

## 糖族直播间

刘吉祥, 欧阳湘元\*, 陈方方\*

西北大学化学与材料科学学院, 化学国家级实验示范中心, 西安 710127

**摘要:** 糖, 这一自然赋予的甜蜜礼物, 在我们日常生活中扮演着无可替代的角色。然而, 其影响力远不止于味蕾的欢愉, 更在医药、能源、环境等诸多领域展现着其独特的重要性。本文旨在引领读者深入糖的世界, 从其基本结构到其在社会中的广泛应用, 探讨其在多个领域的创新应用, 为读者提供全新的视角和深刻思考。

**关键词:** 葡萄糖; 甘露糖; 海藻糖; 环糊精; 透明质酸

**中图分类号:** G64; O6

## Sugar Kingdom: A Live Broadcast

Jixiang Liu, Xiangyuan Ouyang\*, Fangfang Chen\*

National Chemistry Experimental Teaching Demonstration Center, College of Chemistry and Materials Science, Northwest University, Xi'an 710127, China.

**Abstract:** Sugar, a natural sweet gift, plays an indispensable role in our daily lives. Beyond delighting our taste buds, its influence extends to crucial sectors such as medicine, energy, and the environment. This article delves into the world of sugar, exploring its basic structure, extensive societal applications, and innovative uses across various fields. It aims to provide readers with fresh perspectives and deeper insights.

**Key Words:** Glucose; Mannose; Trehalose; Cyclodextrin; Hyaluronic acid

“甜于糖蜜软于酥, 阆苑山头拥万株。”无论是清晨咖啡中那一抹细腻的白砂糖, 午后悠闲时光里蛋糕上那层轻柔的糖霜, 还是晚餐时调味酱中恰到好处的甜味, 都是糖为美食注入的灵魂。早在远古时期, 人们就已经懂得从蜂蜜、水果和植物中摄取甜味物质。然而, 糖的魅力远不止于此, 这只是它的冰山一角。糖类在自然界中有着广泛的分布, 尤其是在植物中, 占其干重的85%–90%, 而在细菌(10%–30%)和动物(> 2%)中所占比例较低。尽管糖在动物体内的含量相对较低, 却是它们生命能量的重要来源。糖类在生物学中有着多重功能, 是细胞内不可或缺的一类有机化合物。糖类物质不仅是生物体能量的来源和储存介质, 也是细胞结构的重要组成部分, 以及细胞信号传递和识别的关键因子。与蛋白质和核酸并列, 构成生物大分子的三大柱石。对糖类物质的了解越来越深入, 就会越惊奇糖如何从简单的化学式演变出无尽多样性和功能, 让我们走进这场充满甜蜜与奇妙的糖族毕业生线上洽谈会, 领略糖带来的无尽魅力, 揭示糖类在生命科学中的深远影响和潜在的应用价值。

收稿: 2024-04-16; 录用: 2024-05-07; 网络发表: 2024-10-25

\*通讯作者, Emails: chenff@nwu.edu.cn (陈方方); ouyangxy@nwu.edu.cn (欧阳湘元)

基金资助: 国家自然科学基金面上项目(22374118); 教育部基础学科拔尖学生培养计划2.0研究课题(20222159)

## 1 直播间盛启

“糖族诚邀毕业生共赴职场盛宴！紧跟时代脉搏，主播小唐携手糖族企业精英特设线上直播，为毕业生们提供深入了解糖族企业内部的机会，解答职场疑惑。即使没有求职意向，我们也将带您一睹糖族风采。”

“大家讨论得很热烈，这里有一个有意思的提问，是这样问的：糖不就是用来吃的吗，怎么还有这么多化学分类呢？”主播小唐看向嘉宾席。

对此，嘉宾糖族族长微笑着解答：“这位朋友问得真好！糖，这个我们生活中常见的物质，其实是个多彩多姿的大家族。糖不仅是多羟基醛和多羟基酮的统称，还包括它们的衍生物和聚合物。虽然糖类化合物的基本结构很简单，由碳、氢和氧元素组成，化学通式为 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ ，其中 $n$ 为大于等于3的整数。但是，这个简单的化学式背后隐藏着无限的可能性和多样性。糖类分子的结构在其糖残基数目的多少和排列方式以及功能基团的不同组合下变化万千，又可分为单糖、寡糖和多糖(图1)。每一类糖都有它们独特的故事和功能，就像我们直播间里每一位求职者都有自己独特的才能和魅力，都是和糖的化学结构有关的。在接下来的直播中，我们会邀请各糖业专家为大家详细解读各种糖的结构和特点，探讨它们在不同领域的应用，同时也帮助大家更加明确地了解自我，探寻到最适合自己的职业舞台！”

