



# 无糖减糖，科学吃“糖”

## 【食物碳水化合物营养】

---

郑州轻工业大学

申瑞玲 教授

# 1. 低糖无糖

- 现在随着“零糖零卡”这种宣传语的出现，许多食品都在强调这种无糖的概念。
- **无糖**，并不是指没有所有的糖，多数指没有葡萄糖、蔗糖、麦芽糖等甜味的糖
- **零糖**往往也指的是零添加这些有甜味的糖类。



无糖 ≠ 无糖  
零糖 = 零蔗糖



# 现实？难以抵抗的甜蜜诱惑

2022第26届（北京）冰淇淋产业博览会

2022.5.26-28 北京·中国国际展览中心

360导航\_一个主页, 整个世界

薛钟高雪糕\_360搜索

钟薛高雪糕价格 | 2022最新...

骑士网



钟薛高全家福系列8种多口味 共10片装冰淇淋牛奶雪糕

¥171



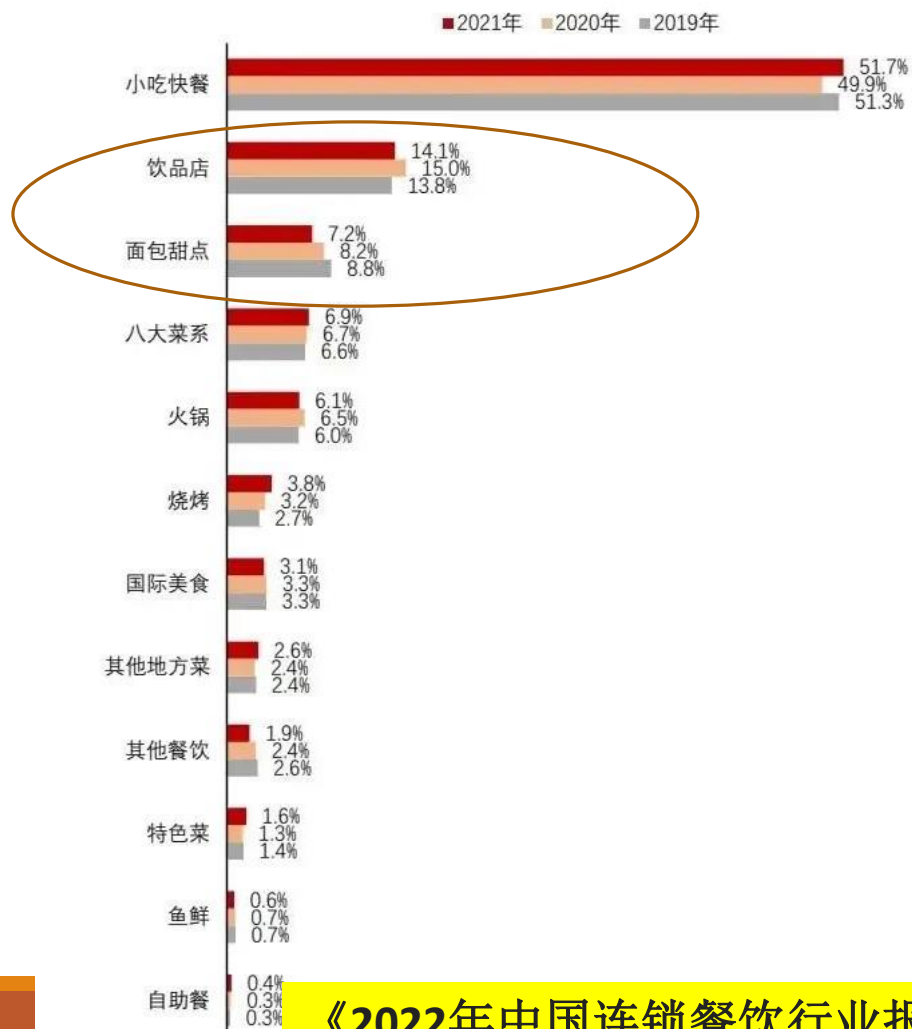
钟薛高丝绒可可系列牛奶巧克力雪糕口味冰淇淋10片装

¥170



# 难以抵抗的甜蜜诱惑

2019-2021年连锁餐饮门店数品类分布变化



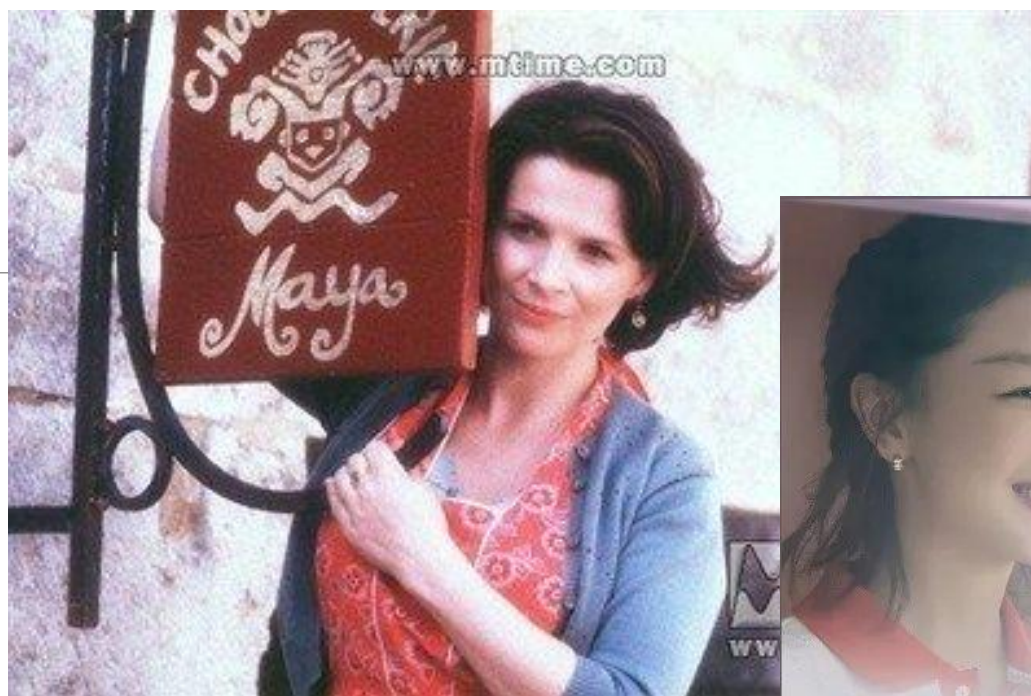
**亿滋巧克力和饼干业务展现出持续性强增长态势。**  
---饼干业务第2季度收益增长10.4%；而巧克力业务的增长超过了30%，亿滋的口香糖和糖果业务也在持续增长。  
---实现强劲增长的产品包括奥利奥（Oreo）、趣多多（Chips Ahoy）和redBus等。

# 巧克力

---

- 人类历史发展至今，仍未有像糖果巧克力这般迅速让全球人民都接纳的食物。
- 阿甘说出的“人生如巧克力”、村上春树在书中描述的“与巧克力的爱恨情仇”，甚至一位英国作家曾写道，“不用在乎1066年是英王威廉一世登基，1087年是威廉二世，这些事情对我们生活没有丝毫影响...然而，**1932**年的马尔斯巧克力棒，**1936**年的麦斯糖，和**1937**年的可可豆——这些日期则是历史的里程碑，将烙印在这个国家每个孩童的记忆中。”
- 最热爱“甜”的欧美还曾以一部部电影演绎糖果巧克力的魔力。在《查理和巧克力工厂》中，巧克力瀑布、流着棕色糖浆的河水、口香糖草地、牛奶糖山.....隐藏着欲望和灵魂的对话；《浓情巧克力》将女主角制作巧克力时的专注定格，演绎了一场浪漫的爱情故事.....





德芙愉悦大电影《再见摩天轮》





都是苦的  
it also starts out bitter

Dove德芙娘 bilibili

2020年，玛氏公司将开启“潜能全开”计划  
旨在让更多来自世界各地女性的声音和故事为世人知晓  
玛氏坚信只有通过今天的行动，才能打造更加包容多元的明天

This year, Mars will be launching "Full Potential", our campaign to get more women's voices and stories heard around the world. Because only by taking action today can we create an inclusive tomorrow.

**MARS**  
Tomorrow starts today  
未来始于当下

由玛氏箭牌糖果旗下品牌德芙巧克力倾力打造、以“愉悦至上”为主题的大电影《再见摩天轮》，金马影后周冬雨携手国内知名导演杨明明，从新生代女性独特的生活视角切入，诠释“愉悦至上”的全新理念。

**愉悦**是一种具有感染力的正能量，它可以让人和世界变得更加美好。

# 品质巧克力

- 随着人们健康意识的觉醒，“零糖”、“低卡”等概念开始成为食品消费主流，象征甜蜜、爱情的巧克力似乎成为了饮食健康道路上的拦路虎；
- 如何在保留巧克力品类独特的质构风味体验的同时，顺应大众对健康营养的需求？

每日黑巧半熟黑巧颠覆以往生巧的动物奶油配料，以**燕麦奶油**取而代之，呈现更具清甜麦香的轻盈顺滑口感。同时，甄选每日黑巧牛奶黑巧系列——在弗拉斯特罗可可豆中融入**阿尔卑斯奶源**，以跨越维度的经典搭配呈现美妙浓醇风味。





# 中国甜食行业发展趋势

## 未来健康价值产品更受青睐

根据联合国粮食及农业组织的资料，甜食指通常被称为糖果的各种食品。甜食产品种类繁多，如胶基糖果，硬糖、压片糖果等。甜食产品通过视频分销商及零售商销售给顾客。

甜食产品分类情况



资料来源：前瞻产业研究院整理

@前瞻经济学人APP

未来消费者将更倾向于食用含糖量较低的产品。

为顺应这一趋势，甜食企业将提供更多具有额外健康价值的产品，如无糖胶基产品、全天然产品、含维生素或其他营养产品等。

### 2014-2019年中国年人均甜食消费量变化情况



资料来源：Frost Sullivan、前瞻产业研究院整理

@前瞻经济学人APP

### 2014-2019年中国甜食零售行业市场规模统计情况



资料来源：Frost Sullivan、前瞻产业研究院整理

@前瞻经济学人APP

### 2014-2019年中国电子商务甜食零售额统计情况



资料来源：2014-2019年中国电子商务甜食零售额统计情况前瞻产业研究院整理

@前瞻经济学人APP

# 聚焦营养烘焙

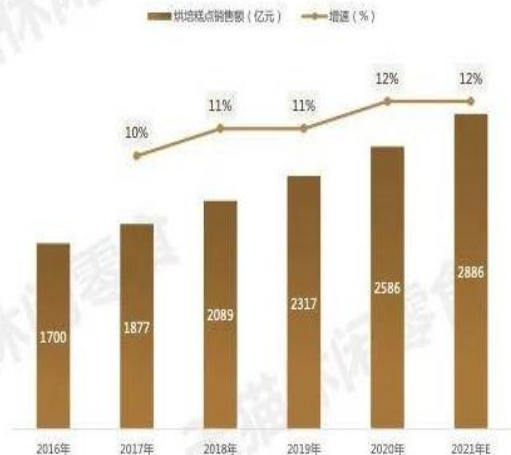
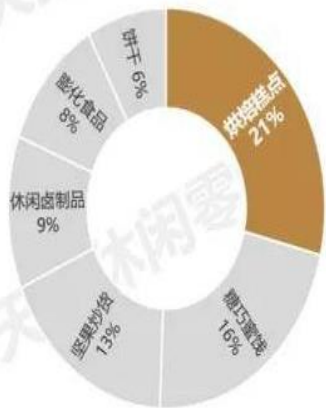
◆ 2023年3069亿



## 中国烘焙糕点市场增长迅猛，千亿赛道发展潜力巨大

中国休闲食品行业2018年破万亿  
烘焙糕点是最大的细分品类

烘焙糕点2016-2020年复合增速11%  
预计2021年市场规模超2800亿元



数据来源：《中国食品工业年鉴》；公开数据整理



4



## 2018-2023年中国烘焙食品行业市场规模

2021年中国烘焙食品行业市场规模将达2600.8亿元，同比增长19.9%。艾媒咨询分析师认为，随着疫情转好，市场规模将保持10%左右的增长率持续增长，2023年中国烘焙市场规模预计达到3069.9亿元。

2018-2023年中国烘焙食品行业市场规模  
Market Scale of China's Bakery Industry from 2018 to 2023



数据来源：艾媒数据中心 (data.iimedia.com)



# 2022烘焙糕点行业趋势报告

- 烘焙糕点行业呈现消费人群年轻化、品类定位精准化的态势
- 新中式糕点、轻食营养、短保烘焙，2022年烘焙糕点行业三大趋势。

- ◆ 大众对健康关注度不断加大，烘焙食品产品原料搭配、成分增减及营养价值备受关注
- ◆ 五谷杂粮/维生素/膳食纤维/蛋白质等是消费者认知度和接受度均较高的健康成分。其中，以奇亚籽/藜麦为代表超级食材逐渐受到国人追捧
- ◆ 控糖、纤体成为最突出的饮食诉求，“减脂减糖”、“低卡低热量”、“天然无添加”等概念成为人们购买烘焙食品的重要考虑因素

# 天猫烘焙糕点品类趋势：吐司是超级单品，欧包增长红利强，黑芝麻饼成为潜在机会爆品

## 超级大单品

- 吐司成为烘焙糕点规模最大的超级单品，且保持高速增长，未来仍有发展空间
- 手撕面包、蛋糕仍占据烘焙糕点市场大份额，增速较高，未来可以更精细的形式、口味等创新发展

## 基础单品

- 欧包存在品类增长红利，是目前烘焙糕点最佳布局的品类
- 近年来的热门品类蛋黄酥增速放缓，未来可在口味、包装、成分和营销上做创新
- 生日蛋糕线上市场崛起，增速高，未来可继续深挖创新
- 面包品类类软面包、小面包规模较大且持续增长，未来可继续延伸产品线；西式糕点千层、提拉米苏、小蛋糕增速平稳，未来可在口味和成分上延展品类
- 麻薯成为中式糕点的核心品类之一；节庆型中式糕点月饼线上增速快，未来可考虑在饼皮上创新
- 中式糕点酥饼、沙琪玛、凤梨酥增速迅猛，酥饼、沙琪玛可丰富馅料口味，凤梨酥可在饼皮上做突破

## 机会单品

- 黑芝麻饼目前市场份额虽不太大，但增速非常迅猛，发展潜力巨大，是未来潜在的机会爆品
- 季节性中式糕点桂花糕渐受关注，未来可以 healthier 的成分、更多样的包装破圈
- 传统中式糕点桃酥、花生酥和传统港式街头小食鸡蛋仔借力电商平台迎来新增长；以绿豆为原料的中式糕点绿豆糕、绿豆饼越发受市场关注，未来可考虑在成分、口感、包装上做突破，打造机会单品；小麻花、烧饼、青团可在包装营销上做升级
- 西式糕点三明治、大列巴斯渐受线上消费者的青睐，未来可在馅料、成分上升级创新；传统西式品类蛋黄派虽然目前主要市场份额仍被大牌占据，但随着蛋黄口味近年来的流行，未来可考虑从馅料、成分、包装上突围

口味上，肉松、坚果、黑芝麻口味成趋势；软糯成为核心口感，同时通过和不同品类跨界，以及糕点馅料的升级，复合型口感被更多消费者喜欢



来源：TMIC市场洞察，2021，天猫

控糖、减脂、健康生活成为天猫烘焙糕点重要的成分趋势，无蔗糖、天然代糖渐受关注，消费者追求更健康的甜



# 礼赠场景日常化加强新中式糕点的吸引力



## 礼赠场景日常化

除了传统节庆（春节、中秋、重阳等）之外，消费者开始偏好在生日、纪念日、情人节等西式节日和日常节点选择新中式糕点

“春节生日中秋纪念日这些节日都可以送糕点，因为糕点是我国传统的食品，不论男女老少都喜欢食用。除了中国的传统节日送糕点，现在小年轻新兴的情人节啊，光棍节啊，也可以推主题糕点。”



## 礼赠对象多元化

长辈、老人仍为主流送礼对象，同时年纪相仿的亲戚、朋友也成为新中式糕点的礼赠对象

“糕点送得多的大部分是家里亲友，中老年的话就是送传统一点的中式糕点，年轻朋友就送口感清爽或者比较有特色的。”



## 溢价空间广阔

消费者会根据礼赠对象选择不同价格的产品，其中送长辈、亲人倾向300元以上高端产品

“送给爷爷奶奶外公家，还有叔叔舅舅那些。美心的价格在300-500不等，至于分别送人的话，近一点的亲戚送好一点的，远一点的亲戚送便宜一点的。”

新客

驱动

3,34

(贡献烘焙)

购

45

平



# 营养轻食糕点：早餐/下午茶/代餐/夜宵/加班点心

## 新客和货单价提升共同驱动淘系营养轻食糕点市场增长

新客进入和货单价提升驱动  
淘系营养轻食糕点市场增长

销售额指数  
5,153,394,594 ↑ 8.5%

(贡献烘焙糕点28%销售额)

