

## 代糖中的明星 ——赤藓糖醇访谈录

吴依玲, 金珮瑶, 田申悦, 张骥\*

四川大学化学学院, 成都 610064

**摘要:** 代糖是用于替代食品中糖类物质的甜味剂, 包含人工代糖和天然代糖。近年来, 赤藓糖醇成为了应用最为广泛的代糖之一。虽然赤藓糖醇作为代糖具有诸多优点, 但也有研究表明赤藓糖醇具有一定的潜在风险。本文采用访谈稿的形式介绍了赤藓糖醇与代糖以及现有科学研究中赤藓糖醇存在的风险。

**关键词:** 代糖; 赤藓糖醇; 科普

**中图分类号:** G64; O6

## The Star of Sugar Substitutes: An Interview of Erythritol

Yiling Wu, Peiyao Jin, Shenyue Tian, Ji Zhang \*

College of Chemistry, Sichuan University, Chengdu 610064, China.

**Abstract:** Sugar substitutes are sweeteners used to replace carbohydrates in food. These include both natural and artificial sweeteners. In recent years, erythritol has become one of the most widely used sugar substitutes. While erythritol offers many benefits as a sugar substitute, some studies have indicated potential risks associated with its use. This article, presented in an interview format, discusses erythritol, other sugar substitutes, and the potential risks of erythritol identified in current scientific research.

**Key Words:** Sugar substitutes; Erythritol; Popularization of science

自1879年糖精作为第一代代糖问世以来, 代糖已经有了百余年的悠久历史。随着天然代糖登上食品添加剂的舞台, 赤藓糖醇作为天然代糖中的明星受到了广泛的关注。赤藓糖醇的粉丝量也日益见长, 连“XX道”“X茶”等奶茶界的大咖都与赤藓糖醇建立了深度的合作。赤藓糖醇究竟是什么? 何德何能从众多代糖中脱颖而出? 赤藓糖醇真的是大家眼中的完美女神吗? 今天就让我们与赤藓糖醇进行一场深度访谈, 一起走近代糖圈的当红明星。

### 1 自我介绍

主持人: 赤藓糖醇您好, 非常高兴能够请您来到我们演播室做客, 经过我们前期的调查, 发现很多观众朋友对您还是比较陌生的, 甚至由于缺乏了解不敢接触您与奶茶大咖们的合作业务, 在访谈开始之前您方便做一个自我介绍吗?

赤藓糖醇: 好的, 谢谢主持人。我的名字叫做赤藓糖醇, 一般我的合作商们都称呼我为“零卡

糖”，你们也可以称呼我的英文名Erythritol.

主持人：好的，无论是赤藓糖醇还是Erythritol都是一个好听的名字。

赤藓糖醇：其实这个名字源自于我的父亲赤藓糖，最开始法国科学家从大黄中分离出我的父亲赤藓糖时，因为他在碱金属存在下呈赤红色就取名为赤藓糖了。我其实是我的父亲赤藓糖的还原产物(图1)，当我的父亲遇到了他的心上人还原剂后我就出生了，所以我就有了赤藓糖醇这个名字。

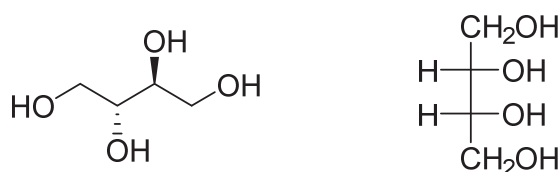


图1 赤藓糖醇的结构式

左：楔形式；右：Fischer投影式

主持人：原来您的名字还有这样的由来，赤藓糖醇、赤藓糖，果然是一脉相承！

赤藓糖醇：是的，不过我的父亲赤藓糖还有一个双胞胎哥哥叫苏阿糖，他们是一对差向异构体，很容易被混淆。希望观众朋友在关注我的同时也可以顺便关注和区分一下我的父辈们哦！

