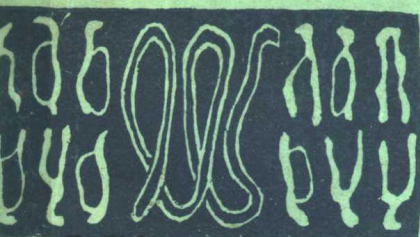


生物学中的脂 质和多糖

[英] A. J. 弗斯著

曾仲奎 肖智雄译



Q54
ZZK

四川大学出版社

104006

生物学中的脂质和多糖

[英] A. J. 弗斯著

曾仲奎 肖智雄译

四川大学出版社

1986·成都

内 容 简 介

本书不仅简明扼要的概括了有关生物学中脂质和多糖的基本知识,而更为重要的是介绍了最新成就和研究动态。它从分子水平阐明了脂质和多糖的结构单位、键合和复合物的特性,并着重阐述其结构和功能的关系。内容丰富,深入浅出,材料新颖,叙述生动活泼,富有启发性。可供综合性大学、医学院校、农学院从事生物化学、生物物理、植物生理生化、细胞生物学、分子生物学教学研究等师生和研究人员参考。

A. J. Furth
Lipids and Polysaccharides
in Biology
Edward Arnoed, 1980

生物学中的脂质和多糖

[英] A. J. 弗斯著

曾仲奎 肖智雄译

※

四川大学出版社出版(四川大学内)

四川省新华书店发行

崇庆县轻工印刷厂印刷

※

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 2.93 字数: 55千

1986年7月第一版

1986年7月第一次印刷

印数: 0001—1200册

统一书号: 13404.5 定价: 0.68元

总 序

一本教科书要包罗生物学的所有领域，同时又要充分反映其最新内容那是极其困难的。因此我们生物研究所编辑了这套丛书，以便教师和学生能够获得这些方面的重要进展。

“生物学研究”丛书所受到的热情欢迎，表明该丛书提供了各个生物学专题的权威性的见解。

这套丛书的特点在于着重方法，选列出进一步阅读的书目，并且尽可能为实际工作提出建议。

欢迎读者提出意见。

生物研究所

伦敦 1980

序 言

直到最近，脂质和多糖还被看成是生物体内单纯的贮藏分子和结构支撑分子。然而，在结构的细微变化上它们具有和传统的信息分子即核酸和蛋白质同样大的潜能。最近的研究表明，它们在膜内和细胞表面上有高度特异性的相互作用。在叙述众所周知的食物贮藏和支撑功能的同时，本书还提供了为新的发展所必备的基本知识。

本书着重强调化学结构和生物学功能之间的关系，如细胞表面多糖的信息作用，树胶和粘蛋白束缚水的作用，血清脂蛋白和胆盐的分配作用。

蒙承D.埃拉博士，S.胡特女士和C.菲尔普教授提出的宝贵意见和建议，以及我全家的长期支持，作者铭感在心。本书敬献给A.H.F.

A.J.弗斯

于Milton Keynes, 1980

目 录

1. 脂质、多糖和大分子	1
1. 1 什么是脂质和多糖	1
1. 2 生物学作用	3
1. 3 大分子中的次级键	5
1. 4 大分子的结构	7
1. 5 大分子的特有性质—特异性和柔曲性	11
2. 多糖	13
2. 1 糖组成单元	13
2. 2 组成单元的连接	23
2. 3 测定多糖结构的方法	27
2. 4 食物贮藏多糖	29
2. 5 纤维多糖	32
2. 6 生物体内束缚的水分子	35
2. 7 糖作为信息分子	42
3. 脂质	51
3. 1 引言	51
3. 2 脂质组成单元	51
3. 3 高级有序结构	59
3. 4 用于研究脂质结构的技术	62
3. 5 生物学中的双层—膜的结构和功能	66
3. 6 生物学中的胶粒	75
3. 7 食品和医药工业	84
3. 8 脂质特异性	86