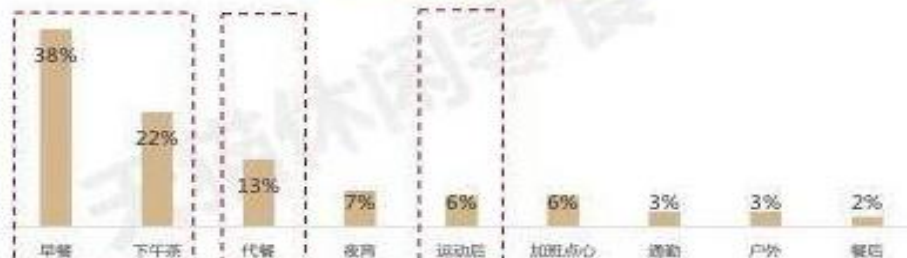
购买人数指数  
58,945,824 ↑ 4.1%

平均货单价  
23元 ↑ 2.0%

品类消费场景多样

营养轻食糕点核心消费场景为早餐、下午茶，代餐、运动是营养轻食糕点特色场景

营养轻食糕点食用场景

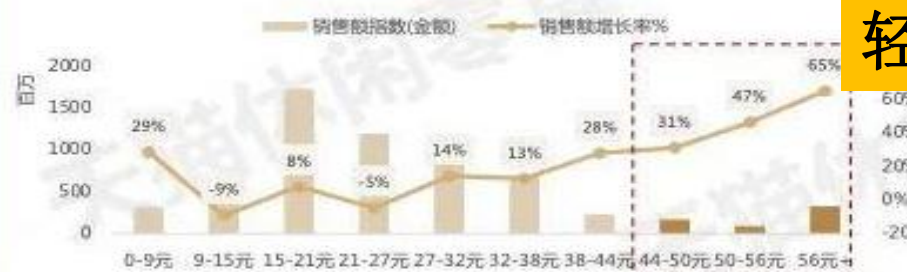


- ◇ 营养轻食消费者喜欢在早餐、下午茶食用糕点，营养轻食类产品可主打这两个场景
- ◇ 代餐、运动场景是营养轻食糕点的特色场景
- ◇ 夜宵、加班点心场景也较受消费者青睐

品类高端市场增长显著

44元以上高端产品主打轻食代餐

营养轻食糕点货单价分布



全麦低脂  
乳酸菌面包  
轻食蛋糕燕麦代餐

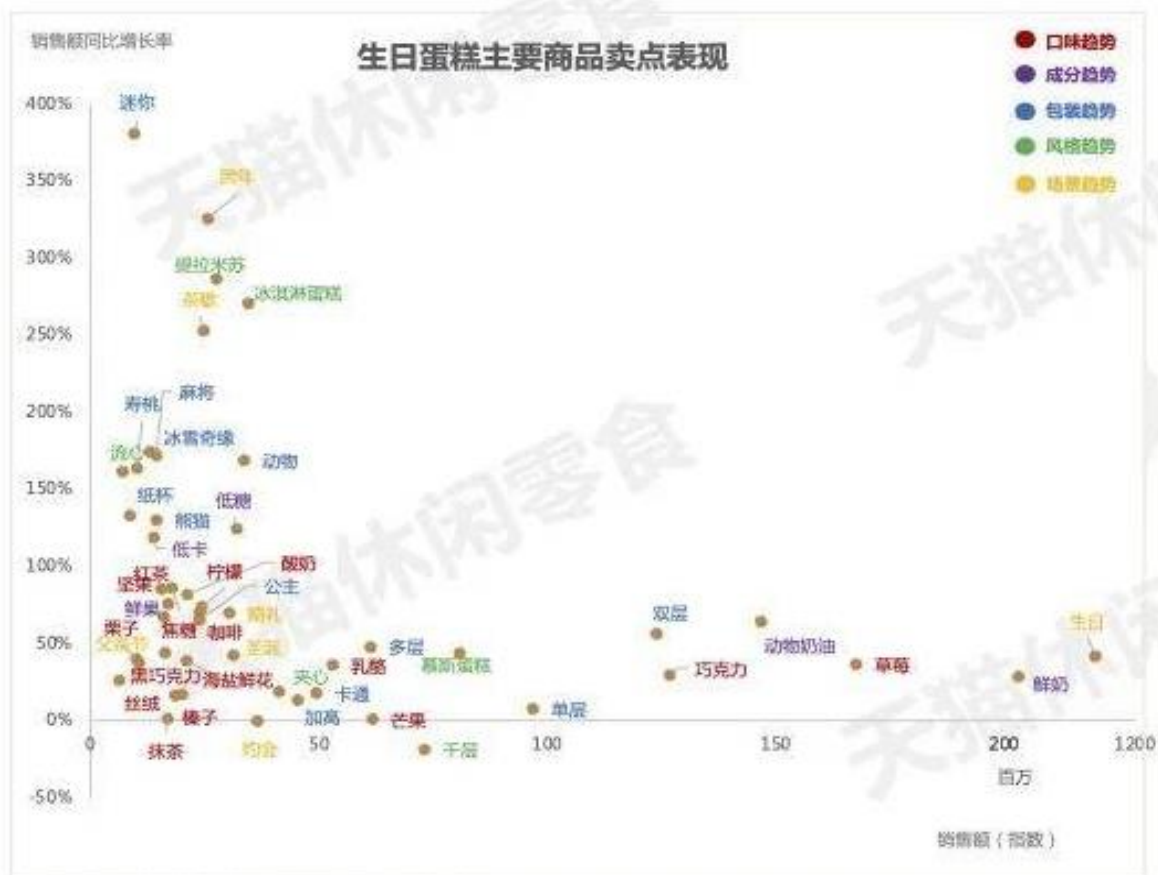
蒙士乳酸菌面包早餐代餐  
56+元TOP产品  
未来可7轻食蛋糕燕麦代餐

继续深挖减肥、代餐、运动后场景，还将继续拓展早餐、午后零食等场景

# 短保烘焙糕点

口味多样、原料健康、童趣造型、风格类型细分和特定场景成为新趋势

## 生日蛋糕创新趋势



数据来源：TMIC市场洞察，2021，天猫&淘宝

### 口味延展

- 水果口味：柠檬新兴清爽口味增长显著
- 花香口味：鲜花口味增长，突破以水果、奶油为主的口味认知
- 饮品口味：酸奶、咖啡、红茶口味增长较快，从饮品口味切入更具新鲜感
- 冰淇淋口味：冰淇淋蛋糕高增长，跨品类融合收到消费者青睐

### 原料升级

- 低卡：低糖、低卡、动物奶油有明显增长，食材健康需求提升
- 新鲜食材：鲜奶销售额规模大，鲜果增长显著，新鲜、真材实料需求逐渐提升

### 造型多样

- 童趣造型：卡通IP联名冰雪奇缘、动物、公主增长快，童趣图案多样化
- 多层：双层蛋糕规模较大、增长较快，大尺寸使用多人分享需求高
- 小规格：迷你、纸杯销量增长迅猛，小规格新形式成为新趋势

### 风格细分

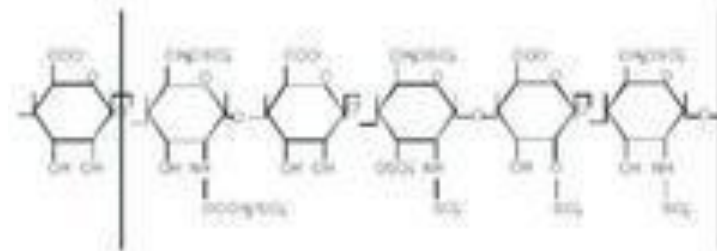
- 意式蛋糕：慕斯蛋糕规模较大、提拉米苏高增长，意式风味蛋糕成为新热点
- 法式蛋糕：千层蛋糕规模较高，流心蛋糕增长快，专注口感层次丰富的法式蛋糕是新趋势

### 特定场景

- 节庆聚会场景多元化：跨年、父亲节、圣诞和婚礼等特殊节日也成为生日蛋糕新场景
- 日常化休闲社交场景：主打茶饮场景的生日蛋糕销量高增长，打破生日蛋糕仅与特殊节点关联的认知



# 何为糖？



- ◆**糖是甜品**：是蔗糖、果糖、葡萄糖、糖醇----
- ◆**糖是食品**：是淀粉，是能量，是食品中不同糖链的化合物----
- ◆**糖是与生命密切相关的重要物质**：是益生元；是组成动植物坚硬的外壳（甲壳素、纤维素和半纤维素等）；是许多药物（肝素、阿卡波糖等）或功能性食品的活性成分





## 2. 代糖



今年低糖月饼是中秋节消费热点。据悉，包括稻香村、知味观、陶陶居、美心等众多老字号均推出了低糖月饼，以不加糖、不加油为“吸睛”点





美国某超市糖品柜食糖产品

蔗糖类产品(白砂糖、Brown sugar、红糖、原糖、糖粉、糖块)占货柜的一半以上

天然甜味剂/  
人工甜味剂复配产品占三分之一



图 10 为美国某一 Wal-Mart 超市的 3 款天然甜味剂类产品，包装上同时体现了“ORGANIC”、“100% Natural”、“NON-GMO”、“No Calorie”等多种元素，且用图片的形式宣称其应用场景；另外

一款“Domino”品牌纸盒包装的“Light Brown Sugar”，正面用图片的形式宣称其应用场景，背面详细叙述了其应用的产品的配方与制作流程。

## 2.2 国内主要代糖产品



图 10 美国零售渠道糖品宣称



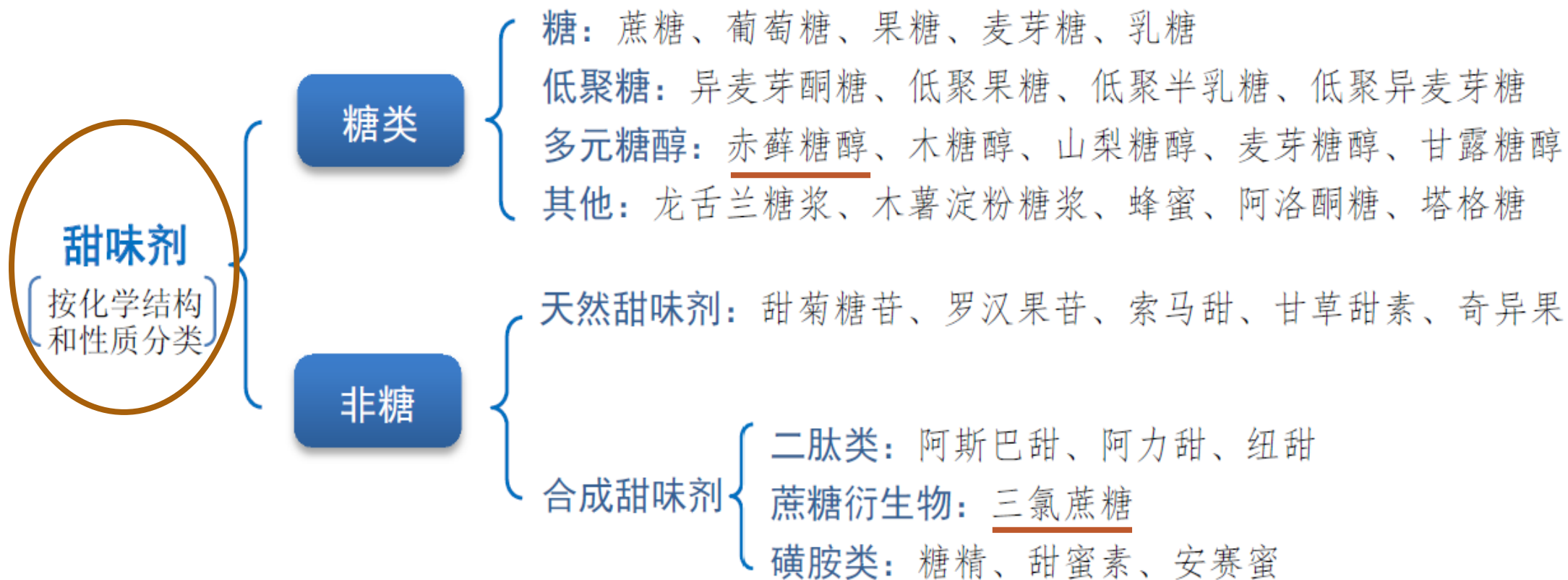


图 14 甜味剂的分类

# 赤藓糖醇



- 赤藓糖醇，白色结晶，微甜，相对甜度0.65，有清凉感，发热量低，约为蔗糖发热量的十分之一
- 由小麦、玉米等淀粉经安全、适当的食用级嗜高渗酵母如丛梗孢酵母 (*Moniliella pllinis*)、脂假丝酵母 (*Candida lipolytica*) 或类丝孢酵母 (*Tricho sporonoides megachilensis*) 在高浓度下 (>450g/L) 进行酶解发酵后，发酵醪液经加热杀菌并过滤然后经离子交换树脂、活性炭和超滤纯化，结晶、洗涤并干燥而得
- 溶于水(37%，25°C)，因溶解度较低(与蔗糖相比)，易结晶，适于需蔗糖口感食品，可用于巧克力、焙烤制品、糖果、餐桌糖、软饮料等
- 不被酶所降解，只能透过肾(易被小肠吸收)从血液中排至尿中排出，不参与糖代谢和血糖变化，故宜于糖尿病患者食用。在结肠中不致发酵，可避免肠胃不适。不龋齿。熔点126°C。



# 三氯蔗糖



- **三氯蔗糖(TGS)**，由英国泰莱公司(Tate&Lyie)与伦敦大学共同研制并于1976年申请专利的一种新型甜味剂。是唯一以蔗糖为原料的功能性甜味剂，原始商标名称为Splenda，甜度可达蔗糖600倍。这种甜味剂具有无能量，甜度高，甜味纯正，高度安全等特点。是目前最优秀的功能性甜味剂之一。
- 三氯蔗糖是以蔗糖为原料经氯化作用而制得的。
- 甜味特性与甜味质量和蔗糖十分相似。在一般食品加工和储存过程中都非常稳定，水溶性很好，适宜于各种食品加工过程。我国规定可用于**饮料、酱菜类、复合调味料、配制酒、雪糕、糕点、饼干、面包**等许多领域。



表3 甜味剂特性及应用

甜味剂	甜度	口感	吸湿性	质构支撑	对使用量的规定	不致龋齿	不致腹泻	工艺	特殊应用领域
山梨糖醇	60%~70%	清凉感	高	保持食品柔软，改进组织，减少硬化起砂	不受限制	√		氢化法	用作表面活性剂
木糖醇	1.2倍	微清凉感	高	无	不受限制	√最佳		微生物发酵法	不宜用于发酵食品
麦芽糖醇	75%~95%	柔和	低	无	不受限制	√		微生物发酵法	
赤藓糖醇	70%~80%	纯正	低	降低面糊中气泡均匀性和淀粉糊化温度	不受限制	√		微生物发酵法	
罗汉果糖	300倍	罗汉果香	高	无	不受限制	√	√	植物提取	
甜菊糖	250~450倍	甘草味和薄荷醇味，苦涩味浓重	高	无	受一定限制	√	√	植物提取	
甘草素	200~500倍	特殊风味，甜味持续时间较长		有乳化作用形成细腻稳定蛋白泡沫	不受限制		√	植物提取	不宜用于脂肪类食品
甜蜜素	40~60倍	余味欠佳	无	无	受限制(0.65~1 g/kg)	√		有机化学合成	
阿斯巴甜	200倍	纯正	无	无	受一定限制，苯丙酮尿症者慎用	√		有机化学合成	不宜用于焙烤食品
安赛蜜	200倍	金属味	无	无	受一定限制(0~0.3 g/kg)	√		有机化学合成	
三氯蔗糖	600倍	较纯正	无	无	受一定限制	√		有机化学合成	

# 代糖产业发展及消费趋势

- 全球甜味剂行业经历了从**蔗糖-果葡糖浆-代糖**的三次主要更新迭代
- 健康消费、甜价比、政策驱动、市场意见领袖的标杆带动成为关键因素。
- 上世纪80年代为例，**果葡糖浆**全面替代蔗糖就是由饮料界两大巨头可口可乐与百事可乐发起的。因为从甜价比来看，果葡糖浆是蔗糖的2倍。
- 自上世纪90年代以来，全球健康需求不断升级，叠加生产工艺优化的影响，代糖的迭代升级也不断提速。特别是在2017年前后，我国也全面迎来了代糖时代
- 国民营养计划“2017-2030”的出台，进一步推动**无糖和代糖**消费兴起。特别是元气森林等饮料品牌推出“0糖”饮品后，迅速在饮料行业掀起震荡，这种“鲶鱼效应”更是席卷饮食相关更多行业。

# 应用领域

---

- 目前从市场竞争格局来看，代糖的应用场景非常广泛，细分赛道也很多。
- 除了传统饮料行业之外（代糖产品占比近50%），烘焙食品、保健类食品、糖果巧克力、餐桌调味品等饮食相关产业的代糖产品渗透率越来越高。
- 甚至包括个人护理产品、医药类用品、化工类制品等领域。
- 尤其是海天、伊利、洽洽、光明、娃哈哈等行业头部品牌，纷纷在主打品类和品牌方面广泛应用代糖产品，产业规模不断扩大，市场竞争也越来越激烈。



# 代糖品种

- 目前在市场中的各类代糖品种中，**安赛蜜和三氯蔗糖**凭借安全性好、甜价比高的优势，依然是行业主力军。其中，三氯蔗糖对工艺技术、环保要求、投资门槛都比较高，生产成本居高不下，目前参与布局的也仅有几大头部企业。
- 相对来说，**赤藓糖醇、阿洛酮糖**作为新型产品，同样具备快速成长潜力。以赤藓糖醇为例，它的甜度是蔗糖的60%-70%，热量是蔗糖的1%-5%，成为很多低糖食品追求者的选择。
- 其他：保龄宝专注于甜阿洛酮糖、复配/有机赤藓糖醇、果瑞斯麦芽四糖、无糖聚葡萄糖/无糖抗性糊精、聚益纤蔗果三糖、系列差异化糖浆等具有广阔应用前景的代糖产品开发，和可口可乐、百事可乐、伊利、蒙牛等众多品牌巨头成为战略合作伙伴。

**甜菊糖**——在众多的新型甜味剂中，甜菊糖无疑是未来最有潜力的甜味剂之一。作为天然甜味剂，甜叶菊符合清洁标签热潮，预计未来这种情况将持续下去。

**罗汉果甜苷**——罗汉果的产量较少，能够被提取的罗汉果甜苷也非常少。罗汉果甜苷作为浓缩果汁进入市场，甜度是糖的10至20倍，甜味非常接近蔗糖，但是几乎不含热量。目前在美国，罗汉果甜苷在乳制品领域的应用效果非常好，在饮料和烘焙食品等方面发展良好。。。。。