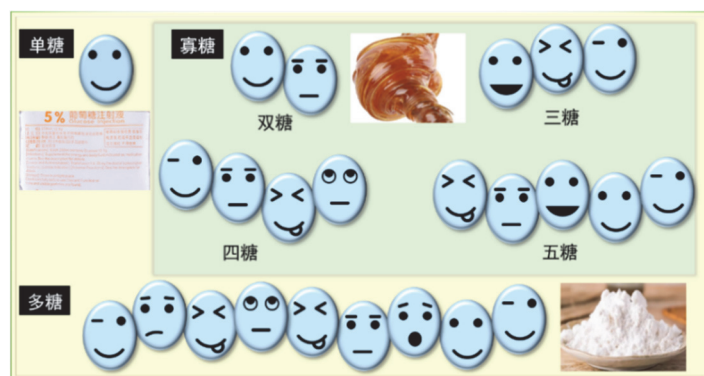


图1 糖类分子结构示意图

主播小唐接着道：“首先，有请单糖企业代表，各位观众可以积极参与互动，提出自己的问题和见解，找到最适合自己的职业方向。”(直播连线中)

## 2 单糖——甜蜜的单元

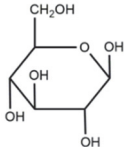
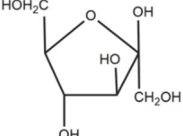
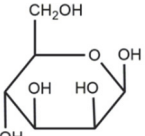
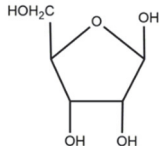
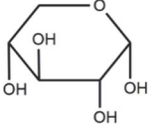
在糖族中，单糖企业以其简约而不失华丽的风采，占据了核心的地位。葡萄糖，这位家族中的杰出代表来到了直播间，开始向观众们揭示单糖企业的奥秘。

“单糖是由植物的光合作用转化而来，”葡萄糖温和地开场，“是糖类化合物的最小基本单元，可以通过糖苷键连接构成更为复杂的寡糖和多糖。自然界中最小的单糖碳原子数量为3，最大的单糖碳原子个数为7。我们单糖的命名，大多源自于我们所含碳原子的数量——从三碳糖或丙糖，到七碳糖或庚糖，我们每一种都有自己独特的名字。在生物体内，存在着200多种不同的单糖，其中，五碳糖和六碳糖居多(表1)。像我，葡萄糖，就是其中一员，属于六碳糖。而我们的同伴，如果糖和半乳糖，也都是这个大家庭的骄傲。”

葡萄糖继续说道：“可能你们会觉得有些混淆——一会儿是三四五六七碳糖，一会儿又是果糖、半乳糖。实际上，像葡萄糖这样的名称，更多地是根据我们的来源和特性来命名的。除了我们，还有像甘露糖、蔗糖、乳糖等，这些名字背后都有其独特的故事。我们这些单糖不仅仅是糖类家族中的一员，更是能量的转化者和生命之火的守护者。例如，葡萄糖是能量转换的关键——在人体内经

过糖酵解，转化为丙酮酸和乳酸，释放出支持人体日常所需的能量。果糖和半乳糖也不例外，它们在人体的肠道中经历一系列的生化反应，最终同样成为能量供给的一部分。

表1 常见单糖的结构式、构型及其功能

名称	结构式	构型	功能
葡萄糖		标准六碳糖	提供能量，维持免疫系统的正常功能
果糖		葡萄糖的酮糖形式	提供能量，具有抗氧化和抗炎作用
甘露糖		葡萄糖的差向异构体	常用作食品添加剂和甜味剂，也可用作保湿剂
核糖		标准五碳糖	能量储存和传递，参与细胞内蛋白质合成
木糖		核糖的差向异构体	植物细胞壁的重要组成部分之一，可作为无热量甜味剂

主播小唐兴奋地说道：“听葡萄糖说完，感觉单糖的世界变得鲜活起来了，你们不仅是化学式和分子结构的集合，更是生命活动中不可或缺的能量源泉，是生物体内精巧复杂生化机制的基石。有观众在评论区留言：刚才提到了甘露糖，这个名字听起来非常悦耳。它的来源是什么？又有哪些独特的作用呢？”

