



甜味剂行业研究

——减糖趋势下生物制造赛道新机会

2024.10

Synthetic Biology Team

CEC CAPITAL
易凯资本有限公司

目录

- 01 糖类发展历史与减糖背景
- 02 甜味剂的分类
- 03 人工甜味剂：当前主流的甜味剂
- 04 功能性糖醇：细分品类众多，中国市场已近百亿元
- 05 天然健康甜味剂：生物制造重塑行业格局
- 06 甜味剂行业标杆企业梳理（部分）



目录

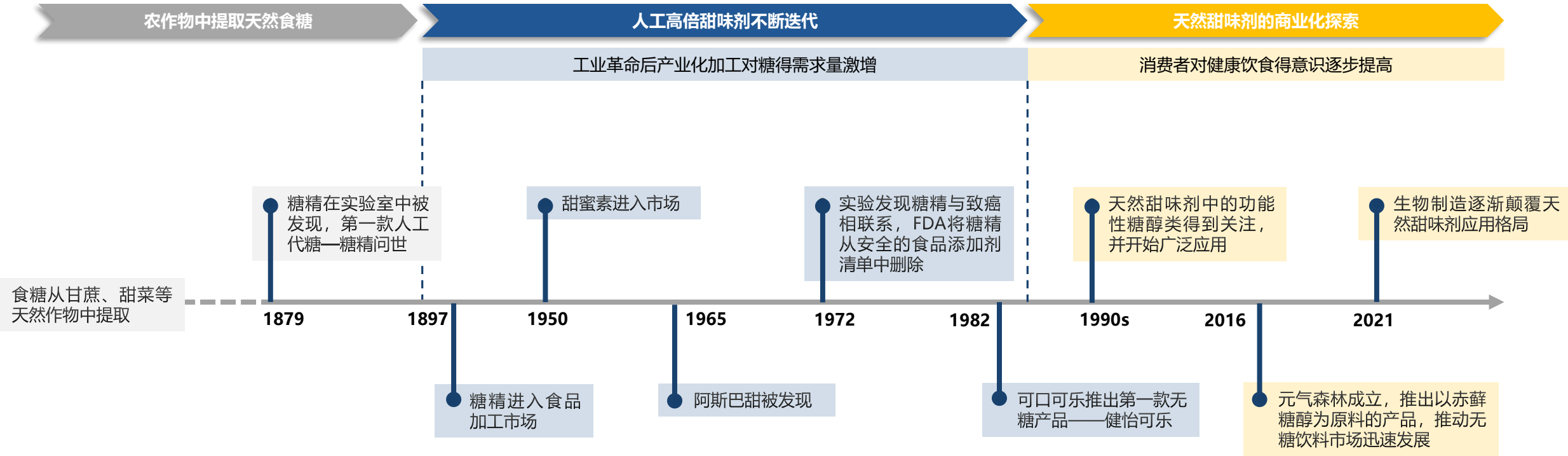
01 糖的发展历史与减糖背景

- 1.1 糖类发展分为三个阶段
- 1.2 糖是战略物资，与国计民生息息相关
- 1.3 糖摄入过多带来健康负担
- 1.4 减糖背景下无糖需求开始导入
- 1.5 政策控糖收效有限，甜味剂成为更佳解决方案
- 1.6 健康观念提升，减糖新产品快速增长
- 1.7 减糖风潮下甜味剂市场规模测算



1.1 糖类发展分为三个阶段

- 糖类可分为**食用糖（食糖）**和**甜味剂**。甜味剂是指在食品中添加极少量就能提供甜味的物质。其主要特点是用量少、甜度高、能量低甚至无能量；
- 食糖主要由甘蔗制成，我国白砂糖占食糖总量的90%以上。甘蔗是全球和中国主要的糖料作物，**全世界80%的食糖和我国食糖总产量的90%都由甘蔗制成**。按食糖的主要加工工艺、品质及风味分类，可分为**白砂糖类、赤砂糖、绵白糖、原糖、方糖、红糖、冰片糖及其他糖**，其中白砂糖是食糖中最主要的品种，**在国内白砂糖占食糖总量的90%以上，国外白砂糖占食糖总量接近100%；**
- 天然食糖经人体消化，分解为单糖（葡萄糖和果糖），维护身体机能，保障人体活力；**全球范围内糖分摄入量显著提升，并且升高趋势仍在保持**。2023年度全球食糖产量将达到1.782亿吨（-1.2%），消费量预计为1.7696亿吨（+0.3%）；食糖供需缺口为**593万吨**；
- 世卫组织基于其健康影响和摄入来源，将糖分为**内源糖**和**游离糖**，其中游离糖是造成各类健康风险的主要因素。



1.2 糖是战略物资，与国计民生息息相关

- 战略物资是西方国家根据第一次世界大战所得出的经验而逐渐形成的概念，为保障战时对国防和民生起到重要作用的物资储备，一般包含军备、能源、医疗及食品等方面；
- 白砂糖作为一种以甘蔗为原料制成的结晶体，在1960年就被我国定位战略物资之一，美国、英国、日本等海外国家也认定糖为重要的战略物资。



01

食 品 安 全 与 国 民 健 康



- 糖是日常饮食中的基础原料，糖产业涵盖了大规模的农业生产和农村经济活动，下游广泛用于食品、饮料、调味品等多个领域。糖的供给不足或价格波动可能会影响民众的饮食习惯和营养摄入。
- 中国每年食糖消耗量接近1500万吨。充足糖供应对维持食品安全和国民健康至关重要。

02

工 业 用 途 广 泛



- 除了作为食品原料外，糖还广泛用于医药、化工、发酵工业等领域。
- 糖是发展生物制造产业必要的碳源，根据经合组织预测，2030年全球至少20%化工品被生物质产品替代，该部分对应碳源需求量已超20亿吨。

03

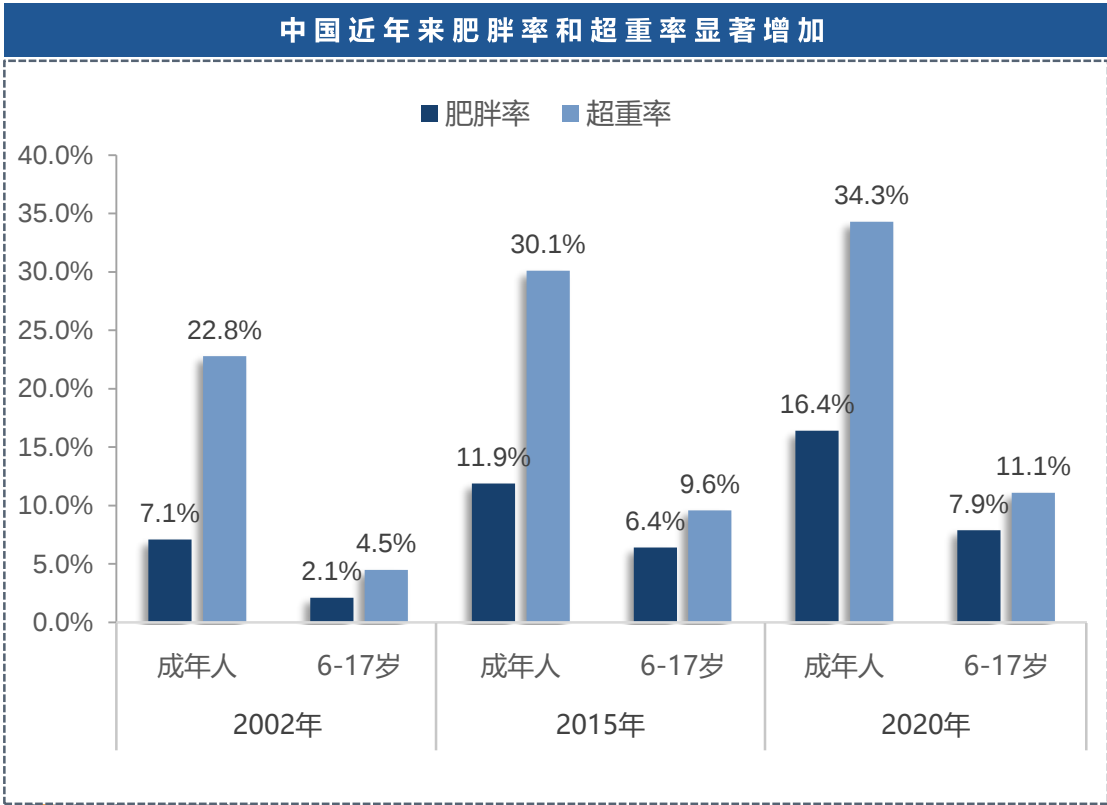
战 略 储 备 与 国 际 市 场 波 动



- 中国是全球最大的糖进口国，2023年白糖的进口依赖度超过30%，超八成的进口白糖来自巴西。
- 作为大宗商品，糖的国际市场价格波动较大，糖价格波动不仅影响食品价格，还可能引发通货膨胀等经济问题，政府需要通过政策手段调控糖的生产、进口和储备。

1.3 糖摄入过多带来健康负担

- **糖摄入过多是危害居民健康的一大根源。**糖的过量摄入会增加龋齿、成人Ⅱ型糖尿病、肥胖、骨质疏松、心脑血管疾病、皮肤加速衰老的风险；
- 世卫组织将糖分为**内源糖与游离糖**：内源糖，是指水果和蔬菜中的糖，由一层植物细胞壁包裹，消化起来更为缓慢，进入血流所需的时间比游离糖更长，对人体健康基本没有危害；游离糖，是指人工添加到食品中的单糖（葡萄糖、果糖）和双糖（麦芽糖、乳糖等），以及蜂蜜、糖浆和果汁中天然存在的糖，**过量摄入游离糖会造成龋齿、高血糖等各类健康问题**；
- **“减糖风潮”中需要减少的即为游离糖的摄入：**根据世卫组织1990年制定的标准，成年人每日摄取的游离糖不应超过当天摄取全部热量的10%；《中国居民膳食指南(2022)》指出应控制游离糖糖的摄入量，每天不超过50克，最好控制在25克以下。

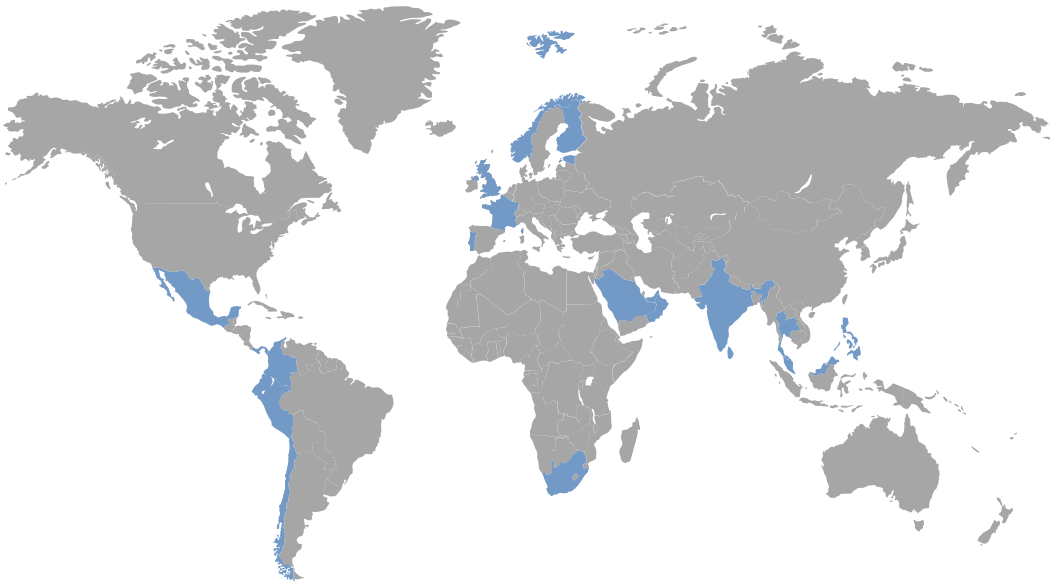


游离糖过度摄入将导致一系列疾病	
疾病	危害机理
肥胖	■ 进食过多糖后机体热量摄入过多无法被人体吸收利用，转化为脂肪发生囤积，造成发胖并诱发心血管疾病
心血管疾病	
口腔疾病	■ 糖分作为口腔内的细菌提供了繁殖的空间，会引发龋齿和口腔溃疡
骨骼疾病	■ 糖分进食后会增加体内碱性物质的消耗，比如钙质，影响骨骼的建立与吸收
眼部疾病	■ 血液中血糖含量增加，可能会引起房水或晶体渗透压的改变，且会使眼内组织弹性下降，易引发/加重近视
皮肤疾病	■ 糖分摄入过多会增加皮肤中自由基的堆积，易出现毛孔粗大、油脂增多、弹性变差等皮肤问题
高血糖	■ 本身胰岛功能出现异常的人群吃糖过多，体内没有胰岛素的调节平衡血糖,会导致血糖升高

1.4 减糖背景下无糖需求开始导入

- 健康问题尤其是肥胖已成为世界各国的关注焦点。随着健康意识逐步提升和世卫组织对减糖的呼吁，各国开始逐步执行“糖税”。截至2020年，已经有超过50个国家和地区实施了“糖税”制度；
- 部分国家针对**消费和进口环节**征收糖税，如墨西哥；部分国家针对**生产和进口**征收糖税，如挪威、法国、芬兰；还有部分国家对**生产以及消费、进口环节**均征收糖税，如匈牙利、丹麦
- 饮料厂商也开始使用代糖作为减糖的主要方式， 进入主动宣传的成长阶段。
- **我国虽未设置糖税，但是也在不断推出对减少糖摄入量的指导方针。**

部分征收“糖税”的国家和地区（地图中蓝色部分）



糖税的征收对消费者减糖的主要影响路径有四点：1、增加饮料零售价格；2、唤起公众对于减糖的认知；3、鼓励厂商非价格方面的反馈（例如引入代糖）；4、创造政府收入（可直接用于减糖层面的支出）。

中国从2016年开始加强政策引导

年份	政策名称	解读
2016年	《健康中国行动(2019年-2030年)》	提倡成人人均每日添加糖摄入量不高于25g，鼓励消费者减少蔗糖摄入量，倡导食品生产经营者使用食品安全标准允许的天然甜味物质和甜味剂取代蔗糖
2017年	《全民健康生活方式行动方案(2017年-2025年)》	引导餐饮企业、集体食堂积极采取控制食盐、油脂和添加糖使用量的措施，减少含糖饮料供应
2017年	《国民营养计划(2017- 2030)》	在“吃动平衡行动”中提出“三健三减”专项行动，推广减盐、减油、减糖
2019年	《产业结构调整指导目录(2019年)》	鼓励发展采用发酵法工艺生产多元糖醇及生物法化工多元醇、功能性发酵制品等的开发、生产、应用
2019年	《健康口腔行动方案(2019年-2025年)》	中小学校及托幼机构限制销售高糖饮料和零食，食糖减少含糖饮料和高糖食品的供应，鼓励企业进行“低糖”或“无糖”的声称
2020年	《十四五规划建议》	明确提出减盐、减油、健康体重等方案
2021年	《中国居民膳食指南科学研究报告》	精准化营养指导关键措施，明确进一步控制油、盐、糖的摄入