近年来，我国高倍甜味剂行业总体发展态势良好，传统高倍甜味剂和复配甜味剂发展稳中有升、新型高倍甜味剂发展看好

# 应用举例：蛋糕和饼干加工中代糖加入





# 过量摄入甜味剂会危害儿童身心健康

文 | 上官海燕 宋亚青 朱妙飞 戴晶晶 浙江工商大学食品与生物工程学院；毛岳忠（通讯作者）杭州索契健康科技有限公司

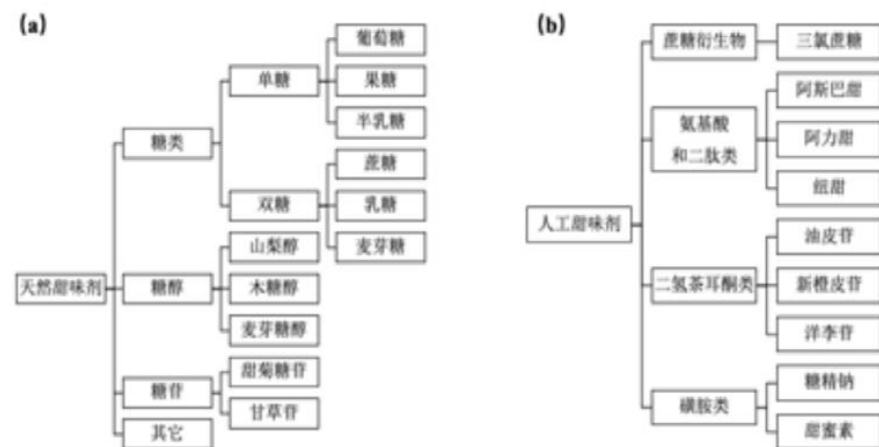


图1：按照来源分类——  
(a) 天然甜味剂； (b) 人工甜味剂

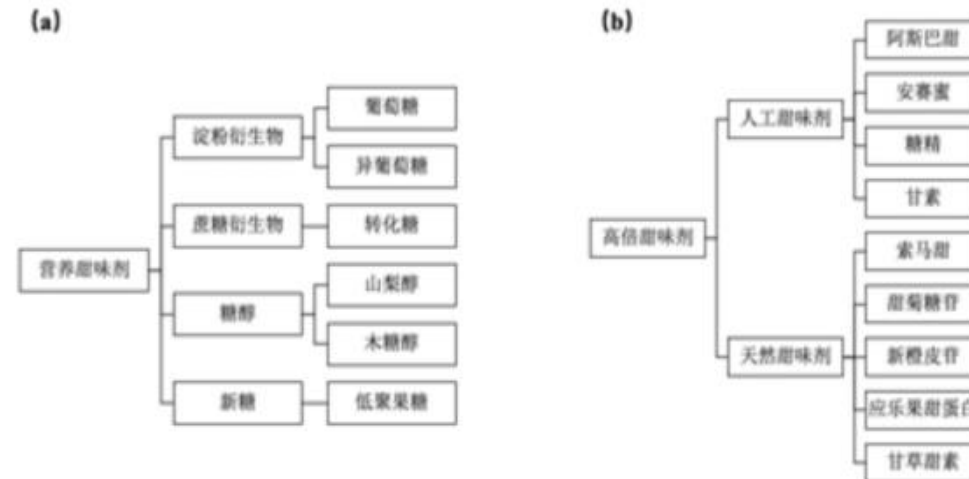


图2：按照营养价值分类——  
(a) 营养甜味剂； (b) 高倍甜味剂

适量的甜味剂摄入能够给人类带来舒适的愉悦感，但过量的甜味剂摄入可能会引发肥胖、高血糖、糖尿病等风险。相较于成人，儿童对甜味更为敏感，且由于儿童天生对甜味偏好，可能导致过量。摄入甜味剂，对儿童的生理和心理造成诸多不良影响。因此，通过引导儿童树立正确的甜食观、开发适合中国儿童甜度偏好的产品等途径，降低甜食对儿童的身心危害至关重要

# BMJ: 超10万人数据揭示, 人工甜味剂或增加心脑血管疾病风险

*British Medical Journal*[IF:93.333]

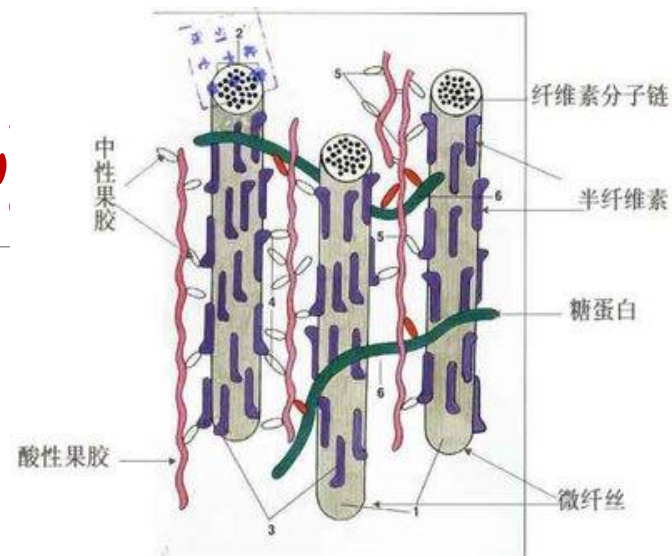
- 纳入103388名参与者（平均42.2岁，79.8%为女性），中位随访9.0年期间，共发生1502例心血管事件；
- 通过24h饮食记录评估参与者的人工甜味剂摄入情况，总人工甜味剂摄入与心血管疾病及脑血管疾病的风险增加相关，与后者的关联更明显（HR分别为1.09及1.18）；
- 阿斯巴甜摄入与脑血管疾病风险增加相关（HR=1.17），安赛蜜及三氯蔗糖的摄入与冠心病风险增加相关（HR分别为1.40及1.31）。

Artificial sweeteners and risk of cardiovascular diseases: results from the prospective NutriNet-Santé cohort 09-07, doi: 10.1136/bmj-2022-071204



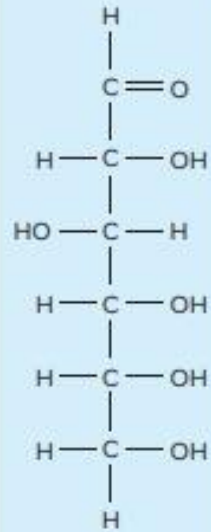
### 3. 糖结构复杂性决定了功能多样

- 糖链是由不同的单糖所组成；
- 单糖就是多羟基类化合物；
- 单糖的上面的基团与邻近的单糖分子结合，形成糖苷键；
- 糖苷键和连接的不同方式，对于不同糖化合物的结构和功能起到非常重要的作用。

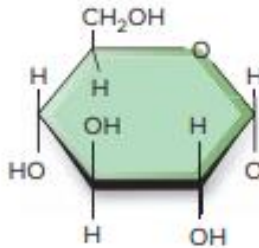




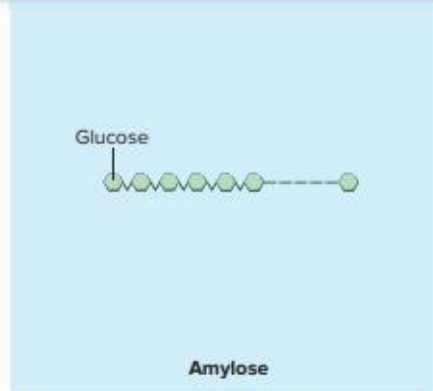
*A*



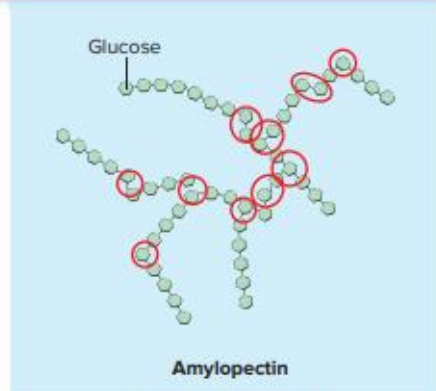
Glucose



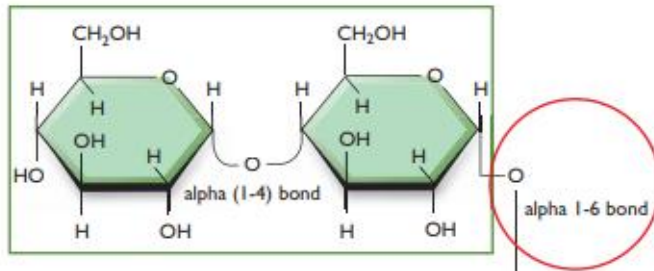
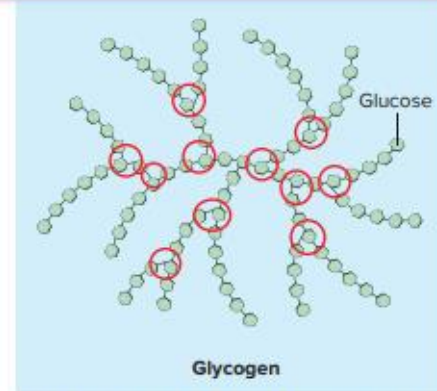
## A Biochemist's View



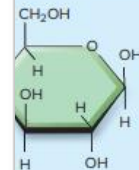
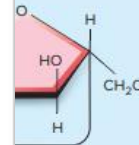
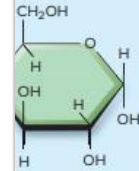
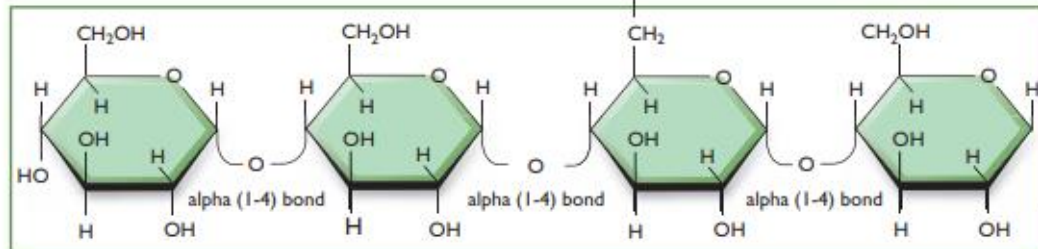
All bonds between glucose molecules are 1-4 alpha bonds. The bonds in the green boxes below are 1-4 alpha bonds. Notice how they are in a straight row.



For amylopectin and glycogen, all bonds between glucose molecules are 1-4 alpha bonds except the ones where the molecule branches. The circled areas represent branch points; an alpha 1-6 bond occurs where the chain branches (circled). The bond in the circle below is an alpha 1-6 bond. Notice how it links the upper and lower row of glucose chains in the green boxes below.

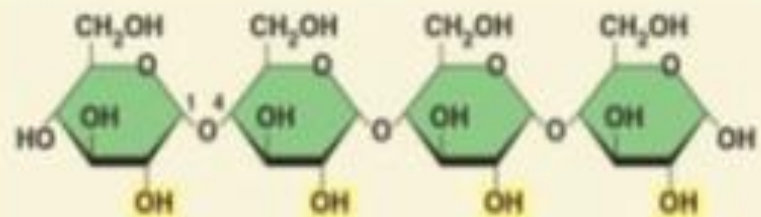
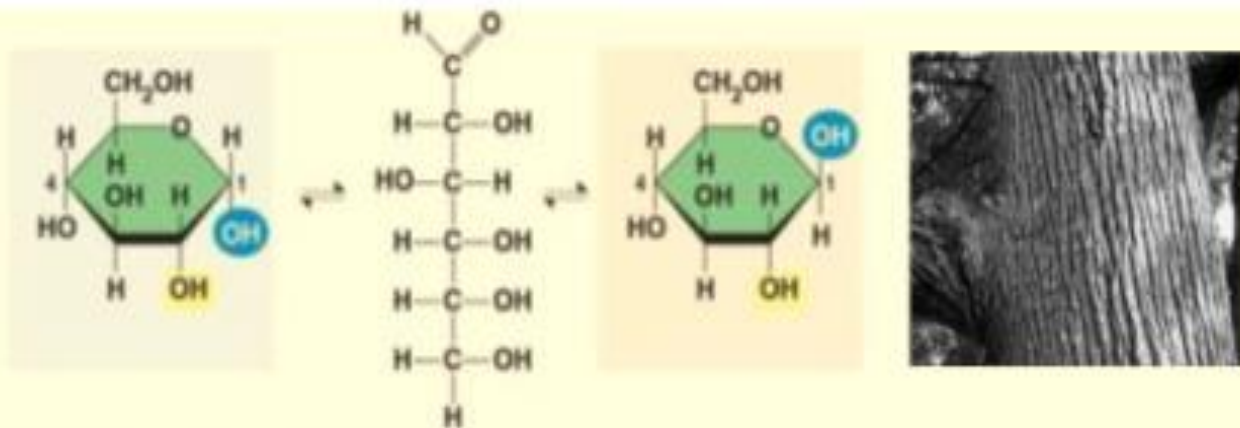


**Figure 5-5** Digestible polysaccharides. Amylose and amylopectin are the storage forms of glucose in plants. Glycogen is the storage form of glucose in animals.

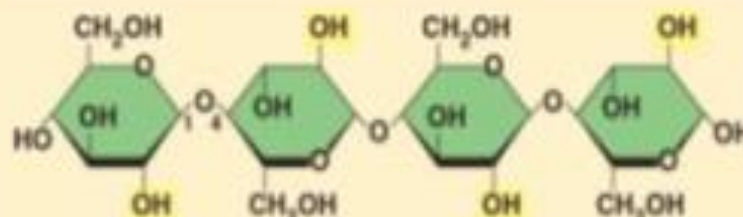


(beta, or  $\beta$ ) than bond, have difficulty

# 糖链结构的复杂性



淀粉： $\alpha$ 1-4连接的葡萄糖聚合物

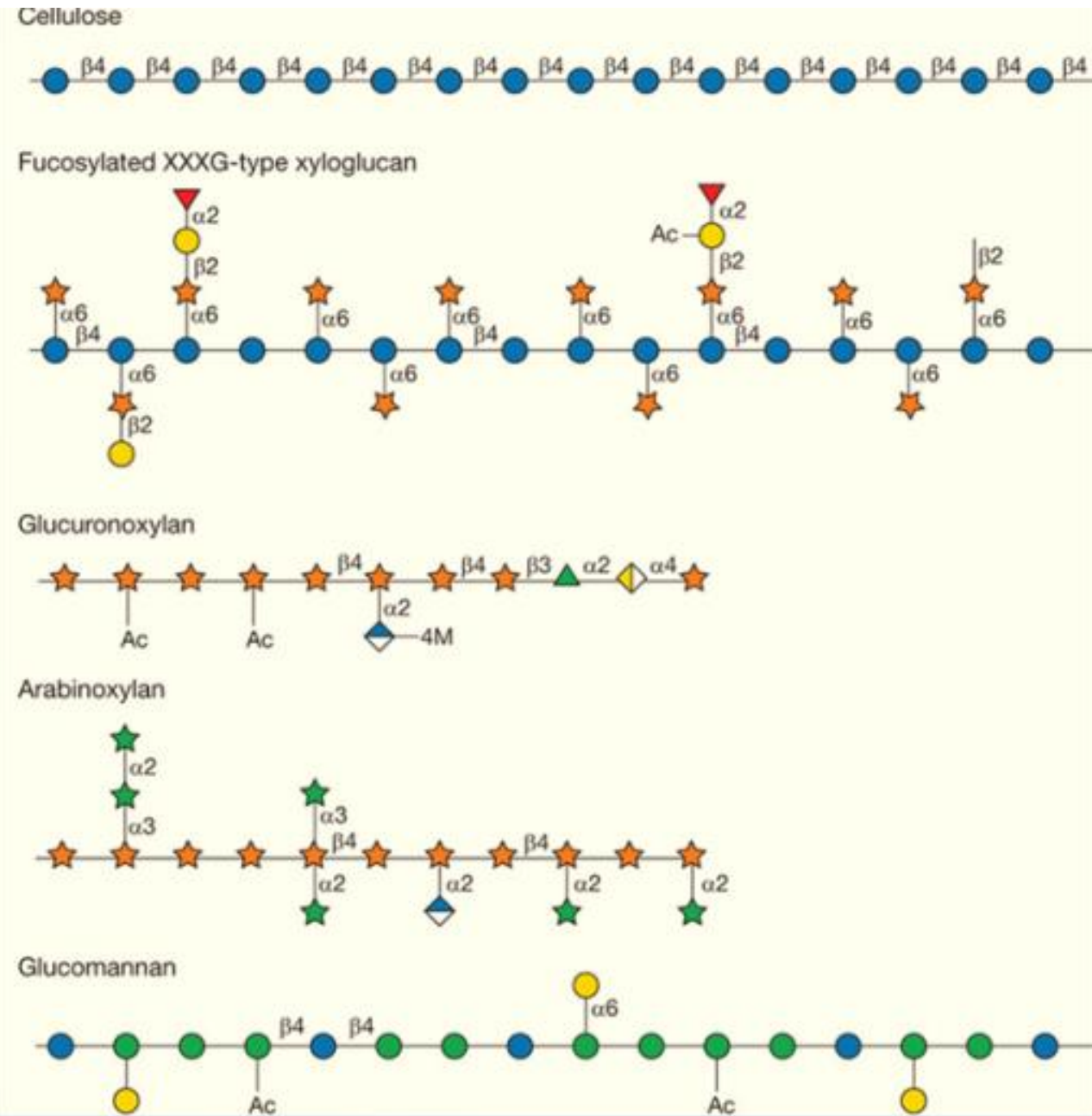


纤维素： $\beta$ 1-4连接的葡萄糖聚合物

葡萄糖通过一种  $\alpha$ -1,4-糖苷键的连接方式形成**淀粉**这种多糖化合物，它也是我们最容易消化的多糖化合物之一。

同样是葡萄糖所组成的，几乎也是1,4-糖苷键连接的，只是区别在于它是通过  $\beta$  这种方式连接而成，它就变成了世界上最难被降解的糖类化合物之一——**纤维素**。





