

类胡萝卜素的世界：

颜色，食物和健康

由西班牙类胡萝卜素研究网络（Red Española de Carotenoides）提供
facebook.com/carotenoid
<https://departamento.us.es/dgenetica/CaRed/Home.html>



CaRed

类胡萝卜素的世界： 颜色、食物和健康



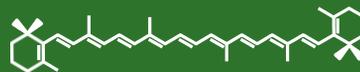
CaRed

Red Española de Carotenoides
www.facebook.com/carotenoid
[https://departamento.us.es/dgenetica/
CaRed/Home.html](https://departamento.us.es/dgenetica/CaRed/Home.html)

什么是类胡萝卜素?

类胡萝卜素 (Carotenoids) 是一类天然色素。他们的颜色包括黄色、橘色、红色和许多中间色调。它们之所以被称为类胡萝卜素, 是因为它们最初在胡萝卜中被发现。

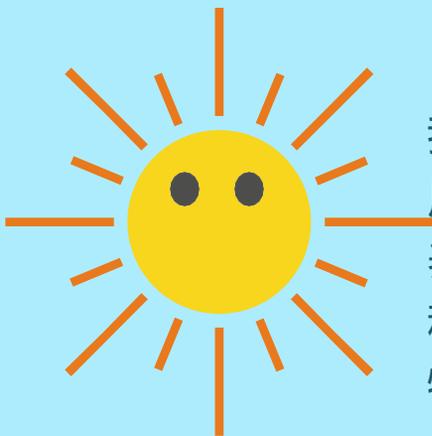
大家好! 我是胡萝卜博士, 我将向你们展示丰富多彩的类胡萝卜素世界。



植物生存在充满挑战的环境中

植物利用太阳能来生成丰富的资源，比如食物、木材、化学原料、药物，以及其他多种多样的物品。





我们星球上的生命主要依赖于光合作用，光合作用利用太阳能支持植物生长。植物作为食物链的基石，滋养着昆虫、草食动物以及它们的捕食者。此外，我们种植的作物不仅滋养着人类，也为农场动物提供了食物来源。



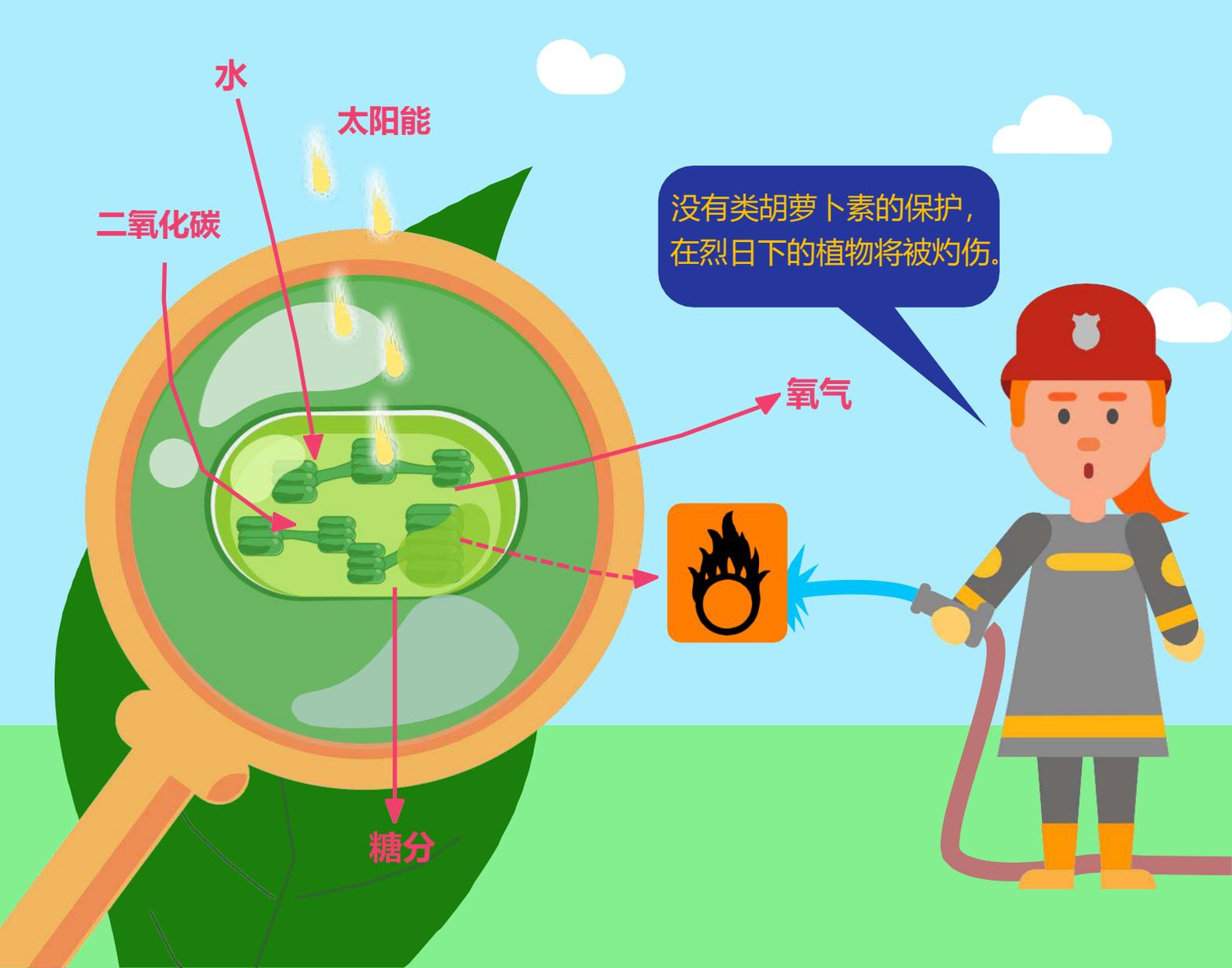
除了无法逃避被动物捕食的风险外，当植物暴露于阳光下时还需与那些无形的敌人斗智斗勇。你是否好奇这背后的原因呢？

类胡萝卜素是植物的防晒剂



光合作用时，植物借助叶绿素来捕获太阳能，进而将水和二氧化碳转化成氧气和糖类物质。然而，当太阳能过于强烈时，过剩的能量会导致叶绿素与氧气结合，产生对植物具有潜在危害的氧化产物。

类胡萝卜素是植物不可或缺的“防晒霜”。它们不仅能够有效地将多余的太阳能转化为热能，从而避免生成有害的氧化性化合物；而且，在形成过程中还能中和氧化物质，有效预防其毒性作用，为植物提供双重保护。