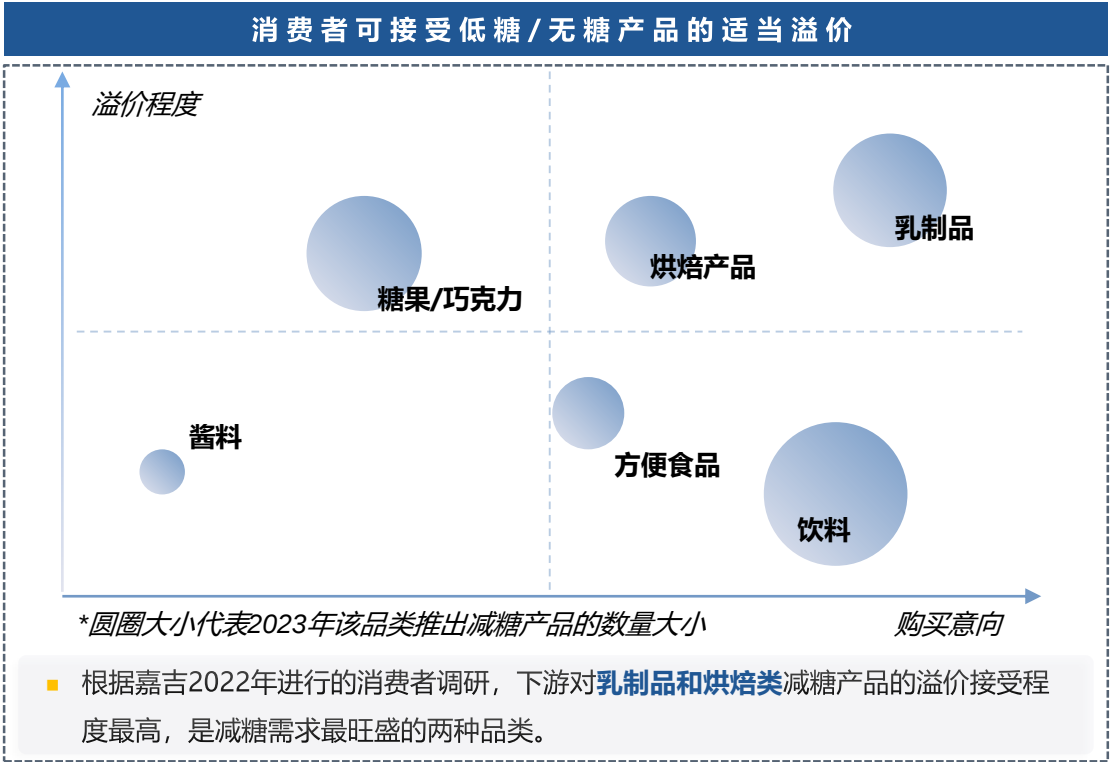
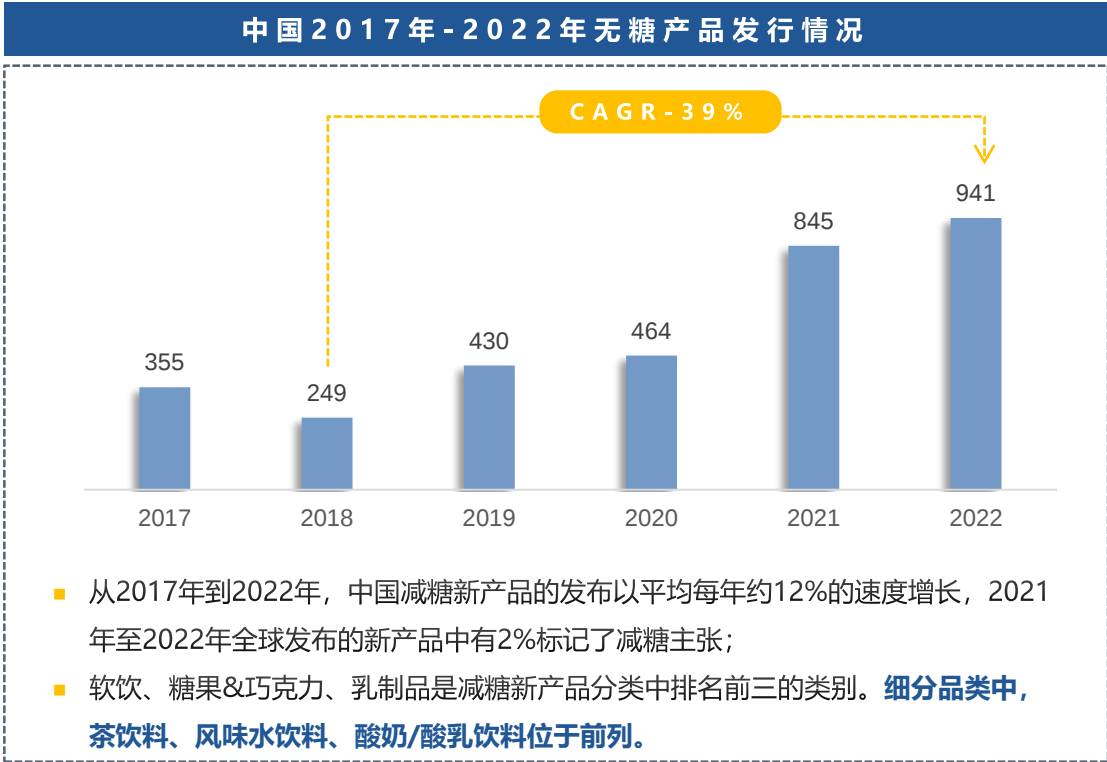
1.5 政策控糖收效有限，甜味剂成为更佳解决方案

- 政策控糖的效果有限，根据国际糖尿病协会公布的数据，糖税的推行并没有彻底遏制各国糖尿病患者数量的增长，**比如法国于2011年征收糖税周，糖尿病患者数量还是从2011年的324万增长到了2021年的接近400万人**。其他国家也有类似情况，政策控糖显然效果有限；
- 一方面人类对于甜味的追求难以被遏制，另一方面是糖摄入过多带来的健康危机，甜味剂逐渐成为困境下更好的解决方案；
- 甜味剂包括糖醇类和非糖醇类化合物，可以和糖一样帮助食物产生甜味，也被称为甜味剂，其与糖最大的区别在于甜味剂有不同的代谢机制，不产生热量、不升高血糖。

几种代表性甜味剂的代谢方式		
甜味剂	来源	特点
阿斯巴甜	人工合成	被人体摄入后分解为天冬氨酸，甲醇和苯丙氨酸，这三种产品对一般人群都是安全的，但有些患有称为苯丙酮尿症的遗传疾病的人无法代谢苯丙氨酸。
安赛蜜	人工合成	在人体内不代谢、不积蓄，100%以原形物质排出体外。
三氯蔗糖	人工合成	人体口服后，其中78.3%通过粪便直接排出，14.5%通过尿液排出,在尿液中的主要存在形式是三氯蔗糖以及少量的三氯蔗糖葡萄糖苷酸。
木糖醇	天然存在	服用以后有50~ 60%变成CO ₂ 从肺呼出体外、从尿及粪便中排出各2~10%，还有20 ~ 30%转化成糖原或其他中间产物储存在细胞中间产物储存在细胞中。木糖醇代谢不需胰岛素,还能少量地促进胰脏分泌胰岛素。
赤藓糖醇	天然存在	分子量小，很容易通过被动扩散被小肠吸收，大部分进入血液循环，并不能被机体内的酶系统消化降解，只能通过肾脏从血液中滤去，摄入机体的赤藓糖醇有90%会随尿液排出体外。
阿洛酮糖	天然存在	不会被人体代谢，不在体内转化为热量，对肠道微生物具有较低的发酵利用度。不会引起肠胃不适（糖醇类甜味剂过量摄入可能会导致腹泻），且具备降血糖血脂、抑制癌变、抗炎等生理功效。

1.6 健康观念提升，减糖新产品快速增长

- 随着健康意识不断增强，减糖”逐渐成为一种消费共识。《健康中国行动(2019-2030年)》在“合理膳食行动”中提出重点鼓励全社会减盐、减油、减糖，并发布了个人和社会倡导性指标，其中包括**人均每日添加糖摄入量不高于25g**；
- 健康成为消费者关注的重要内容，**近七成消费者会选择标注了“低糖度”和“0卡糖”的产品**；
- 据国内现行食品安全国家标准《预包装食品营养标签通则(GB28050-2011)》中规定：食品营养标签中的“无糖或不含糖”应满足每100g固体食品或100mL液体食品中的含糖量不大于0.5g；“低糖”或“少糖”应满足糖含量不大于5g。这里的糖指包括白糖、红糖等在内的各种精制后的蔗糖；
- 减糖体系中包含了**高倍甜味剂、填充剂以及甜感香精**。为了构建一个完美的减糖方案，**一般需要高倍甜味剂和填充剂的配合使用，有时还需要加入甜感香精来修饰甜感**。



1.7 减糖风潮下甜味剂市场规模测算（1/2） — 以建议人均食糖量测算

- 根据尚普咨询集团数据，2022年全球甜味剂产品总消费量为**189.6亿美元**；中国甜味剂产品的总消费量规模约为**70亿人民币**；
- WHO建议每人日添加糖摄入量不超25g，国家卫健委《健康中国行动（2019-2030年）》也提倡到2030年人均每日添加糖摄入量不高于25g。白砂糖和蔗糖的甜度均为1，因此我们将单位食糖甜度作为基准，**假设中国人均每日食糖量达到标准测算未来甜味剂替代食糖的增量空间：**



1.7 减糖风潮下甜味剂市场规模测算（2/2） — 以应用领域测算



饮料领域

- 2022年饮料领域糖类消费约**390万吨**;
- 无糖饮料在发达国家渗透率远高于国内，日本已达50%以上，中国的无糖饮料行业渗透率仅为4.07%;
- 假设2030年中国无糖饮料渗透率达日本的70%，即渗透率为**35%**，还有30.93%的渗透空间，对应的增量甜味剂甜度为**121万吨**食糖甜度。



糖果领域

- 2022年糖果领域食糖消费约**374万吨**;
- 无糖糖果在一些特定的品类中占比较高，比如口香糖、压片薄荷糖等，日本压片薄荷糖中无糖占比为94%;
- 假设2030年我国无糖糖果可以达到欧美与日本市场的平均水平，即渗透率达到30%，则需要的增量代糖甜度为**112万吨**食糖甜度。



烘焙领域

- 2022年食糖消费规模为**422万吨**;
- 目前我国无糖烘焙属于起步阶段，只有个别品牌提供无糖烘焙产品
- 根据观研天下预测，2030年我国烘焙产品的无糖化率会达到33%。对应的增量代糖甜度为**139万吨**食糖甜度。



其他食品领域

- 在冷冻食品（冰淇淋、雪糕、雪泥、冰棍等）、乳制品等其他食品领域，2022年食糖消费规模为**227万吨**;
- 甜味剂在其他应用领域仍处于起步阶段，假设2030年渗透率达到**30%**。对应的增量代糖甜度为**68万吨**食糖甜度