# 糖链结构的复杂性

多糖结构包括一级结构和高级结构

- **一级结构**：多糖的分子质量、单糖组成、糖链连接方式、糖链构型、枝化结构等；
- **高级结构**：分子尺寸、空间构象、凝聚态特征和溶液行为等。

## 4. 糖类化合物重要性

---

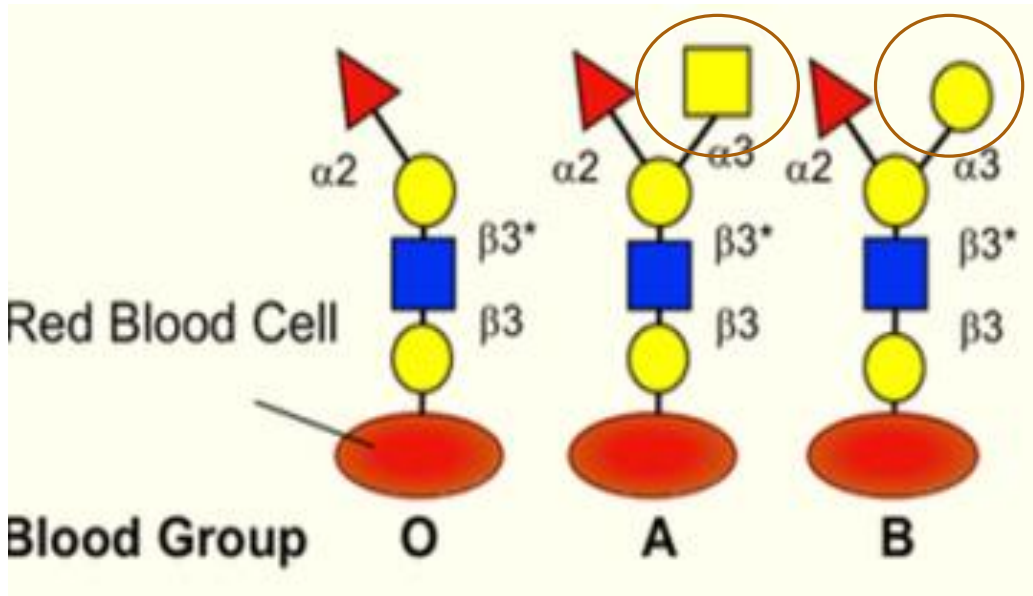
- **能量持续供给**：淀粉消化吸收之后，分解成葡萄糖，维持血糖恒定；
- **糖链化合物生物学功能**：母乳中也含有大量的糖类化合物。除乳糖之外，还有200多种以上的不同糖链结构的化合物，这些糖链化合物，在婴幼儿的神经、肠道以及免疫系统的生长发育中发挥着重要作用。

**总的来说，糖链其实跟生命的许多方面都息息相关。**

在世界上所有活的细胞上面，大部分都会包含有一层厚厚的不同结构的糖链物质。

这些糖链不仅仅保护着我们细胞的生命安全，同时在细胞之间的交流、信号传导，以及相关生命活动中发挥着重要的作用。

# 例如：糖链与血型



- 血型到底是什么？其实就是血细胞上携带了不同抗原。血型免疫活性特异性的分子基础是糖链的糖基组成
- A、B、O三种血型抗原的糖链结构基本相同，是红细胞表面1个由4个单糖所组成的结构，A型血的糖链末端为**N-乙酰半乳糖胺**；B型血为**半乳糖**；AB型两种糖基都有，O型血则缺少这两种糖基。
- 2021年《Nature Genetics》一篇文章，首次确定人体调控血型相关基因会调控肠道中微生物的组成。A、B和AB血型人中拟杆菌丰度较高，患炎症性肠病（IBD）几率增加。



# 糖链与健康：血糖的波动

近年来我国T2DM患者人数已达1亿以上；T2DM的高发与食物精制紧密相关，因此，主食结构（碳水化合物）质量受到了极大的关注；

- ◆ **主食**：精制谷物、全谷物、杂粮杂豆、薯类？
- ◆ **碳水化合物**：**淀粉**（结构、性质、加工方式、消化特性及血糖贡献）、**非淀粉多糖**（膳食纤维、健康效应等）
- ◆ **全谷物食品**的摄入有助于平衡膳食结构并降低T2DM的发病率：全谷物慢消化的淀粉是目前低GI食品的研究热点，慢消化的禾谷类生淀粉可有效刺激胰高血糖素样肽1（GLP-1，肠道激素）持续分泌
- ◆ **GLP-1**是目前2型糖尿病药物作用的靶点；可以抑制胃排空，减少肠蠕动。谷物膳食纤维（ $\beta$ -葡聚糖）提高糖代谢稳态也是提高发酵产生SCFA和GLP-1分泌实现的

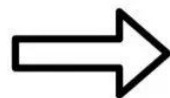
# 关注机体可利用碳水化合物（淀粉）



白米饭

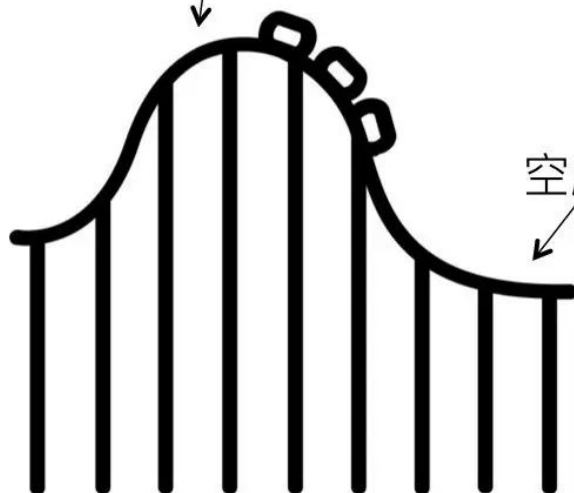


软饮料



血糖

进食后



空腹时

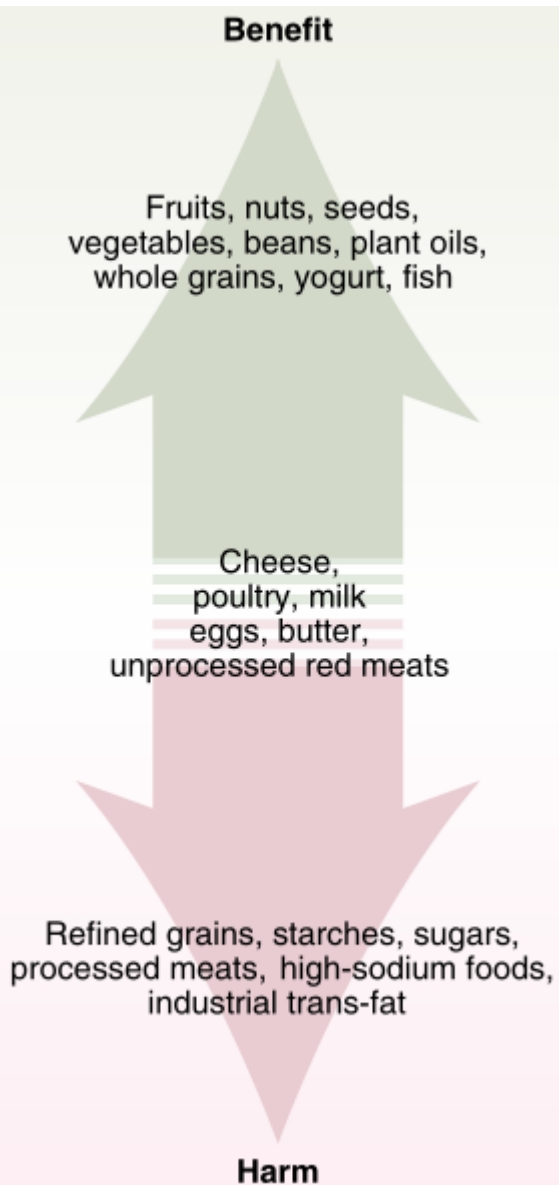
血糖过山车

# Nature Food: 精制淀粉和糖要为全球肥胖和糖尿病负责!

Nature子刊一篇文章指出，要解决目前肥胖和2型糖尿病流行，要从食物入手，应当吃有生物活性食物，例如水果、坚果、种子、非淀粉类蔬菜、豆类、植物油、全谷物、酸奶和鱼，而少吃加工食物。

加工食品中的精制淀粉和糖是肥胖和2型糖尿病面临的最大挑战之一。包括白面包、白米、饼干、蛋糕、炸薯条、苏打水、糖、松饼和甜点等，与肥胖和糖尿病有关。

**碳水化合物和相关概念太复杂**，包括总碳水化合物、可溶性（不溶性）纤维、抗性淀粉、净碳水化合物、全谷类、添加糖、升糖指数和糖负荷等等。因此，强调该多吃的食物（例如水果和豆类）和少吃的种类（如糖饮料、白面包、白米饭和含糖早餐麦片等）对健康更有意义。





# 精制碳水化合物

精制碳水化合物（Refined Carbs）也被称为简单碳水化合物（Simple Carbs）或加工碳水化合物（Processed Carbs）。主要有两种类型：

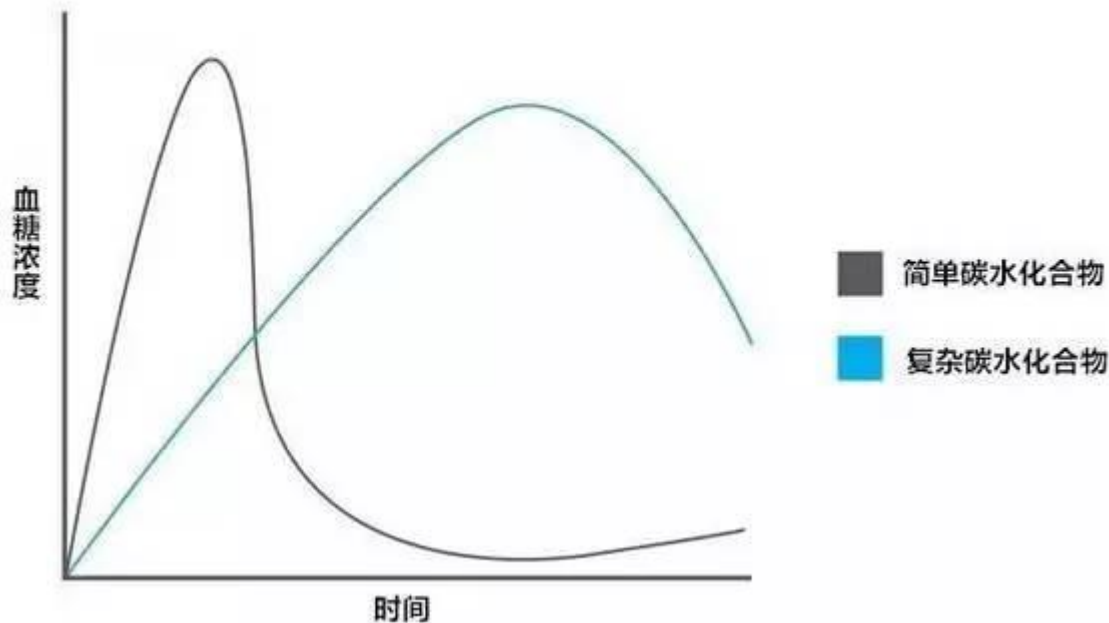
- **糖**：精制和加工糖，如蔗糖、麦芽糖和高果糖玉米糖浆等。
- **精制谷物**：谷物的纤维和营养成分被去除。在我国精制谷物的原料主要是小麦和大米。

精制碳水化合物几乎被剥夺了所有的纤维、维生素和矿物质。因此，它们可以被认为是**纯热能食物**。目前，糖和精制谷物目前在许多国家的碳水化合物总摄入量中占很大比重。精制碳水化合物的主要膳食来源是白面粉、白面包、白面条、白米饭、米粉、糕点、汽水、糖果和任何添加糖的加工食品。

# 复杂碳水化合物

**复杂碳水**往往由多糖（淀粉、果糖、纤维素）组成，需经消化酶长时间分解为单糖后，才能被吸收利用。

简单碳水化合物VS复杂碳水化合物能量曲线



**简单碳水**：水果、果汁、蔗糖、糖浆、蜂蜜、白米饭、精面粉制成的一切食物（包括面条、馒头、面包、还有薯片、饼干、蛋糕等等）

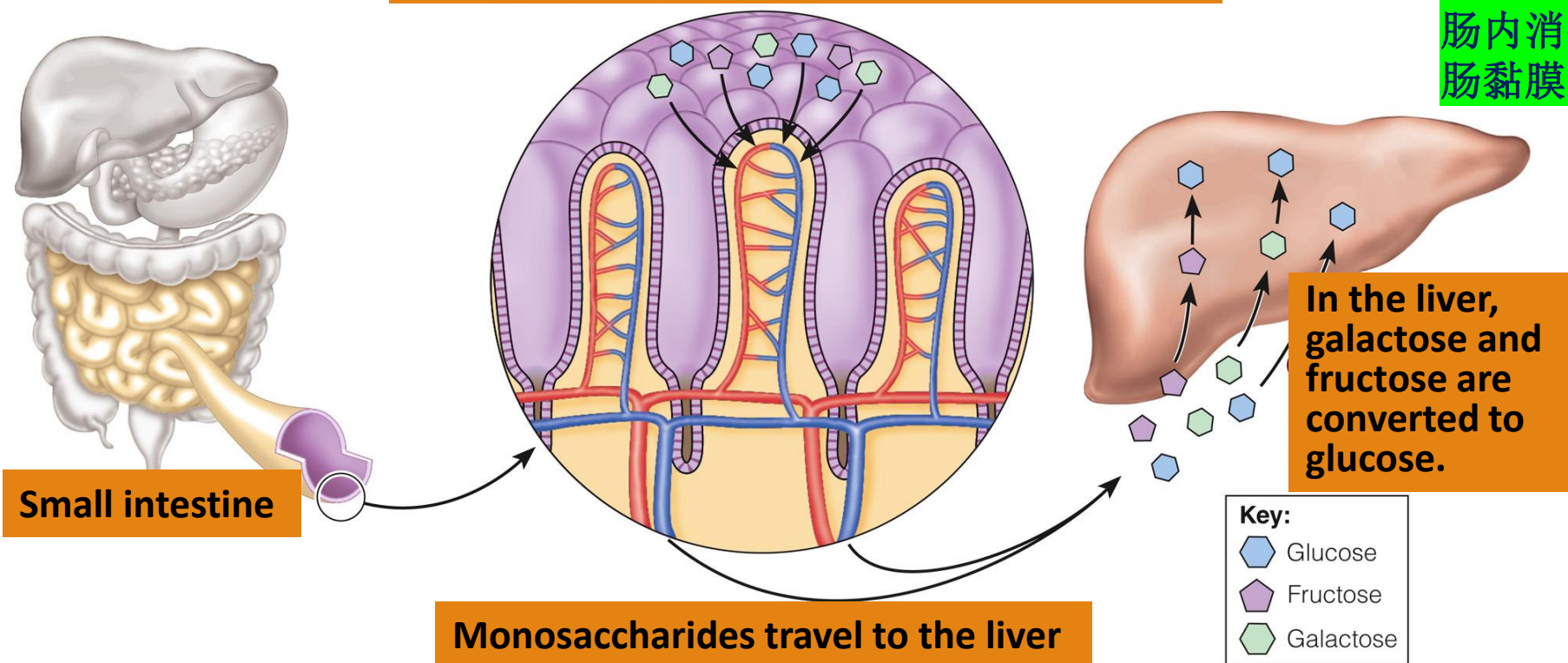
**复合碳水**：粗粮类食物如燕麦、糙米饭、红薯、玉米苹果、橙子、西兰花、花椰菜、红萝卜等。

# 血糖波动与碳水化合物消化吸收及激素水平有关

营养素消化吸收代谢

Monosaccharides, the end products of carbohydrate digestion, enter the capillaries of the intestinal villi.