葡萄糖回应道：“甘露糖，这个名字听起来是不是承载着自然的甘甜和生命的精髓呀？它的名字源自梵语，‘甘露’意味着‘天上的食物’，甘露糖广泛存在于多种植物和微生物中。一些食物如豆类、坚果、莓类水果、木薯和海藻中含有较高的甘露糖含量。它不仅仅是一个简单的糖分子，而是细胞间通信、生物识别以及免疫系统正常运作中不可或缺的重要组成部分。甘露糖在植物细胞壁中扮演着至关重要的角色。它与纤维素和木质素携手，构成了植物的坚固骨架，保护着植物免受外界的侵扰。同时，在它的信号分子身份下，在植物世界就像一位优雅的指挥家，精准地调控着细胞的生长、分化和凋亡，确保每一个生命过程都能顺利进行，为这个多彩世界的绽放贡献着自己的力量。”

“当然，最引人注目的还是它在人体中的作用。虽然D-甘露糖不直接作为人体的能量来源，但在人类的身体中确实扮演着重要角色。在体液和组织中，甘露糖是糖类化合物的关键组成部分，存在于血清球蛋白、卵类粘蛋白以及细胞表面受体中。可以说，它是维护人类健康的默默守护者。”

葡萄糖稍作停顿，又补充道：“此外，D-甘露糖还能够帮助缓解尿路感染。它能够与尿路感染的常见致病菌——大肠杆菌的菌毛粘附蛋白FimH结合，阻止细菌粘附在尿路上皮，从而抑制感染的

发生<sup>[1]</sup>。在肿瘤生长抑制方面，D-甘露糖通过一系列复杂的生化过程，干扰肿瘤细胞的葡萄糖代谢，抑制其增殖<sup>[2]</sup>。”

观众听得入神，评论区又提出了另一个问题，“听起来真的很神奇，那有没有什么潜在的副作用呢？”

葡萄糖耐心地解释：“科学研究尚未发现D-甘露糖具有严重的危险性，但是，任何物质过量都可能带来问题。过量摄入D-甘露糖可能会导致一些身体不适，如腹泻和腹胀。因此，适量摄取是关键。”

主播小唐接过话题：“非常感谢这位观众的提问，以及葡萄糖小姐的详尽解答。对于有求职意向的朋友们，我们的客服团队将在后台为您提供咨询服务。现在，让我们迎接下一位嘉宾——寡糖企业的代表。”

### 3 寡糖——合作无间

“由2至20个单糖单元通过缩合反应相连形成的聚合物就是我们寡糖了。”爽朗的声音传出来，蔗糖作为寡糖企业的代表来到了直播间。

“鉴于部分寡糖结构的复杂性，而且由于大家对单糖残基的数量上限并没有一个明确的界定，所以，我们寡糖与多糖之间的区别往往是模糊的。据1965年Bailey的研究<sup>[3]</sup>显示，在自然界中已发现的寡糖种类超过500种，这一数字令人瞩目。”蔗糖激动地继续说道：“目前研究已发现，我们寡糖不仅在诸如激素、维生素和生长素等关键生物活性分子中扮演着重要角色，而且是构成细胞膜不可或缺的一部分。细胞膜上伸展出的寡糖链为细胞提供了一层保护覆盖，并可能是细胞间互相识别的关键。”

主播小唐带着好奇的目光，向嘉宾席投去期待的眼神：“有观众好奇地询问，为何糖的甜度各有千秋？”

蔗糖微笑着回应：“提到甜味，我们就不能不聊聊双糖，这个寡糖家族中的重要成员。双糖，简单来说，就是由两个单糖单元组合而成的。特别值得一提的是，葡萄糖构成的双糖在自然界中有11种异构体形式。比如大家熟知的麦芽糖和异麦芽糖(图2)，它们之间的主要区别在于单糖单元之间糖苷键连接的方式。而对于像我这样，由单分子果糖和葡萄糖联手构筑的双糖——蔗糖，其多样性更是令人称奇。至1970年，科学家们已经识别出超过140种不同的双糖。我之所以被称为蔗糖，是因为我在甘蔗和甜菜中含量最高。实际上，我和我的兄弟姐妹们广泛分布于植物的根、茎、叶、花、果实和种子中。”

