

高等学校試用教材

生物化学

(适用于食品工学专业)

华南化工学院等 編

中国財政經濟出版社

生 物 化 学

(适用于食品工学专业)

华南化工学院等 编

中国财政经济出版社

1962年·北京

高等学校試用教材
生 物 化 学
(适用于食品工专业)
华南化工学院等 編

*

中国財政經濟出版社出版
(北京永安路18号)
北京市书刊出版业营业許可証出字第111号
中国財政經濟出版社印刷厂印刷
新华書店北京发行所发行
各地新华書店經售

*

850×1168毫米 $1/32$ •9 $24/32$ 印张•249千字
1961年9月第1版
1962年5月北京第3次印刷
印数: 2,501~4,050 定价: (10)1.40元
統一书号: K15166•047

前 言

本书是根据 1961 年 3 月輕工业部召开的高等专业学校专业教材會議的决定，由华南化工学院負責主編，无錫輕工业学院、輕工业部食品工业科学研究所、广东省輕工业厅和广州市工业研究所等单位参加編写的。

本书是在华南化工学院所編的“食品化学”讲义的基础上重新編写而成。它包括了生物化学、营养化学和食品化学三方面的有关內容，如食品中碳水化合物、蛋白质、脂肪等主要成份的物理化学性质和它們在加工过程中的变化，这些成份在人体内消化吸收和物质代謝的过程，以及食品的色、香、味等。但由于本书基本上是按生物化学的体系来編写的，故定名为“生物化学”（适用于食品工学专业）。

本书編就后經輕工业部教材編审委员会組織有关人員作了校閱，可以作为輕工业高等学校試用教材。

目 录

緒論	(7)
第一章 食品的一般化学成份及分析	(9)
第一节 概說	(9)
第二节 水份	(10)
第三节 蛋白质	(11)
第四节 脂肪	(12)
第五节 碳水化合物	(13)
第六节 維生素	(14)
第七节 无机物	(16)
第二章 碳水化合物	(17)
第一节 碳水化合物的种类	(17)
第二节 碳水化合物的性质	(31)
第三节 碳水化合物的衍生物	(43)
第三章 脂肪及类脂	(55)
第一节 脂肪	(55)
第二节 类脂	(67)
第四章 蛋白质	(77)
第一节 蛋白质的化学組成	(78)
第二节 氨基酸的物理和化学性质	(90)
第三节 蛋白质的物理和化学性质	(99)
第四节 蛋白质的分类	(109)
第五节 蛋白质的提取	(116)
第五章 无机物、水及其作用	(121)
第一节 无机物	(121)
第二节 水	(124)

第六章 酶及其作用	(126)
第一节 酶的概念	(126)
第二节 影响酶作用的因素	(128)
第三节 酶的命名及分类	(134)
第四节 酶在食品工业上的重要性	(137)
第五节 有关食品的酶	(139)
第七章 维生素及其作用	(156)
第一节 维生素的概念	(156)
第二节 维生素的分类	(157)
第八章 消化及吸收	(199)
第一节 概說	(199)
第二节 碳水化合物的消化及吸收	(200)
第三节 脂类的消化和吸收	(202)
第四节 蛋白质的消化及吸收	(205)
第九章 物质代謝	(207)
第一节 物质代謝的意义	(207)
第二节 碳水化合物的代謝	(208)
第三节 脂类的代謝	(224)
第四节 蛋白质的代謝	(234)
第五节 碳水化合物 脂肪及蛋白质代謝間的关系	(248)
第十章 食品的热量及食量的标准	(252)
第一节 食品的热量与机体的呼吸商	(252)
第二节 机体内的能量代謝	(261)
第十一章 食品的色	(266)
第一节 食品的天然色素	(267)
第二节 食品的人工着色料	(277)
第十二章 食品的香气	(282)
第一节 香气的来源	(282)
第二节 各类食品的特殊气味	(288)

第十三章 食品的味	(290)
第十四章 食品的特殊成份及毒物	(296)
第一节 食品的特殊成份	(296)
第二节 食品的毒物	(297)
第十五章 食品加工过程中的成份变化	(301)
附表1 食品成份表(植物部分)	(306)
附表2 食品成份表(动物部分)	(310)
参考文献	(312)

緒 論

蛋白质是生命的基础，它与自然界的物质代謝有密切的联系。而物质代謝是同化作用与异化作用結果的表现。通过同化作用和异化作用的矛盾，生物就得到发展，从而能够成长、运动和生殖。