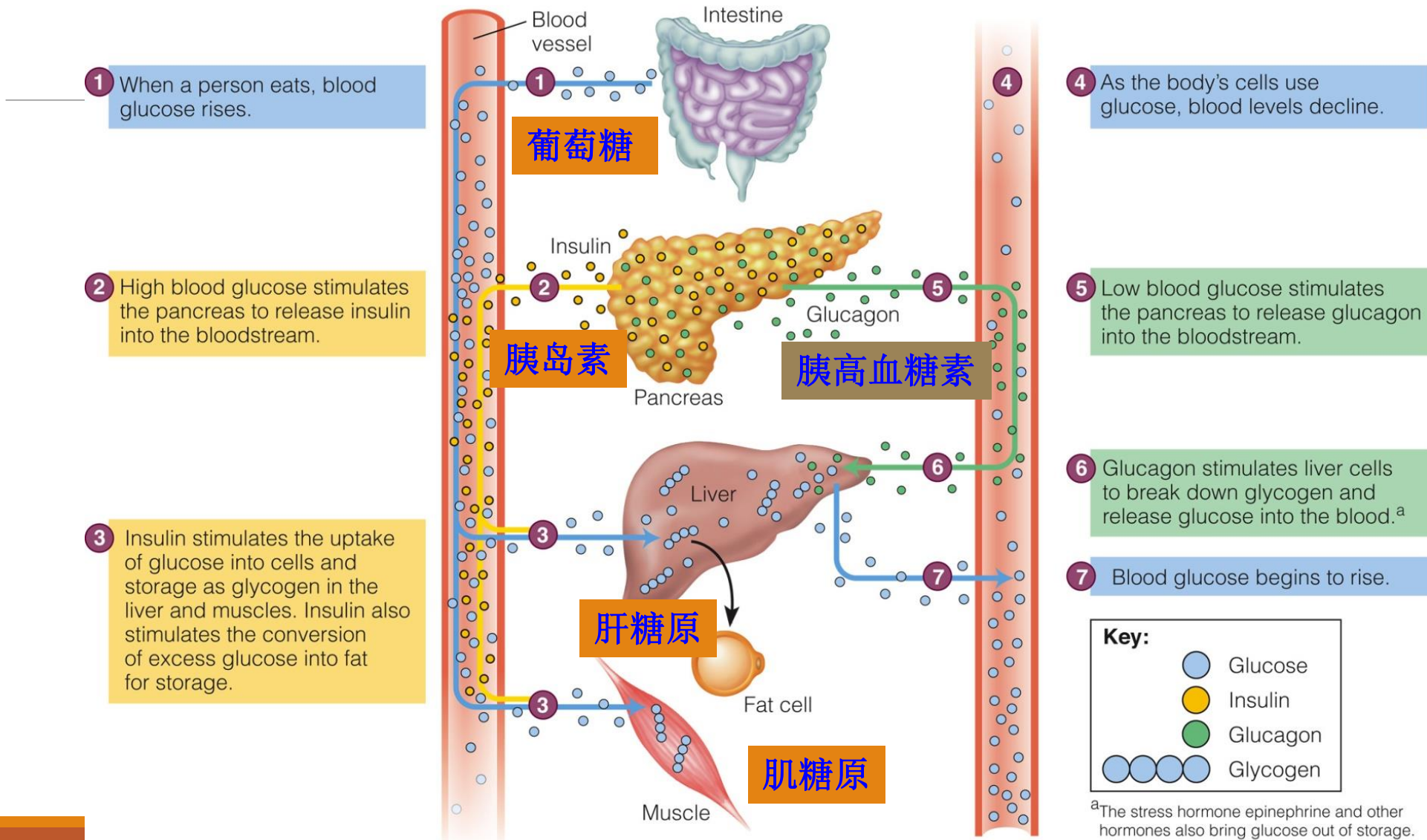
口腔内消化  
胃的消化  
肠内消化（肠腔/  
肠黏膜上皮/结肠）



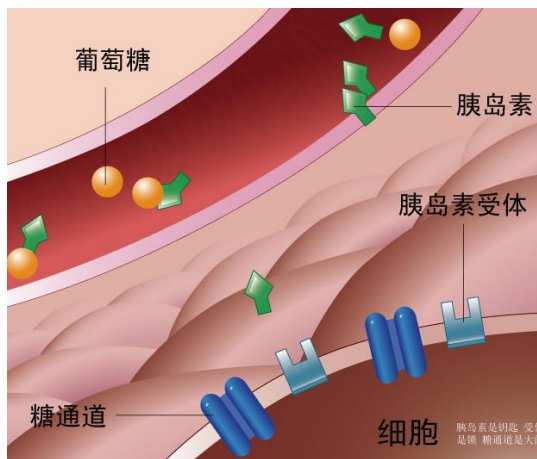
Monosaccharides travel to the liver via the portal vein.



# 血糖稳态 (glucose homeostasis): 胰岛素和胰高血糖素



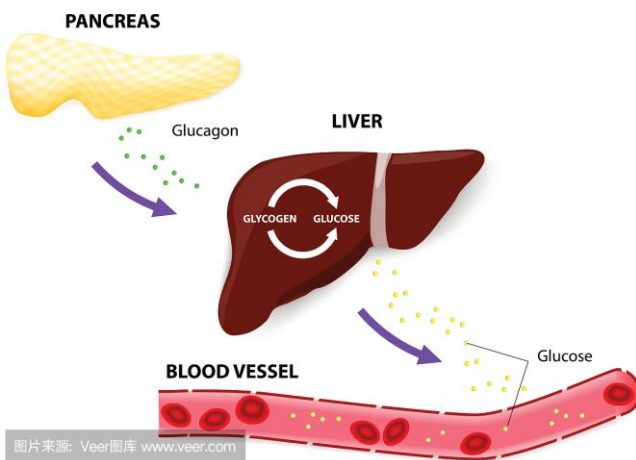
# 激素特点



胰岛素（唯一性）：在胰岛 $\beta$ 细胞中合成蛋白质激素。主要作用在肝脏、肌肉及脂肪组织，控制着蛋白质、糖、脂肪三大营养物质的代谢和贮存。

--对糖代谢的影响。能加速葡萄糖的利用,促进葡萄糖激酶(肝内)和己糖激酶(肝外)的活性,促进葡萄糖转变为6磷酸葡萄糖。抑制葡萄糖的生成,能抑制肝糖元分解为葡萄糖,以及抑制甘油、乳酸和氨基酸转变为糖元,减少糖元的异生。即使血糖的去路增加而来源减少。

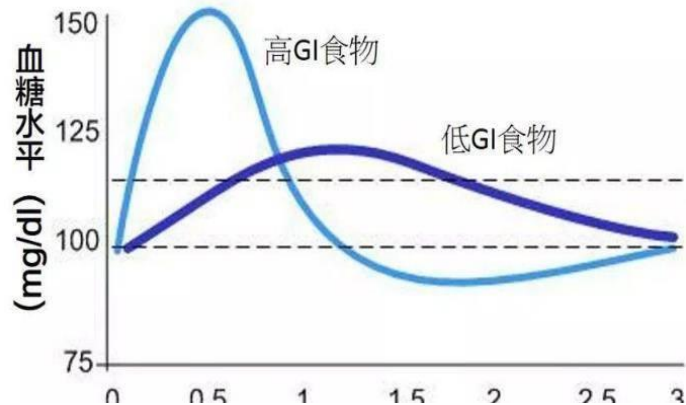
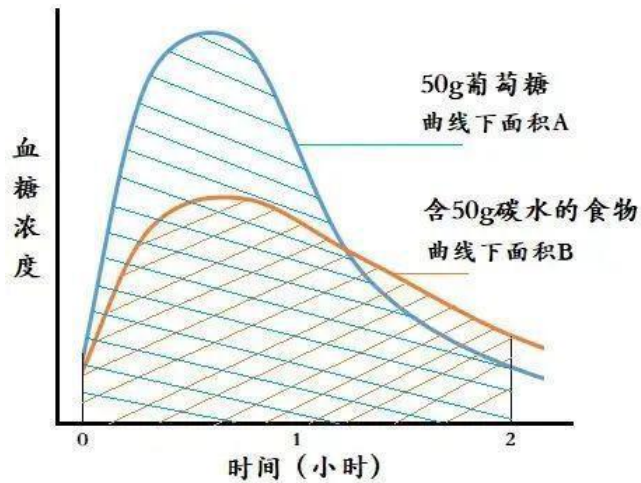
--对脂肪代谢的影响。促进脂肪的合成和贮存,抑制脂肪的分解。糖尿病时糖代谢障碍,脂肪动员,产生大量游离脂肪酸在肝脏氧化为乙酰辅酶A,然后变为酮体,其酮体产生



胰高血糖素：胰岛 $\alpha$ 细胞分泌，与胰岛素相对抗，促进肝糖原分解和糖异生作用，使血糖明显升高；促进脂肪分解和脂肪酸氧化；加速氨基酸进入肝细胞。

糖皮质激素和肾上腺素均可使血糖升高。

# 血糖生成指数



- 血糖生成指数(GI)是表示某种食物升高血糖效应与标准食品(通常为葡萄糖)升高血糖效应之比,指的是人体食用一定食物后会引起多大的血糖反应。
- 定义:摄入含50g碳水化合物食物与摄入50g葡萄糖在一定时间(2h)体内血糖反应水平百分比.反应食物与葡萄糖相比升高血糖的速度和能力
- 血糖指数高的食物或膳食,表示进入胃肠后消化快、吸收完全,葡萄糖迅速进入血液;反之则表示在胃肠内停留时间长,释放缓慢,葡萄糖进入血液后峰值低



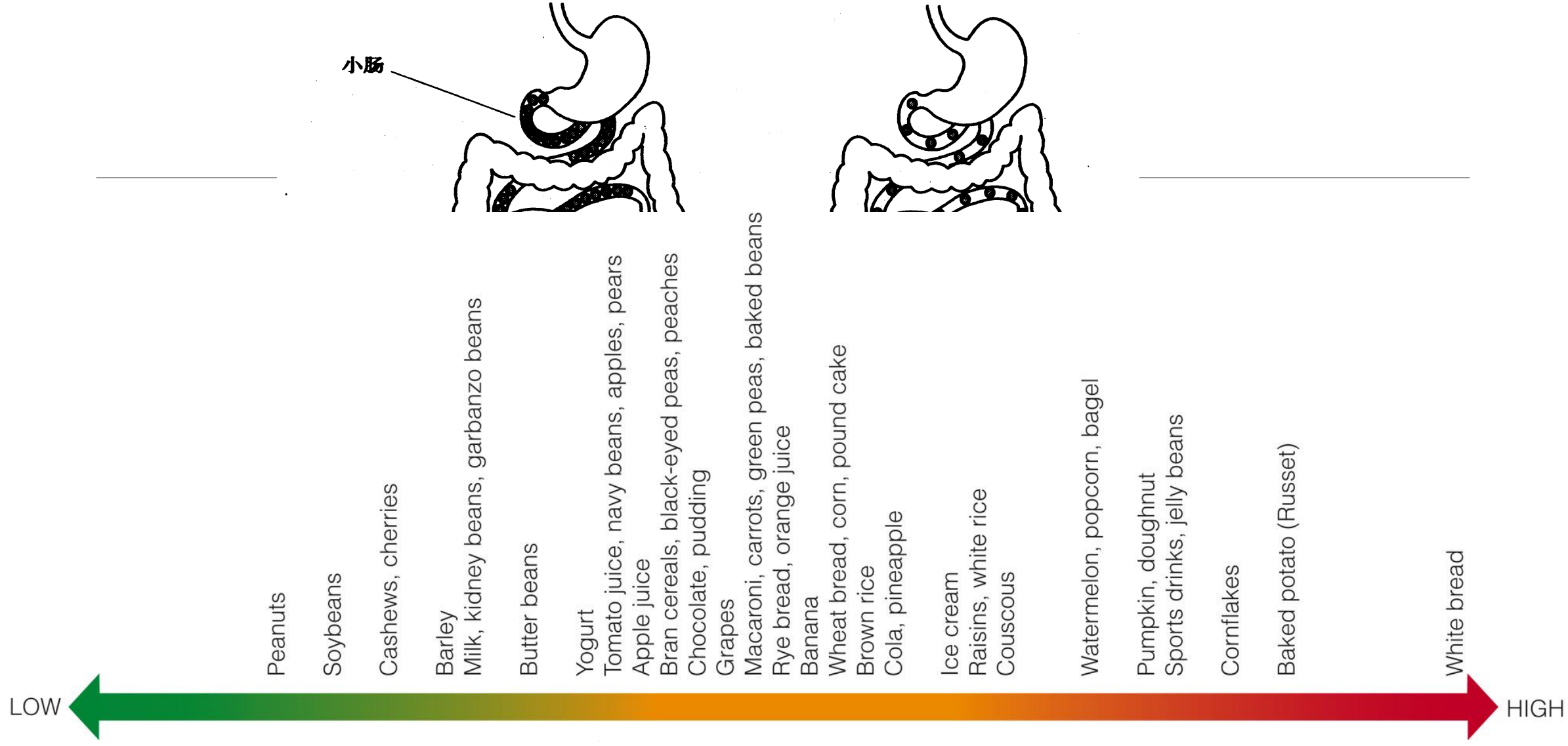


图 5—2 食物消化与血糖应答



# 影响因素

- **食物形态**: 天然食物保持天然的固有形态, 被食用时其纤维成分保持相对完整的状态, GI值相对较低。
  - **膳食纤维含量**: 食物中膳食纤维的含量越高其血糖生成指数就越低, 经过加工食物纤维影响GI值。
  - **淀粉比率**: 直连和支链淀粉含量和比值影响GI值, 一般而言含直连淀粉较多的食物能缓解消化和吸收速率。
  - **糖份种类**: 不同食物的血糖指数主要由碳水化合物的种类和数量决定。
  - **食物加工方法**: 精加工食物的食物血糖生成指数较初加工的高, 包括加热、打磨、油炸等加工手段。
  - **血糖负荷的影响**:  $\text{血糖负荷} = (\text{食物血糖生成指数} \times \text{碳水化合物克数}) / 100$
  - **混合餐中的血糖生成指数**: 脂肪会延缓胃排空, 同时能降低混合食物的食物血糖生成指数, 但是, 这似乎与我们控制饮食的原则相悖
- 因此在看待食物血糖生成指数时, 需要综合考虑, 优先组合。**



# 食物血糖负荷 (GL)

**GL:** 摄取某种食物的实际可利用碳水化合物的含量与GI值的乘积。主要反映碳水化合物摄入量与血糖的升高的关系。

营养

GI联合GL的必要性

南瓜

GI=75, 高GI食物

碳水化合物含量:  
5g/100g

$GL=75 \times 5 \div 100 = 3.75$   
低GL食物



通心面

GI=45, 低GI食物

碳水化合物含量:  
75.8g/100g

$GL=45 \times 75.8 \div 100$   
 $= 34.1$   
高GL食物

$GL = GI \times \text{碳水化合物含量 (克)} / 100$

GL > 20 的为高GL食物;

GL 在 10~20 的为中GL食物;

GL < 10 的为低GL食物。

南瓜的GI值为75，属于高GI食物，但事实上南瓜中碳水化合物的含量很少，每100g南瓜中仅含有5g碳水化合物，故日常食用量并不会引起血糖的大幅度变化。

# 低血糖指数/低血糖负荷饮食的“积极作用”！



## 1.改善2型糖尿病的各项代谢指标

可减轻胰岛β细胞负荷，对血糖、血脂水平、氧化应激、人体测量指标均有显著改善；提高糖尿病患者生活质量。

减缓餐后肠道激素和胰岛素升高

持续抑制血液游离脂肪酸水平

参考文献

[1]任海龙, 刘颖. 低血糖生成指数饮食改善2型糖尿病患者血糖、血脂、氧化应激和体重的效果[J]. 现代医院医学(医学版), 2020, 37(03): 54-56.  
[2]何丽霞, 孟桂云, 陈立基, 等. 低血糖生成指数联合低血糖负荷饮食对2型糖尿病患者氧化应激及人体测量学指标的影响[J]. 中国实用护理杂志, 2017, 33(1)

## 2.有效改善糖尿病前期人群代谢指标

低GI膳食联合抗阻运动对糖化血红蛋白的控制效果显著,同时有助于降低血清三酰甘油、BMI值和腰围。

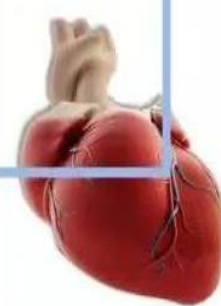
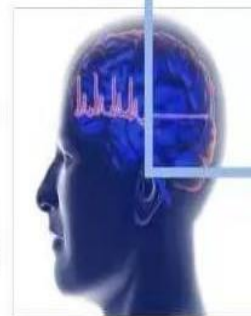


## 3.降低低血糖发生率

低GI肠内营养素膳食可在肠道准备中不影响肠道清洁度的情况下降低低血糖发生率

## 4.对难治性癫痫有一定疗效

推荐无手术指征的难治性癫痫患者可尝试低血糖生成指数饮食。



## 5.降低心血管患病风险,抑制肥胖、抗高血压

一项随访9年,近14万人研究显示,高GI饮食与重大心血管事件或全因死亡风险的明显升高相关。

参考文献

[1]Sonia Vega-López T, Bernabé J, Vonn J, Joanne L. Steinhilber. Relevance of the Glycemic Index and Glycemic Load for Body Weight, Diabetes, and Cardiovascular Disease[J]. *Nutrients*, 2018, 10(10): 1461.  
[2]郝岩峰, 杨祥新, 李秀琴. 低血糖生成指数膳食联合有氧及抗阻运动对糖尿病患者血糖控制及体重的影响[J]. 现代医院, 2019, 39(04): 336-339.  
[3]International tables of glycemic index and glycemic load values 2021: a systematic review[J]. *The American journal of clinical nutrition*, 2021.  
[4]张序华, 张芳, 梁娟, 等. 低GI膳食替代联合有氧运动对糖尿病前期人群代谢指标的影响[J]. 护理研究, 2017(35): 4569-4570.  
[5]肖田, 曹洪山, 彭辉, 等. 低血糖生成指数饮食治疗癫痫研究进展[J]. 癫痫杂志, 2018, 4(01): 38-58.