水

太阳能

二氧化碳

没有类胡萝卜素的保护，
在烈日下的植物将被灼伤。

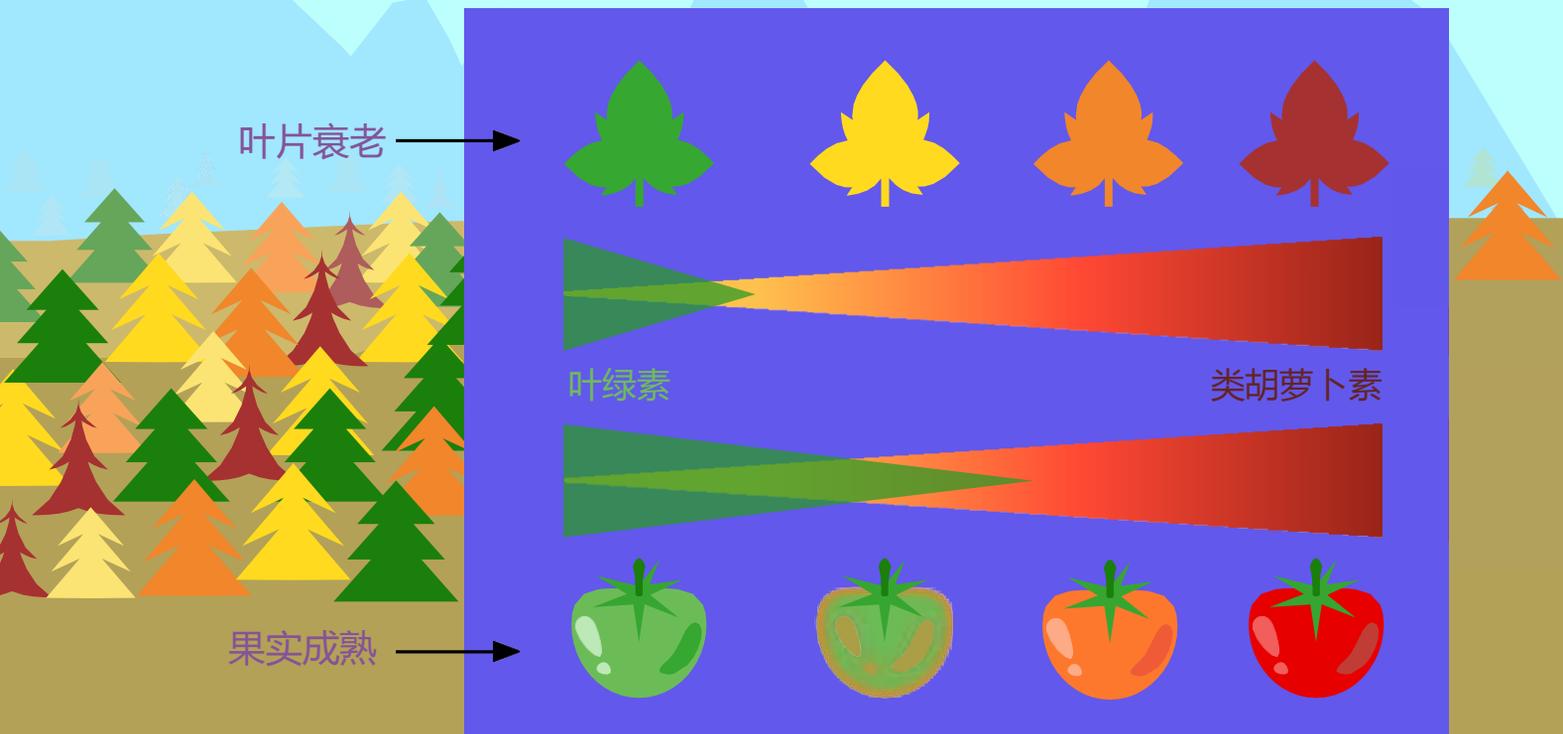
氧气



糖分

类胡萝卜素为植物赋予丰富多彩的颜色

在光合作用中，叶绿素扮演着核心角色，并为植物披上绿色的外衣。只有当叶绿素逐渐消失，类胡萝卜素那绚丽多彩的色泽才得以显露。这样的变化通常发生在秋天，随着一些树木的叶片逐渐衰老，叶绿素被自然降解，而类胡萝卜素的颜色便成为了主角。



叶绿素在肉质水果的成熟过程中会逐渐降解。这正是为什么富含胡萝卜素的水果在成熟时呈现出迷人的黄色、橙色或红色的原因。这种色彩的转变，加上类胡萝卜素分解时释放的诱人香气，共同向动物们传递了一个明确的信息：水果已经成熟，可以采食了（进而促进了种子的传播）。同样地，这些信号也告诉我们可以吃它们啦！