主持人：您刚刚提到了您的伯伯苏阿糖，可以介绍一些您的父亲赤藓糖和您的伯伯苏阿糖之间的区别吗？

赤藓糖醇：当赤藓糖和苏阿糖(图2)这两个名字同时出现的时候就可以联想到有机化学中立体异构体的命名法之一，即赤型和苏型命名法。在这种命名方法中非对映异构体以赤式和苏式标记，这种命名方法就是源自于我的父亲赤藓糖和我的伯伯苏阿糖。赤式异构体是两个相同取代基在Fischer投影式中处于同侧的异构体，苏式则相反，赤藓糖和苏阿糖最直观的区别就是二者的Fischer投影式中羟基分别位于同侧和异侧。用系统命名法来看就是中间两个碳原子的构型不完全相同，对于D-型糖来说，赤藓糖是(2*R*,3*R*)，苏阿糖则是(2*S*,3*R*)。

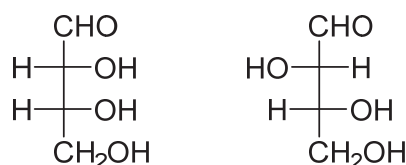


图2 D-赤藓糖(左)与D-苏阿糖(右)的Fischer投影式

主持人：感谢您对赤型和苏型命名法的介绍，原来除了标准的*R/S*构型命名法还有这么多通俗的命名方法！

赤藓糖醇：是的，对于糖来讲，命名规则确实蛮多种多样的，除了刚才提到的，还有D/L构型命名法呢。

## 2 关于代糖

主持人：好的，我们言归正传，大家都知道您是代糖界的大明星，我们都知道代糖是一味非常重要的食品添加剂，作为代糖界的明星，您觉得代糖在哪些方面有着不可被替代的作用呢？

赤藓糖醇：我们代糖的作用主要就是在无糖产品上，很多人爱吃甜食却又害怕传统的糖类产生大量的热量，这个时候就该我们代糖发挥作用了，我们能够使食物具有甜味同时又不像糖类一样具有热量负担，还能让糖尿病人过一下想吃甜食的嘴瘾。

主持人：原来代糖竟然有这么大的作用，您刚刚提到了无糖产品，作为“减肥联盟”一员的我想要替大家问问，无糖产品能不能狂吃不胖呢？

赤藓糖醇：无糖不等于热量低，比如一些标注“无糖”的饼干，为了保持口感，脂肪含量一般较高，算下来，其热量比普通饼干还要高。并且根据国标28050-2011的行业规定，每100 g或100 mL食品中，只要含糖量 $\leq 0.5$  g就可以称为无糖，所以无糖并不等于零糖。

主持人：好吧！看来我以后还是老老实实控制饮食和锻炼吧，我还想问一个比较尖锐的问题，作为顶流的您觉得和其他代糖兄弟相比的优点有哪些呢？

赤藓糖醇：这个问题回答起来确实很容易得罪我的代糖兄弟，主持人下次可不能给我挖坑了。我个人觉得我的最大优点就是我“天然代糖”的营销，现在大家都更偏爱“天然”的东西。其他的话与其说是我的优点不如说是我的特点。首先，我进入到大肠的量很少，大多数在小肠中就得以吸收，这就有效避免了由不吸收物质引起的腹泻和胀气等副作用，我是糖醇类代糖中耐受性最高的一种。其次，我的升糖指数为0，也就是说我对血糖的影响更小(表1)，因为人体缺乏代谢我的酶系，我进入血液中后不能被代谢分解，只能透过肾从尿液中排出体外。这一独特的代谢特征，决定了我低热值的特性，我也更适用于糖尿病患者<sup>[1]</sup>。因此我的经纪人也以此为切入点为我量身打造出了“零卡糖”的标签，这张标签也推动着我与X茶、XX道等诸多奶茶明星的合作。

表1 赤藓糖醇、木糖醇、葡萄糖、蔗糖生化性质对比<sup>[2]</sup>

项目名称	赤藓糖醇	木糖醇	葡萄糖	蔗糖
代谢热量值/(kJ·g <sup>-1</sup> )	0-0.8	14.7	16.7	16.3
平均升糖指数	0	13	100	65
平均升胰岛素指数	2	11	100	83
新陈代谢	参与	不参与	参与	参与
到达结肠的部分	极少	多	多	较多
结肠内发酵的部分	无	有	多	较多