# 淀粉的消化性

快消化淀粉与慢消化淀粉

抗性淀粉与抗性糊精

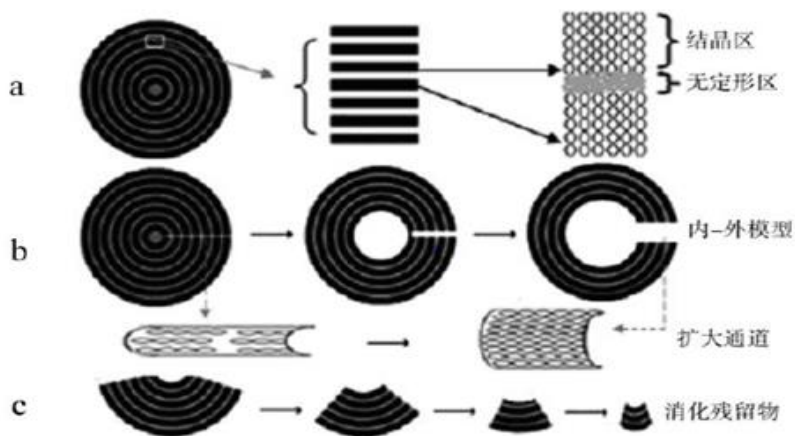
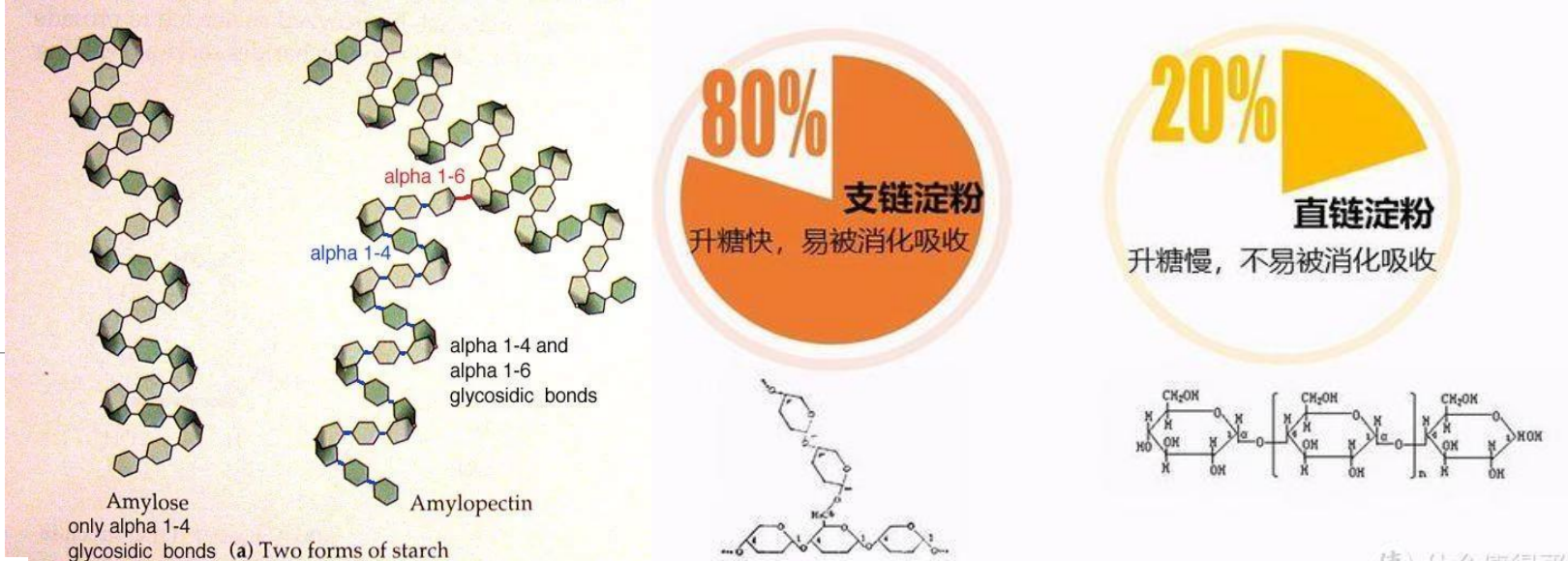
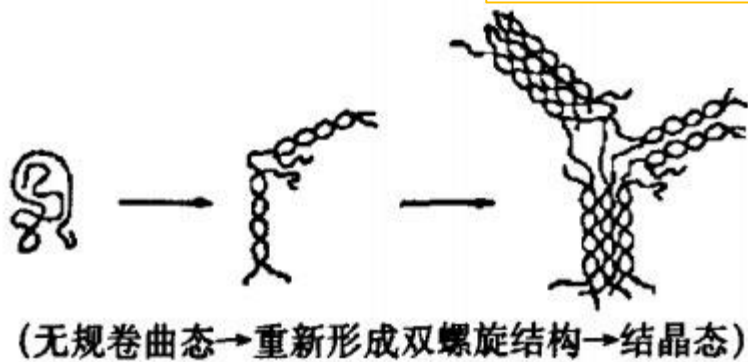


图2 淀粉颗粒结构及酶消化过程简图[7]



RS<sub>2</sub> 形成过程中淀粉分子链的变化

与血糖升高快慢相关  
与肠道发酵相关





# GI值测定

## 1 静态体外消化模型

### 1.1 Englyst 模型

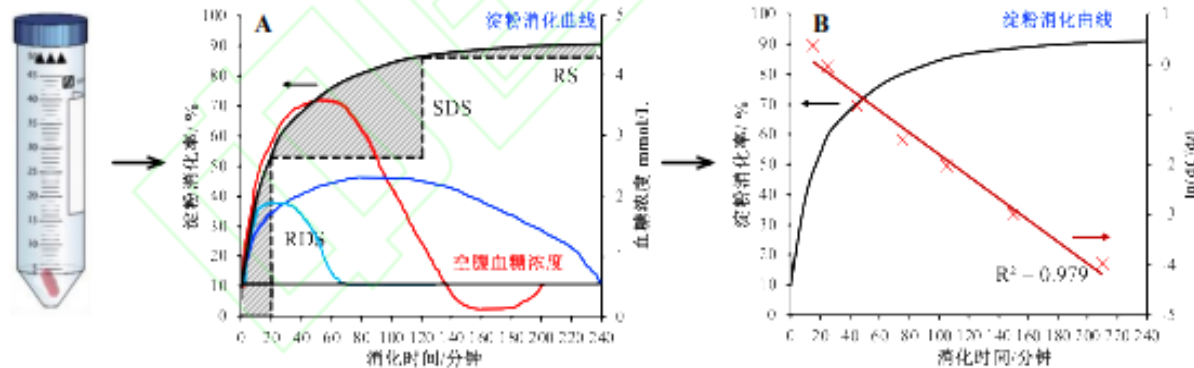


图1 静态体外消化曲线与体内餐后血糖浓度变化的关系图 (A) (RDS, 快消化淀粉食物; SDS, 慢消化淀粉; RS, 抗性淀粉) 和消化反应动力方程对消化曲线进行拟合后的线性关系图 (B)

Figure. 1 Relations between the *in vitro* digestogram and postprandial blood glucose concentration *in vivo* (A) (RDS, fastly digestible starch; SDS, slowly digestible starch; RS, resistant starch) and the overall fitting result of the *in vitro* digestogram using the logarithm of slope (LOS) (B)

王怀楦, 彭星光, 刘宏生, 余稳稳. 碳水化合物食品 GI 值体外、内预测方法 的研究进展[J/OL]. 食品科学.

<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20220901.1733.003.html>

- 通过剁碎或研磨待测食品样品模拟口腔咀嚼过程;
- 在旋涡混合器或磁性水浴锅中通过加入磁力搅拌子进行持续性搅拌以模拟胃肠蠕动过程;
- 通过添加一定浓度、体积的 HCl 和 NaOH 溶液来调节消化液的 pH 值, 以模拟人体胃、肠道的消化环境;
- 通过在不同消化步骤中添加一种或多种消化酶 (通常为猪蛋白酶、猪胰酶、 $\alpha$ -葡萄糖苷酶等) 将待测食品最终消化成葡萄糖或麦芽糖, 并通过测定葡萄糖浓度随时间的变化来反应餐后血糖变化。

# 动态体外消化模型经典

## 2.1. TIMcarbo 模型

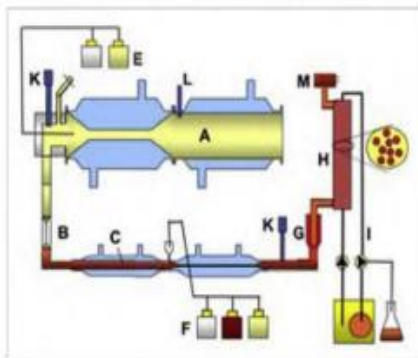
第一步：机器粉碎模拟口腔咀嚼过程



第三步：消化产物（葡萄糖和果糖）浓度自动分析



第二步：模拟人胃与小肠消化



第四步：自动预测血糖浓度变化曲线

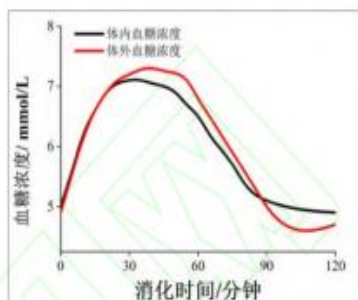


图 2 TIMcarbo 动态体外消化模型预测食品血糖释放曲线

Figure. 2 TIMcarbo dynamic *in vitro* digestion model for predicting the blood glucose concentration after meal

TIMcarbo 模型不仅模拟了口腔消化对血糖生成浓度的影响，同时还综合考虑了葡萄糖、果糖等物质在小肠的吸收过程。其操作步骤可概括为：

(1) 待测食品利用机器粉碎模拟人口腔对食物的咀嚼作用后进入到动态的胃肠道模拟消化系统内，得到消化产物；

(2) 消化产物经计算机自动分析，得到葡萄糖、果糖等物质的含量与时间的变化，并得到葡萄糖释放曲线。研究结果显示，TIMcarbo 模型预测得到的血糖释放曲线与人体内血糖释放曲线高度一致（图 2），可用于研究待测食品样品对餐后血糖浓度的影响。

# 低 GI 食品

ICS 11.020  
C.55

WS

中华人民共和国卫生行业标准

WS/T 652—2019

食物血糖生成指数测定方法

Standard for determination of food glycemic index

2019-06-11 发布

2019-12-01 实施

中华人民共和国国家卫生健康委员会 发布

## 开发低 GI 值的碳水化合物食品 (Low GI Carbohydrate Foods) 已 成行业内的共识，存在巨大的市 场机遇与商业价值

“低GI”食品的消化吸收速度较慢，葡萄糖被缓慢释放到血液中，血糖升降平缓，峰值相对低，胰岛素分泌更加稳定，从而避免囤积更多脂肪，实现长久饱腹，更加容易实现体重管理等健康目的，降低患上糖尿病、心血管疾病等风险。



Randomized Controlled Trial > Arch Endocrinol Metab. Mar-

doi: 10.1590/2359-3997000000206. Epub 2016 Sep 5.

## Low glycemic index diet reduces body weight and attenuates inflammatory and metabolic abnormalities in patients with type 2 diabetes

Júnia Maria Geraldo Gomes<sup>1</sup>, Sabrina Pinheiro Fabrini<sup>2</sup>, Rita de

Affiliations + expand

PMID: 27598983 DOI: 10.1590/2359-3997000000206

Wiley Online Library

**OBESITY**  
Reviews

Obesity Treatment

### Low glycaemic index diets as an intervention for obesity: a systematic review and meta-analysis

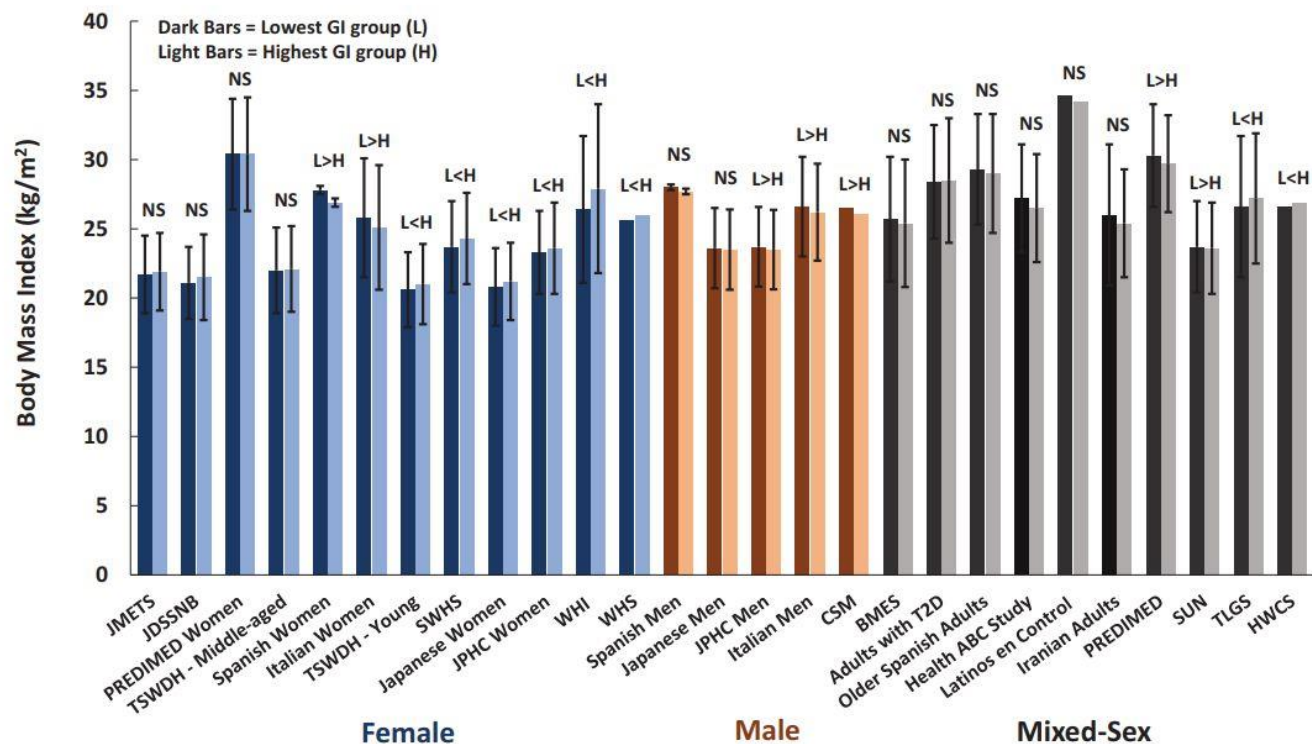
M. I. Zafar, K. E. Mills, J. Zheng, M. M. Peng, X. Ye, L. L. Chen

First published: 20 November 2018 | <https://doi.org/10.1111/obr.12791>

## 低GI饮食大幅提高脂肪氧化速度

Outcome measure	Low GI	High GI	p-value
Fat oxidation (10 h) (g/min)	0.043 ± 0.021	0.034 ± 0.017	0.002
Incremental fat oxidation (10 h) (g/min)	-0.033 ± 0.021	-0.050 ± 0.017	<0.001
Incremental fat oxidation post-breakfast (g/min)	-0.032 ± 0.017	-0.047 ± 0.023	<0.001
Incremental fat oxidation post-lunch (g/min)	-0.033 ± 0.014	-0.052 ± 0.015	<0.001
Incremental fat oxidation post-snack (g/min)	-0.048 ± 0.025	-0.059 ± 0.018	0.076

## 低GI饮食大多数时候比高GI饮食更胖



# 精制碳水化合物

- 精制碳水会导致暴饮暴食，增加肥胖、心脏病和2型糖尿病的风险；富含精制碳水化合物的饮食也会增加患结肠癌和各种消化系统疾病的风险。
- 精制碳水化合物消化速度快，会导致血糖水平的大幅波动。
- 高血糖指数（GI）的食物能促进短期的饱腹感，持续约一小时。而血糖指数低的食物会让人有持续两到三个小时的**饱腹感**。吃完富含精制碳水化合物的食物一两个小时后，血糖水平会下降，促进饥饿，刺激大脑中与奖赏和渴望相关的区域。这些信号会让你渴望更多的食物，并导致暴饮暴食。长期研究也表明，食用精制碳水化合物与**腹部脂肪增加**有关。此外，精制碳水化合物可能会引起**体内炎症**。



# 从碳水化合物数量到其种类与质量的区别



蔬菜、水果、豆类、根茎类和全谷物所含有的复杂碳水化合物。对人体具有明显健康促进作用



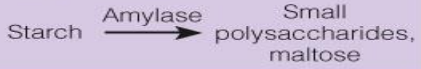


# 碳水化合物食物消化

## STARCH

### Mouth and salivary glands

The salivary glands secrete saliva into the mouth to moisten the food. The salivary enzyme amylase begins digestion:



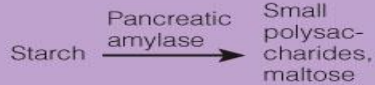
## 淀粉

### Stomach

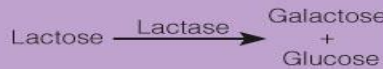
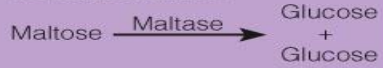
Stomach acid inactivates salivary enzymes, halting starch digestion.

### Small intestine and pancreas

The pancreas produces an amylase that is released through the pancreatic duct into the small intestine:



Then disaccharidase enzymes on the surface of the small intestinal cells hydrolyze the disaccharides into monosaccharides:



Intestinal cells absorb these monosaccharides.

## FIBER

### Mouth

The mechanical action of the mouth crushes and tears fiber in food and mixes it with saliva to moisten it for swallowing.

## 膳食纤维

### Stomach

Fiber is not digested, and it delays gastric emptying.

### Small intestine

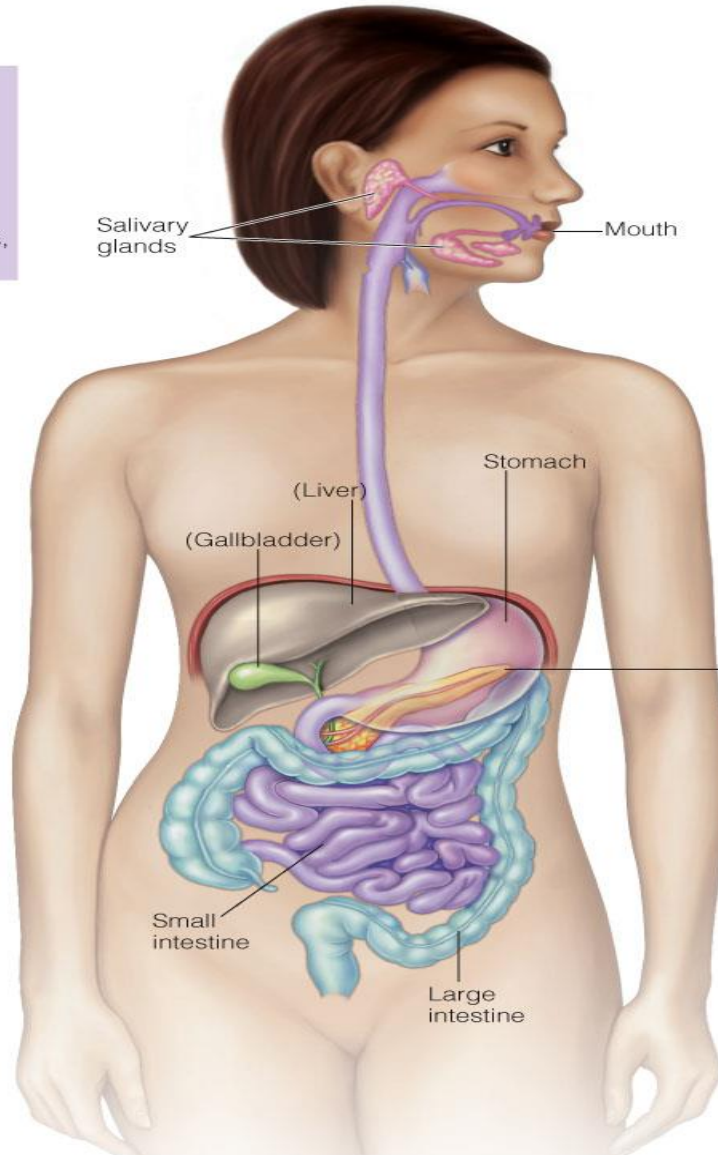
Fiber is not digested, and it delays absorption of other nutrients.