那些西红柿成熟啦！

诱人的颜色

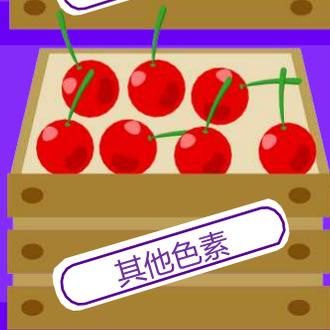
绿色蔬菜和未成熟的水果含有类胡萝卜素，然而由于叶绿素的大量存在，

我们难以窥见它们真实的色彩。不过，大自然的神奇远不止于此，除了叶绿素和类胡萝卜素，它还运用了多种方式来赋予植物产品绚丽多彩的外观……



在花青素和甜菜素等独特天然色素的作用下，一些水果和蔬菜呈现出令人惊艳的红色（如草莓、樱桃、石榴）或紫色（如葡萄、李子、甜菜），这些色彩为大自然增添了无尽的魅力。

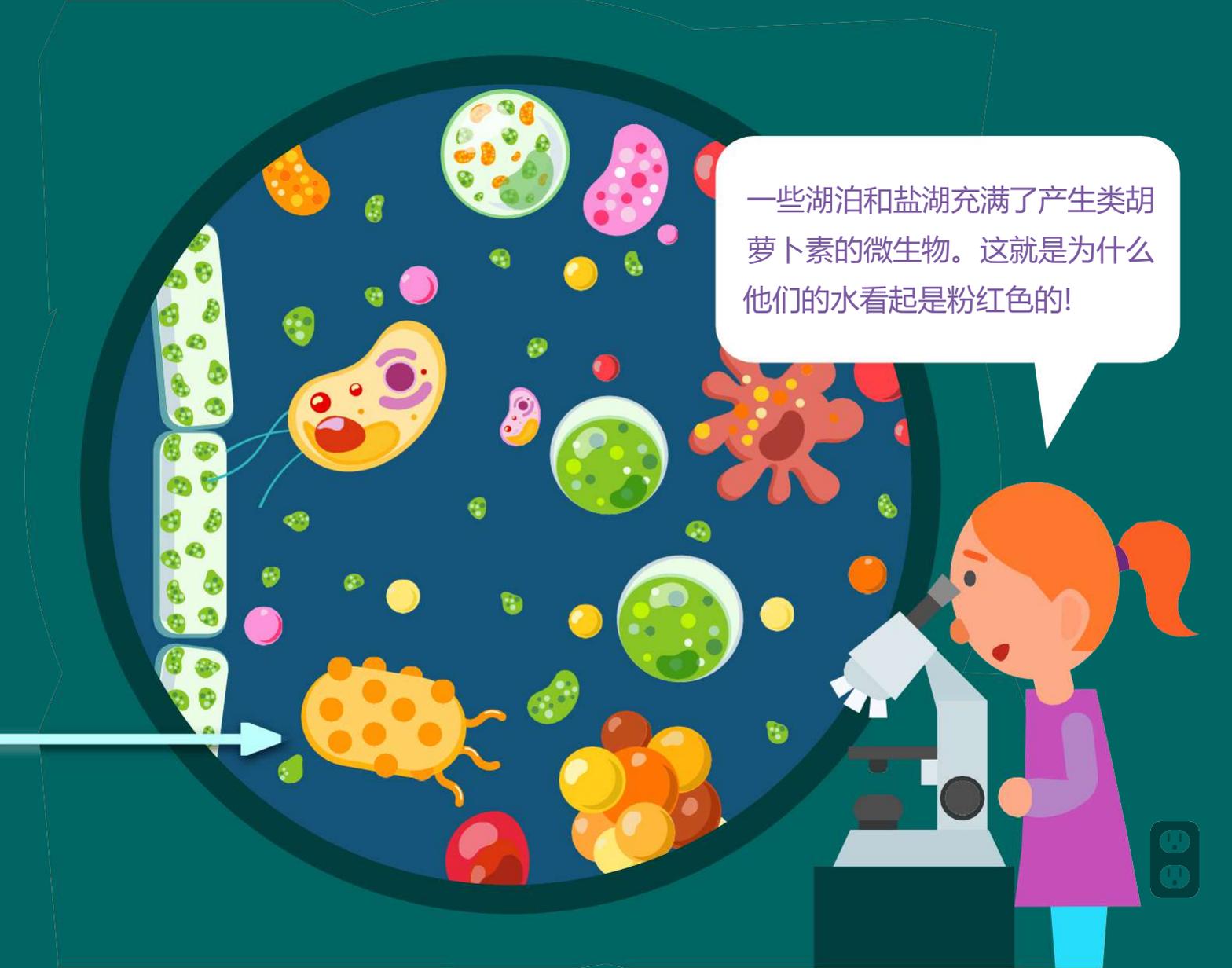
你喜欢的水果含有类胡萝卜素吗？



微生物也能产生类胡萝卜素

类胡萝卜素是由所有具备光合作用能力的生物以及一些非光合作用的微生物（如细菌和真菌）产生。这种色素不仅存在于植物界，对虾、鲑鱼或火烈鸟等生物所特有的粉红色，也是源于它们食物链中这些微生物所提供的类胡萝卜素。





一些湖泊和盐湖充满了产生类胡萝卜素的微生物。这就是为什么他们的水看起来是粉红色的!

动物不能产生类胡萝卜素

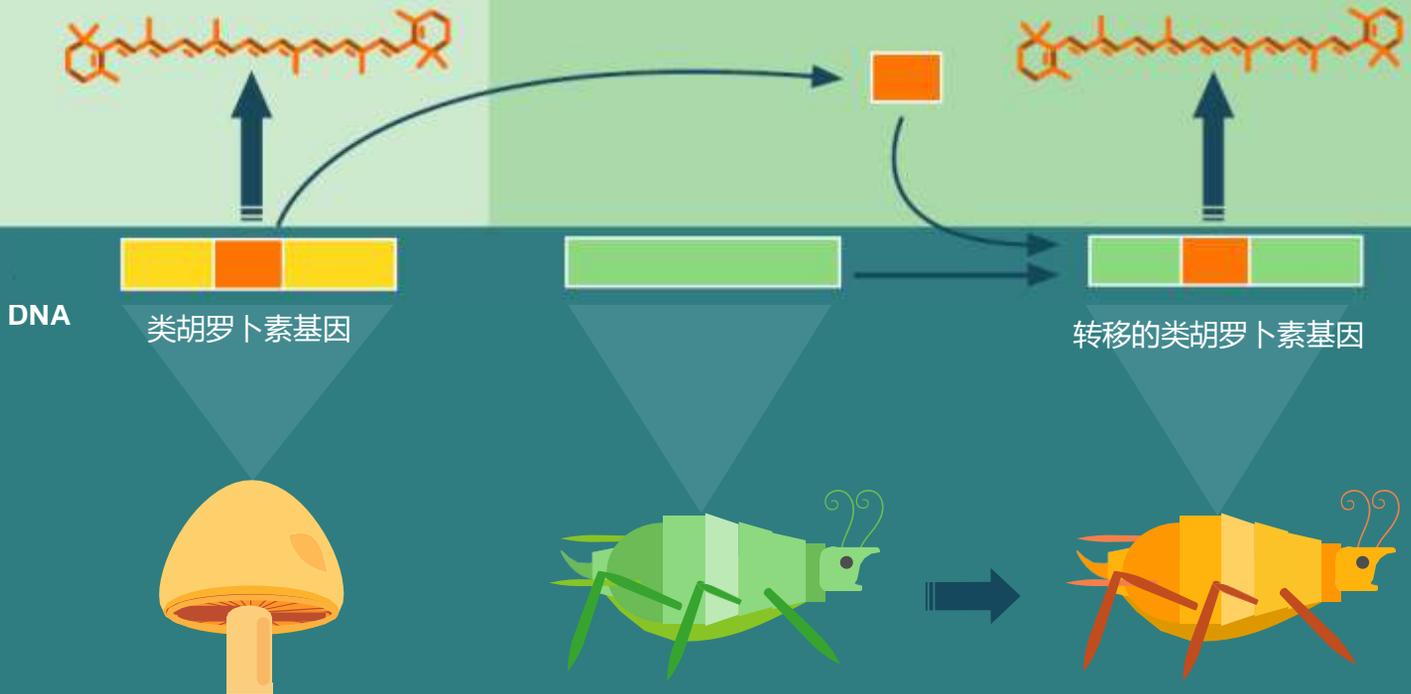
除了一些例外.....