人类为了維持生命所进行的物质代謝，是分解、消耗体内的复杂物质，使其产生热和能，以供給体内器官活动的原动力。如果只是消耗，而不补充新的物质来重新产生能和构成体内物质，就沒有物质代謝，也就沒有生命。这些物质来自于体内，称为营养。而供給营养的物质称为营养素。

营养素的种类，按其化学、营养等性质，可分为蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机盐类和維生素等五类（空气和水也很重要，但由于容易获得，故不列入营养素的范围）。这五类营养素，按其人体内的作用，又可归納为三类：（1）在体内氧化分解，供給热能，維持体温的营养素，如碳水化合物、蛋白质、脂肪。（2）构成身体組織，維持生长发育，修补旧的組織的营养素，如蛋白质、无机盐、碳水化合物、脂肪。（3）調节生理机能，使体内各种化学反应得到适度促进或抑制，从而維持各种細胞的特性及各种器官的机能的营养素，如維生素、矿物质。蛋白质可以代替碳水化合物，但是它不能用其它营养素来代替。因此，食物中缺少蛋白质将影响到生命的正常活动。

本課程的任务是研究食品中的蛋白质、脂肪和类脂、碳水化合物、維生素及酶等成份的物理和化学性质，以及它們在貯藏、加工过程中的变化。并在此基础上进一步闡述食品在人体内消化吸收和物质代謝的过程以及对人体的营养作用。本課程对食品工业生产过程中如何提高产品质量，提供了一定的理論基础。

解放前，在帝国主义和反动派的統治下，我国的食物生物化学科学研究工作几乎处于空白状态。

解放后，由于党和国家对人民生活的关怀，食物生物化学的研究事业也和其他科学事业一样，得到了迅速的发展。在国内建立了許多食物研究机构，开展了一系列的食物生物化学研究工作。例如，中国医学科学院对我国各地區的許多食物的成份进行了系統的分析，为食物的食用和貯藏、加工等方面提供了有价值的参考资料。輕工业部食物工业科学研究所也进行了一系列的新产品試制工作；除了分析原料和成品的成份之外，还通过营养試驗等提高了食物的食用价值。此外，各类食物工厂，如罐頭厂、乳品厂等都制訂了产品质量鑑定标准，建立了比較完整的檢查制度，系統地进行原料、半成品和成品的成份分析。所有这些都保证了产品质量和产量的不断提高。

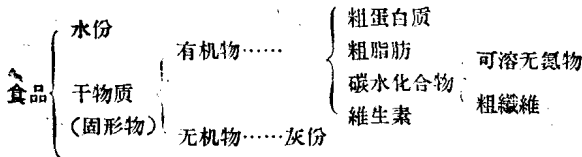
第一章 食品的一般化学

成份及分析

第一节 概 說

食品的原料主要是农产品、林产品、畜产品和水产品等。而从这些原料制出的产品按其成份詳細分类之，有 200,000 种，但可总分为水份、蛋白质、脂肪、可溶无氮物、纖維和无机物、維生素等。这些成份普通称为食品的一般化学成份，以百分率表示。进行这些成份的分析以决定它們彼此間的比率，称为食品一般成份分析。食品中的維生素含量极少，通常以每百克中含毫克或微克数計或用国际单位来表示。

食品一般化学成份的关系如下：



在分析时，首先采集具有代表性的样品，如样品水份含量較多，可称取一定的数量，在 60~70°C 的溫度下迅速烘干，放置室內一夜，使成風干物质，然后磨成粉末，用一毫米孔眼的篩篩析，放入可密封的大口瓶中，以待进行分析。样品分析完毕后，將結果計算而列成一般化学成份表。一般化学成份表包括食品所含营养素的多少及营养价值的高低。这些数据可作为食品的加工、貯藏、食用和其他方面的参考。在进行分析时，必須严肃謹慎，認真負責，以祈获得准确的数据。

第二节 水份

水是生物体（包括微生物）的主要成份，一切生命现象都必需在水参与下才能完成。故测定食品中水份的含量，可以确定保存食品的合理程度，同时也确定了食品中干燥物质的含量，从而确定食品的食用价值。

生物体中的含水量依品种年龄、生长状态（营养条件、气候条件）等不同而异。例如肥的动物比瘦的动物含水份少，年老的动物比年青的动物含水份少，生长在腐植质壤土上的植物比生在砂土上的植物含水份多。同一生物体其各个组织的含水量亦有很大差异，例如动物牙齿仅含水份 0.2%，骨骼含 22%，脂肪组织含 29.9%，筋肉含 75%，血液含 80% 左右；植物的叶含水份在 94% 以上，块根含 75% 左右，种子则含 12~14%。