### Large intestine

Most fiber passes intact through the digestive tract to the large intestine. Here, bacterial enzymes digest fiber:



Fiber holds water; regulates bowel activity; and binds substances such as bile, cholesterol, and some minerals, carrying them out of the body.



← 消化吸收; 大肠发酵 →

# 不可消化碳水化合物 (NDCs)

---

- **不可消化碳水化合物 (NDCs)** 是一种食物成分，包括非淀粉多糖和抗性淀粉，许多NDCs被FDA列为膳食纤维。
- 由于其对人类健康的潜在有益作用，NDCs被广泛应用于食品供应中。
- 近期发表于 *Advances in Nutrition* 的一项综述调查了符合FDA膳食纤维定义的NDCs的胃肠道作用和耐受性，发现各类NDC的耐受摄入量范围为3.75-25 g/d。但目前多数NDC还不能确定最终的推荐耐受剂量，还需更多研究。

**Gastrointestinal Effects and Tolerance of Non-Digestible Carbohydrate Consumption** 08-30, *Advances in Nutrition*

doi: [10.1093/advances/nmac094](https://doi.org/10.1093/advances/nmac094)

# 糖链与健康：肠道菌群效应【见后续内容】

- **膳食纤维**类组分：不被机体消化的主要来源于植物的糖类物质
- **益生元**：可以被机体肠道的菌群选择性利用并产生有益于健康的物质（菊粉、抗性淀粉、低聚糖等）





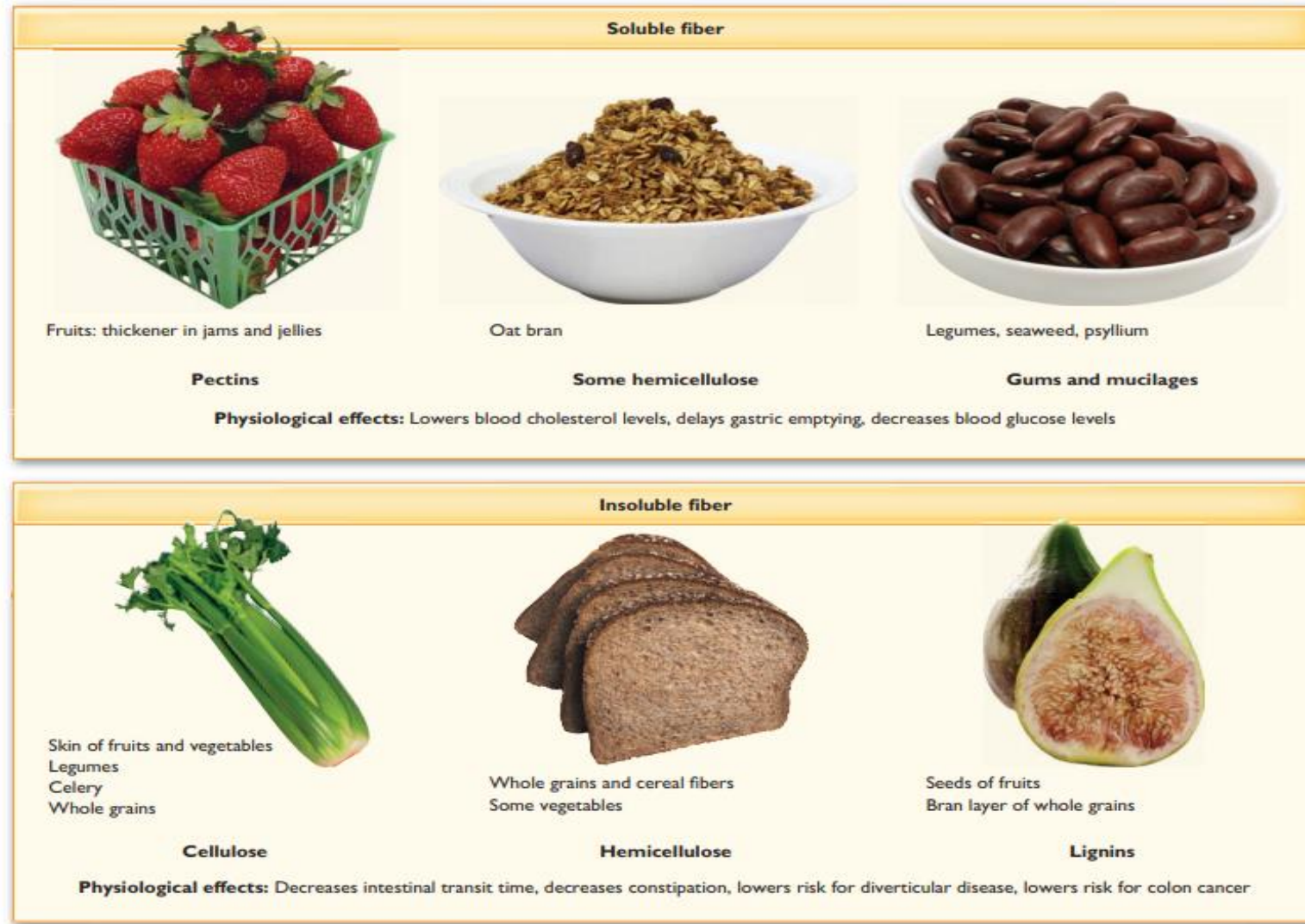
# 膳食纤维 dietary fibre



- ◆ **膳食纤维**主要是不能被人体利用的多糖，即不能被人类的胃肠道中消化酶所消化的，且不被人体吸收利用的多糖。这类多糖主要来自植物细胞壁的复合碳水化合物，也可称之为**非淀粉多糖**，即非 $\alpha$ -葡聚糖的多糖。
- ◆ **膳食纤维 (DF)** 是一种不能被人体消化的碳水化合物，以溶解于水中可分为两个基本类型：水溶性纤维与非水溶性纤维
- ◆ **水溶性膳食纤维 (SDF)**：常见食物大麦、豆类、胡萝卜、柑橘、亚麻、燕麦和燕麦糠等都含有丰富的水溶性纤维，果胶和树胶等也属于水溶性纤维，水溶性纤维可减缓消化速度和最快速排泄胆固醇，所以可让血液中的血糖和胆固醇控制在最理想的水准之上，还可以帮助糖尿病患者降低胰岛素和血脂。
- ◆ **水不溶性纤维 (IDF)**：包括纤维素、木质素和一些半纤维素，存在于植物细胞壁中，食物中的小麦糠、玉米糠、芹菜、果皮和根茎蔬菜中均含有。

# 膳食纤维类型

- 低聚糖系列：除低聚果糖、低聚半乳糖外，低聚异麦芽糖、低聚木糖和半乳寡糖
- 膳食纤维来源的配料还有：菊粉、多聚果糖、聚葡萄糖、 $\beta$ -葡聚糖（燕麦大麦来源）、阿拉伯木聚糖、海藻酸钠、菊粉和菊粉型果糖、高直链淀粉、抗性麦芽糊精/糊精、抗性淀粉RS、阿拉伯树胶等



**Figure 5-7** Soluble and insoluble fibers. Fibers can be classified as either soluble or insoluble based on their properties. Soluble fibers dissolve in water, whereas insoluble fibers do not dissolve in water.

diabetes.<sup>8,9</sup> In addition, fiber can decrease intestinal transit time, thus reducing risks of constipation, diverticular disease, and colon cancer.<sup>8,10-12</sup> The health benefits of fiber are discussed in detail later in the chapter.

Knowledge Check

# 主要特性



- ◆ **吸水作用**。膳食纤维有很强的吸水能力或与水结合的能力。此作用可使肠道中粪便的体积增大，加快其转运速度，减少其中有害物质接触肠壁的时间。
- ◆ **粘滞作用**。一些膳食纤维具有很强的黏滞性，能形成粘液型溶液，包括果胶、树胶、海藻多糖等。
- ◆ **结合有机化合物作用**。膳食纤维具有结合胆酸和胆固醇的作用。
- ◆ **阳离子交换作用**。其作用与糖醛酸的羧基有关，可在胃肠内结合无机盐，如钾、钠、铁等阳离子形成膳食纤维复合物，影响其吸收。
- ◆ **细菌发酵作用**。膳食纤维在肠道易被细菌酵解，其中可溶性纤维可完全被细菌酵解，而不溶性膳食纤维则不易被酵解。而酵解后产生的短链脂肪酸如乙酯酸、丙酯酸和丁酯酸均可作为肠道细胞和细菌的能量来源。促进肠道蠕动，减少胀气，改善便秘



# 重要膳食纤维

## 抗性淀粉

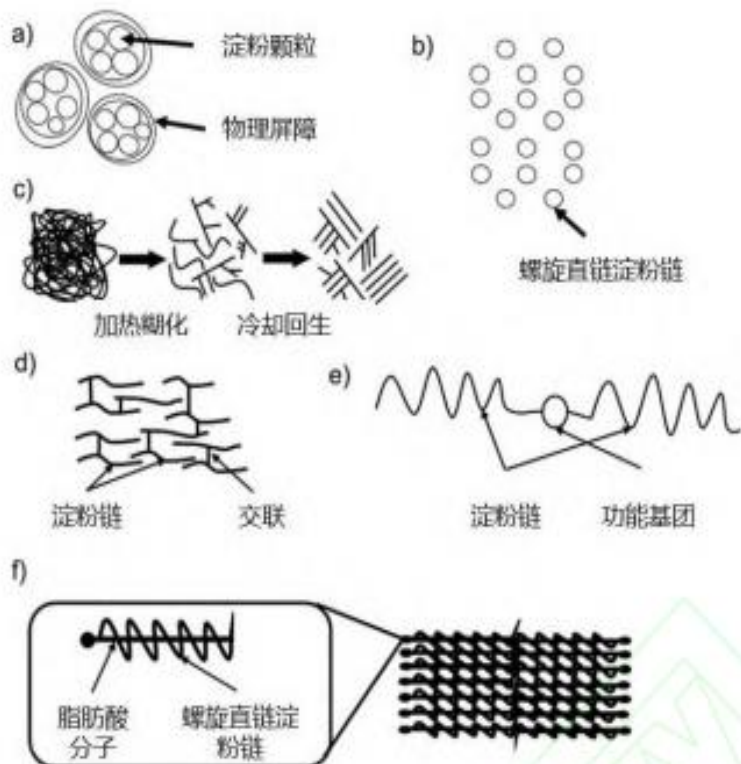


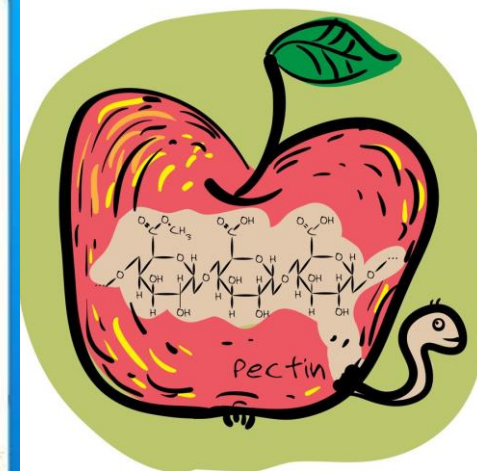
图1 不同类型的抗性淀粉的结构模拟示意图<sup>[29]</sup>

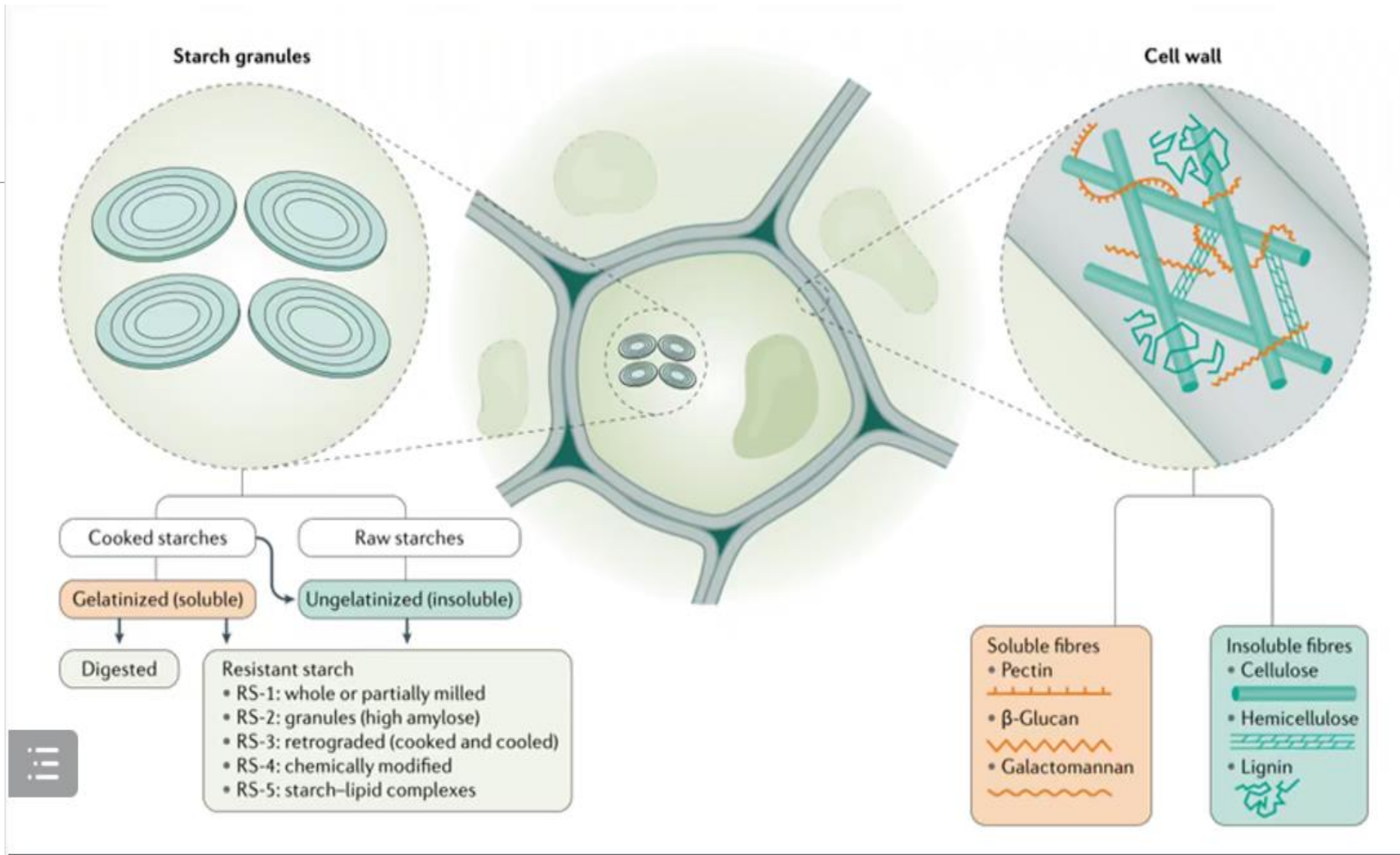
Fig.1 Structural models of different types of RS<sup>[29]</sup>

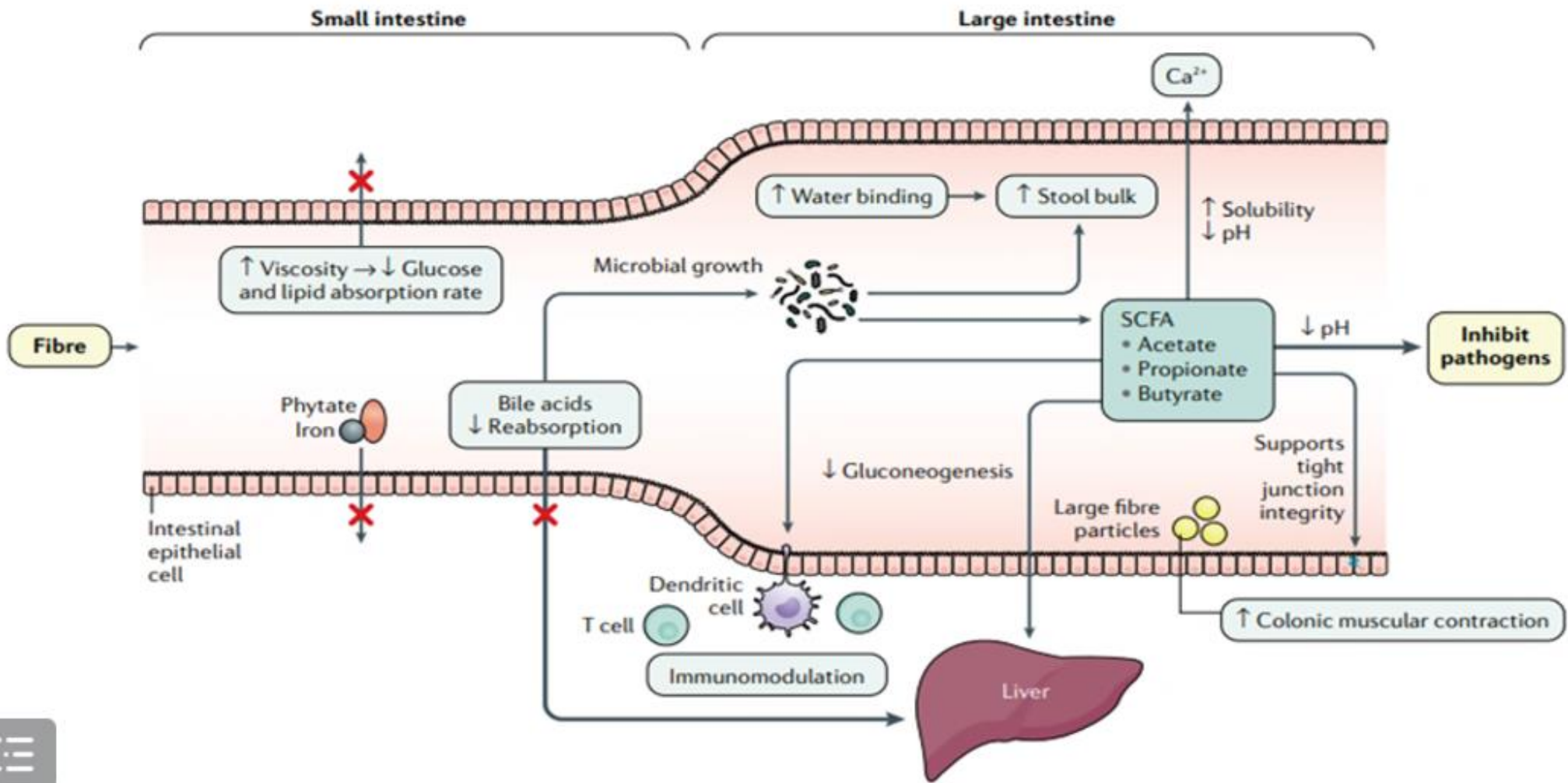
注：(a) RS1，淀粉分子被物理屏障包裹；(b) RS2，螺旋直链形成紧密有序的结构，抵抗酶解；(c) RS3，经加热糊化和冷却回生形成；(d)(e) RS4，通过淀粉交联或加入新的功能基团（例如乙酰基或磷酸基）形成；(f) RS5，由螺旋直链淀粉链围绕脂肪酸分子形成的复合物，多个复合物聚集从而抵抗酶解。图片出自 Wong 等<sup>[29]</sup>（已获版权）。