与人类相似，绝大多数动物无法产生类胡萝卜素，而是依赖于从食物中摄取。许多鸟类和鱼类通过摄取富含类胡萝卜素的食物，从而展现出由这些色素衍生的绚丽色彩，这不仅彰显了它们良好的营养和健康状况，还有助于在求偶过程中吸引异性配偶。

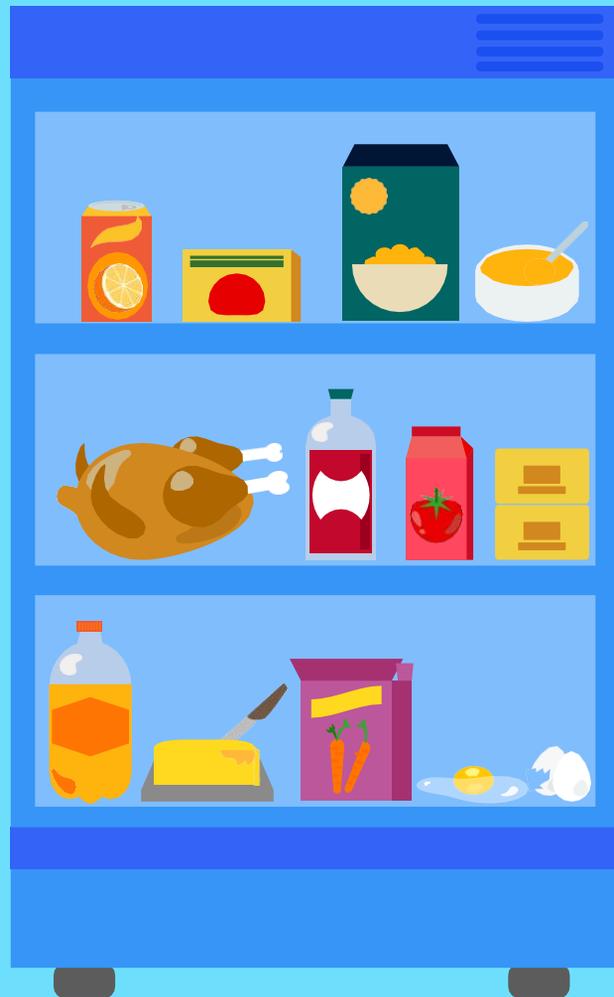
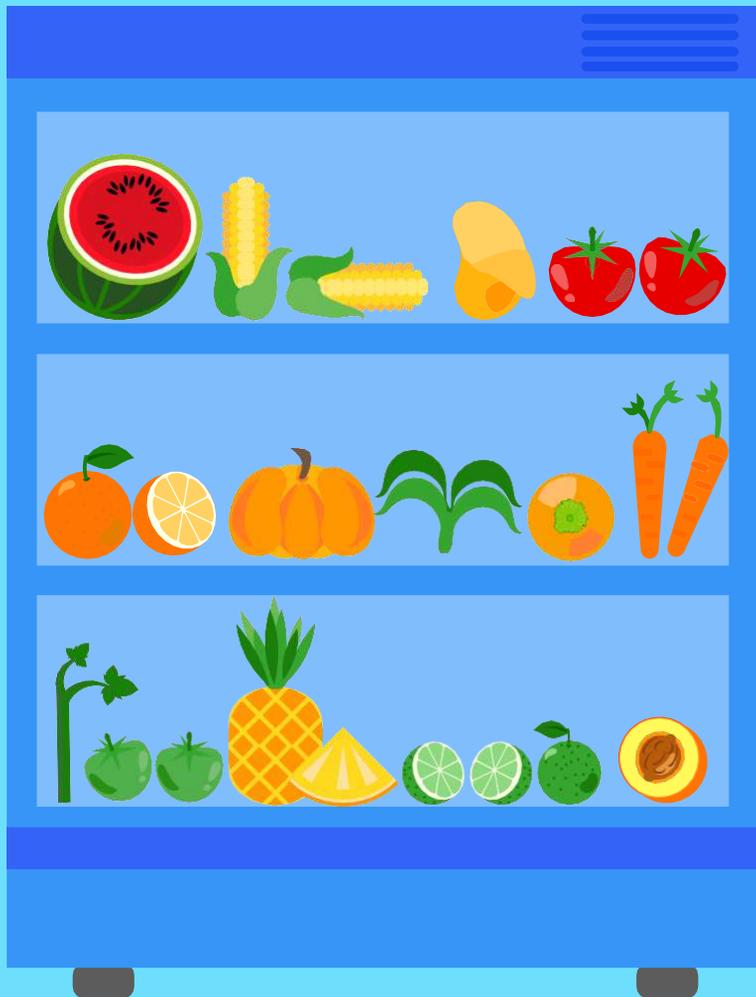
我给我的宠物喂食了富含类胡萝卜素的食物后，它们展现出的健康而亮丽的色彩，让我感到开心！！



一些蚜虫、螨虫和昆虫也具备生成自身类胡萝卜素的能力。它们通过一种称为水平基因转移的过程，将真菌基因整合到自己的基因组中。因此，这些生物可以被视为天然的转基因动物。



类胡萝卜素产业



由于类胡萝卜素具有天然色素的特性，它们在食品和饲料行业中得到了广泛应用。这些类胡萝卜素可以通过化学合成或从天然来源中提纯得到，并用作饮料和食品的着色剂，以增添其色彩。

同时，它们也被添加到鸡和鲑鱼的饲料中，以改善其肉质颜色。除此之外，类胡萝卜素还常被用作膳食补充剂，并在化妆品行业中发挥着重要作用。

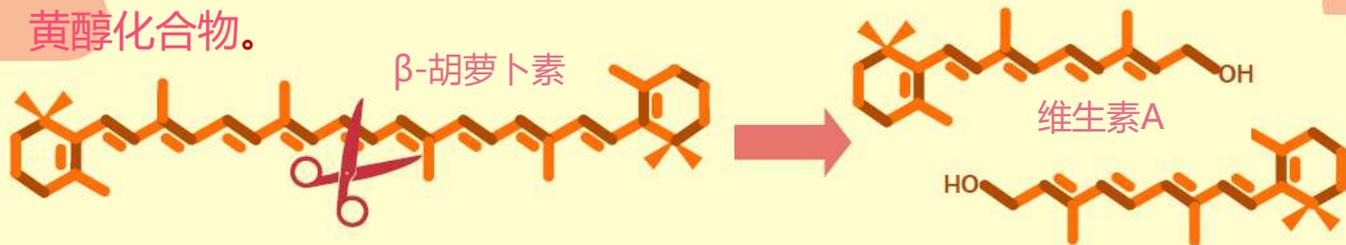


在超市中，富含类胡萝卜素的食物随处可见！

除了诱人的色泽外，类胡萝卜素更是健康的象征，特别是当从食物中获取它们时。你知道这是为什么吗？

类胡萝卜素的营养和对健康的帮助

类胡萝卜素在我们的饮食中占据着举足轻重的地位，因为它们中的一部分，特别是β-胡萝卜素，能够在我们的体内转化为维生素A以及其他重要的类视黄醇化合物。



维生素A和类视黄醇对视力至关重要，能够维持我们防御系统的活性。同时，大多数类胡萝卜素作为抗氧化剂，在我们的细胞中发挥着激活不同过程的作用，进而降低患肥胖症、糖尿病等疾病的风险。



基于上述种种益处，通过摄入大量水果和蔬菜来摄取富含类胡萝卜素的饮食，对我们的营养和健康具有举足轻重的意义。

在发达国家，维生素A缺乏症并不常见，然而，在非洲、亚洲和美洲的许多贫穷国家，这仍然是一个亟待解决的问题。每年，这些地区的数十万儿童由于饮食中类胡萝卜素摄入不足，导致失明或抵抗力下降。