主持人：看来顶流之所以能够成为顶流还是有原因的，您不但有自己的特色，还很谦虚，您刚刚提到了人工代糖，基于安全来考虑是不是人工代糖不能吃，天然代糖才行？

赤藓糖醇：不是的，代糖就是代糖。人工代糖历史更久，被研究得更透彻，所以舆论更多。目前为止还没有任何理论依据能证实代糖是有害的。只要在规定的每日合理摄入量内食用，对于大部分人来说，都是非常安全的。

主持人：可以给我们介绍一下人工代糖以及它们和你们之间的区别吗？

赤藓糖醇：没问题，最先出现的代糖就是人工代糖(图3)。初代的人工代糖糖精在19世纪就已经问世了，后来到了1937年第二代人工代糖——甜蜜素才得以应用。在1965年百事可乐推出了第一款无糖可乐，用到的代糖则是第三代人工代糖——阿斯巴甜。紧随其后的便是第四代人工代糖——安赛蜜和第五代人工代糖——三氯蔗糖，到了20世纪末第六代人工代糖——纽甜问世，纽甜是阿斯巴甜的衍生物，最大的特点就是甜度高。纽甜的甜度大约是蔗糖的7000-13000倍<sup>[3]</sup>。

天然代糖最开始的应用其实是在无糖口香糖中的应用，初代的天然代糖就是我们熟知的木糖醇。后面也逐渐有了甜菊糖苷、罗汉果糖苷，再到我本人赤藓糖醇。从结构上来说，糖苷家族的天然代糖比人工代糖结构更复杂，而糖醇家族的代糖则比人工代糖结构更简单(图4)。天然代糖和人工代糖比较明显的不同点大概就是我们只含有碳氢氧三种元素吧！