以应用领域测算，甜味剂还有440万吨食糖甜度的增量空间

02 甜味剂的分类

2.1 甜味剂分类总览

2.2 人工甜味剂 vs 天然甜味剂：各具优势，适用不同的应用领域

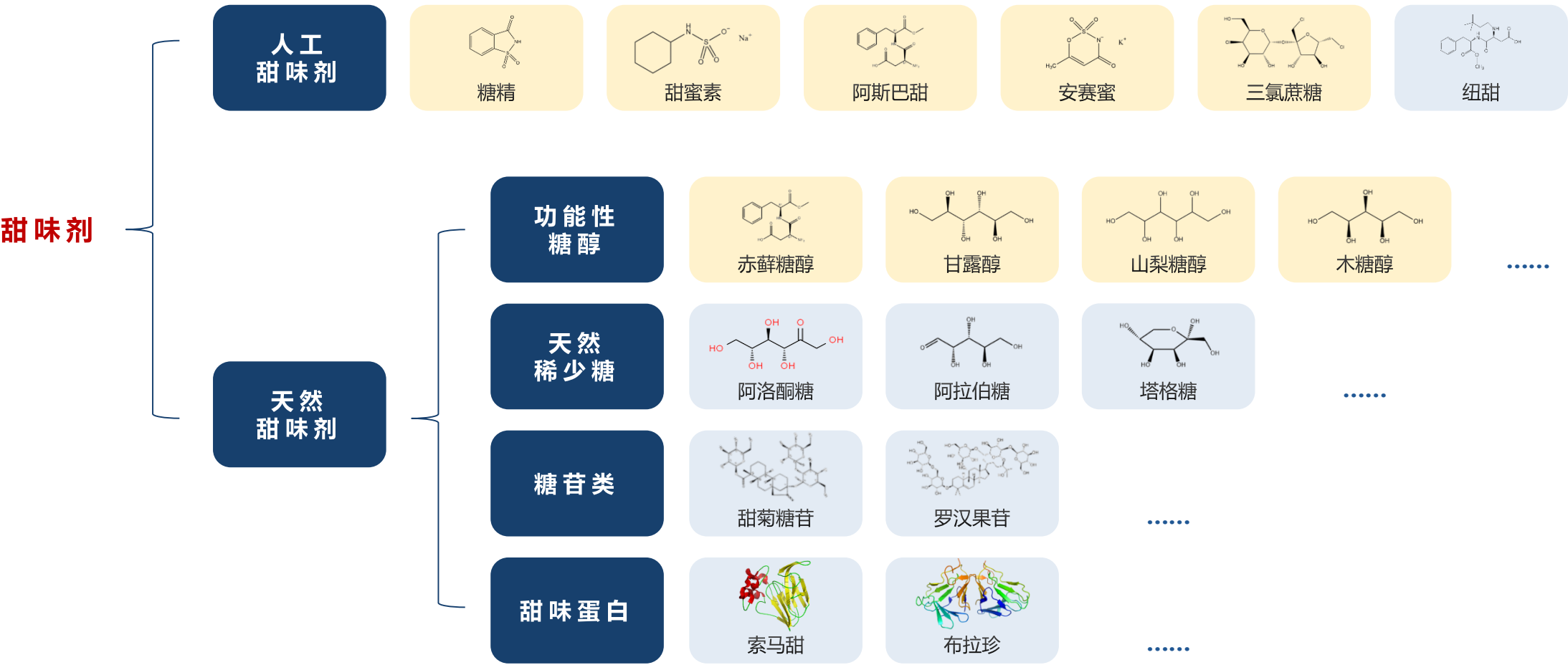
2.3 天然甜味剂：安全性更高，甜价比和口感成为限制因素

2.4 生物制造颠覆天然甜味剂生产方式



2.1 甜味剂分类总览

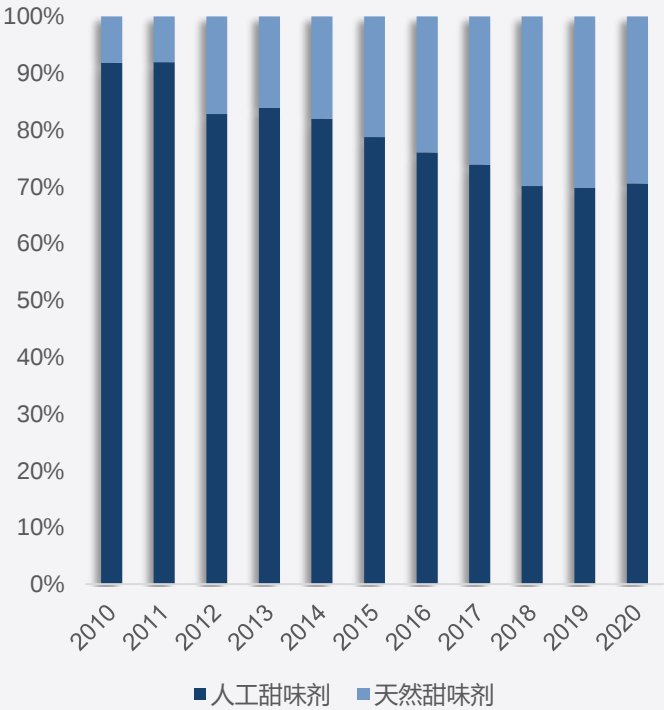
- 按照产物本身的来源，甜味剂可以分成**人工甜味剂**和**天然甜味剂**，各个品种甜味剂的合成方式并非仅能通过一种方式合成；
- 人工甜味剂指不在自然界中存在，于实验室中被发现与合成的甜味剂，人工甜味剂通常用化学合成的方式进行生产；
- 天然甜味剂来源主要有两类：一是自然提取类，二是糖醇发酵类。自然提取类包括甜菊糖苷、罗汉果苷等，一般甜度较高；糖醇发酵类包括木糖醇、赤藓糖醇等，一般为低倍甜味剂。



2.2 人工甜味剂vs天然甜味剂：各具优势，适用不同的应用领域（1/2）

- 目前人工甜味剂（化学合成）相对天然甜味剂依旧占据较大的市场份额，2010~2020年间，天然甜味剂在甜味剂产品中的应用占比由8.16%迅速增长至29.41%；
- 随着人们对于甜味剂的来源及安全问题关注度的不断加强，更安全、更健康的天然来源甜味剂需求还将高速增长，市场份额占比有望在近年超过30%；
- 2021年7月，国际食品信息理事会进行的《天然功能原料在美国消费者食品态度和购买习惯中的作用调查》，显示有41%的人会选择天然甜味剂。

2010-2020全球甜味剂市场份额



各消费领域中代糖的具体应用

无糖饮料

以赤藓糖醇、三氯蔗糖和安赛蜜为主，50%以上的产品采用多元甜味剂复配



赤藓糖醇+三氯蔗糖+木糖醇



赤藓糖醇

无糖糖果

多元糖醇、甜菊糖苷、安赛蜜和阿斯巴甜复配被使用在无糖糖果中，在压片糖、硬糖中应用广泛



麦芽糖醇+山梨糖醇+木糖醇



麦芽糖醇+木糖醇+甘露醇

无糖冰淇淋

麦芽糖醇应用较多，阿洛酮糖在热量、加工特性、安全性、血糖调节等方面更优，保留传统冰淇淋密度同时有助于减轻体重，未来有望替代麦芽糖醇



麦芽糖醇液+赤藓糖醇+甜菊糖苷



麦芽糖醇+赤藓糖醇

烘焙食品

烘焙产品中糖还起到蛋白质打发、保湿、提供色泽等功能，代糖暂时无法完全替代蔗糖。功能性糖、罗汉果甜苷等可还原蔗糖的口感，而阿洛酮糖因其美拉德反应成为更有潜力的替代方案

2.2 人工甜味剂vs天然甜味剂：各具优势，适用不同的应用领域（2/2）

人工甜味剂使用历史已超过130年



- 通过化学合成方式生产，已发展至第六代纽甜，由于安全性问题近年来市场占比持续下降
- 人工甜味剂甜度较高，甜价比*相对较高，经济性强

占据甜味剂市场主流



- 主流人工代糖为阿斯巴甜、安赛蜜、三氯蔗糖
- 其中三氯蔗糖甜度高，无致龋齿性，安全性好，甜价比高，经济性强等优势逐渐替代阿斯巴甜、安赛蜜现存市场

安全性存在质疑



- 以阿斯巴甜为例，近年来被认定为有致癌风险，因此在代糖中占比有所下降。

人工
甜味剂

天然
甜味剂

天然代糖一般分为两类



- 通过植物提取得到的甜味剂：甜度倍数一般为蔗糖的200倍以上
- 糖醇类或稀有糖类功能性甜味剂：甜度倍数为蔗糖的0.6-1.2倍

更具安全性和功能性



- 一般来源于自然界提取或者经过适当修饰，因此安全性更高
- 部分天然甜味剂具有保健功能，比如赤藓糖醇可以保护口腔，阿洛酮糖可以降低血糖等

复配是最具潜力的应用方式



- 部分天然甜味剂有特殊风味，且甜度较高，目前多与赤藓糖醇或其他甜味剂复配使用
- 糖醇类甜度和热量较低，一般作为高甜度甜味剂的填充剂

人工甜味剂在甜价比和甜度倍数方面占优，但是功能性代糖和植物提取天然代糖在甜味表现和安全性更具优势。

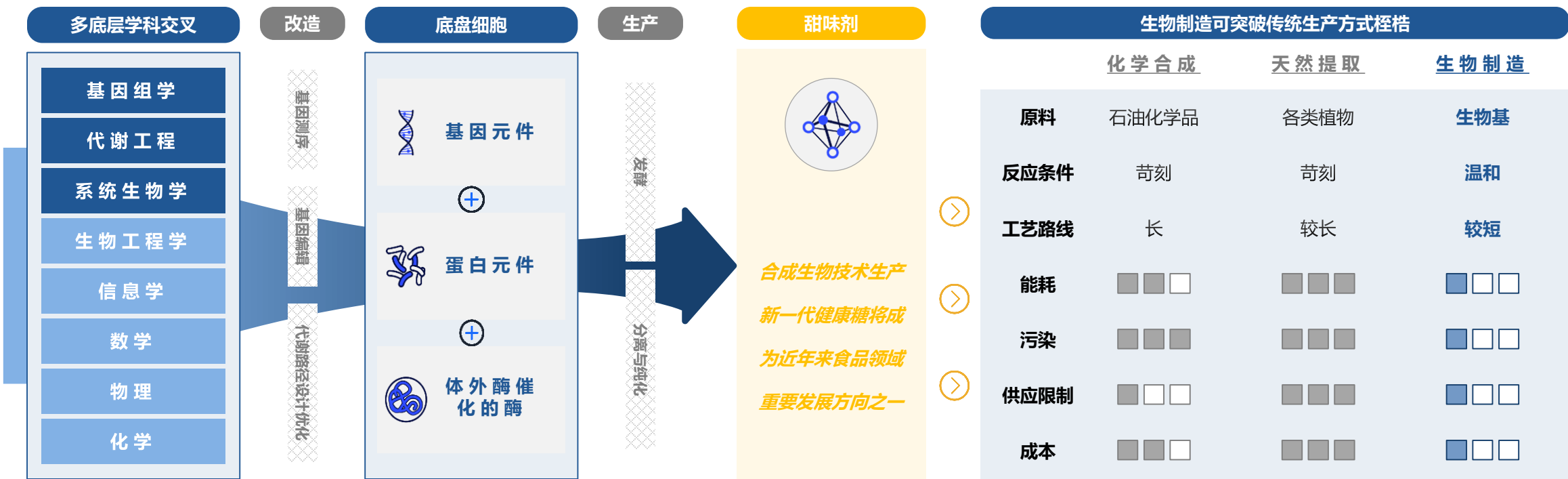
2.3 天然甜味剂：安全性更高，甜价比和口感成为限制因素

- 天然甜味剂一般分为两类：一类为通过植物提取得到，甜度较高，甜度倍数一般为蔗糖的200倍以上，包括甜菊糖苷、罗汉果苷、甘草素等；另一类为糖醇类或稀有糖类功能性甜味剂，甜度倍数为蔗糖的0.6-1.2 倍，包括**木糖醇**、**赤藓糖醇**、**麦芽糖醇**、**阿洛酮糖**等；
- 天然甜味剂更具安全性，但功能性甜味剂的甜价比较低。天然甜味剂中，甜度倍数超过100的**高倍甜味剂用于提升甜度**，**低倍甜味剂用于丰富口味、平衡甜度曲线**。以甜菊糖苷、罗汉果甜苷为例，二者为天然高倍甜味剂，但易带有不良口味，且甜度曲线峰值偏后；而赤藓糖醇具有良好的甜味调和作用，且甜度曲线峰值早于蔗糖。利用低倍/高倍各自的特点和优势，**赤藓糖醇适于作为填充型甜味剂，与甜菊糖苷/罗汉果甜苷复配制作特定甜度的天然复配糖**。

类别	用量规定	甜度倍数	甜价比	口感特性	应用	优势	劣势
木糖醇	不受限制	1.2	0.04	微清凉感	糖果、糕点、饮料	防龋齿效果最好	摄入过多会导致腹泻
山梨糖醇	不受限制	0.6-0.7	0.05	清凉感	雪糕、饮料、糕点、饼干、面包、酱菜、糖果	应用领域较广	易引起肠胃不适
赤藓糖醇	不受限制	0.65	0.03	纯正	乳制品、糖果、焙烤食品、饮料等	结晶性好、吸湿性低、溶解热高、能量值低、耐受性高	诱发胀气，肠道内不易被分解
麦芽糖醇	不受限制	0.8-0.9	0.88	柔和	雪糕、糕点、果汁、饼干、面包、酱菜、糖果	具备焦糖化反应，能延长果蔬的保鲜期，具有良好的保湿性，非发酵性	摄入过多会导致腹泻
阿洛酮糖	审批中	0.7	0.028	与蔗糖接近，柔和细致	饮料、雪糕、冰棍、烘焙产品、调味品、特医食品	安全，有抗肥胖和抗糖尿病的作用	/
甜菊糖苷	ADI*： 4mg/kg	200	0.91	甘草味和薄荷醇味，苦涩味浓重	冰淇淋、软饮、糖果、蛋糕粉	有一定热稳定性，和高果糖浆复配可改善风味，延长保质期	各国对甜菊糖苷在食品中的添加及其安全性存在一定争议
罗汉果甜苷	不受限制	300	1.25	清凉感、有甘草后味	茶、咖啡、中药、烹饪食品以及儿童辅食和甜点等	热稳定性强，可在任何食品配料系统和加工过程中使用	甜度过高、甜味曲线过长，口感与人习惯的甜味有较大差异

2.4 生物制造颠覆天然甜味剂生产方式

- **生物制造**是以工业**生物技术**为核心手段，通过**改造现有制造过程或利用生物质、二氧化碳等可再生原料生产能源、材料与化学品，实现原料、过程及产品绿色化的新模式**；
- 甜味剂产品品项多、非标属性强，受限于原材料属性，部分稀缺甜味剂成本高昂的同时无法实现稳定批量生产。生物制造可精准合成稀缺的甜味剂，如阿洛酮糖、甜菊糖苷中的莱鲍迪苷 M、罗汉果甜苷 V 等，在经济、环保、效率、规模等方面均有优势，为甜味剂的风味稳定性以及成本优化打开新成长机遇。