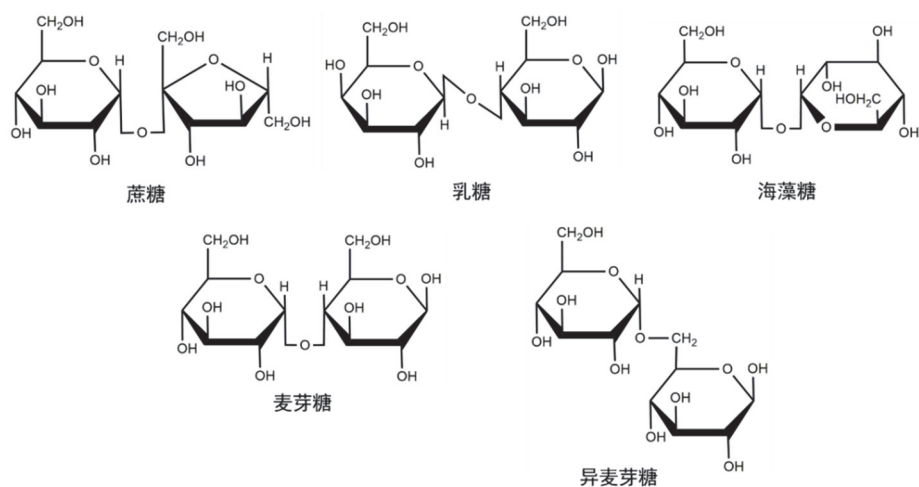


图2 常见的双糖分子结构式

蔗糖继续解释：“甜味的神奇之处在于分子结构。拿棒棒糖来说，它的核心成分是蔗糖，这种成分能够与舌尖感应产生甜美的味道。而这种味道的感知实际上源于单糖单元上的羟基和舌头上味觉受体的氨基之间形成的氢键<sup>[4]</sup>(图3)。这种相互作用触发神经信号的传递，最终在我们大脑中产生甜味的感知。”

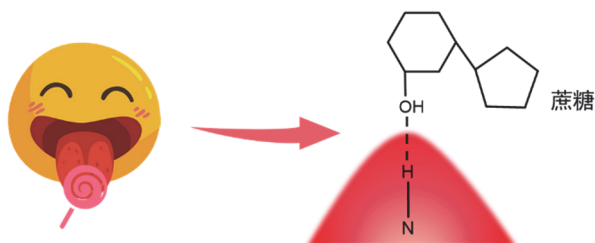


图3 甜味感受机制

“双糖中的其他明星成员除了麦芽糖还有乳糖和海藻糖(图2)。麦芽糖，是由两个D-葡萄糖分子通过 $\alpha(1\rightarrow4)$ 键连接的双糖，是淀粉酶解过程中的产物，俗称‘饴糖’。乳糖，则是由一个D-半乳糖分子和一个D-葡萄糖分子通过 $\beta(1\rightarrow4)$ 糖苷键连接而成，存在于所有哺乳动物的乳汁中，因此得名。而海藻糖，这种由两个葡萄糖分子以1,1-糖苷键构成的特殊双糖，在极端环境下依旧稳定，保护生物分子免受损害。它能迅速形成分子间氢键，迅速抓住生物周围环境的水分膜，紧紧锁住水分，保护生物体，减少代谢损耗。正是这种能力，使得它能够让几近枯死的沙漠植物在遇水的瞬间焕发生机，它也因此被称为‘生命之糖’<sup>[5]</sup>。”

此时，直播间的屏幕上出现了观众的问题：“海藻糖的保护机制是如何运作的？”

蔗糖面带微笑地回答道：“关于海藻糖的保护作用，目前主要有两个广为接受的理论：玻璃化理论和水替代理论。”

“首先，玻璃化理论是指海藻糖能够促使液态物质转变成非晶态的固体，即玻璃态。这个过程中，海藻糖与水分子之间的相互作用远比单纯水分子之间的相互作用要更加强大。由于海藻糖的分子量较大，且具有显著提高液体的粘度并降低其凝固点的能力，这一特性使得水分子在冷却过程中不易聚集成晶体，而是围绕海藻糖均匀分布，形成一种独特的玻璃状非晶态固体。这种状态可以保持细胞的原始形态，避免因冷冻而受损，从而在极低温下仅仅降低细胞的代谢活性，而不是完全停止。其次，水替代理论涉及到海藻糖替换生物大分子周围的水分子，通过与这些大分子形成氢键，从而保持它们的活性结构不受破坏。这种替代作用帮助维持生物大分子的稳定性和功能性。”

随即，观众在评论区中兴奋地发言：“那海藻糖岂不是有着广泛的应用潜力？！”

蔗糖点了点头，认同地说：“的确如此。海藻糖的独特稳定性为它在众多领域中的应用提供了可能。在食品保鲜领域，海藻糖可以作为天然保鲜剂，帮助保存各种新鲜食材和加工食品，不仅保鲜效果显著，而且成本效益高，操作简便<sup>[6]</sup>。在医药行业，海藻糖的稳定性使其成为疫苗、激素、血液等敏感生物材料的理想保护剂<sup>[7]</sup>。此外，在农业上，海藻糖也显示出了增强作物对逆境，如高盐环境的抵抗力的潜力<sup>[8]</sup>。”