水份测定法较常用的主要有重量法和容量法两种：

1. 重量法 将样品在 100~110°C 的干燥箱内加热 3~5 小时，蒸发其水份，则重量减轻；由其失重即可定量其水份。

样品干燥的较新的方法是采用红外线法。

2. 容量法 加比水轻而不溶于水的挥发性液体于检体中蒸馏之，水份则与挥发性液体共同蒸出。收集馏出液于有刻度的接受器中，由其积聚于接受器下层之水的容积，即可求得水份含量。

常用的蒸馏剂有煤油（沸点 200°C）、二甲苯（沸点 138~113°C）、甲苯（沸点 111°C）或此等物质的混合液，其中以甲苯为最适合。若样品含水份较多时，为了易于蒸馏，可加干燥的硅藻土而蒸馏之。

此外尚有乙炔法。这个方法以碳化钙加于样品中，碳化钙即与样品中的水份作用而发生乙炔气体；收集此气体，由其容积求出乙炔的重量，从而可算出水份的含量。

第三节 蛋白質

一般动物体含蛋白质較多，例如牛肉含 20.9%，鸡蛋含 12.5%，馬肉含 24.5%，牛乳含 3.5%。

植物体的蛋白质多积聚于貯藏养料的部分，例如大豆含蛋白质多至 33.4%，小麦 13.0%，大麦 10%，蕎麦 9.0%，白米 7.7%，馬鈴薯 2.0%。

蛋白质的氮含量平均为 16%，因此定量食品中的氮含量再乘以 6.25 即可作为蛋白质的含量。但食品中含氮的化合物并不限于蛋白质，尚有少量的氨基酸、氨基化合物、配糖体、磷脂等均含有氮，因此上述所求出的蛋白质含量并不代表真正的蛋白质含量，故称为粗蛋白质。

称取一定量的样品于凱氏 (Kjeldahl) 燒瓶內，加入濃硫酸約 5 毫升、硫酸銅 0.05 克、硫酸鉀 0.2 克。加热約半小时，此时样品中的碳、氢、氧变为 CO_2 、 H_2O 逸去，而氮則成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 存留于燒瓶中。燒瓶內内容物最初炭化变黑，漸次顏色减褪，最終則

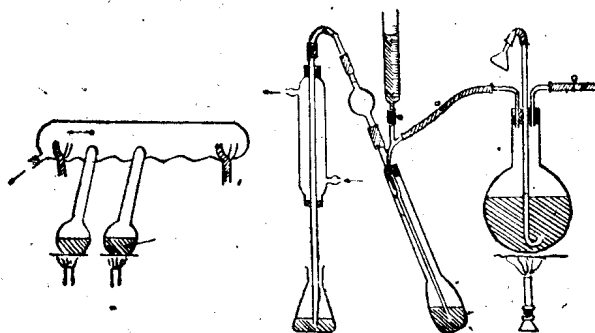


图 1 凱氏法測定氮的裝置圖

呈透明的綠色液体，此时便认为分解完毕。把燒瓶連同内容物冷却至室溫，将内容物全部移入水蒸汽蒸餾瓶中。加入飽和氫氧化鈉約 15 毫升，通入水蒸汽进行蒸餾，并以三角瓶盛 0.1N H_2SO_4 。

液接受餾出液 (NaOH 液中預先加入甲基紅數滴, 甲基紅在酸性液中呈紅色, 在鹼性液中呈黃色), 蒸餾至餾出液達 100~150 毫升時即停止, 用 0.1N NaOH 液滴定餾出液至呈黃色為止。從鹼液的消耗數求得為了與蒸餾出來的氮作用所消耗的 H_2SO_4 數量從而計算氮的含量。蒸餾裝置如圖 1。

第四節 脂 肪

動物體的脂肪, 多積存於皮下結締組織、筋肉纖維及腸網膜中。其含量視動物的肥瘦程度而異, 如瘦羊肉含脂肪 18.9%, 肥羊肉則含 35~45.7%; 瘦豬肉含 23.3%, 肥豬肉含 42.1%。

植物體的脂肪積存於貯藏養料的部分, 種子含量最多, 果實次之。例如椰子含 62~65%, 大豆含 17%, 落花生含 40~55%, 十字科植物的種子含 25~42% 等。