- 依据合成生物学和代谢工程的原理，以工程设计的思路，**改造并优化已存在的代谢通路，或者设计自然界不存在的、全新的生物合成途径**，实现甜味剂的生产工艺替代。

- 帝斯曼、弈柯莱等均通过酶法合成甜菊糖苷，替代传统植物提取
- 全细胞发酵法生产阿洛酮糖可实现更高效、更低成本的生产

目录

03 人工甜味剂：当前主流的甜味剂

3.1 人工甜味剂：第六代，经济&安全是迭代推动力

3.2 代表性人工甜味剂——阿斯巴甜

3.3 代表性人工甜味剂——安赛蜜

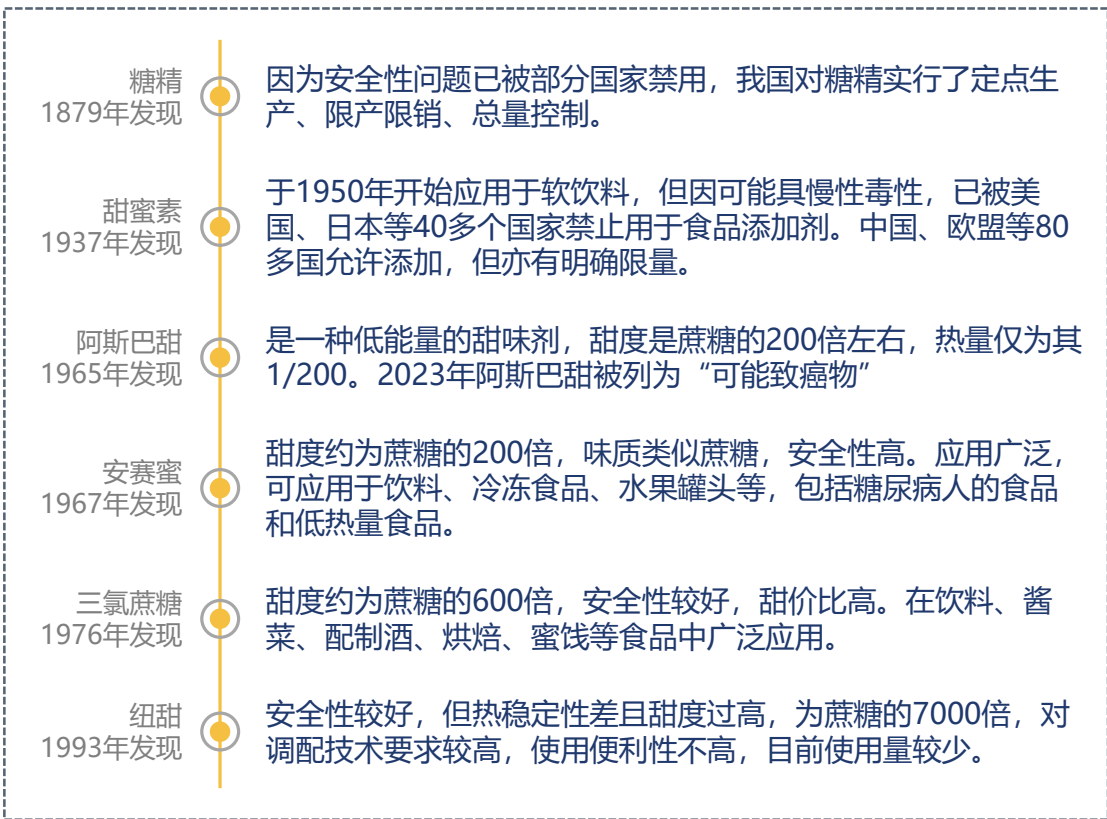
3.4 代表性人工甜味剂——三氯蔗糖



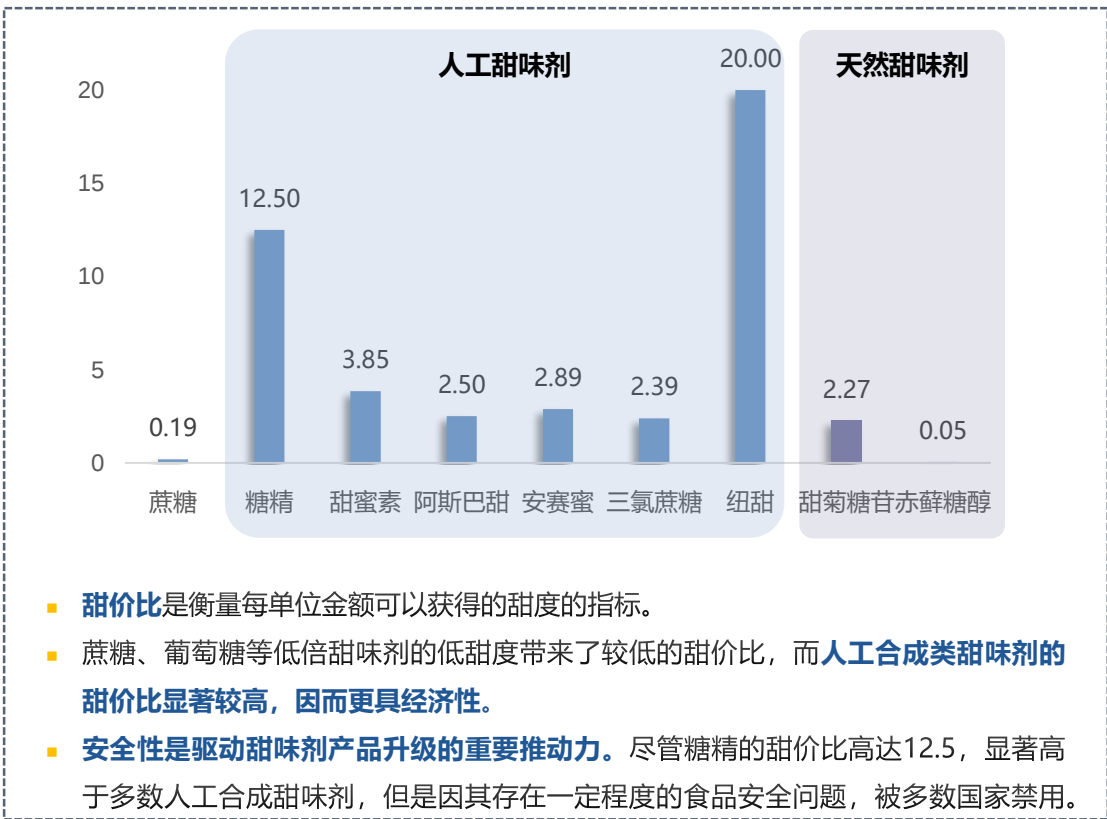
3.1 人工甜味剂：已发展至第六代，经济性与安全性是迭代的主要因素

- 人工甜味剂指通过化学合成方式生产的甜味剂。第一代人工甜味剂糖精诞生于1879年，至今已发展到第六代甜味剂纽甜。人工甜味剂甜价比相对较高，经济性强，但是安全性存在争议；
- **当前主流人工代糖为阿斯巴甜、安赛蜜、三氯蔗糖。** 2018年全球三氯蔗糖、阿斯巴甜占比均为约24%；
- **中国人工合成甜味剂产量占比第一的为甜蜜素，2023年市场占比44%，糖精占比28%，**三氯蔗糖等高技术人工合成甜味剂仅仅占比4%，较世界占比还有很大的发展空间。

全球六代人工甜味剂发展历程



主要甜味剂甜价比（甜度 / 元）



3.2 代表性人工甜味剂——阿斯巴甜

- 阿斯巴甜，又称天门冬酰苯丙氨酸甲酯，自1965年被发现，1981年被美国食品与药物管理局（FDA）正式批准作为食品添加剂；
- 应用最广的甜味剂之一，甜度约为蔗糖的200倍，热量仅为蔗糖的1/200；
- 在水中的溶解度极低且不耐高温，也不能用于需高温处理的食品中；
- 作为强力甜味剂和风味增效剂广泛应用在各种食品、饮料或医药品中，截至2010年，已经在100多个国家使用，我国于1986年批准在食品和饮料中使用。

阿斯巴甜安全性存在隐患

安全性

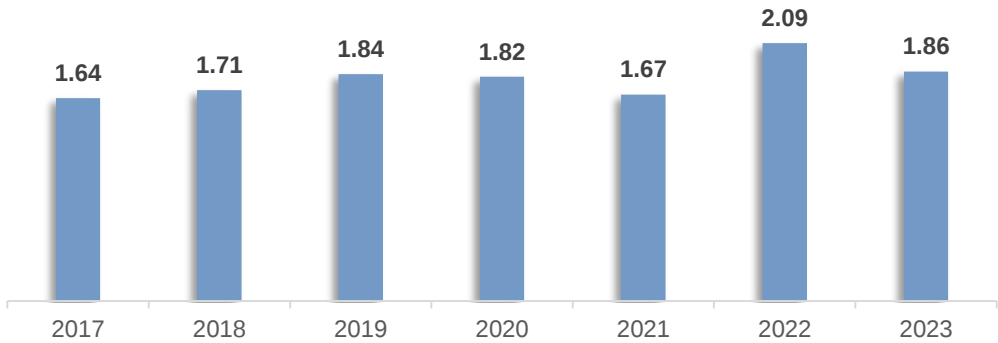
- 被联合国食品添加剂委员会列为一般认为安全级，是人工甜味剂中安全研究较为彻底的产品；
- 阿斯巴甜在人体内可以被水解成天冬氨酸、苯丙氨酸、甲醇，其中苯丙氨酸对苯丙酮酸尿患者不利，在我国食品中使用范围和用量限制严格；
- 2023年7月，世卫组织发布消息，称阿斯巴甜“可能对人类致癌”。

阿斯巴甜部分领域及用量限制示例：

使用范围	最大使用量 / (g/kg)
胶基糖果	10.00
面包	4.00
可可制品、巧克力和巧克力制品	3.00
发酵蔬菜制品	2.50
固体复合调味料、半固体复合调味料、调制乳粉和调制奶油粉、冷冻水果、水果干类、蜜饯凉果	2.00
糕点、饼干、其他烘焙食品	1.70
果蔬汁(浆)类饮料、蛋白饮料、碳酸饮料、茶、咖啡、植物(类)饮料、特殊用途饮料、风味饮料、调制乳	0.60

阿斯巴甜产能集中在中国，多个因素冲击市场规模展现下降趋势

中国阿斯巴甜出口量（万吨）



- 我国是阿斯巴甜主要的生产国与出口国，截止2023年我国阿斯巴甜的年总产能已经达到了4.4万吨，另有2.9万吨/年的规划产能，头部厂家如江苏汉光、常州光辉等均为非上市公司；
- 近几年我国阿斯巴甜出口量稳定在1.65万吨量级以上，实际销量占据全球七成左右。海外的产商比如Nutrasweet、Ajinomoto、Daesang等由于成本相对较高，近几年实际产量有限；
- 随着国内外健康观念的进一步加强、天然无害的功能性代糖普及，以及阿斯巴甜本身健康风险的披露，阿斯巴甜市场进一步发展或存在挑战。

3.3 代表性人工甜味剂——安赛蜜

- 安赛蜜在1967年首次被合成，1988年美国批准其使用，1992年我国批准其使用；
- 甜度约为蔗糖的200倍，与阿斯巴甜大致相同，味质类似蔗糖，是一种对人体十分安全的情性无营养型甜味剂，相同甜度下安赛蜜成本约是蔗糖的6.2%；
- 目前全球已有100多个国家正式批准安赛蜜用于食品、饮料、口腔保健、化妆品及药剂等领域中。因其极高的性价比，且具有安全稳定、口感纯正的特点，在任何复配场景都可使用。

安赛蜜安全性高，但长期过量食用仍存在风险

安全性

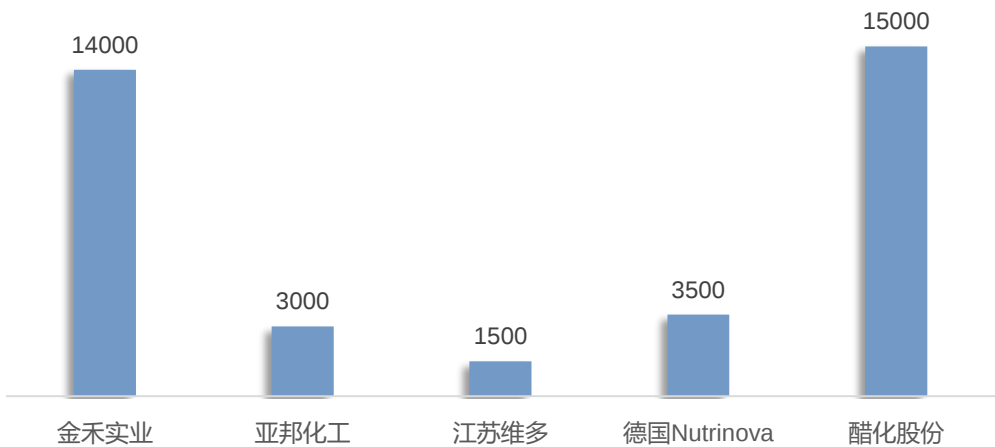
- 是世界上使用较安全的高倍甜味剂之一，通过了多个国际组织机构和国家权威性研究机构经过20多年的独立毒理学实验和严格的毒理审查；
- 长期过量食用磺胺类超标的食品，会对人体的健康造成危害，影响肝脏和神经系统。

安赛蜜部分领域及用量限制示例：

使用范围	最大使用量 / (g / kg)
胶基糖果	4.00
糖果	2.00
熟制坚果与籽类	3.00
酱油	1.00
风味发酵乳	0.35
以乳为主要配料的即食风味食品或其预制产品、冷冻饮品、水果罐头、果酱、蜜饯类、腌渍的蔬菜、加工食用菌和藻类、杂粮罐头、其他杂粮制品、谷类和淀粉类甜品、焙烤食品、饮料类(包装饮用水除外)、果冻	0.30
餐桌调味料	0.04g/份

安赛蜜产能集中在中国，呈现双寡头垄断格局

截止2024年中国安赛蜜产能分布（万吨）



- 截止2024年5月，安赛蜜国内市场价格为3.6-3.7万元/吨，成本约为2万元/吨；
- 2023年安赛蜜全球年消费量约3.7万吨，折合市场规模约13.3亿人民币；
- 安赛蜜生产难度大，行业进入壁垒较高，产能主要集中于中国，金禾实业与醋化股份作为头部厂商，2023年市占率接近75%。海外仅德国 Nutrinova 具备0.35万吨安赛蜜年产能，其产品主要供给欧洲市场，与国内厂商竞争关系较弱。

3.4 代表性人工甜味剂 —— 三氯蔗糖

- 三氯蔗糖，又称蔗糖素，**是唯一一种以蔗糖为原料的甜味剂**，易溶于水，稳定性高，不仅能耐高温，而且在较宽的pH范围内均能保持稳定。其口感与蔗糖相似，甜度为蔗糖的600倍；
- **因其极高的性价比，且具有安全稳定、口感纯正的特点，在任何复配场景都可使用。**已在中国、美国、日本等 30 多个国家获批，在饮料、酱菜、配制酒、糕点、饼干、罐头、蜜饯等食品中广泛应用。

三氯蔗糖口味纯正，功能性与安全性在人工甜味剂中最佳

安全性

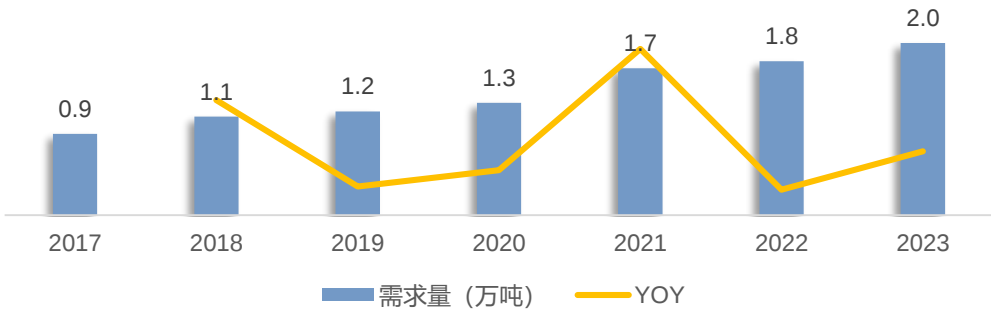
- 适量的食用对人体健康是安全的。但有研究发现三氯蔗糖及其水解产物具有一定毒性，如能降低小鼠与人类的精子活力。因此三氯蔗糖毒性问题有待进一步研究。
- 三氯蔗糖不会影响血糖值，糖尿病人对其也具有较好耐受性。

三氯蔗糖部分领域及用量限制示例：

使用范围	最大使用量 / (g / k g)
杂粮制品	5.00
蜜饯	1.50
蛋黄酱、沙拉酱	1.25
调制乳粉和调制奶油粉、腐乳类、加工坚果与籽类、即食谷物，包括碾轧燕麦（片）	1.00
发酵酒	0.65
方便米面制品	0.60
果冻、果酱	0.45
香辛料酱（如芥末酱、青芥酱）	0.40
调制乳、风味发酵乳、加工食用菌和藻类	0.30

