时现配。

(3) 氢氧化钠稀释液:吸取氢氧化钠溶液(1+1)用水稀释

至 100 毫升。

(4) 氨标准溶液: 40 微克/毫升。溶解 0.314 克 NH_4Cl (预先在 100°C 下烘干 1 小时) 于水中, 并稀释至 100 毫升。吸取 4.0 毫升移入 100 毫升容量瓶中, 用水稀释至刻度。

样品的制备

(如有必要将食品去壳进行处理)

用食品捣碎机将蟹肉研碎 3 次每一次磨碎后, 混和之。

测定

置 20 克制备的样品于 500 毫升有玻璃塞的锥形烧瓶中, 加入 180 毫升 2.5% 磷钨酸溶液, 剧烈振摇 2 分钟, 用华特曼 1 号滤纸或相当密度的滤纸滤入 250 毫升有玻璃塞的锥形烧瓶中。吸取 2 毫升 (相当于 0.2 克样品) 滤液移入 125 毫升分液漏斗中。保留溶液的其余部分。另一个分液漏斗中加入 2.5% 磷钨酸 2.0 毫升作为空白。

每一分液漏斗中加水 8.0 毫升。然后连续不断地约分 30 次少量地加入稀的氢氧化钠溶液 (3) 1.0 毫升, 混和, 加入百里酚溶液 2.0 毫升, 混和, 以及溴溶液 5 毫升。每次加入后剧烈旋摇。剧烈振摇 1 分钟。在进行下一步骤以前, 将一组样品或一组标准液完全的试剂加入到每一分液漏斗中, 任其静置至少 20 分钟。

每一分液漏斗中加正丁醇 20 毫升并剧烈振摇 1 分钟。静置 20 分钟。去除水层, 并用塞有玻璃棉的盛有约 30 克无水硫酸钠的玻璃漏斗将正丁醇慢慢地滤入具有玻璃塞的锥形烧瓶中。用 1 厘米比色杯, 在约 680 毫微米波长处测定溶液的最大吸光度, 以空白溶液作为对照。

如果吸光度比最高的 NH_3 标准液大, 用 2.5% 磷钨酸溶液定量稀释保留的溶液, 使 2.0 毫升经稀释的溶液能产生低于此水平的吸光度。

标准曲线的绘制

吸取 0, 1, 2, 3, 4 和 5 毫升标准 NH_3 溶液, 分别移入 125 毫升分液漏斗中。每一分液漏斗中加入 2.5% 磷钨酸溶液 2.0 毫升, 并用水稀释至 10 毫升, 按上述“测定”一节中从“然后, 连续不断地加稀的氢氧化钠溶液 1.0 毫升……”开始, 用 0 溶液作对照, 如上述于最大吸收波长测定每一标准溶液的最大吸光度。绘制标准曲线。

译自《Off. Meth. Anal. AOAC》309, 1975.

5. 肉与肉制品中的氨基氮的测定

仪器

使用的仪器如图 1 和图 2 所示, 图 1 为整个仪器的排列情况, 图 2 表示脱氨基的球管和连接的详情。亨普耳气体球管中充有每升含 50 克 KMnO_4 和 25 克 KOH 的溶液。

测定方法

用水灌满滴定管(F), 毛细管通过亨普耳气体球管和另一毛细管直至与C相接。A中倒入足量的 HOAc 直至D内灌满达 $1/5$, 在管A上标记这个体积。任冰醋酸流入D, 旋开活塞C, 使空气从D逸出。A中倒入 NaNO_2 溶液 (300 克/升) 至D, 使其液面稍高过A中的活塞。在管A上也标记这个体积。将活塞C关闭, 活塞A开放, 振摇D几秒钟直至迫使D内的液体水平下降到 20 毫升刻度处。关闭a, 开放c, 用马达快速振动D 2 分钟, 使空气从D中排挤出去, 打开活塞c和f, 使D和F相通。量取含氨基氮不超过 20 毫克的样液 10 毫升或 10 毫升以下(肉提取液为 1~2 克样品)置于B中, 任其流入D内。如图 1 将马达连在D上振动 5 分钟。如果样品是粘液, 将有气泡覆蔽, 则从

B中冲洗出，并通过B加少量辛醇到D。或者如果事前知道样品会产生过多的泡沫，则通过B加少量辛醇到D，在加样液之前用乙醇和乙醚冲洗B或用滤纸吸干。

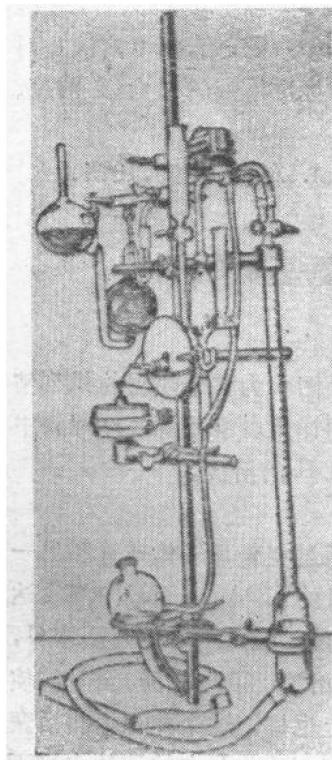


图1 测定氮氮的装置

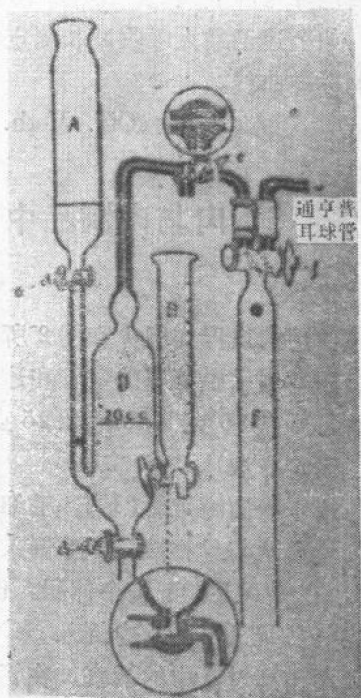


图2 脱氮基球管和连接部的详图

振摇期间，离析出与NO混合的N₂气体收集在F中，打开a，从A中向D灌溶液，迫使D中气体排入F。连接F和亨普耳气体球管，使球管成水平，将气体排入亨普耳气体球管中，在此期间和以后的操作中活塞a保持开放，使间歇中形成的NO取