“欢迎环糊精加入我们的直播间！”主播小唐热情地欢迎道。

环糊精以其温和的声音开始介绍：“作为低聚寡糖，我们在维护肠道健康和调节免疫方面扮演着守护者的角色。是益生菌的营养来源，对于维持肠道微生态平衡至关重要。”

环糊精继续讲解：“比如棉子糖，这一由葡萄糖、半乳糖和果糖组成的低聚寡糖，在植物界广泛分布。它不仅能够促进有益菌双歧杆菌的增长，优化肠道菌群，还显示出抗癌潜力。在肠道内，经过腐生菌的作用，食物与胆汁分解过程中会释放出诸如酚、对甲酚和吲哚等有害的代谢副产物，这些物质都具有致癌潜力。而棉子糖则可以促进双歧杆菌的增殖，通过抑制腐生菌的生长以及对致

癌物的形成和分解来发挥抗癌作用<sup>[9]</sup>。此外，寡聚半乳糖和寡聚果糖具有调节和优化机体肠道微生物生态平衡的功能，因此被广泛应用于配方奶粉和各类保健产品中。

水苏糖是广泛分布于豆科及部分唇科植物中的一种寡糖。它跟棉子糖一样，同样能够调节肠道菌群。特别值得一提的是，由于其分子中包含的 $\alpha$ -1,6-半乳糖结构，水苏糖在免疫过程中起着重要作用。它能积极参与到一些生物活动中，例如阻止病原体与细胞的吸附，显示出预防病原体感染和调节免疫系统的强大能力<sup>[10]</sup>。”

这番解释引起了观众们的热烈讨论和好奇，直播间的评论区亮起了一个新的问题：“听说会在护肤品中添加棉子糖，这与抗糖化护肤理念是否相悖？”主播小唐带着微笑，将这个问题转给了环糊精。

环糊精解释道：“这是一个常见的误解。护肤品中的棉子糖主要因其出色的保湿能力而被使用。在非晶体状态下，它能吸附水分，为肌肤提供持久的滋润。因此在化妆品、护肤品里会加入棉子糖作为保湿剂。而抗糖化关注的是糖分与皮肤中的胶原蛋白反应，生成糖毒素使得皮肤发黄变暗，加速皮肤老化，使皮肤弹性下降并出现皱纹。这两者在作用机制上是完全不同的。寡糖在护肤品中主要作为一种吸水保湿成分，其效果仅限于皮肤表层，而不会与真皮层中的胶原蛋白发生糖化反应。”

在直播间，主播小唐引领话题深入，询问环糊精的结构与其独特的功能。环糊精优雅地展示了其特殊的环状结构(图4)：“我由6至12个葡萄糖单元组成，形成一个略呈锥形的圆环。这种独特的结构赋予了我外表面亲水，而内腔疏水的特性，允许我与各种分子形成稳定的络合物。我的包合作用依赖于多种非共价相互作用，比如氢键作用、静电作用以及疏水作用，这些都是构成稳定包合物的重要基础。我内部的疏水性通道与疏水性客体分子的相互作用，以及我的表面羟基与客体分子的氢键作用，都大大增强了包合物的稳定性。另外，我们兄弟之间也可以通过范德华力相互作用来增强包合物的稳定性<sup>[11]</sup>。”

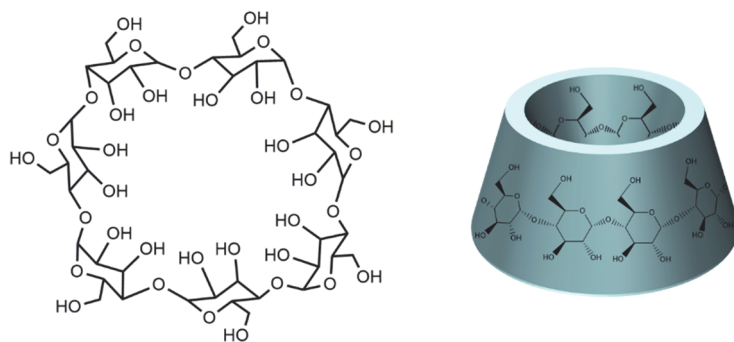


图4 环糊精结构式及其化学结构模型

一位观众接着提问：“环糊精在医药领域的作用是否仅限于传递药物？”

环糊精耐心地回答：“我的作用远不止于此。我的空腔结构通过分子间相互作用和非极性小分子化合物形成主-客体包合物，使我具有增强药物的溶解度和稳定性的独特能力，同时还能对药物的释放速率进行有效控制。在抗击新冠病毒的战斗中，改性环糊精在提高抗病毒药物的溶解度和治疗性单克隆抗体的稳定性方面发挥了关键作用<sup>[12]</sup>。”