全球三氯蔗糖市场快速增长，成为甜味剂市场中的重要品类

全球范围三氯蔗糖需求量（万吨）



- 三氯蔗糖甜度为蔗糖的600倍，相同甜度下三氯蔗糖成本约是蔗糖的8.0%；
- 2016-2021年，三氯蔗糖需求量由0.94万吨增长至1.7万吨，CAGR在16%左右；
- **三氯蔗糖目前处于产能过剩状态，产能主要集中在国内。**截至2023年，国内三氯蔗糖名义产能合计2.86万吨，海外仅有英国泰莱拥有3500吨产能；
- 目前全球甜味配料市场仍由蔗糖主导，而三氯蔗糖占比较低，具有很大的提升空间。**三氯蔗糖作为甜价比与安全性更高的人工代糖，市场规模有望进一步增长；**
- 由于三氯蔗糖行业生产需要用到大量的化工原料，会对环境造成大量的有机污染，**我国于2021年将三氯蔗糖行业列入高污染行业。**

04 功能性糖醇：细分品类众多，已有成熟应用

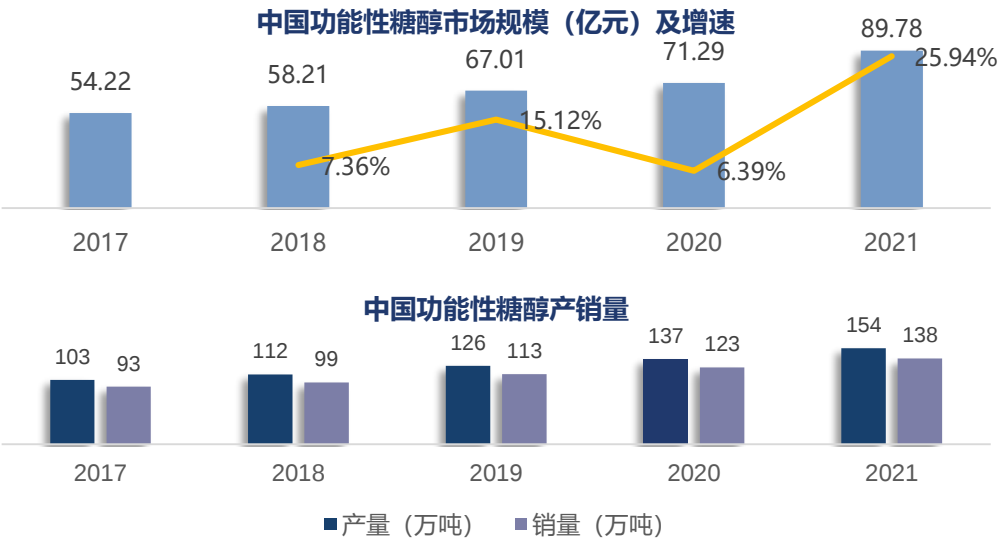
- 4.1 应用广泛，市场需求持续扩容
- 4.2 木糖醇：成熟商业化的功能性糖醇
- 4.3 赤藓糖醇：减糖“顶流”，产能高速扩张
- 4.4 甘露醇：生物制造是下一代生产方式



4.1 应用广泛，市场需求持续扩容

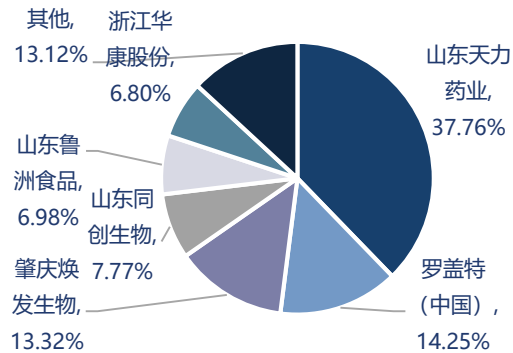
- 糖醇是单糖经催化氢化及硼氢化钠还原为相应的多元醇。糖醇虽然不是糖但具有某些糖的属性，且其对酸、热有较高的稳定性，不容易发生美拉德反应，广泛应用于低热值食品配方；
- 伴随全球无糖/低糖的消费风潮以及复配技术的不断优化，高倍甜味剂与糖醇类甜味剂的复配已成为目前**最为常见的甜味解决方案**；
- 功能性糖醇具备较好甜味表现以及安全性，而甜味外特性带来广泛应用场景。在提供甜味之外，**功能性糖醇通常具备例如保湿、保鲜、非结晶等特性**，应用场景相较于仅提供甜味属性的甜味剂更加广阔。目前除应用于**食品饮料行业**外，功能性糖醇还在**日化、医药、保健品、饲料**等行业里广泛使用，进一步打开需求空间。

功能性糖醇市场规模近年不断扩容，产销齐升

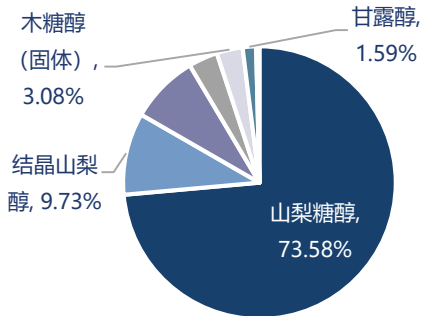


- 中国糖醇市场规模由17年的**54.22亿元**增长至21年的**89.78亿元**，CAGR达**13.4%**；
- 糖醇产销规模也随之稳步扩张，2021年我国糖醇产量为**154.38万吨**，同比增长12.31%；销量为**138.01万吨**，同比增长11.98%。

功能性糖醇产业竞争格局较为成熟



- 目前我国功能性糖醇行业**市场集中度较高**，2022年行业产量**CR5*达80%**。其中，山东天力药业占比最高，达37.8%，主要产品为山梨糖醇与甘露醇等



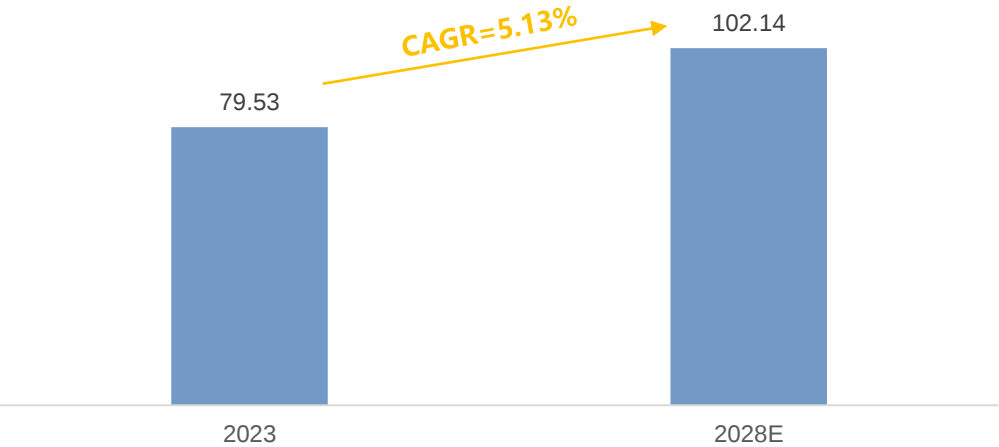
- 按照各品类产量细分结构看，**山梨糖醇是最大的细分种类**，2022年产量占比达73.6%；其次为结晶山梨醇和液体麦芽糖醇，占比分别为9.7%和8.2%

4.2 木糖醇：成熟商业化的功能性糖醇

- 木糖醇是最主流的食品添加功能性糖醇产品之一，商用木糖醇通常使用玉米芯、半纤维素等原料制成；
- 木糖醇甜度为蔗糖的1.2倍，热值为蔗糖的60%，GI值为13，**具有低热量、不至龋齿、低血糖的特性**，同时溶于水时可吸收大量热量，是所有糖醇甜味剂中吸热值最大的一种，食用时会在口中产生愉快的清凉感，因此木糖醇的主要应用为口香糖领域和糖果巧克力领域。

木糖醇市场规模稳步增长

全球木糖醇市场规模（亿元）



- 2022年全球木糖醇市场规模达到了**69.21亿元**，预计到2028年市场规模将达到**102.14亿元**，随着下游需求的恢复，木糖醇市场维持稳定增长的状态；
- **木糖醇的主要应用为口香糖领域和糖果巧克力领域，占比达到82%；**
- 由于日益增长的肥胖及糖尿病患者对无糖食品的需求以及消费者对健康食品的需求逐步提升，未来木糖醇的应用领域会扩展至**医药、个人护理等健康相关领域**。

化学法为目前的主流工艺，生物法相比化学法更具潜力

化学法

- 木糖催化加氢合成木糖醇，工艺成熟、原料可控；
- 需在高温高压下进行，产物比较杂，分离产物比较困难；
- 生产成本较高，价格约是蔗糖价格的5倍以上。

生物法

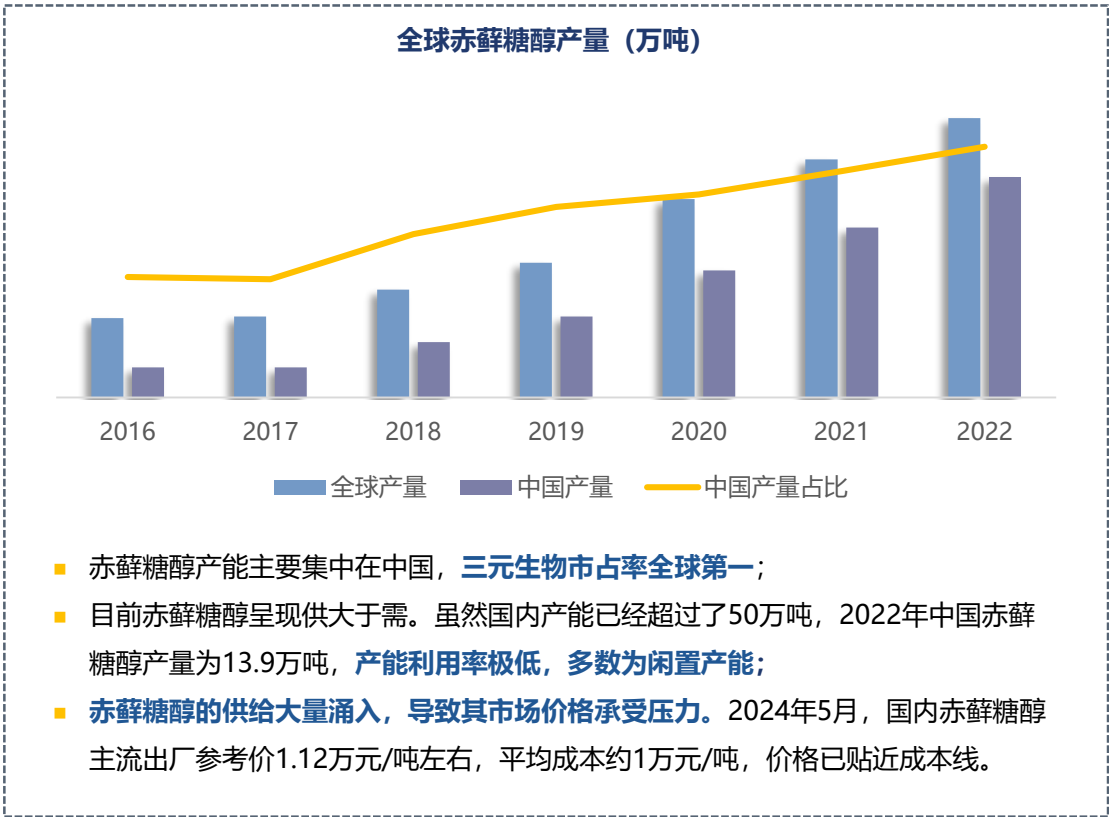
- 利用基因编辑后的菌株，以木糖为底物通过细胞工厂生产木糖醇；
- 简化了生产过程，可在常温常压下进行生产；
- 不产生污染，相比化学法更加更加安全、节能。

- 2022年我国木糖醇产量达7.51万吨，同比增长7.2%；其中出口量达5.13万吨，同比增长21.6%。目前我国木糖醇部分龙头企业为**华康股份、豫鑫糖醇、龙力生物**等；
- 国内生物木糖醇逐渐起步，**依镁生物、圣泉集团**等公司开始生产生物木糖醇，其中依镁生物生物法木糖醇项目于2023年7月初正式开工，投产后可达到木糖醇1万吨、甘露醇3000吨。

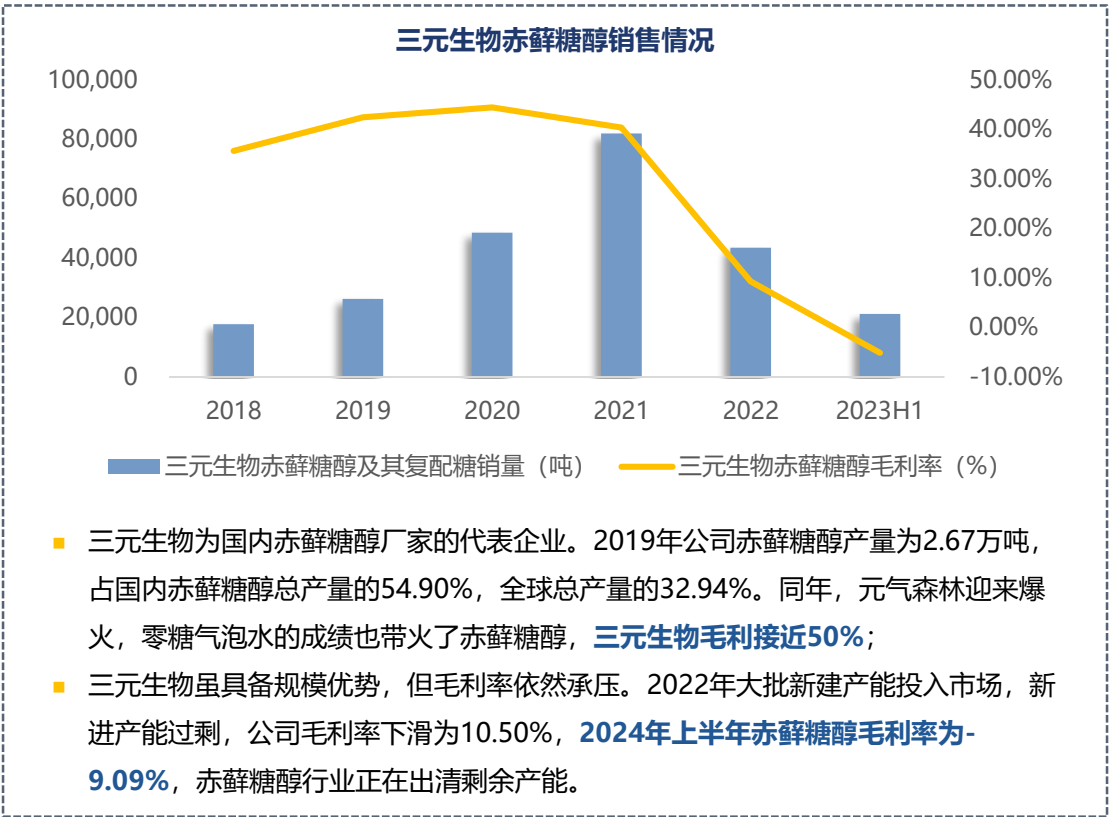
4.3 赤藓糖醇：减糖“顶流”，产能高速扩张

- 赤藓糖醇，**甜度是蔗糖的60%-70%**。清凉舒爽，具有低吸湿性、不致龋齿性，是甜味剂市场发展最快的品种之一，广泛用于**食品、医药和化工等领域**；
- 热量极低，人体内没有代谢赤藓糖醇的酶系。赤藓糖醇进入人体后，不参与糖的代谢，大部分随尿液排出体外，几乎不会产生热量和引起血糖的变化；
- **生物发酵法生产赤藓糖醇安全且易于控制，是目前主要的生产方法**。生物法是以淀粉为原料，加入酶将淀粉液化、糖化生成葡萄糖，继而采用微生物发酵。