定量脂肪通常用索氏 (Soxhlet) 脂肪抽出器。樣品用特制的脫脂纖維紙筒盛載, 置於抽出器中的浸取部分。在抽出器的脂肪定量瓶中加入純乙醚, 緊密連接抽出器的脂肪定量瓶、浸取器、冷凝器, 在 40~50°C 的水浴上加熱連續浸取 16~20 小時。在浸取過程中, 乙醚自脂肪定量瓶蒸發, 蒸汽上升, 在冷凝管處冷卻而冷凝成液體滴入浸出器。浸取器中的乙醚不斷積聚至其液面超過浸出器側的虹吸管時, 則浸取器中的乙醚 (已把部分脂肪溶解於其中) 沿著虹吸管回流到脂肪定量瓶中; 再受熱變為蒸汽上升 (脂肪則留於定量瓶中), 冷凝後又滴入浸出器。如是反復浸取至 16~20 小時後, 樣品中的脂肪已被乙醚抽取出淨盡。此時停止加熱, 冷至室溫, 取出脂肪定量瓶, 接上傾斜裝置的冷凝管, 在水浴上蒸去乙醚, 再在 100°C 的干燥箱內干燥 1~2 小時, 然後放入干燥器中冷卻, 最後稱量之。重復干燥一至二次直至恒量為止。脂肪定量瓶所增加的重量即為樣品中脂肪的含量。

除了脂肪之外乙醚可能浸出樣品中的色素, 脂溶性維生素, 有機酸, 類脂等, 故所測定的脂肪含量稱為粗脂肪。

第五节 碳水化合物

一、纖維

纖維只存在于植物体中。定量食品的纖維时，利用纖維不溶于稀酸、稀碱的性质来进行。以 1.25% H_2SO_4 及 1.25% $NaOH$ 先后分别煮沸半小时，使其中的淀粉、脂肪、蛋白质及其他成份均先后为稀酸、稀碱水解而形成可溶性物质。经过滤过及洗涤即获得粗纖維，烘干后称量之，再减去其中所含灰份，即为粗纖維的含量。

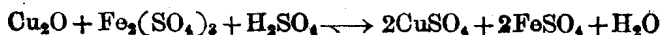
纖維素常与半纖維素、木质素伴随在一起。这些物质也不为稀酸、稀碱所作用。因此，上述定量所得的粗纖維含量实际上包括这些物质在内。

二、可溶性无氮物

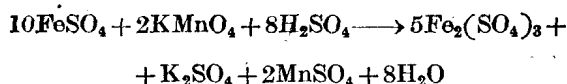
水份、灰份、粗蛋白质、粗脂肪、粗纖維以外的有机物称为可溶性无氮物。即是在定量粗纖維时，所用的稀酸稀碱中之全部可溶物质内除去粗蛋白质、粗脂肪及灰份等其余物质的总称，故如糖类、糊精、淀粉、树脂质、粘质物、酸类、植物碱、果胶质、聚戊糖、色素等亦包括在内。

可溶性无氮物中主要是可溶性糖份及淀粉，兹分述其定量法如下：

1. 还原糖 取样品 1~5 克，加水充分浸出其中的糖份后滤过之。洗涤沉淀直至滤液无糖的反应为止（应用模氏试剂）。取此检液按白地兰（Bertrand）氏法定量其还原糖。该法系将一定量的检液加过量的斐林（Fehling）氏溶液一起加热而生成 Cu_2O 沉淀。在 H_2SO_4 酸性溶液中以 $Fe_2(SO_4)_3$ 使其氧化，此时 Cu_2O 溶解，而 $Fe_2(SO_4)_3$ 即被还原而成 $FeSO_4$ ，其反应为：



所生成的 FeSO_4 随即用 KMnO_4 滴定以氧化之，其反应为：



由上述反应式可知，1 克分子 KMnO_4 (158.03 克) 相当于 5 克分子铜 (5×63.57 克)，则 1 毫克 KMnO_4 相当于 $\frac{5 \times 63.57}{158.03} =$

2.01139 毫克铜。本法所用的 KMnO_4 液是 0.5% 的，因此 1 毫升 KMnO_4 相当于 $2.01139 \times 5 = 10.057$ 毫克铜。从已知铜的量便可查表算出还原糖的量。

2. 蔗糖 取上述檢液 50 毫升加濃盐酸 5 毫升，在 70°C 水浴上加热十分钟后，取出冷却。以饱和的 NaOH 液中和后加水稀釋为 100 毫升，取 20 毫升按白地兰氏法定量其还原糖，查表可得轉化糖量，再乘以 0.95 即为蔗糖之量。

3. 淀粉 取一定量的样品加 200 毫升水及 20 毫升 25% HCl ，置于三角瓶中，配上回流冷凝管在水浴上水解 2.5 小时后滤过。洗滌殘渣至滤液无糖的反应或无 Cl^- 反应，用 10% NaOH 中和后加水至一定量，取此溶液 20 毫升按白地兰氏法定量其还原糖，結果以葡萄糖計算，以所得的葡萄糖量乘以 0.9 作为淀粉量。