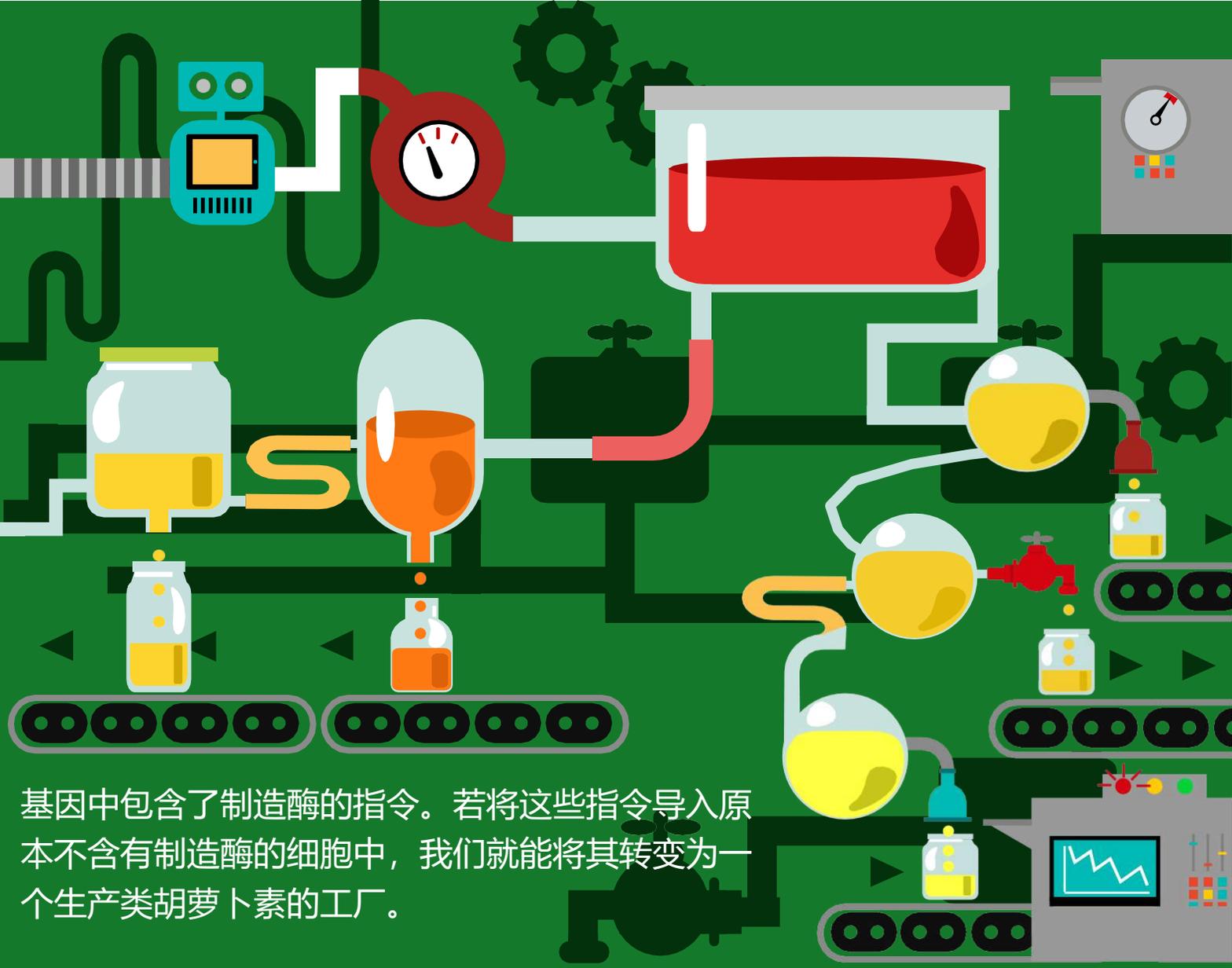


在贫穷国家，对抗维生素A缺乏症的一个有效方法是增加他们食物中的类胡萝卜素含量。你是否好奇具体应该如何实现呢？

类胡萝卜素是如何产生的?