主持人：您刚刚提到了甜度这个词，可以给大家说说甜度是怎么测定的呢？如何确定糖类或代糖到底有多甜呢？

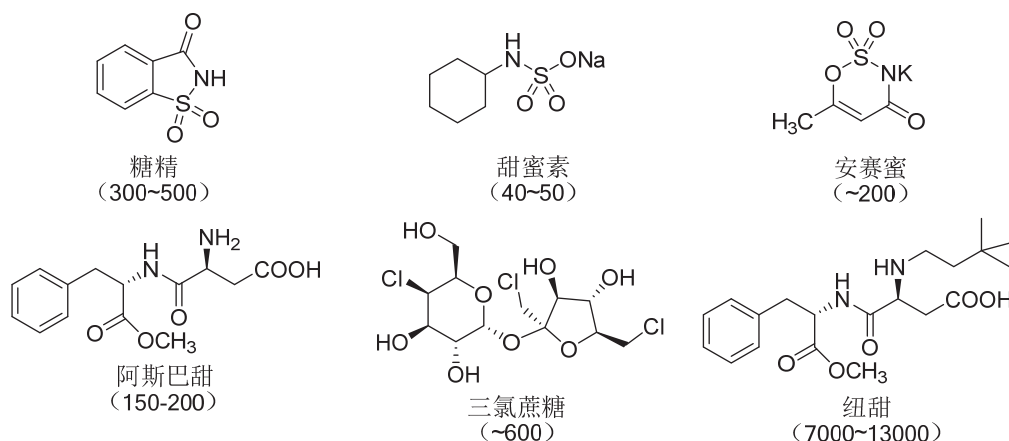


图3 常见的人工代糖

括号内为相较蔗糖的相对甜度

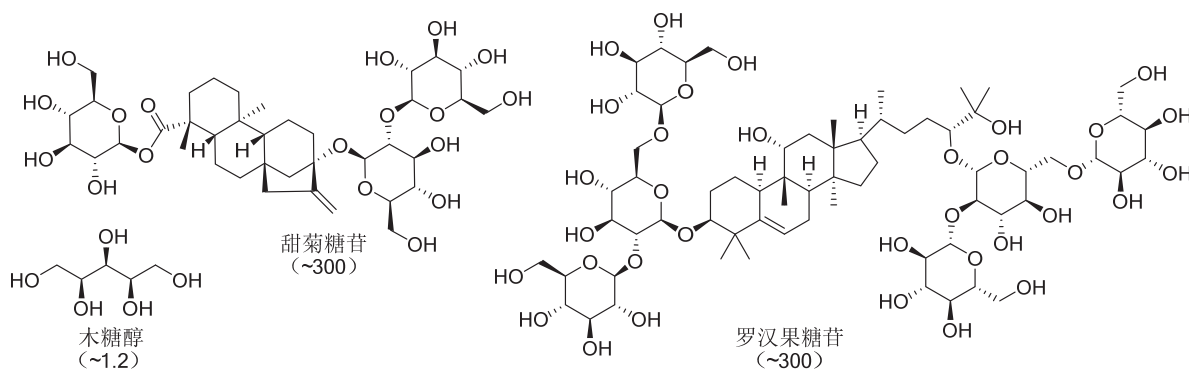


图4 常见的天然代糖

括号内为相较蔗糖的相对甜度

赤藓糖醇：甜度无法通过物理化学方法定量测定，只能凭借味觉进行感官判断。一般测定甜度是以蔗糖作为标准，其他甜味剂的甜度是与蔗糖相较而得出的相对甜度。测定相对甜度可采用极限浓度法和相对浓度法。极限甜度法是将甜味剂配成可被感觉出甜味的最低浓度，根据稀释倍数来测定甜味浓度，相对浓度法则是将甜味剂配成与蔗糖浓度相同的溶液，然后以蔗糖溶液为标准比较该甜味剂的甜度。传统上甜味评价主要采用感官评价法，也就是用舌头品尝来感受甜度。评价过程费时、费力，结果易受主观和环境因素影响。近年发展出了电子舌用于甜度测定，电子舌技术是一种智能味觉分析技术，它可模拟人类味觉评估过程，快速鉴定样品的“味道”，对样品的感官品质提供量化的技术数据，在客观性、重现性和可比性等方面优于感官评价法，使得甜度评价更加准确<sup>[4]</sup>。

主持人：好的，谢谢赤藓糖醇的回答，我想替很多对代糖有疑惑的人问问，很多人说代糖能直接引发肥胖还能增加食欲，这到底是真的假的？

赤藓糖醇：这个锅我们代糖可不背！目前没有实验能够证明这是真的。甜味本就会影响大脑的食欲中枢功能，刺激人吃下更多东西。至于这个甜味是来自真糖还是代糖倒没有什么差别。所以，重点是少吃点甜的，而不是把锅全部推给我们代糖。

主持人：既然没有证据表明代糖能够直接引发肥胖，那是不是意味着代糖对于减肥人群来说依然是一个不错的选择？

赤藓糖醇：不是的，不建议使用代糖进行减肥。这句话可不是我说的，这是世界健康组织(WHO)给出的建议。WHO发表了最新版本的《非糖甜味剂(NSS)指南》中提到“不要再使用非糖甜味剂作

为控重减肥的手段”<sup>[5]</sup>，这确实击碎了很多代糖爱好者的美梦。我认为这个提议还是有一定道理的，因为在上个问题我也提到了甜味本就会影响大脑的食欲中枢功能，刺激人吃下更多东西；另外代糖也可能激励大家吃下更多的食物，不利于减肥<sup>[6]</sup>。我也借这个机会告诉大家，减肥最好的办法就是管住嘴、迈开腿，虽然我们代糖家族每个成员都身怀绝技，但万万不可把减肥的希望寄托在我们身上哦！

主持人：好的，谢谢赤藓糖醇的解答，也谢谢赤藓糖醇的友情提醒！

### 3 明星的争议问题

主持人：关于代糖的采访就告一段落了，接下来的问题与副作用有关，之前您有提到您的优势之一是副作用小，但是有科学家经过研究后发现您与主要不良心血管事件风险相关，甚至还有研究表明您有增加血栓的风险，您对此有什么看法或者有什么要对此做出解释的吗？

赤藓糖醇：有一说一，这些风险是我自己之前都没有注意到的，我也没想到现在对我的研究已经这么深入透彻了，这可能和我在食品中的用量有关吧！毕竟我的甜度只有蔗糖的70%，这就决定着我的用量会比其他代糖多一些，所以针对我的研究也应理所应当多一些。主持人可以具体说一下有哪些研究，我也好做出有针对性的回答。