1、脂质、多糖和大分子

1. 1 什么是脂质和多糖

生物体内大多数固体物资系由蛋白质、脂质和多糖所组成，而相对含量较少的第四类物质是核酸。迄今，脂质和多糖仍被看作在这些生物分子中是最无意义的。但是，在本书中我将使你确信这种看法是一种错误而过时的观点。如同核酸和蛋白质一样，脂质和多糖是严格地适应于它们的生物学作用，而且对信息传递具有很大的潜能。

脂质可广义地分为三类：中性脂肪——可用黄油和皮下沉积的脂肪为例；磷脂——是所有生物膜的重要组成成分；类固醇——包括胆固醇、脂溶性维生素和性激素。图 1—1 所示的脂质可以一个高度杂合的分子结合体出现，但是它们具有一个特性，即： CH_2 基团含量较高，此特性导致了它们的独特性质，即：在非极性溶剂（诸如氯仿或四氯化碳）中溶解度高，而在水中溶解度低。

可用水溶性的葡萄糖和蔗糖（见图 2）以及细胞内代谢反应（如酵解）的快速变化来进行这种对照。这些糖都是单糖或寡聚糖。本书主要讨论由单糖聚合产生的水不溶性多糖（寡意味着少，多聚意味着很多；糖意味着糖）。这些多糖不但包括如同淀粉和纤维素那样相似的分子，而且还包括

象植物树胶那样的视水性多糖。本书也叙述形成糖蛋白中糖部分短的多聚糖键。

习惯上，组成多糖的单糖可根据通式 $C_nH_{2n}O_n$ 来命名，但是这种命名法排除了许多含氮和含磷的糖，也没有强调糖类通常是以环状形式存在这一很重要的性质。

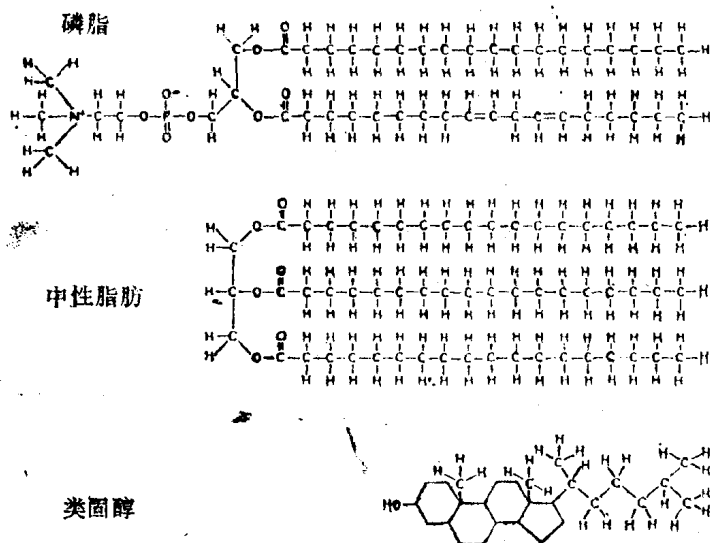


图 1—1 某些脂质图

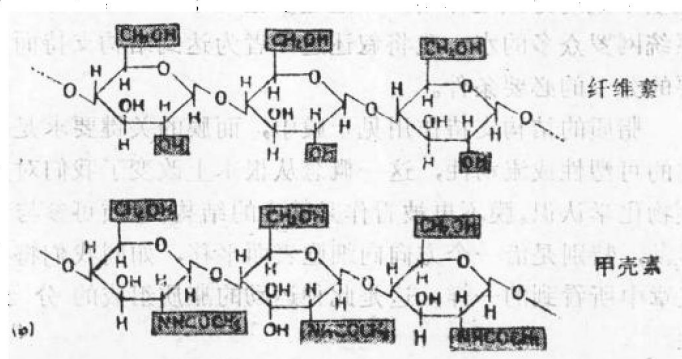
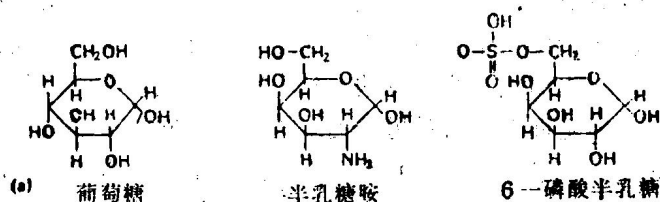