## 菊粉

好“养料”  
好舒畅









# 膳食纤维如何影响和调控体重？（综述）

*Critical Reviews in Food Science and Nutrition*[IF:11.208]

- ① 膳食纤维可控制血糖和胰岛素等，其通过减少饥饿感和延长饱腹感预防肥胖；
- ② 纤维减少饥饿的机制包括胃胀、延迟胃排空、预防低血糖、增加未吸收营养物质到达回肠，刺激肠道分泌胆囊收缩素、**GLP-1**（胰高血糖素样肽-1）和**PYY**（YY肽）；
- ③ 纤维发酵产生的短链脂肪酸可促进**GLP-1**和**PYY**分泌；
- ④ 食用纤维后能量摄入和体重减少，并增强饱腹感，但一些研究中体重减轻的程度很小；
- ⑤ 得出明确的结论还需更多研究，特别是纤维对食欲相关激素和减肥的影响。

The role of dietary fibers in regulating appetite, an overview of mechanisms and weight consequences10-04, doi: 10.1080/10408398.2022.2130160



Find articles with these terms

dietary fibre



Advanced search

Suggested publications:

View all



134,216 results

Set search alert

Refine by:

Subscribed journals

Years

2023 (338)

2022 (9,001)

2021 (9,221)

Show more

Article type

Review articles (16,013)

Research articles (78,014)

Encyclopedia (2,825)

Book chapters (17,094)

Download selected articles Export

sorted by relevance | date

Research article Full text access

1 Comparative analysis of dietary fibre determination by AOAC 991.43 and AOAC 2011.25 for frequently consumed foods in Slovenia

Food Chemistry, 21 July 2022, ...

Blaž Ferjančič, Mihaela Skrt, ... Jasna Bertoneclj

Download PDF Abstract Extracts Figures Export

Research article Open access

2 The structural characteristics of dietary fibers from Tremella fuciformis and their hypolipidemic effects in mice

Food Science and Human Wellness, 7 September 2022, ...

Shanshan Zhang, Xinle Xu, ... Tingting Liu

Download PDF Abstract Extracts Figures Export

Get a personalized search experience

Recommendations, reading history, search & journals alerts, and more registration benefits.

Personalize

# 糖尿病

---

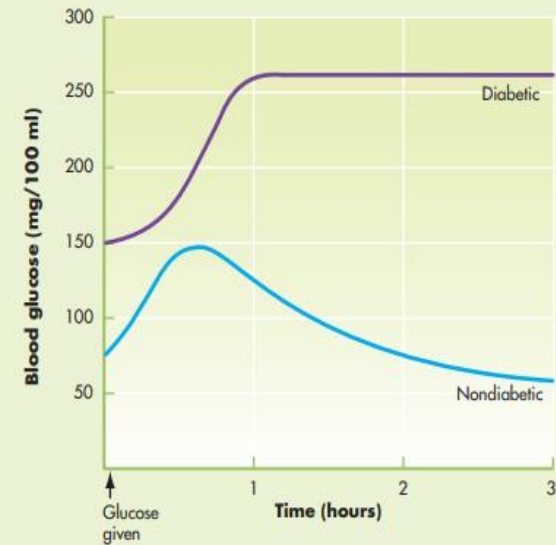
- 2021年全球成年（20-79岁）糖尿病患者人数达到5.37亿，其中，中国糖尿病患病人数排名世界第一，约为1.41亿，预计到2045年，这一数字会达到1.74亿。
- 糖尿病分为4种类型，包括1型糖尿病、2型糖尿病、特殊类型糖尿病和妊娠期糖尿病。其中，**2型糖尿病**是临床最常见的类型，患者数量约占整体患者的90%。
- 2型糖尿病是由于**胰岛素抵抗**明显、胰岛素生物学效应不足而引起，胰岛素抵抗贯穿整个病程并使糖尿病症状得以显现、持续加重，可以说，胰岛素抵抗是2型糖尿病发病的核心病理机制之一。



# 糖尿病

**Table 5-5** Comparison of Type 1 and Type 2 Diabetes

	Type 1 Diabetes	Type 2 Diabetes
<b>Occurrence</b>	5% of cases of diabetes	90% of cases of diabetes
<b>Cause</b>	Autoimmune attack on the pancreas	Insulin resistance
<b>Risk Factors</b>	Moderate genetic predisposition	Strong genetic predisposition Obesity and physical inactivity Ethnicity Metabolic Syndrome Pre-diabetes
<b>Characteristics</b>	Distinct symptoms (frequent thirst, hunger, and urination) Ketosis Weight loss	Mild symptoms, especially in early phases of the disease (fatigue and nighttime urination) Ketosis does not generally occur
<b>Treatment</b>	Insulin Diet Exercise	Diet Exercise Oral medications to lower blood glucose Insulin (in advanced cases)
<b>Complications</b>	Cardiovascular disease Kidney disease Nerve disease Blindness Infections	Cardiovascular disease Kidney disease Nerve damage Blindness Infections
<b>Monitoring</b>	Blood glucose Urine ketones Hemoglobin A1c	Blood glucose Hemoglobin A1c



*Figure 5-16* Glucose tolerance test: a comparison of blood glucose concentrations in untreated diabetic and healthy, nondiabetic persons after consuming a 75 g test load of glucose.

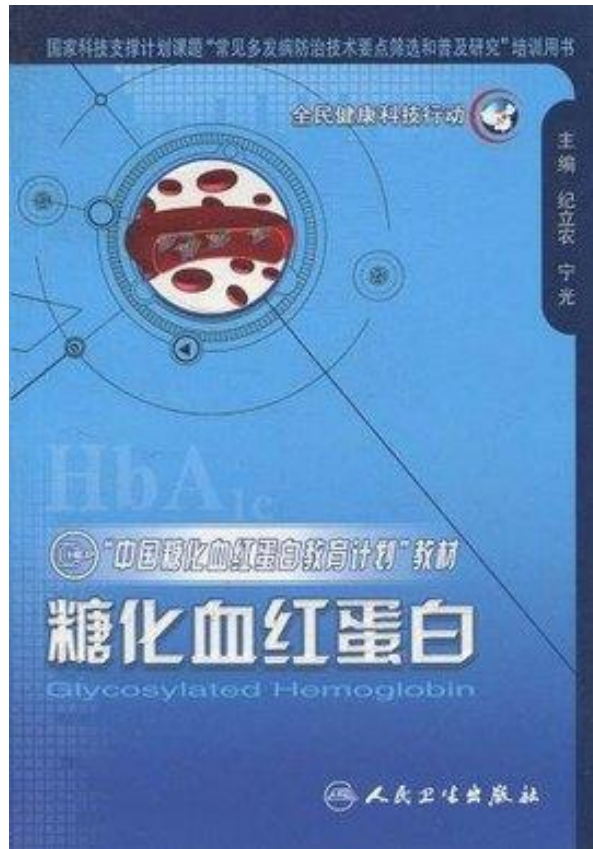
糖耐量试验

# 胰岛素抵抗

---

- **胰岛素抵抗**是指各种原因使胰岛素促进葡萄糖摄取和效率下降，机体代偿性的分泌过多胰岛素产生高胰岛素血症，以维持血糖的稳定
- 一个具有正常代谢的人，胰岛素是在进食后由胰腺内的胰岛β-细胞分泌的，它传递信号给体内的胰岛素感应组织（例如肌肉与脂肪），使细胞膜表面产生**葡萄糖运体4型（GLUT4）**吸收葡萄糖来降低血糖含量到一个正常值（大约5 mmol/L，或90 mg/dL）。
- 1998年7月WHO将**胰岛素抵抗综合征**定义为：①胰岛素抵抗；②糖耐量异常；③血压 $\geq 160/90$ mmHg；④甘油三酯 $\geq 1.7$ mmol/L，高密度脂蛋白低；⑤向心性肥胖；⑥体重指数BMI $> 30$ kg/m<sup>2</sup>；⑦腰臀比，男性 $> 0.9$ ，女性 $> 0.85$ ；⑧高尿酸血症；⑨微量白蛋白尿。一个个体存在糖尿病或糖耐量减退及或胰岛素抵抗，并同时具有2项以上组合，可定义为胰岛素抵抗综合征。

# 糖化血红蛋白 (glycosylated hemoglobin, HbA1c)

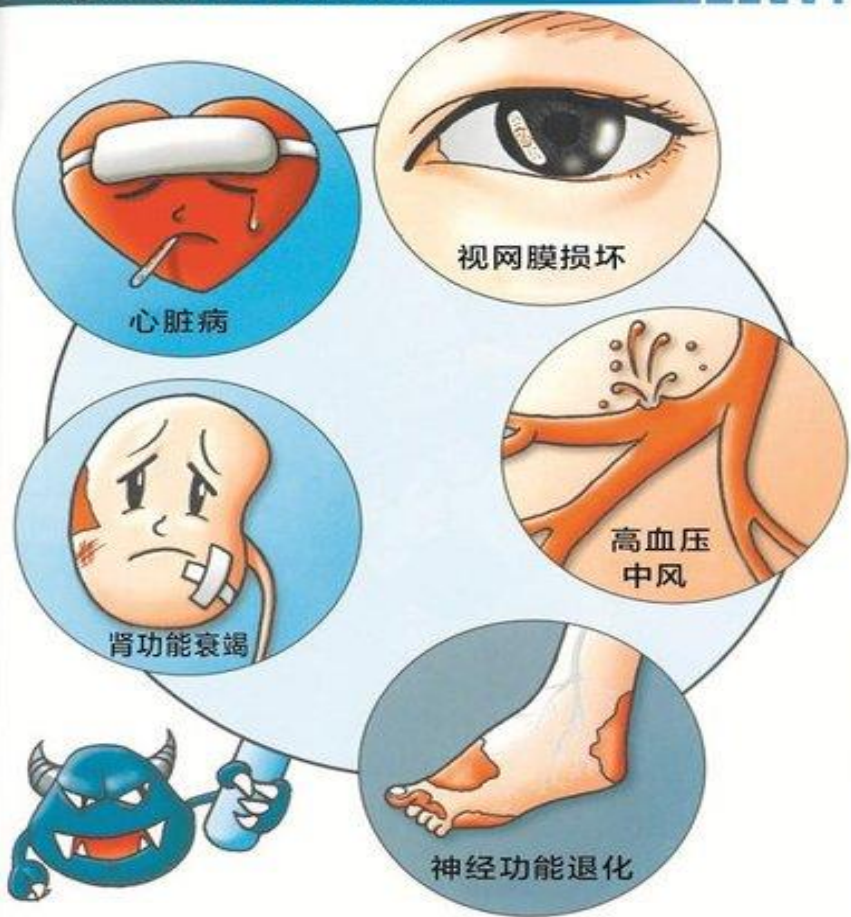


- 糖化血红蛋白 (GHb) 是血液葡萄糖通过非酶作用，经细胞膜与红细胞内血红蛋白-链缬氨酸结合形成的产物，其合成速率与红细胞所处环境中糖的浓度成正比。
- 糖化血红蛋白的形成是不可逆的，其浓度与红细胞寿命（平均120天）和该时期内血糖的平均浓度有关，不受每天血浆葡萄糖浓度大小波动而变化，也不受运动或食物的影响，因此糖化血红蛋白是反映过去6-8周的平均血糖浓度，这可为**评估血糖的控制情况提供可靠的实验室指标。**



# 糖尿病慢性并发症

## 糖尿病引发的疾病



糖尿病慢性并发症主要由血管病变引起，通常分为**大血管病变和微血管病变**。糖尿病患者中，每10个人就有8个人死于心血管事件；糖尿病患者脑卒中的发生风险比一般人群增加2-4倍；另外，外周血管病变是导致非创伤性下肢截肢手术的主要原因。

**糖尿病微血管并发症包括糖尿病眼病、糖尿病肾病和糖尿病神经病变**。糖尿病眼病是糖尿病累及视网膜而导致的，是成年人致盲的首要原因；糖尿病肾病是慢性肾脏病和终末期肾脏病（肾衰竭）的重要原因；糖尿病累及周围神经会导致糖尿病周围神经病变，患者会出现四肢远端麻木、瘙痒、疼痛等感觉异常，严重者甚至会导致截肢。

# 中国超40万人研究：糖尿病与胰腺癌发生风险确相关！年轻人更危险！

ARTICLES | ONLINE FIRST, 100596

PDF [1 MB] Figure

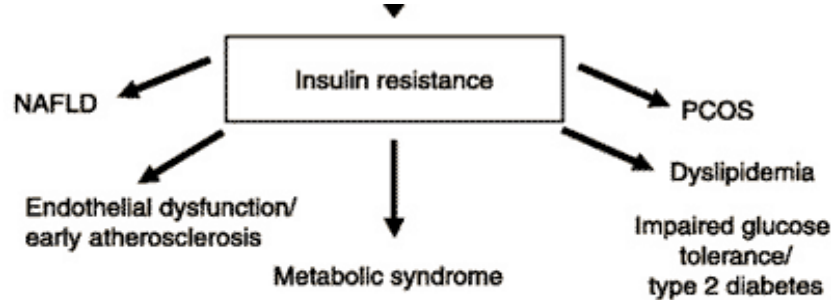
## Association between age at diabetes onset or diabetes duration and subsequent risk of pancreatic cancer: Results from a longitudinal cohort and mendelian randomization study

Baiyong Shen <sup>1</sup> ✉, Yanyun Li <sup>1</sup>, Chang-Sheng Sheng <sup>1</sup>, Lili Liu, Tianzhichao Hou, Nan Xia, et al.

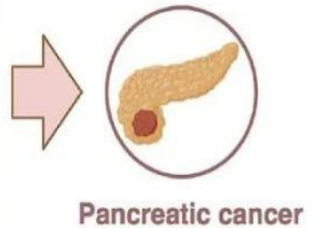
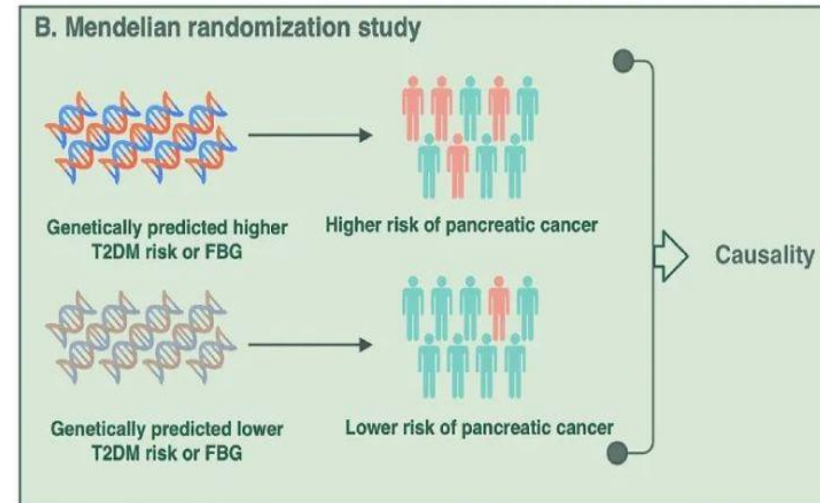
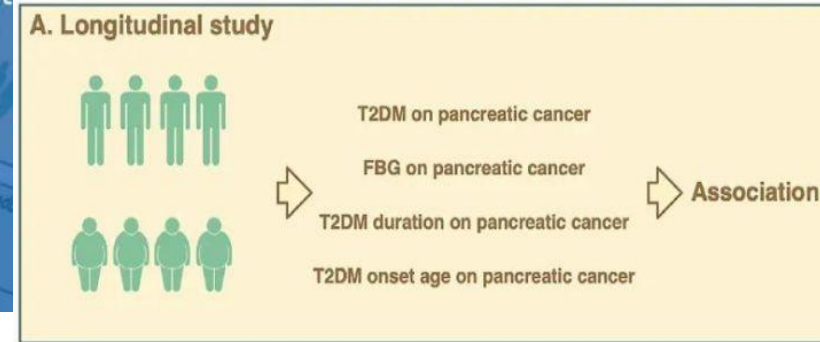
Show all authors • Show footnotes

Open Access • Published: September 16, 2022 • DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2022.100596>

糖代谢受损会导致不良的宏观和微观血管，并与癌症的较高发生率相关



TNF- $\alpha$ , tumor necrosis factor- $\alpha$ ; NAFLD, non-alcoholic fatty liver disease; PCOS, polycystic ovary syndrome



# 小结

---

碳水化合物健康作用

代糖

血糖生成指数

膳食纤维

抗性淀粉