环糊精热情地继续回应：“还有在化妆品领域，通过我的包合作用，被包埋的客体分子例如槲皮素、桑黄素等，得以在我的空腔中保持其原始的尺寸及特性，同时这种保护还能有效防止它们被氧化和光、热分解，从而有助于提高产品的稳定性和持久性<sup>[13]</sup>；环保领域中，我能与污染物紧密结合，形成稳定不易分解的包络物，从而有效降低对环境的污染，此外我还能形成复合物处理污染废水<sup>[14]</sup>；研究领域中，我与金属离子相结合，构建出具有高孔隙率、大比表面积和出色吸附能力的环

糊精金属有机骨架，在阿魏酸、姜黄素等活性物质封装方面展现出巨大潜力，且具有卓越的生物相容性和易于功能化修饰的特点<sup>[15]</sup>。”

在环糊精的精彩介绍后，主播小唐转向了下一个话题：“现在，让我们期待多糖家族的登场，他们将为我们展示多糖的独特魅力与力量。”

#### 4 多糖——生命之舟

随着寡糖家族的精彩展示落幕，多糖家族的代表——淀粉小姐，带着她的知识和智慧来到了直播间。“多糖，”淀粉小姐开始她的介绍，“是由众多单糖分子通过缩合反应而成的复杂聚合物，比如最为人熟知的淀粉、纤维素、糖原等。我们在生物体内承担着多重角色，既是能量的仓库，也是结构的支撑，为生命活动提供着不竭的动力。”

她继续说道：“我是一种高分子碳水化合物，分子式为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，由葡萄糖分子通过聚合反应形成，是日常饮食中不可或缺的能量来源。我的家人活跃在各个领域，从食品加工到制药行业，都有着它们的身影，比如用于制作糊精、麦芽糖和酒精等，同时在调制印花浆、纺织品的上浆处理以及药物片剂的压制过程中也发挥着重要作用。

“多糖家族的其他成员，比如纤维素也是一种由葡萄糖构成的大分子多糖，作为植物细胞壁的主要成分，不仅为植物提供结构支持，同时因其对人类健康和生命延续的积极影响，被誉为‘第七营养素’。此外，纤维素通常与果胶、木质素和半纤维素结合在一起，可以用于建材、纺织造纸、人造丝等。而糖原，这种由葡萄糖分子构成的支链多糖，主要储存在骨骼肌和肝脏中，为我们的身体活动提供即时能量。”

主播小唐注意到了评论区的一个有趣的问题：“我们在初中化学课听过，淀粉遇碘会变色，有时是蓝色，有时又是红色，这背后的科学原理是什么呢？”

淀粉小姐微笑着解答：“这是因为淀粉中的两种不同结构——直链淀粉和支链淀粉(图5)。直链淀粉，也被称为糖淀粉，具有无分支的螺旋结构。尽管其名字中有‘直链’二字，但其实际构象并不是笔直的，而是卷曲成螺旋形。这种螺旋结构中，每一圈都包含六个葡萄糖分子，而且每个葡萄糖单元的一OH都暴露在螺旋的外部。支链淀粉，也被称为胶淀粉，由24至30个葡萄糖残基通过 $\alpha$ -1,4-糖苷键依次连接而成，在支链的地方则通过 $\alpha$ -1,6-糖苷键连接。当碘分子存在时，它们会通过包含的方式嵌入到淀粉螺旋体的中心位置<sup>[16]</sup>。碘分子与直链淀粉之间通过范德华力相互关联，形成一种特殊的螺旋形络合物。这种络合物具有一种独特的性质，即能够均匀且有效地吸收除蓝色光之外的其他可见光，从而使淀粉溶液呈现蓝色。而支链淀粉因其分支链较短，在水中的螺旋程度较小，因而形成的络合物颜色较浅，常呈现出红色<sup>[17]</sup>。”