赤藓糖醇产能过剩，近两年内价格收到冲击



以三元生物为例，赤藓糖醇正在经历重整

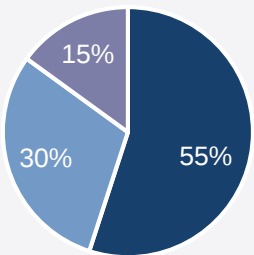


4.4 甘露醇：性能优越的功能性糖醇，生物制造带来行业变局

- 甘露醇（Mannitol），又称D-甘露糖醇、木蜜醇，是一种六醇，在自然界中广泛存在于植物的根茎叶，尤其是海带和海藻之中，因此甘露醇也被称为“海藻里的甘露”；
- 具有甜度适宜、热量低、不吸潮和性质稳定等特；
- 广泛应用于医药、食品、化工等行业。是性能优越的功能性健康糖醇，生命健康领域不可或缺的刚需原料。

甘露醇主要应用于医药领域

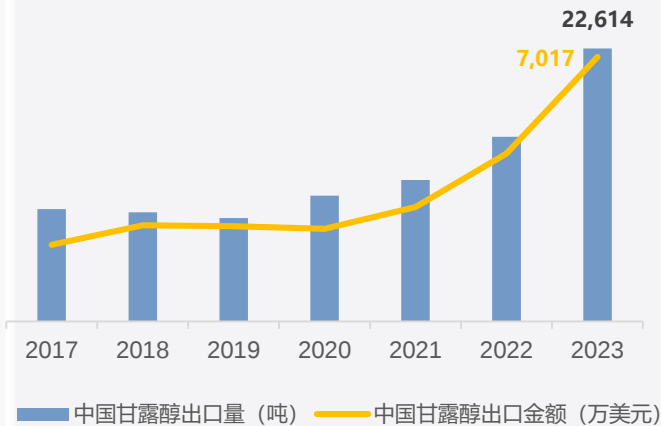
甘露醇主要下游应用领域



■ 医药 ■ 食品 ■ 其他工业

- 医药：原料，有降颅压、脱水等作用。还可作为药用辅料，用作药片的赋形剂及固体、液体的稀释剂；
- 食品：在糖果中使用，作为甜味剂、乳化剂、膨松剂、稳定剂或增稠剂；
- 其他领域：通常作为重要的中间体，用于合成诸多有机化学品；
- 全球范围内年需求量超**10万吨**。

中国甘露醇出口量及出口额快速提升



生物合成是最具潜力的甘露醇生产方法

植物提取

- 简单易行
- 原料受限、提取率低、高污染

化工加氢

- 生产效率高，不受植物生长和产量的限制
- 高成本、高耗能、高污染

生物发酵

- 反应条件温和，无需高温高压，能耗相对较低，且放大难度低，成本更低、可持续性更强、效率更高

技术发展趋势

- 生物法可以打破传统化工法存在多重损耗、反应条件严苛、成本较高的弊端，**是最具潜力的甘露醇生产方法**；
- 代表企业如微元合成已完成甘露醇生产菌株的构建，在全球范围内率先自主开发了可量产的直接生物转化生产甘露醇技术，**原料转化率可超过99%以上**。

05 新型天然健康甜味剂：快速崛起的甜味剂新星

- 5.1 快速增长的甜味剂黄金赛道
- 5.2 阿洛酮糖：极具潜力的下一代健康糖
- 5.3 塔格糖：口味接近蔗糖，成本过高成为限制
- 1.4 甜菊糖苷：来源最为丰富的植物提取甜味剂
- 1.5 罗汉果苷：安全的纯天然甜味剂，中国具备原料优势
- 5.6 甜味蛋白：甜味剂潜力股，具备多种生理功效
- 5.7 复配逐渐成为天然甜味剂最佳的应用方案之一

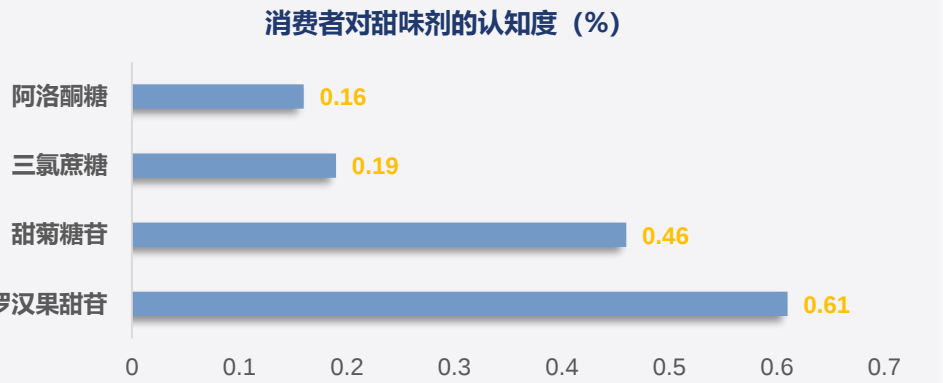


5.1 快速增长的甜味剂黄金赛道

- 新型功能甜味剂兼具**天然健康**和人工甜味剂**甜味替代**的优点，不仅甜度高热量低，并且普遍无毒、无副作用，拥有更健康、更天然的优势；
- 天然功能甜味剂产品品项多、非标属性强，但受限原材料属性，部分稀缺优质成分天然含量极低，通过提取或者酶转化制造的成本高昂的同时无法实现稳定批量生产。而在合成生物学快速发展的加持下，**稀缺成分如阿洛酮糖、Reb M*、罗汉果甜苷均已实现成熟技术路线以及工业化落地能力**，为其风味稳定性以及定制化生产打开新成长机遇。

品 种	甜 度 (以蔗糖为单位)	风 味 特 征	安 全 性
阿洛酮糖	0.7	接近蔗糖	安全，有降血糖等多种功效
罗汉果甜苷	300-563	甜味持续长，有弱苦味	安全无毒
甜菊糖苷	200-300	甜味、苦味，有后甜感	安全性高，无副作用
塔格糖	0.9	接近蔗糖，有焦糖风味和轻微酸味	安全性较高
索马甜	1600-3000	甜味持续时间长	安全性高，可降解为人体所需氨基酸

- 据估算全球超过**四分之三**的消费者会阅读产品清洁标签，并影响购买决策
- 得益于其健康天然的属性，结合政策支持，天然功能甜味剂成为健康产业链的重要环节，**消费者认知度将持续扩大，市场规模不断上升**



- 国内市场多家食品公司推出含天然功能甜味剂食品：喜茶推出**甜菊糖产品**，奈雪的茶与供应商一同对新产品进行研发，推出**罗汉果特色**独家定制款，率先在业内进行甜味剂升级。



5.2 阿洛酮糖：极具潜力的下一代健康糖

- 1940年，科学家首次在小麦叶子中发现阿洛酮糖。阿洛酮糖又称为D-阿洛酮糖、无花果糖，是D-果糖的三号位碳所对应的的差向异构体，是一种少量存在于植物中的稀有糖；
- 阿洛酮糖的甜度约为蔗糖的**70%**，热量约为蔗糖的**10%**，其甜味与蔗糖相似，口感柔和细致，食用期间与之后都没有不良口感；
- 因其热量低、高度还原蔗糖口感、能够发生美拉德反应等特点，已在**美国、日本、韩国**等诸国家获批使用。

阿洛酮糖具备多元优势，是极具潜力的新一代健康糖



口感优异，接近蔗糖

- 口感相比其他主流甜味剂更具优势
- 更加还原蔗糖的纯正甜味，更细致柔和



低热量

- 甜度为蔗糖的70%，热量仅为蔗糖的10%
- 阿洛酮糖摄入后，会被消化系统部分吸收，但几乎不会被代谢



安全性高

- 阿洛酮糖安全性好，且具有降血糖、抗氧化、神经保护等优点
- 可促使胰岛素正常分泌，从而实现控制体重和预防糖尿病的作用



改善食品风味

- 能与氨基酸或蛋白质发生美拉德反应，赋予食品风味和色泽
- 应用于饮品、烘焙、糖果等多个领域

阿洛酮糖市场快速增长，国内及欧盟获批在即

- 截止2022年，阿洛酮糖在全球市场增速达到**164%**。阿洛酮糖可应用于烘焙、冰淇淋、果脯、糖果，以及零卡饮料，从2014年到2018年，含有阿洛酮糖的食品和饮料上市数量**年均增长率为45%**；
- **当前阿洛酮糖市场主要集中在北美、日韩和澳新**。目前全球范围内已有14个国家批准阿洛酮糖作为食品原料使用，随着国内国内及欧盟获批在即，市场空间将更上一层楼。

01 产品



Killer Creamy
0糖冰淇淋



Smart Sweets
0糖可乐软糖



Catalina Crunch
低糖曲奇饼干



松谷化学
阿洛酮糖保健食品

02 审批

美国

2012年6月认可D-阿洛酮糖可作为食品添加剂使用；并于2019年宣布放宽使用限制

中国

2023年5月，国家卫健委公告，D-阿洛酮糖-3-差向异构酶被列入食品工业用酶制剂新品种

欧盟

2023年欧洲食品安全局再次对阿洛酮糖做了安全性评估，认定其没有风险，获批进程加快

5.2 阿洛酮糖：极具潜力的下一代健康糖



阿洛酮糖生产以酶转化法为主，跨大上公司积极布局

- 差相异构酶转化
- 转化率约30%
- 色谱分离
- 需反复稀释浓缩



阿洛酮糖生产成本约2.3万元/吨左右，其中原料成本占比接近60%

- 国内多个企业开始布局阿洛酮糖生产业务，到2025年预计国内有**17万吨阿洛酮糖产能**，随着市场需求量不断增大，**阿洛酮糖市场规模有望进一步扩大**



全细胞发酵法助力成本降低

利用工程菌发酵，直接将葡萄糖转化为阿洛酮糖



微元合成是发酵法生产阿洛酮糖的标杆案例：

- 微元合成致力于以更加低碳、低成本、可持续的生产方式，为人类营养、动物营养和功能性原料市场提供全生物基解决方案
- 微元合成开发了**全球独家、行业领先**的低成本生物制造阿洛酮糖技术，并率先进入试生产，打造全球健康糖生物制造中心



5.3 塔格糖：口味接近蔗糖，成本过高成为限制

- 塔格糖与阿洛酮糖结构相似，它也是果糖的一种“差向异构体”。塔格糖属于“稀有糖”，极少量存在于自然界如**水果、可可和奶制品**中。
- 甜味与蔗糖相似，**甜度为蔗糖的92%，基本无不良异味和后味，产生的热量约为蔗糖的1/3，能量值为1.5kcal/g**。塔格糖易发生美拉德反应，在较低温度下即可发生焦糖化反应，可以缩短1/4的上色时间，因此可以应用于乳制品、饮料、谷物制品、糖果、果脯等食品领域。

甜菊糖苷可应用于多个领域

饮料

对其他强力甜味剂（甜蜜素、甜菊糖、阿斯巴甜等）起协同增效作用，**消除其他甜味剂的不良后味，改善饮料的口感。**

乳制品

少量的塔格糖可以改善乳制品的口感。此外，它还可以用于酸奶中，在**提供甜味的同时增加酸奶的活菌数，提高酸奶的营养价值。**

烘焙食品

塔格糖**低温易焦糖化**的特性，使其比蔗糖更容易产生理想的色泽和更醇香的风味。此外，由于塔格糖粘度低、易结晶，也可用于霜化食品。

糖果和巧克力

塔格糖可以作为唯一的甜味剂应用于巧克力中，且工艺不需要太大改变，**巧克力的粘性和吸热特性与添加蔗糖时相似。**

- 2003年 ○ 塔格糖通过美国FDA的GRAS认证，但是FDA将塔格糖归类为添加糖，不能在标签中豁免。
- 2006年 ○ 塔格糖被欧盟批准为新型食品成分
- 2014年 ○ 国家卫计委就批准塔格糖为新食品原料，可以应用在除婴幼儿食品以外的食品中，并且对每日摄入量没有要求。



塔格糖的应用受制于成本，海内外多家公司尝试生物制造方法

- 传统的制造方法是将半乳糖经过多步酶促反应转化为塔格糖，这个过程只能转化大约30%的半乳糖，而且分离塔格糖的成本很高，这就导致塔格糖的零售价居高不下；
- 2020年塔格糖的零售价为每公斤**26美元**，而蔗糖的零售价仅为**每公斤50美分**；
- 通过新技术打破成本困境成为塔格糖应用铺开的关键。

酶促反应

- 美国初创公司Bonumose开发了一种同步酶促转化工艺。**从淀粉开始，通过使用多种酶的酶促工艺大规模生产塔格糖，最终收率可以高达90%**
- 该方法可以使用更廉价的碳源，例如炸薯条制造过程中残留的马铃薯淀粉或豌豆分离蛋白制造过程中剩余的淀粉。

以酵母作为底盘发酵

- Illinois大学的研究人员设计了一种酵母菌株，通过基因编辑阻断酵母在乳糖代谢过程中使用半乳糖作为细胞燃料，然后添加了两个将半乳糖转化为塔格糖的基因；
- **改造后的酵母产生的溶液含有90%的塔格糖，远大于传统酶促反应的30%。**