图 1—2 某些单糖和多糖,在环中每一接合点是一个碳原子。

(a) 单糖 (b) 多糖

1. 2 生物学作用

糖原(一种多糖)和甘油三酯(一种脂质)两者都是食物储藏分子,它们代表了细胞内高能分子存储的不同方式。它们都能满足食物储藏分子的基本要求,也就是它们能以不

扰乱细胞的渗透平衡而又能被迅速代谢的高浓度方式储存。

除骨骼外，一些最坚硬的生物结构支持分子是由多糖所组成。典型的例子是甲壳素，它是昆虫外骨骼的主要成分。另一种是人们熟知的坚硬的支持多糖纤维素。它们都是纤维多糖，但是近来人们对另一类结构完全不同的分子胶化多糖（gelling Polysaccharides）产生了浓厚的兴趣。它们以完全不同的方式起作用，即通过多糖纤维的三维立体的网状系统网罗众多的水。我将叙述这两者为达到结构支持而所需要的分子的必要条件。

脂质的结构支持作用见于膜中，而膜的关键要求是满足它的可塑性或流动性，这一概念从根本上改变了我们对膜的生物化学认识。膜不再被看作是静止的结构。脂质可参与许多运动，特别是沿一个方向向细胞表面平移，如同我们将在第三章中所看到的一样，这是此种运动的脂质组成的分子特性。

多糖和脂质的信息作用是新近的发现。直到最近，人们仍然认为信息作用仅与核酸和球蛋白有关。核酸和球蛋白对与之相互作用的分子有高度选择性。酶—底物的相互作用（见Wynn, 1979年）和抗体—抗原的相互作用就是这种分子专一性的例子。现在认识到这些结构多样性的糖也参与了高分子的信息储存。糖的这一作用在组织生长（恶性的和其它的）的控制中，移植物的排斥以及许多细胞间的控制机理中都具有重要意义。虽然多糖所传递的信息比蛋白质或核酸所担负的信息量要少，而且对它的了解也不及蛋白质和核酸详细，但是多糖化学还是一个正在迅速发展的引人注目的

领域。

脂质由于其结构变化也具有很大的潜能。现在已经清楚膜的变化在于脂质的不同，脂质的不同又取决于膜在细胞内的位置（如线粒体或溶酶体），生长的条件和其它因素。但是，脂质相互作用的高度专一性的例子至今还很少见到，这也是一个新的概念。

任何分子的生物学作用与其结构密切相关。这是大分子的独特性质。这些大分子包括多糖和在此讨论的脂质。因此对大分子结构的深入理解是后面讨论的基础。

1. 3 大分子的次级键

大分子的结构取决于大量的次级键，这就是下面的叙述中许多特性产生的原因。与大多数共价键不同，这些次级键不需要酶的催化就易于断裂和重组。从表1可以看到所有的次级键键能的数量级比共价键如碳—氢（ $C-H$ ）键或碳—碳键（ $C-C$ ）低。在生物学中大多数次级键是氢键、疏水键以及不常见的离子键。

表1 大分子中的键能

键 的 类 型	键能（千焦*/克分子）
共 价 键	200—400
氢 键	20以内
范 德 瓦 耳 氏	4以内
疏 水 键	4—8
离 子 键	4以内

*1千卡 = 4.18千焦

当氢原子接近电负性强的原子诸如O或N原子时，接近以与另一电负性强的原子——通常是O或N——发生相互作用时，就能形成氢键（见图1—3）。氢键的一个基本性质是它的方向性，强的氢键仅在三个连接的原子直线排列时形成（比较图1—3中a和b）。因此，如果大分子链由于质拆叠而带来了具有潜能的氢键原子，并沿线性方向与另一原子结合，则从能量观点看会有大量能量释放出来。在糖分子最常见形成氢键的基团是普遍存在的OH基，氨基糖的 NH_2 基和环上的O（见图1—2a）。在脂质分子中产生氢键的基团主要是O原子，而且趋于聚集在分子的末端（见图1—1）。