在植物体内，被称为酶的小型机器利用光合作用产生的糖分作为原材料，在叶绿体这一光合作用发生的场所，制造出不同类型的类胡萝卜素。

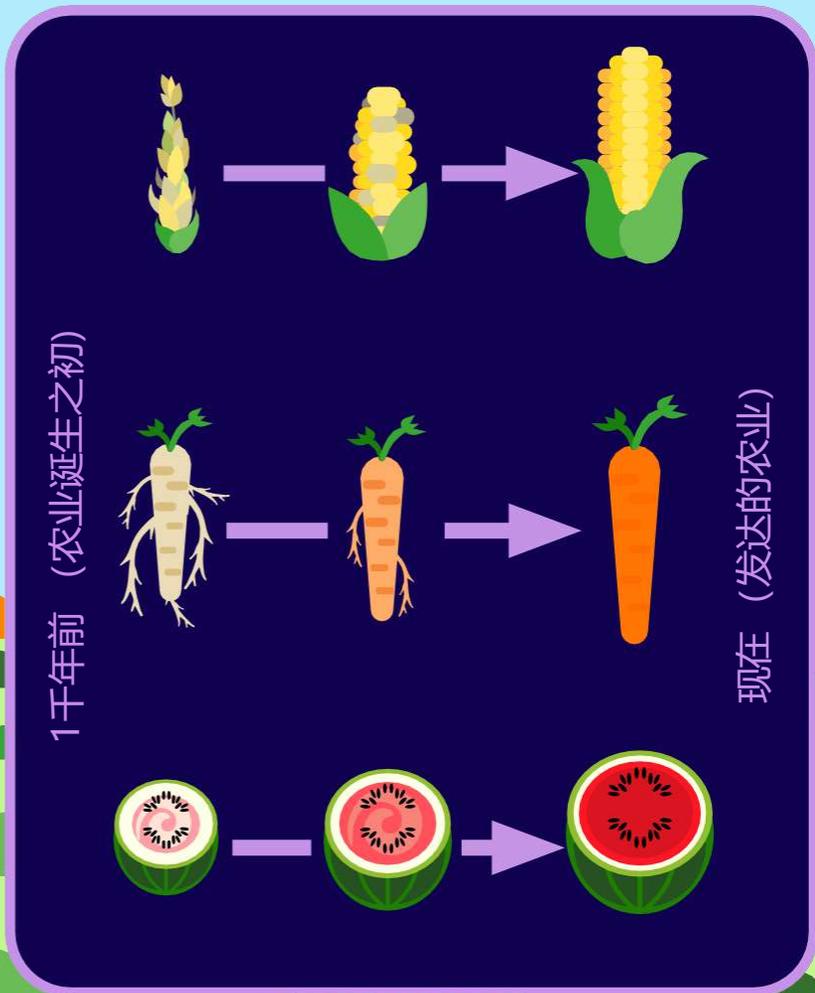


基因中包含了制造酶的指令。若将这些指令导入原本不含有制造酶的细胞中，我们就能将其转变为一个生产类胡萝卜素的工厂。

类胡萝卜素在农业上的成就

自农业诞生之初，人类便通过杂交不同植物品种，培育出更具抗逆性、更高产和更富营养的新品种。

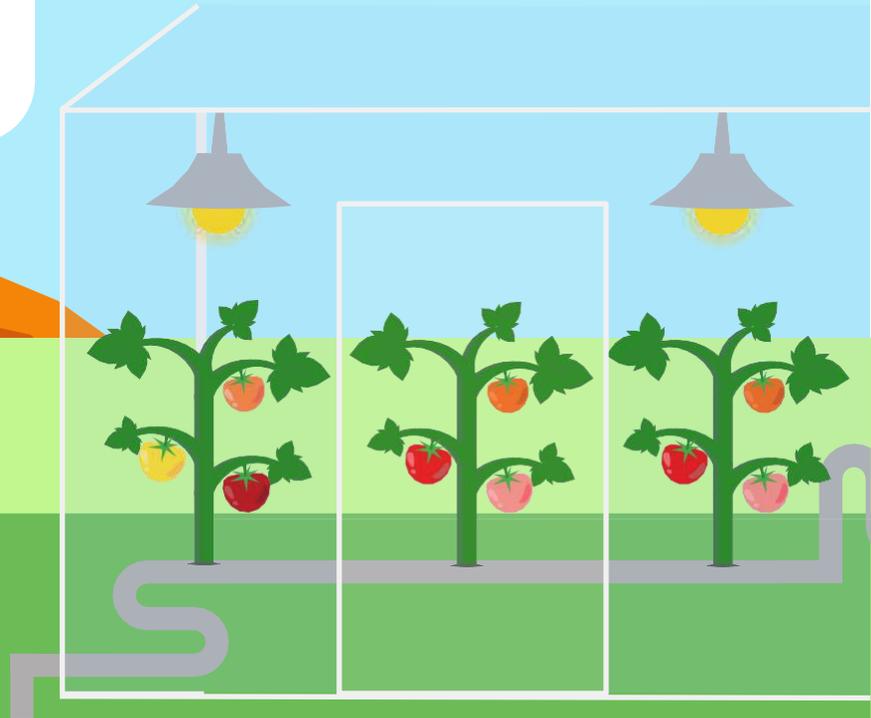
数千年来，通过育种过程，类胡萝卜素基因的随机组合不断出现，使得众多植物的颜色得以改变。



如今，黄色的玉米、橙色的胡萝卜、红色的西瓜以及多彩番茄等已司空见惯。然而，传统的杂交和选育方法未能将类胡萝卜素“染色”到其他食物（如大米）上。在这种情况下，生物技术为我们提供了一个既快速又安全的选择。