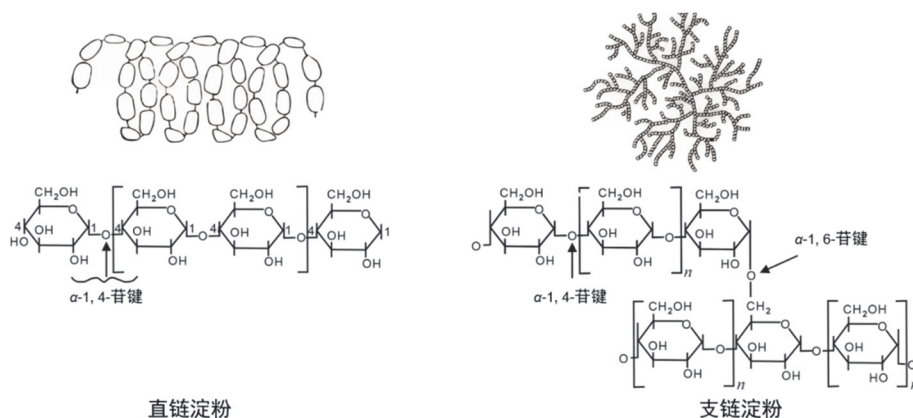


图5 淀粉的两种不同结构<sup>[18]</sup>

“欢迎多糖家族的明星代言人透明质酸小姐进入直播间！”主播小唐欢迎道。

“多糖不仅能为我们提供能量，同时它也能影响人体的生物学功能，比如血型。”透明质酸小姐娓娓道来，“ABO血型体系是最早被认识的，也是最为重要的一种血型分类。它在输血和器官移植等医学实践中扮演着至关重要的角色。这一血型系统的抗原合成基础是所谓的H抗原，其化学本质是红细胞质膜上的一种糖脂(糖与脂肪的结合体)——紧密合作，共同构成了红细胞表面的抗原。这些抗原就像是红细胞的身份证，决定了人体的ABO血型(图6)。在这个系统中，H抗原作为基础，它的糖链部分是血型多样性的关键。如果把各种“装饰”加到H抗原的糖链上，例如，半乳糖或者N-乙酰半乳糖，它们就变身成A型或B型抗原。如果H抗原糖链保持原样，不加任何装饰，那么它就是O型抗原；而同时拥有两种装饰的，则是AB型抗原。多糖在血型系统中的作用是至关重要的。它们不仅构成了血型抗原的基本结构，还决定了抗原的免疫学特性。人体免疫系统可以识别H抗原糖链结构的微小差异，从而引发免疫反应。因此，在输血过程中，必须确保供血者和受血者的血型抗原相匹配，以避免可能的免疫排斥反应。

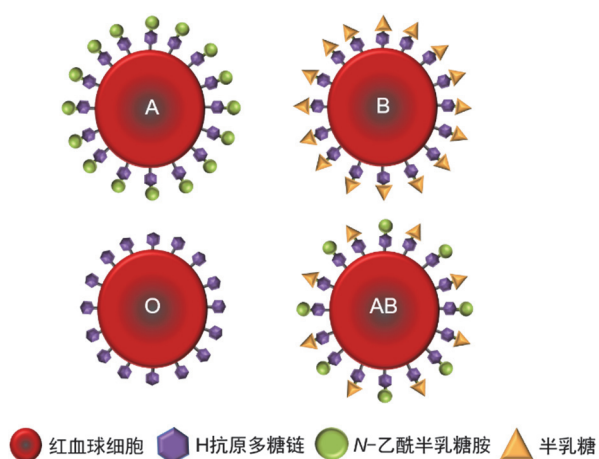


图6 ABO血型示意图

“此外，流感病毒，这个每年冬季都会给人类带来挑战的隐形敌人，它的侵袭策略与多糖之间有着不可忽视的联系。”透明质酸小姐成功地引起了所有人的好奇，只见评论区里全部都是问号。见此透明质酸小姐便继续说道：“病毒的侵袭武器库中，存在凝集素(HA)和神经氨酸酶(NA)这两种关键的糖蛋白。HA糖蛋白，这位病毒的先锋，负责与宿主细胞上的唾液酸化糖链‘握手’，这一结合如同解锁细胞之门，为病毒铺开入侵之路<sup>[19]</sup>。随后，NA糖蛋白登场，它的任务是切断宿主细胞表面的糖链，特别是唾液酸残基，这一切割动作不仅释放了病毒，还助其在宿主体内扩散<sup>[20]</sup>。因此，有科学家针对这一机制，研发了NA糖蛋白抑制剂，这些药物能够有效封锁NA的活性，使病毒无法释放，阻断其扩散路径，不仅能够抑制流感病毒的传播，还能够保护那些最容易受到流感侵袭的人群。”

接着，透明质酸小姐向观众介绍了自己：“我们透明质酸，也被称为玻尿酸，我的分子式为 $(C_{14}H_{21}NO_{11})_n$ ，是一种大分子粘多糖，由D-葡萄糖醛酸和N-乙酰葡萄糖胺组成。在生物体内，我们因为广泛的存在而引人注目，遍布于结缔组织和细胞外基质中，包括但不限于关节腔、眼玻璃体、软骨、皮肤以及脐带等组织。我们拥有强大的黏弹性和吸湿性，这两种特性使其在生物体内发挥着至关重要的作用，不仅能够保障皮肤和关节的滋润及润滑，同时还是细胞修复的过程中的关键参与者。人们常以钠盐的形式与我相遇，那就是透明质酸钠，也是化妆品中常用的成分。但我的应用远不止于此。”