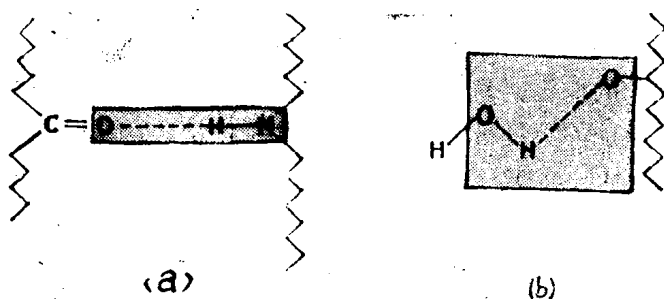


图1—3 氢键

(a)强和(b)弱。虚线表示氢键。之字形线表示高分子链的部分

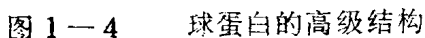
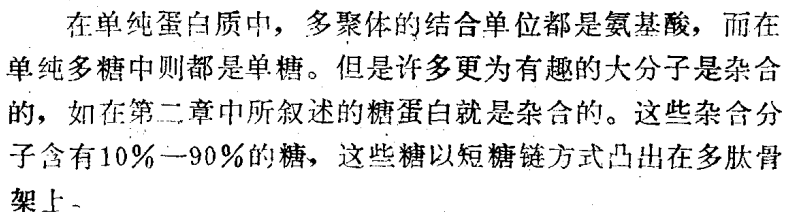
疏水键的概念是与极性或者甚至是非极性密切相关。一个共价键连接两个电负性相等电子结合力相等)的原子，其共用电子在两核间均匀分配。因此。象 CH_4 这样的非极性分

子与 $\text{H}-\overset{\curvearrowright}{\text{C}}\text{I}$ （箭头所指方向为电子移动方向）高度极化的分子对比而言则是电中性的。非极性基团（也称疏水或“憎水”基团）包括 CH_2 基和 CH_3 基，如图1—1所示，这些基团在脂质中特别多。非极性分子或分子的某一部分，有一种被称为范德瓦耳氏(Van der waals)键的力拉在一起的趋势，这样就产生一个非极性区域—象油滴的内核—在该区域极性受到排斥。于是这些极性基团又倾向于与其周围水分子结合形成氢键。正是这种结合力—即范德瓦耳氏力和氢键—的结合，才使得疏水键形成。

最后，我们讨论离子键。离子键是由两个电性相反的离子如 SO_3^- （来自 SO_3H 的电离）和 NH_3^+ （来自 NH_2 的离子化）间的电子结合力。离子基团主要见于多糖，而脂质分子中则由磷酸根提供离子基团。

1. 4 大分子的结构

关于大分子组成的结构层次，最初是根据蛋白质的研究结果来阐明的。现已搞清同样的图象也适用于核酸、多糖乃至脂质。图1—4系以球蛋白为例略述了这些层次的主要特征。一级结构描述了每个组成单元（如氨基酸或单糖）排列的顺序。每一组成单元通常与其相邻的组成单元通过脱水反应而连接。下列的反应式所表示的是两个单糖残基间的脱水反应。



虚线表示稳定的氢键。(引自
Open大学 [1977] S_{322} 生物
化学和分子生物学, 第一单元,
Open大学出版社)

高分子链的分子量可达几百万, 显然, 如果不精确折叠是难以适应细胞内环境的。它的折叠图象, 称为高级结构, 可用二级结构, 三级结构和四级结构来描述。

单纯的二级结构发现在象蚕丝的纤维蛋白中, 和如同纤维素那样的支持多糖中。在细胞内, 这些分子或扭曲成螺旋或折叠成长条, 因而其实际长度远比它的一级结构为短。其扭曲和折叠有高度规律性, 而且被平行于链的(分子内的)或垂直于链的(分子间的)氢键所稳定。蛋白质的 α -螺旋(图 1—4)、多糖的纤维素和甲壳素都是通过分子内氢键来稳定。分子间氢键见于相同分子连接形成的纤维中。