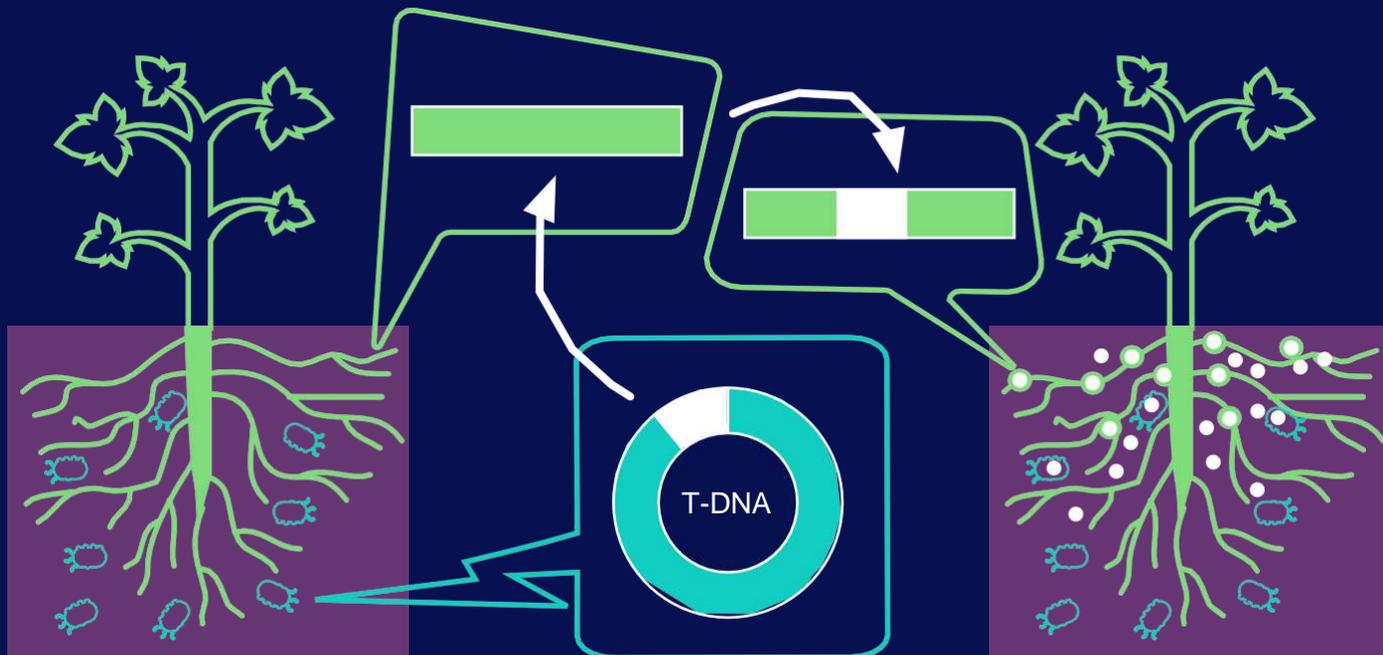


用多种颜色的番茄来做沙拉，既有趣又超级健康！

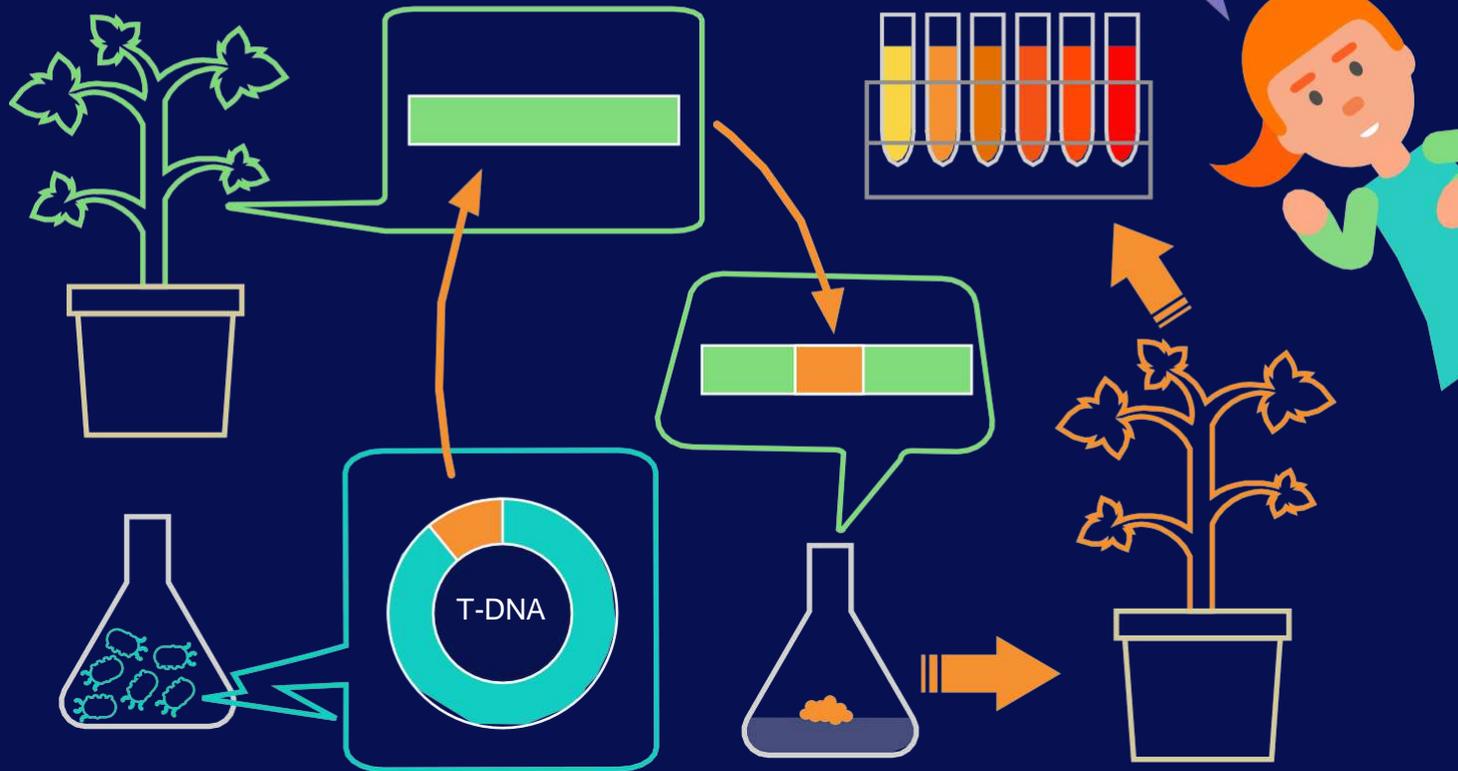


利用生物技术模仿自然进化

我们之前的发现令人惊叹，一些昆虫之所以能够自我合成类胡萝卜素，是因为它们能巧妙地将真菌中的多个基因（即遗传指令）融入其基因组（即它们的“操作手册”）。生物技术则模仿了这种自然机制。在自然界中，部分细菌借助名为T-DNA的“基因传递工具”，将基因传递给植物。植物随后将这些细菌基因整合并表达，为细菌提供所需的食物。

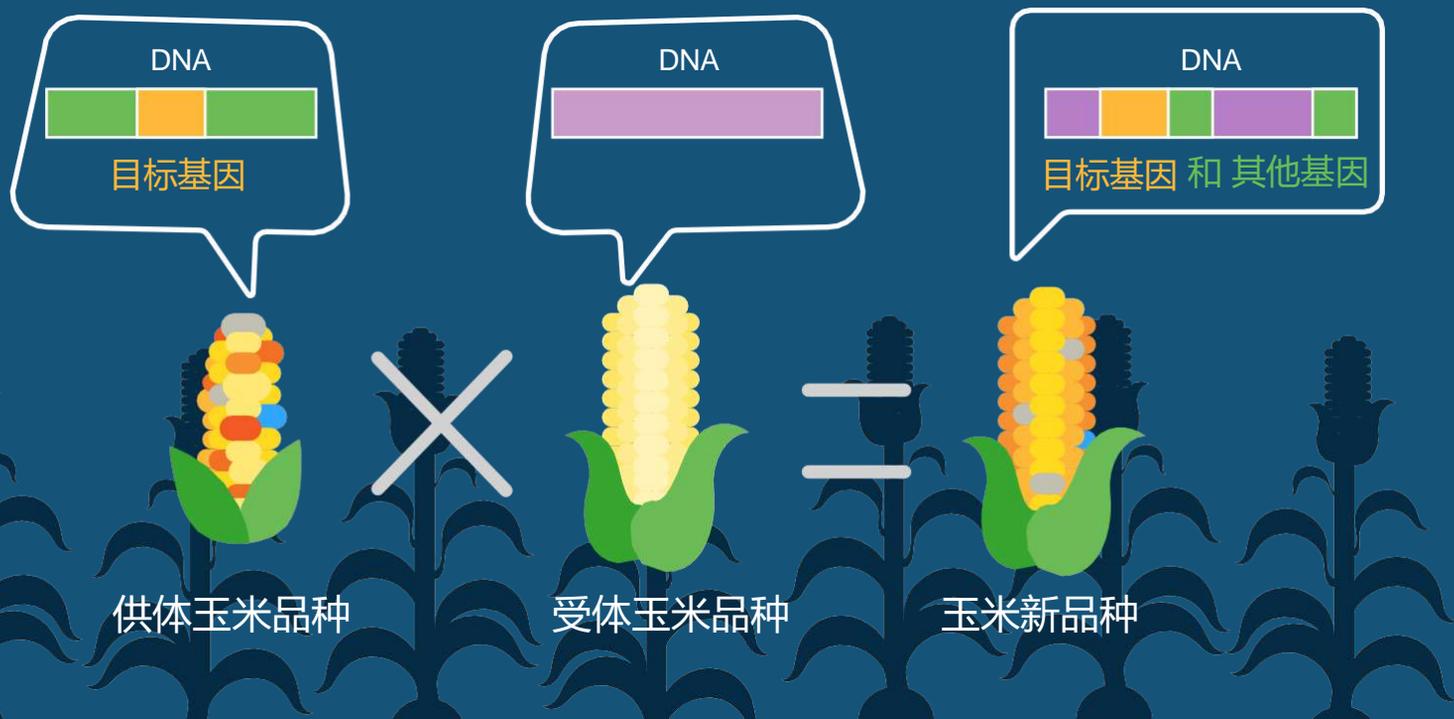


植物生物技术利用相同的细菌，但在T-DNA中用类胡萝卜素基因（或其他感兴趣的基因）替换细菌基因。这样，植物就能接收到制造新型类胡萝卜素的指令，以生产更多的类胡萝卜素或更好地储存它们。