利用细菌作为微生物反应器

- Tufts研究人员提出了一种创新方法，利用细菌作为封装酶和反应物的微型生物反应器来生产塔格糖。使用植物乳杆菌来制造大量的L-阿拉伯糖异构酶（LAI），并使其在细菌细胞壁内保持稳定。
- **这种方法可以将收率提高到85%。**

5.4 甜菊糖苷：来源最为丰富的植物提取甜味剂

- 甜菊糖苷是从菊科草本植物甜叶菊提取得到的一类具有高度甜味的二萜类化合物，目前已知的有30多种，甜度约为蔗糖的200-300倍，热量仅为蔗糖的1/250左右；
- 甜菊糖苷被认为是“世界第三天然糖原”，因为**低热量、高甜度、稳定性良好、价格便宜**，在医药、日用化工、饮料、食品、酿酒等行业广泛应用，2023年市场规模约**4.83亿美元**
- 2024年3月，国家卫生健康委员会发布公告，弈柯莱生物自主研发的甜菊糖苷·瑞鲍迪苷M（酶转化法）成功通过审批，**成为中国首批获批的甜菊糖苷产品。**

甜 菊 糖 苷 可 应 用 于 多 个 领 域

医药	■ 甜菊糖苷的不消化性和非发酵性，能促进维持正常的肠道生态，促进人体内双歧杆菌和乳酸杆菌的增殖，抑制大肠杆菌等病原菌，对便秘和直肠疾病等有良好的预防效果。
食品添加	■ 甜菊糖苷喜酸，用于果酒中可提高果酒的风味；加到腌制品中，能抑制其咸味过高，并缩短腌制时间； ■ 与其他甜味剂复合使用时依然能够保持良好的口感。
食品保鲜剂	■ 甜菊糖苷具有抗菌性，能够抑制多种细菌的生长； ■ 可以作为一种保护剂，使普遍使用的防腐剂在含水酸性体系中免遭破坏，提高抑菌效果， ■ 甜菊糖苷还具有抑制非酶促褐变反应的功效，不会引起发酵性酸败
营养保健品	■ 甜菊糖苷具有抗糖尿病、抗心脏纤维化、抗脂肪肝、抗炎、抗菌、抗肿瘤等多种保健功能； ■ 甜菊糖苷最终代谢产物均为甜菊醇，不会在人体内积累，作为保健品使用时，不会引起任何毒副作用

生物制造打开甜菊糖苷行业成长新路径

	传统植物提取法	酶转化法	发酵法
简述	以甜叶菊为原料，提取、精制得到Reb M*	高纯度甜菊糖苷Reb A为原料经酶转化得到Reb M	以葡萄糖为原料通过基因工程微生物发酵后分离提纯得到Reb M
技术路径	叶片→物理提取技术→Reb M	叶片→物理提取技术→Reb A→分离提纯→Reb M	葡萄糖→发酵→甜菊糖→酶转化→分离提纯→Reb M
工艺成熟度	成熟	成熟	起步阶段
终产品纯度	≥50%	≥95%	≥86
产出率	1吨甜叶菊提取1.6kg Reb M	1吨甜叶菊提取88.2kg Reb M	1吨葡萄糖对应25kg Reb M

- 2022年全球甜菊糖苷产能接近**10000吨**左右。甜菊糖苷生产受甜叶菊种植地限制，中国种植地主要分布在**新疆、甘肃、内蒙古、河北、江苏、安徽、黑龙江**等地；
- 中国生产甜菊糖苷的企业主要是**盈嘉合生、谱赛科、莱茵生物、浩天药业和晨光生物**，酶转化法目前正在成为主流的生产方式；
- 2018年，嘉吉和帝斯曼建立合资企业Avansya，旨在通过发酵法生产甜菊糖苷 Reb M和Reb D，该方法目前尚未进入稳定量产阶段。

5.5 罗汉果苷：安全的纯天然甜味剂，中国具备原料优势

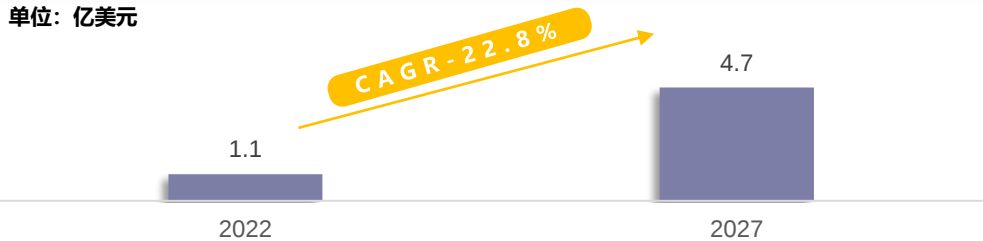
- 罗汉果苷从成熟的罗汉鲜果中提取得到，**甜度约为蔗糖300-563倍**，具有甜度高、热量低、安全性好的特点；
- 罗汉果苷最主要的作用是降糖，其机制与修复胰腺损伤，改善胰岛素抵抗，抗氧化应激，抑制α-葡萄糖苷酶活性有关，可用于满足肥胖者和糖尿病患者的生活需求。除此以外，其还具有止咳祛痰平喘、保肝、抗癌、抗炎、抑菌等作用；北美消费者对罗汉果已经有了较高的认知度，**且绝大多数消费者均认为罗汉果是天然的，高于同样属于天然甜味剂的甜菊糖苷**；
- **罗汉果甜苷V是罗汉果甜度的主要来源，含量为总甜苷的22%左右**。罗汉果甜苷V受限于生物资源有限性和高昂的提取成本。

罗汉果苷是甜味剂中高速成长的明星品种

医药	■ 作为中药汤剂、营养补剂等汤剂的伴侣原料使用，进行气味掩盖，提升口感
食品添加	■ 作为甜味剂加入奶茶、果茶、咖啡等饮料，减少糖分摄入量的同时保障口感； ■ 加入碳酸饮料，减慢CO₂的逃逸速度，保障碳酸饮料的口感
食品保鲜剂	■ 添加适量的罗汉果甜苷有利于延长炖煮五花肉的保质期，可作为肉制品的抗氧化剂
绿色饲料添加剂	■ 罗汉果甜苷可通过调控酶和功能基团、改善肌肉内脂肪细胞数量与脂肪的合成能力，增加脂肪含量，提高口感。

罗汉果苷多用于北美有机天然食品饮料。2020年美国市场带有清洁标签的食品饮料中，罗汉果的使用率增长了15.7%。
2023年罗汉果苷的消费类在千吨级，预计到2027年罗汉果苷市场规模CAGR达22.8%。

单位：亿美元



罗汉果苷生产以植物提取为主，生物制造为产业发展带来想象空间

公司	主营业务	年产能 (吨)
 layn 莱茵生物	海外提供高纯度单品，国内提供产品解决方案	250
 Monk Fruit 吉福思 Corp	罗汉果及其副产物全生产链	200
 HC 华诚生物	罗汉果提取物及下游应用	450 (50%罗汉果甜苷V)
 Hunan NutraMax 绿蔓生物	植物提取的全产业链	150

- 罗汉果喜温，不耐严寒，**需要适宜的种植温度，对土壤也有一定的要求**，我国多种于广西一带。2020年广西罗汉果种植面积为25万亩，约占全国的85%；生产罗汉果甜苷的企业主要是**莱茵生物、华诚生物、绿蔓生物、吉福思**等；
- 生物制造可以克服传统提取方法的资源限制，在微生物中引入并优化罗汉果甜苷V合成途径的关键酶和基因，无需依赖植物资源的提取；
- **莱茵生物**与江南大学陈坚院士团队合作，2023年底跑通罗汉果甜苷生物合成技术。

5.6 甜味蛋白：甜味剂潜力股，具备多种生理功效

- 甜味蛋白具有高甜度、低热量、安全性高等优点，经胃蛋白酶消化后可成分氨基酸，具有一定营养价值。目前已发现的植物甜味蛋白**主要有8种**，其名称，来源，甜度均存在差异；
- 作为一种蛋白质，甜味蛋白具有**高甜度、低热量、无毒安全等优势**。不仅化学性质稳定，耐热、酸和碱，且大部分甜味蛋白摄入后不参与机体代谢，因此特别适合特殊人群（如肥胖症、糖尿病患者等）食用。
- 作为蛋白，甜蛋白在高温环境下会发生变性从而失去甜味，这导致甜蛋白的应用场景受到大幅限制。

名称	天然植物来源	甜度	其他特点
Thaumatococcus 索马甜	非洲竹芋	蔗糖的5500-8000倍	酸性条件下 热稳定性好
Brazzein 布拉珍	Pentadiplandra Brazzeana	蔗糖的2000倍	水溶性、热稳定性、 pH值稳定性较好
Monelin 莫奈林	Dioscoreophy Llum Cummitasii	蔗糖的3000倍	受温度和pH值 影响大
Curculin 仙茅蛋白	Curculingo Latifolia	蔗糖的2000倍	对热敏感，可将有机 酸变甜
Mabinlin 马槟榔甜蛋白	Cappari Smasaikai Levi	蔗糖的400倍	热稳定性较好
Pentadin 培它丁	Pentadiplandra Brazzeana	蔗糖的500倍	非天然形态的交联布 拉珍分子
Miraculin 奇异果蛋白	Richadelladulcifa Baehni	/	无甜味，遇酸性物质 后可以改变人的味觉
Neoculin	Curculingo Latifolia	蔗糖的500倍	有味道修饰的功能

- 甜蛋白主要是从天然植物中提取，存在**原料产地限制、产量低、提取成本高、稳定性较差等限制**；
- 合成生物技术有望通过改造后的工程菌株生产索玛甜、布拉珍、莫奈林等甜味蛋白，**突破原料限制**。美国Oobli公司通过发酵生产的布拉珍已获得美国FDA认证。

索马甜是目前商业化进展最快的甜味蛋白

- 索马甜 (Thaumatococcus) 又名非洲竹芋甜、沙马汀，是从竹芋中提取的一种天然甜味蛋白；
- 1994年，**欧洲**批准其作为甜味剂和风味增强剂使用，美国**FDA**批准索马甜在食品中的使用。2014年**中国**正式批准索马甜作为食品添加剂使用，**使用限量为0.025g/kg**；
- 2021年全球范围内，索马甜需求量在百kg级别，市场规模约**1.7亿美元**，产品主要在**欧洲、美国和日本**销售，主要应用在**各类香精等调味品**中；
- 可以通过**转基因改造生产用植株，或者通过转基因改造病毒感染生产用植株等方式进行索玛甜的合成**。目前转基因产量最高的是将索马甜基因转入番茄中，**产量可达50mg/kg**。

5.7 复配逐渐成为天然甜味剂最佳的应用方案之一

- 理想的甜味剂要求为：**安全无毒、甜味纯正与蔗糖相似；高甜度、低热值；稳定性高；不致龋；价格合理**。能达到要求的单体甜味剂目前不存在。提高甜味剂功效的方案之一是复配；
- 复配甜味剂通过利用各种甜味剂的协同效应和生理特点，可减少不良的口味，缩短味觉开始的味觉差，提高甜味剂的稳定性，**减少甜味剂总体利用量，降低成本**；
- **天然低倍甜味剂在复配中常用作填充剂**。糖醇等天然低倍甜味剂的甜度一般小于蔗糖，热量也大多低于蔗糖，可用作高甜度甜味剂的填充剂。糖醇溶解时一般会吸收热量，往往口感清爽或清凉，可作为甜度口味调节成分或甜味剂使用。如具有清凉口感的木糖醇常被添加在**薄荷糖**中；甘露糖醇等可掩盖一些糖精的铁锈味或苦味，适用于**高甜度蜜饯、果冻、果酱**。

食 品 分 类	排 名 * 1	排 名 2	排 名 3 单 体
碳酸饮料	三氯蔗糖+赤藓糖醇	安赛蜜	赤藓糖醇
茶类饮料	甜菊糖苷	安赛蜜	赤藓糖醇
果蔬汁类	安赛蜜+阿斯巴甜	三氯蔗糖+赤藓糖醇	三氯蔗糖+赤藓糖醇+麦芽糖醇
咖啡类饮料	甜菊糖苷	安赛蜜+阿斯巴甜	
果酱类	糖精+甘露醇		
特殊用途饮料	三氯蔗糖	三氯蔗糖+赤藓糖醇	安赛蜜
其他饮料	三氯蔗糖	安赛蜜+甜菊糖苷+赤藓糖醇	三氯蔗糖+安赛蜜+阿斯巴甜+赤藓糖醇
膨化食品	阿斯巴甜	阿斯巴甜+甜菊糖苷	木糖醇

06 产业公司梳理

6.1 甜菊糖苷及其复配方案受到跨国龙头企业青睐

6.2 国内上市公司分析

6.3 一级市场标杆企业：微元合成

6.4 国内其他一级市场企业



6.1 甜菊糖苷及其复配方案受到跨国龙头企业青睐



嘉吉

- 嘉吉通过创新的食物解决方案，提供兼顾营养、美味与健康的饮食选择；
- 在减糖方面，嘉吉旗下品牌 truvia®臻唯恬™甜菊糖代糖全系列产品提取自甜叶菊，是轻卡轻热量且不含麸质的代糖甜味料；
- 除甜菊糖外，嘉吉还布局了阿洛酮糖、L-阿拉伯糖等健康糖。



宜瑞安

- 宜瑞安通过天然甜味剂和专业质构方案，在更健康的甜味作用和质构完善上给减糖配方带来一站式的解决方案；
- 产品管线包括通过精密发酵生产的甜菊糖苷系列产品（Reb A和Reb M）及其复配糖，同时也在布局阿洛酮糖等新一代健康糖产品。



帝斯曼

- 于2021年推出甜菊糖苷Reb M产品，并基于甜菊糖苷的复配糖开发出多款饮料增甜方案；
- 2018年帝斯曼收购专注天然味觉修饰技术的味觉生物研究平台 SENOMYX®；
- 在中国与莱茵生物建立长期合作。

6.2 国内上市公司分析——三元生物（1/4）

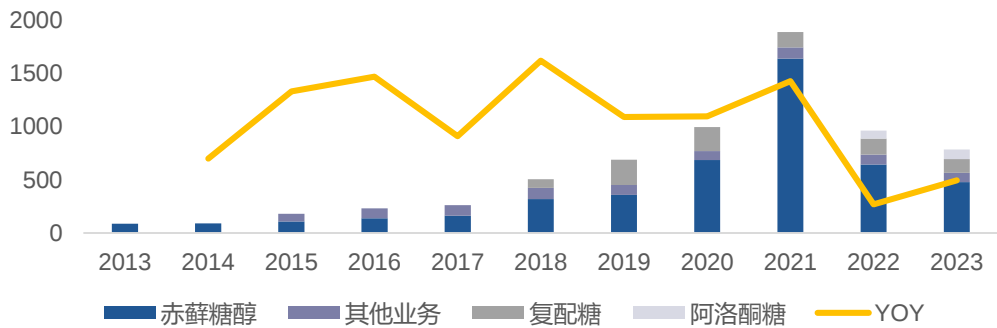
- 三元生物是全球领先的功能糖-赤藓糖醇领域龙头企业之一。公司以赤藓糖醇生物发酵法生产工艺为核心，主要从事功能糖—赤藓糖醇及复配糖产品的研发、生产和销售。公司主要产品为赤藓糖醇和复配糖，可广泛应用于食品、饮料、乳制品、焙烤、酒类、保健品、医药、饲料、日化等众多领域。