主持人：科学家首先在美国接受心脏风险评估的患者中发现他们血液中赤藓糖醇含量越高，心血管疾病发作的风险越大，然后在欧洲和美国其他州的这些风险患者中进行验证，验证也成功证实了这一点。

赤藓糖醇：好吧，看来心血管疾病的风险患者可得多加注意了。不过话说回来，您刚刚提到的这项研究的研究对象主要来自心血管不良事件风险较高的中老年人群，并不具备全社会的普适性，因此我认为大多数人没有很大的必要担心这个问题。

主持人：好的，感谢您的解释，另一个关于您的风险问题就是血栓形成的问题。科学家使用颈动脉损伤模型，监测血栓形成的速度和血流停止的时间。您与生理盐水相比，明显提高了血栓形成率，并使得动脉损伤后，血流停止时间明显减少。血栓很容易引起诸如脑梗塞的心脑血管疾病。与此同时科学家还研究了健康的人在饮用您的含量为30 g的饮料后的餐后赤藓糖醇血浆水平，这一水平远远高于凝血风险增加的阈值<sup>[7]</sup>，看来不光是在风险人群中，在健康人群中的风险也不容小觑。您对科学家的这些研究有什么看法呢？

赤藓糖醇：看来我对我自己也不是那么的了解，建立这个模型来对血栓形成进行研究确实是一个很好的研究方法，这项研究也证实了我与血栓风险之间的相关性。不过我认为这项研究也存在一些缺陷，那就是只观察到了相关性并没有证实因果性，健康人群中的实验亦是同理。如果我与血栓风险真的有关联，研究者们可能需要设计更多的实验来证明我们之间的因果关系。目前血栓形成的机理依旧尚不明确，这些争议问题还在研究，暂时没有定论。因果性的确定与否还得靠科学家们，还得靠电视机前的观众朋友们！

主持人：好的，感谢您对我们的问题做出的解答，非常感谢您能走进我们演播室，我们有缘再见！

赤藓糖醇：谢谢主持人，有缘再见，我也要去和XX道聊一聊后续的合作问题了。

### 4 结语

这次与赤藓糖醇的访谈给主持人留下了深刻的印象，赤藓糖醇热心解答了很多观众朋友们关心的问题。最后关于争议问题的回答也让赤藓糖醇和观众朋友开始重视了零卡糖的副作用这个问题。主持人受赤藓糖醇的委托提醒观众朋友，所有对赤藓糖醇的喜爱和恐惧都来自于未知，随着科学研究的透彻，关于赤藓糖醇的问题终会有一个准确的答案。

参 考 文 献

- [1] Barbier, T.; Machelart, A.; Zúñiga-Ripa, A.; Plovier, H.; Hougardy, C.; Lobet, E.; Willemart, K.; Muraille, E.; de Bolle X.; van Schaftingen, E.; *et al.* *Front. Microbiol.* **2017**, *8*, 1088.
- [2] Boesten, D. M. P. H. J.; den Hartog, G. J. M.; de Cock, P.; Bosscher, D.; Bonnema, A.; Bast, A. *Nutrafoods* **2015**, *14*, 3.
- [3] 余海星. 中国食品添加剂, **2008**, *19* (1), 54.
- [4] 黄嘉丽, 黄宝华, 卢宇靖, 刘傲璐, 左珊珊, 周金林. 中国调味品, **2019**, *44* (5), 189.
- [5] Who Advises Not to Use Non-sugar Sweeteners for Weight Control in Newly Released Guideline. [2024-05-06].  
<https://www.who.int/news/item/15-05-2023-who-advises-not-to-use-non-sugar-sweeteners-for-weight-control-in-newly-released-guideline>
- [6] 刘星, 蒙泳, 张言, 杨黎, 李海霞, 廖夏云, 谢鹏. 食品安全质量检测学报, **2021**, *12* (14), 5734.
- [7] Witkowski, M.; Nemet, I.; Alamri, H.; Wilcox, J.; Gupta, N.; Nimer, N.; Haghikia, A.; Li, X. S.; Wu, Y.; Saha, P. P.; *et al.* *Nat. Med.* **2023**, *29*, 710.