一般动物含糖质甚少，体内糖质的平均含量約占干物质的 3~4%，但肝臟則含有大量的肝糖，达干物质的 62%。乳中則含乳糖，例如牛乳的乳糖含量占原乳重的 4.5%。

植物体的糖质含量丰富，大多以淀粉的形式存在于种子、块根、块莖、鳞莖等貯藏部分中，例如馬鈴薯含淀粉占干重的 87.2%，米含淀粉占干重的 86%。亦有以可溶性糖份的形式（葡萄糖、果糖、蔗糖）存在于果实及莖部；例如一般果实含糖約 12%，甘蔗含糖 12~18%。

第六节 維生素

动物体内是不能合成維生素的，动物所需的維生素来自植物，

人类所需的維生素則自动物及植物食品中获得。

在人类营养中維生素占重要地位，人們常因缺乏維生素而发生各种疾病，因此分析食品中的維生素含量是十分必要的。維生素的定量方法有下列三种：

1. 化学方法 单纯用化学试剂处理，例如分析維生素C时則利用化学试剂2,6-二氯酚靛酚，作为氧化剂使維生素C氧化。該试剂在中性环境中呈藍色，在酸性环境中呈粉紅色，但与維生素C作用后即被还原而成为无色物。定量时先取标准維生素C溶液，以2,6-二氯酚靛酚溶液滴定，求得2,6-二氯酚靛酚溶液与維生素C的当量，然后以此既經标定的试剂去滴定檢液中的維生素C含量。

用化学方法来測定維生素的含量是不够准确的，因为由生物材料所得的檢液中除了維生素之外尚有其他物质与化学试剂有同样的反应，以致影响測定的結果。

其次，有些維生素現時尚未有可供采用的化学分析方法，因此，单纯的化学方法很少采用。

2. 物理化学方法 这种方法比化学方法应用較广。該法的原理是先用化学试剂处理檢液使成有色物质或发出螢光的物质，然后再用比色法或螢光計使与标准維生素溶液进行比色測定或比較螢光度來測定。

例如維生素A与三氯化錫的氯仿溶液作用呈藍色。濃硝酸作用于 α -生育醇（維生素E）的酒精溶液則呈紅色。叶酸的氧化产物发出螢光，維生素B₂的檢液中用化学试剂处理以除去杂质后則表現出維生素B₂的螢光等等。

3. 生物方法 維生素对生物的生长有极大影响，因此可用生物試驗材料。用不同量的維生素培养生物得出維生素含量对该生长影响的曲綫，再以試料培养該种生物以其生长情况进行，即可算出試料中的維生素含量。所用的生物包括微生物、鼠、鸡、兔等。应用最广的为微生物中的乳酸菌及酵母，因为乳

酸菌的生长情况可以由其所生成的乳酸量来表示，酵母的生长情况可以由其細胞数来表示。

在上述三种方法中，微生物方法較為簡便，需要材料少而且又很准确。所有水溶性維生素的分析都可用微生物的方法。

第七节 无机物

样品經燃燒后的殘留物即為粗灰份，它表示无机物的含量。所有生物体均含有 Na、K、Mg、Ca、Fe、S、Cl、P 等元素。此外尚有一些微量元素如 I、Cu、Mn、Si 等。

动物体内各部分的无机物成份差异甚大，例如骨骼的无机物为 83%，其主要成份是以鈣及鎂的磷酸盐及碳酸盐而存在；血清中的无机物成份主要是氯化鈉（占总灰份的 60~70%）；此外尚有鉀及鈉的碳酸盐及磷酸盐。紅血球則含有鉄；肝臟則含有鹼金屬及鹼土金屬的磷酸盐及氯化物，亦含有鉄。結締組織含有鈣及鎂的磷酸盐；筋肉中主要是鉀的磷酸盐，鈉及鎂次之。

植物体内的无机物成份主要是鉀、鈉、鈣、鎂、鉄等的磷酸盐、硫酸盐、硅酸盐及氯化物。植物的貯藏养料的部分（种子、块莖、块根等）含鉀、磷、鎂較多，而支撐部分含鈣較多，叶子則含鎂較多。植物的灰份含量随生长而相对的減少。

称取一定量的样品于白金皿（或瓷坩堝）中，放入馬福（Muffle）炉內，热至赤热，燒灼成白灰，放入干燥器中冷却后称量，以計算其灰份含量。