单位：亿元

公司名称	股票编码	主营业务	市值	23年收入	23年净利润	静态市销率	静态市盈率
三元生物	SZ: 301206	功能糖类产品研发商	51.7	5.0	0.6	10.0	86.2

赤藓糖醇龙头企业，业绩受产品价格波动影响极大

三元生物历年营收与拆分（百万元）



- 三元生物是全球领先的赤藓糖醇生产企业，在我国赤藓糖醇领域市占率接近**50%**，在2019-2021年时间保持超过50%的年化复合增速，**充分受益于元气森林等网红饮料带动**；
- 2022年开始，新兴企业生产端集中投放产能，赤藓糖醇下游消费端需求疲软导致产品供过于求，市场价格因而短期内快速下行。2022年赤藓糖醇江苏**市场价格中枢在12000元/吨，同比2021年降低42.86%**。
- 2022年营收承压时期，公司的赤藓糖醇的毛利率保持在**10.50%**，复配糖毛利率为**28.24%**。

积极布局合成生物学，扩展其他甜味剂品类

阿洛酮糖

- 三元生物2万吨阿洛酮糖项目中的2000吨产线开始试生产，2023年已贡献收入196万元

甜菊糖苷

- 采用合成生物学方法研发的天然高倍甜味剂优质甜菊糖已经具备规模生产能力

塔格糖

- 使用淀粉生产塔格糖的技术已进入中试

6.2 国内上市公司分析——百龙创园（2/4）

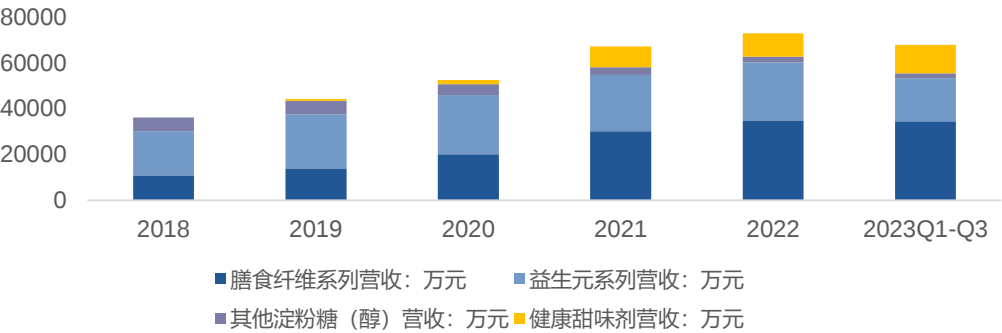
- 百龙创园是功能糖行业领军企业之一。公司是一家具备多品种规模化生产能力，主要从事益生元系列产品、膳食纤维系列产品、其他淀粉糖(醇)产品 and 健康甜味剂产品的研发、生产及销售的高新技术企业。公司主要产品定位中高端，包括低聚异麦芽糖、低聚果糖、低聚半乳糖、低聚木糖、抗性糊精、聚葡萄糖、阿洛酮糖等。

单位：亿元

公司名称	股票编码	主营业务	市值	23年收入	23年净利润	静态市销率	静态市盈率
百龙创园	SH: 605016	功能糖生产商	54.8	8.7	1.9	6.3	28.8

国内领先的糖类营养产品企业，健康糖产品收入持续上升

百龙创园营业收入及分布情况



- 聚焦于四类主营业务：**益生元、膳食纤维、其他淀粉糖（醇）和健康甜味剂**。其中，益生元、膳食纤维和健康甜味剂是公司的支柱业务；
- 自2019年推出阿洛酮糖产品后，健康甜味剂板块贡献快速增长，**2021年同比增长超过7倍，是国内率先实现阿洛酮糖产业化的企业；**
- 公司产能持续扩张，“15000吨结晶糖项目”包含**10000吨结晶果糖、5000吨阿洛酮糖**，已于2023年12月投产

加速布局阿洛酮糖，产能布局扩张至海外

01

进一步扩张阿洛酮糖布局

- 目前公司阿洛酮糖老产线已满产，为满足下游食品生产加工企业需求，公司投建了年产1.5万吨结晶糖项目，可用于生产阿洛酮糖结晶糖产品，**项目已于今年二季度全面投产。**

02

布局泰国生产基地，提升国际竞争力

- 百龙创园拟投资4.52亿元人民币在泰国投资建设功能糖生产基地项目，项目中阿洛酮糖生产线同时具备生产阿洛酮糖、结晶果糖、异麦芽酮糖等结晶糖产品。此次海外生产布局可以利用**当地的原材料优势**，降低生产成本，规避贸易风险，降低关税水平，提升企业产品的海外竞争水平。

6.2 国内上市公司分析——保龄宝（3/4）

- 保龄宝是国内功能糖行业的龙头企业之一。公司以酶工程和发酵工程等现代生物工程技术为基础，主要从事功能糖的研发、制造及方案服务。公司主要产品为功能糖系列、糖醇系列、膳食纤维系列、淀粉及淀粉糖系列、医药原辅料系列及益生元终端等，覆盖高、中、低全产业链产品。

单位：亿元

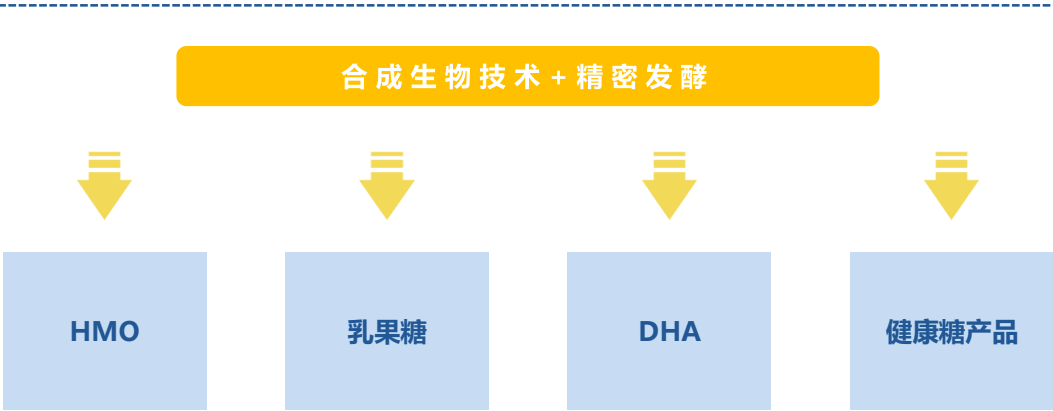
公司名称	股票编码	主营业务	市值	23年收入	23年净利润	静态市销率	静态市盈率
保龄宝	SZ: 002286	功能糖生产商	23.7	25.2	0.5	0.9	47.4

产品矩阵丰富，在健康糖领域具有规模优势

产品	原有产能（吨）	新增产能（吨）
阿洛酮糖	7000	30000
赤藓糖醇	33000	30000
蛋白饲料	-	10000
复配营养液	-	5000
抗性糊精	-	5000
低聚果糖	10000	-
结晶果糖	50000	-
谷朊粉	13000	-
果葡糖浆	10000	-
高果糖浆	300000	-

- 下游与**可口可乐**、**元气森林**、**辉瑞**、**蒙牛**等形成稳定的战略合作关系，公司凭借全产业链优势，充分受益于减糖大趋势。

借助合成生物技术持续布局新产品，构筑人类营养全产业链



- 自2023年开始对益生元、膳食纤维、代糖产品等产线进行工艺优化，以保持技术领先优势。并对计划引进和开发的几个新产品，**运用合成生物或者精细发酵技术来提高产品的技术含量和竞争能力。**

6.2 国内上市公司分析——莱茵生物（4/4）

- 莱茵生物是国内植物提取行业的领军企业之一，从事天然健康产品研发、生产及销售。主要产品包括罗汉果提取物、甜叶菊提取物、积雪草提取物、酸枣仁提取物，产品广泛应用于食品饮料，保健品，护肤品，医药等领域。其中罗汉果提取物，甜叶菊提取物等天然甜味剂是公司未来的主要增长点。

公司名称	股票编码	主营业务	市值	23年收入	23年净利润	静态市销率	静态市盈率
莱茵生物	SZ: 002166	植物提取产物龙头企业	51.9	14.9	0.8	3.5	64.9

深耕植物提取领域，全产业链竞争优势显著



- 公司位于植物资源丰富的**广西桂林**，在原料采购端具备显著的区位优势；
- 上游依靠区位优势合作建立种植基地，中游掌握多项核心技术，积累研发优势，下游深度绑定大客户，布局覆盖全球的营销中心，**打造全产业链优势**；
- 甜菊糖苷与罗汉果苷产品市占率均超**10%**。

已与多个国际大B端客户深度绑定
帝斯曼位公司第一大客户



建立子公司优值生活
推出多个天然C端产品



冻干罗汉果



罗汉果袋泡茶



罗汉果精酿

布局合成生物技术，突破植物提取原料限制



6.3 一级市场标杆企业：微元合成



- 微元合成创立于2021年，创始人刘波博士毕业于中国科学院微生物所，师从陶勇等科学家，在合成生物学领域有十余年积淀。**公司致力于合成生物技术的研发及产业化**，业务聚焦于活性分子、高附加值天然产物和大宗生物基原料等品类，应用于医药、日化、农业、食品、饲料和材料等领域。

兼具底层技术、产品研发和产业化能力，打造行业领先合成生物公司



微元合成全球范围内首家完成了发酵法阿洛酮糖的产业化尝试

- 在微生物细胞工厂中建立了全新的阿洛酮糖合成途径，全球独家以更低成本的葡萄糖为原料，通过生物发酵直接生产高纯度阿洛酮糖。

研发

- 开发全球独家、行业领先的低成本阿洛酮糖生物制造技术，相比传统酶催化法成本大幅降低，且成本可随着量产以及技术迭代进一步优化。
- 获中关村论坛《百项新技术新产品榜单》、“中关村国际前沿科技大赛生物医药领域Top10”、HICOOL2024全球创业大赛等奖项或荣誉。

生产

- 已在多地完成多批次的试生产工艺优化；
- 自建柔性多功能工程放大中心和生产基地2024年底投入使用；
- 其他储备产能超3万吨，可迅速扩产至6万吨。

商业化

- 与多家世界500强企业建立了长期战略合作关系。
- 公司与国药成立合资公司，双方将利用各自技术创新、国际化经营、大健康产业等优势共同推进阿洛酮糖商业化。

6.4 国内其他一级市场公司（部分）



- 弈柯莱生物成立于2015年，是一家拥有先进合成生物学技术的生物智造企业，主要从事合成生物学方法的研发，并致力于将其应用于规模化生产。目前弈柯莱生物已经建立了规模庞大的生物资源工程库平台，在对酶、代谢途径和网路及生物底盘的设计与改造三个方面建立了坚实的基础，储备了大量优质生物工程资源。
- 弈柯莱生物的甜菊糖苷是中国首个获卫健委批准应用于食品的产品，填补了甜菊糖苷生物制造在国内的空白。



- 豫鑫糖醇成立于2005年，近三十年来始终专注于糖醇产业，是世界前3的木糖醇生产商。现已发展为涵盖木糖、木糖醇、赤藓糖醇、麦芽糖醇、L-阿拉伯糖以及复配糖（醇）等糖醇产品的综合型生产企业。



- 福洋生物成立于2009年，是一家主要从事玉米深加工产品研发、生产、销售的国家级高新技术企业；
- 公司以玉米淀粉产品为基础，在持续提高玉米淀粉产品工艺水平和产能规模的同时，实现了玉米资源的综合利用，并成功开发出变性淀粉、葡萄糖酸钠、葡萄糖酸内酯、赤藓糖醇、阿洛酮糖和海藻糖等产业链下游多类新产品。



- 瑞芬生物成立于2007年，始终致力于天然健康配料的研发和生产，持续探索天然稀少糖的生物合成路径，希望为食品、饮料、乳品、保健食品等行业客户提供兼顾口感、安全和成本的一体化健康减糖方案。



- 盈嘉合生成立于2015年，专注于天然健康成分的生物制造；产品广泛应用于食品饮料、医药、营养健康等领域；
- 产品管线包括甜味剂产品、天然香精香料、营养补充剂等，甜味剂产品包括甜菊糖苷系列、罗汉果提取物、复配糖系列、阿洛酮糖、塔格糖等。

附录一：名词解释

糖类：多羟基醛、多羟基酮以及能水解而生成多羟基醛或多羟基酮的有机化合物，可分为单糖、二糖和多糖等。

甜味剂：甜味剂是指能赋予软饮料甜味的食品添加剂。甜味剂按营养价值可分为营养性甜味剂和非营养性甜味剂两类；按其甜度可分为低甜度甜味剂和高甜度甜味剂；按其来源可分为天然甜味剂和合成甜味剂。

糖精：邻苯甲酰磺酰亚胺，是一种热量为0的甜味剂，为白色结晶性粉末，难溶于水。甜度为蔗糖之300~500倍，糖精及其盐被WTO归类为3类致癌物。

甜蜜素：化学名称为环己烷氨基磺酸钠，是一种有机化合物，是一种常用的甜味剂，甜度是蔗糖的30~40倍。

纽甜：化学名称是：N-[N-(3,3-二甲基丁基)-L-α-天冬氨酰]-L-苯丙氨酸-1-甲酯，是一种功能性甜味剂。具有纯正的甜味，甜味协和，十分接近阿斯巴甜，没有其他强力甜味剂常带的苦味和金属味。甜度比蔗糖甜7000~13000倍，比阿斯巴甜甜30~60倍。能量值几乎为零。

甜价比：甜价比=甜度/成本，其中，甜度通常以蔗糖的甜度为基准，成本则是指甜味剂的生产成本或购买价格。

ADI：每人每日允许摄入量。

GI值：血糖生成指数（GI）是指某种食物升高血糖效应与标准食品（通常为葡萄糖）升高血糖效应的比值，代表的是人体食用一定量的某种食物后会引起多大的血糖反应。它通常反映了一个食物能够引起人体血糖升高多少的能力。

Reb M：瑞鲍迪苷M，是目前已发现的60多种甜菊糖苷中口感最接近蔗糖的品类