观众们对透明质酸的好奇心也被激发出来。一位连线观众好奇地问道：“透明质酸在化妆品领

域之外，还有其他应用吗？”

透明质酸回答道：“当然有，在医学领域，我不仅是美容和整形的宠儿，还在肿瘤疾病的诊断和治疗中起到关键作用。我的存在形式根据分子量的不同，参与到肿瘤的不同生物学过程中。在正常状态下，我主要以高分子量透明质酸的形态存在，保护着人体的健康。然而，当身体遭受伤害或病理侵害，如癌症时，我就会转变角色，从高分子量透明质酸降解为低分子量透明质酸或透明质酸低聚物，从而成为癌症的帮凶。高分子量的我能够减少肿瘤发生和抑制肿瘤转移，而低分子量的我则会促进肿瘤的生长和转移，协助肿瘤细胞进行免疫逃逸<sup>[21]</sup>。

此外，我还与纳米技术携手，为肿瘤药物的靶向递送开辟新路径。通过特异性结合肿瘤细胞表面过度表达的CD44受体，帮助药物更精确地集中于肿瘤部位<sup>[22]</sup>。”

透明质酸小姐的详细介绍后，主播小唐总结道：“今天，我们跟随多糖家族的步伐，深入了解了多糖在自然界和人类生活中的重要作用。感谢大家的参与，希望这些知识能够激发大家对化学和生物学的更多兴趣。

“并且衷心感谢每一位参与的家族企业。正是因为你们的慷慨分享和机会提供，让众多求职者得以追逐他们的职业梦想。无论今天的结果是如愿以偿，还是暂时的等待，让我们都保持信心，继续前行。今天的糖王国科普之旅也圆满结束，谢谢大家，再见！”

### 参 考 文 献

- [1] 倪妮妮, 胡超群, 白福来, 季文娜, 张茜. 食品工业科技, **2022**, *43* (17), 458.
- [2] 柳春. 大众科技, **2020**, *22* (12), 41.
- [3] 李雪驼, 邱华. 中国商办工业, **1998**, No. 7, 37.
- [4] 白宝璋. 植物杂志, **1982**, No. 5, 43.
- [5] 刘赛男, 王朝霞, 徐首红. 大学化学, **2023**, *38* (7), 194.
- [6] 张雷达. 现代食品, **2022**, *28* (7), 106.
- [7] 周培华, 刘兰, 刘赛, 侯文慧, 周颖, 袁列江. 食品安全导刊, **2023**, No. 34, 179.
- [8] 胡慧芳, 马有会. 辽宁农业职业技术学院学报, **2007**, No. 4, 26.
- [9] 周冬丽, 宋伟光, 郭文峰, 陈志可. 粮食与油脂, **2010**, No. 12, 39.
- [10] 赵歆昀, 刘吉喆, 杨桂芹. 动物营养学报, **2018**, *30* (8), 2938.
- [11] 柳直风. 碘/环糊精包合物的合成及生物活性的研究[硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2018.
- [12] 黄娟, 李陶婷, 于海燕, 陈臣, 袁海彬, 田怀香. 食品科学, **2023**, *44* (23), 406.
- [13] 张婉萍, 盖厚辰, 张冬梅, 蒋汶, 朱广用. 日用化学工业(中英文), **2023**, *53* (7), 808.
- [14] 王天璇, 宋燕西. 山东化工, **2022**, *51* (24), 62.
- [15] 陈雨露, 袁芳. 食品研究与开发, **2021**, *42* (12), 189.
- [16] 王新芳, 范才萌. 教学仪器与实验, **2008**, No. 11, 7.
- [17] 乔进军. 中学生物教学, **2007**, No. 10, 53.
- [18] 支链淀粉与直链淀粉结构与性质有什么不同. [2024-04-15]. [https://mp.weixin.qq.com/s/Xcp\\_yn64RwtX22yr6IH0dw](https://mp.weixin.qq.com/s/Xcp_yn64RwtX22yr6IH0dw)
- [19] 冯安林, 涂镇波, 张增峰, 樊晓晖. 动物医学进展, **2012**, *33* (11), 123.
- [20] Yang, J.; Liu, S.; Du, L.; Jiang, S. *Rev. Med. Virol.* **2016**, *26* (4), 242.
- [21] 张一鼎, 肖红, 刘宏毅. 临床神经外科杂志, **2023**, *20* (03), 358.
- [22] 钱雪丹, 余伟江, 付澐哲, 王幽香, 计剑. 化学进展, **2023**, *35* (4), 519.