所有的纤维状分子都是相当伸展的, 它们的折叠图象可以完全用二级结构来描述。但是在更为紧密的、近于球形的分子如同球状蛋白其折叠图象则更为复杂, 它包括规则氢键连接所构成的二级结构区域, 和二级结构间的无规则折叠(但有精确的限制)的伸展结构。这些折叠图象共同构成了球状高分子的完整形状或构象, 这被称为三级结构。这些折叠球的表面一点也不光滑, 而是精细的复盖着一定的隆起和凹痕, 很象胡桃的表面。这种表面的几何形状对大分子在细胞内执行其功能极其重要。

如同二级结构一样, 三级结构也完全由次级键稳定。图 1—4 显示了相邻的长折叠链间存在的这些键。在蛋白质中, 除去二硫键外, 其余各种次级键均可参与高级结构的形

成。大分子中唯一的共价键连接的部分就是使组成一级结构的单位连成一串。次级键在大分子结构中的这一数量优势具有深刻的意义。

我已经叙述了高分子是如何构成的，并阐述了结构层次，和蛋白质一样这些结构层次也适用于多糖。但是，你也许注意到有关脂质我们讨论得很少。

如果从图 1—1 中脂质分子的大小来考虑，有些人仅勉强把它们看作是大分子，并对此观点进行了一些辩解。如象三硬脂酸甘油酯——一种三条侧链且具有十六个 CH_2 基团的中性脂肪那样的脂质，其分子量为 891，这远远小于象核糖核酸酶（分子量为 14,000）那样中等大小的蛋白质分子的分子量。但是，在生物学中，我们对存在于细胞内的分子感兴趣，而细胞内的脂质总是发现它们以成群的一起成为特殊的聚集体，而不是以分散形式存在。膜就是这样一种聚集体。可是脂质的聚集与构成蛋白质大分子的氨基酸的连接或糖的连接，其间有一个主要区别。脂质的结合是通过非共价键把它们结合在一起，若与以共价连接的大分子相比较，则它是一种易于流动的结构。流动性是脂质的独特性质，我们将在第三章中再行讨论。

也许你希望大分子链在细胞内有若干种方式折叠。但是，惊人的事实是特定的一级结构的每一个分子总是会折叠成相同的形状。这种再现性产生的原因是在溶液中分子自发地折叠成具有最小自由能的构象，或与之紧密相关的构象。在一定的条件下，如温度和PH，一种特定的一级结构仅有一种最小自由能构象。因此高级结构取决于它的一级结构。这一极其重要的原则最先由蛋白质所证实，但它支配细胞内

所有高分子的折叠和聚集图象。

1. 5 大分子特有的性质

——专一性和可塑性

大分子的结构层次具有两个重要意义：它导致了高分子与其它分子相互作用的高度专一性，以及产生了坚硬的共价结合的结构所不可能产生的可塑性。

酶的活性部位就是与折叠的大分子表面的专一性相互作用部位不可分割的例子。其它一些例子见图 1—5。在这些部位发生反应的专一性取决于相互作用的两个分子的表面之间适合的严密程度，此严密程度又取决于组成相互作用部位的单体的性质。如大分子是蛋白质，就有二十二种不同的氨基酸可供选择。如果是糖蛋白则在上面二十二种氨基酸之外还要增加很多种糖残基。如果是多糖或含有共价连接脂质的脂蛋白，则基本组成单位的数目增加更多。至此，就能够了解大分子的信息作用是如何依赖其结构的关系。没有结构层次，就没有产生这种特异性相互作用部位的广泛区域所需要的精确的折叠形式。

专一性起源于基因，因为基因控制所有大分子的一级结构并进而控制高级结构。一级结构的细微改变则会导致高级结构的差异，我们将在第二章中见到这样的例子。假如在信息多糖中出现新的糖类，则可能从根本上改变专一性作用部位的几何形状，从而改变大分子的生物学功能。蛋白质和核酸的一级结构直接取决于基因，但是多糖和脂质的一级结构不