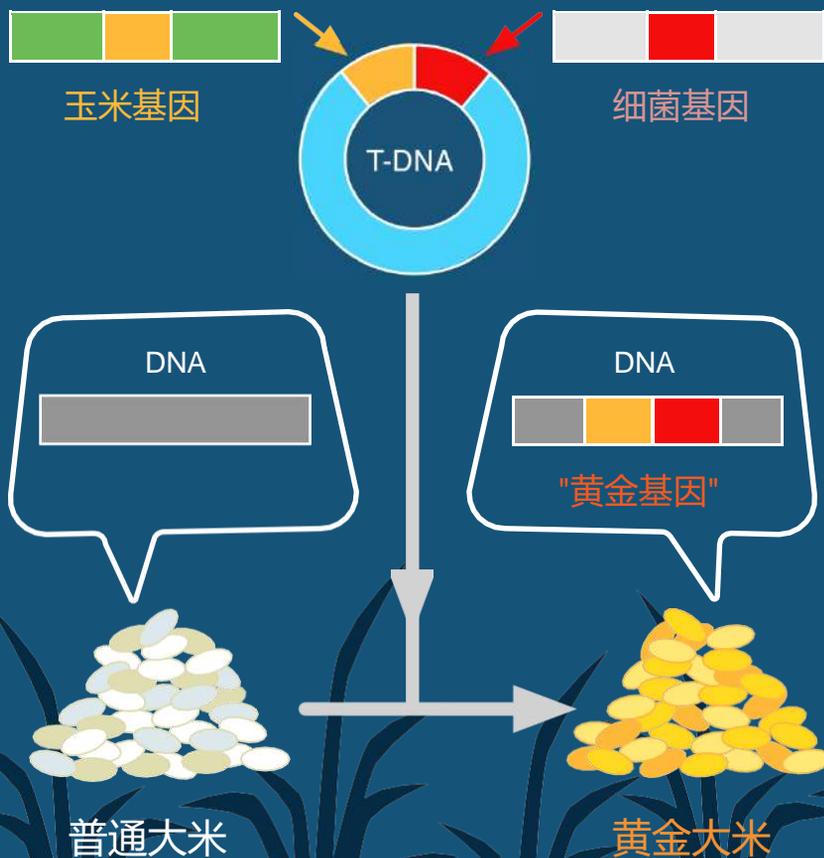


使用不同技术为食品增添颜色

传统的植物育种方法需要经过漫长的等待和多次杂交筛选，才能培育出具有新特性的作物（如富含类胡萝卜素的玉米）。此外，这些方法还要求提供目标基因的植物与接收这些基因的植物能够进行杂交，因此并不是所有的植物都可以相互杂交。更令人担忧的是，在转移目标基因的同时，可能会附带一些不相关甚至有害的基因，为育种过程增添了不确定性。



生物技术更加快速、高效且安全。只需要一步，就能让受体植物精准获取所需的目标基因，而这些基因的来源可以是任何生物体，极大地拓宽了植物育种的可能性。



利用生物技术手段已经在短时间内成功培育出了富含类胡萝卜素的稻米。这种稻米融合了来自玉米和细菌的基因，能够自然产生 β -胡萝卜素，这是维生素A的重要前体物质。



想一想...



科研思维不仅指导我们通过实验验证假设，从结果中提炼结论，以揭示世界运作的奥秘；它还鼓励我们从多元的观点中寻求平衡，勇于接受并评估他人的批评，持续用新的问题挑战既有知识，从而深化我们的理解。和胡萝博士一样，如果你对类胡萝卜素充满好奇和疑问，说明你有着非常出色的探索精神！尽管无人能够通晓一切或掌握绝对的真理，但科学界拥有众多专家资源供我们学习。你是否也渴望与这些科学家交流，进一步拓宽你的知识视野呢？



类胡萝卜素在秋叶变色过程中扮演怎样的角色呢？

你如何区分蔬菜的颜色是源于类胡萝卜素还是其他种类的色素呢？

青椒、黄椒、橙椒和红椒，哪一种更健康呢？

是否有可能通过生物技术在任何食物中产生类胡萝卜素？

培育粉红色的菠萝需要引入多少基因？



CaRed

在西班牙，有一个专注于类胡萝卜素研究的精英网络——CaRed，该网络由西班牙科学部资助(项目名称：BIO2015-71703-RED，2016年至2017年，BIO2017-90877-REDT，2018年至2020年，以及RED2022-134577-T，2023年至2025年)，汇聚了众多科研团队的力量。

CaRed 研究团队专注于四大既独立又相互交织的领域：探索不同生物体中类胡萝卜素的生成机制、发展类胡萝卜素生物技术、分析食品与饲料产品中类胡萝卜素的含量，以及深入研究类胡萝卜素对营养与健康的促进作用



西班牙维戈大学, 维戈
Ángel Rodríguez de Lera
qolera@uvigo.es

西班牙巴利阿里群岛大学, 帕尔马
Joan Ribot / M. Lluïsa Bonet
joan.ribot@uib.es / luisabonet@uib.es

西班牙农业化学和食品技术研究所, 瓦伦西亚
M^a Jesús Rodrigo / Lorenzo Zacarías
mjrodrigo@iata.csic.es / lzacarias@iata.csic.es

**西班牙植物分子和细胞生物学研究所,
瓦伦西亚**
Manuel Rodríguez Concepción
manuelrc@ibmcp.upv.es

西班牙扎伊丁实验站, 格拉纳达
Juan A. López Ráez
juan.lopezraez@eez.csic.es

西班牙蓝色生物技术与发展研究所, 马拉加
Félix López Figueroa / Nathalie Korbee
felix_lopez@uma.es / nkorbee@uma.es

西班牙塞维利亚大学生物学系, 塞维利亚
Antonio J. Meléndez Martínez
ajmelendez@us.es

西班牙哈恩大学, 哈恩
Ruperto Bermejo
rbermejo@ujaen.es

植物生物化学和光合作用研究所, 塞维利亚
Mercedes García González
mggonza@us.es

西班牙塞维利亚大学, 塞维利亚
M^a Carmen Limón / Javier Ávalos
carmenlimon@us.es / avalos@us.es

西班牙格拉萨研究所, 塞维利亚
Dámaso Hornero Méndez
hornero@ig.csic.es

西班牙食品与营养科学与技术研究所, 马德里
Begoña Olmedilla Alonso
BOlmedilla@ictan.csic.es

西班牙巴斯克大学, 比斯开湾
Raquel Esteban
raquel.esteban@ehu.eus

西班牙卡斯蒂利亚-拉曼恰大学, 阿尔瓦塞特
M^a Lourdes Gómez / Oussama Ahrazem
MariaLourdes.Gomez@uclm.es /
Oussama.Ahrazem@uclm.es

如有关于类胡萝卜素的
疑问, 请随时联系我们的
科学家团队。我们非常
期待与您交流!





© 2024

文本与设计: Manuel Rodríguez-Concepción 和 Ernesto LlamasIlust

绘画: Ernesto Llamas (www.sketchingscience.org)

中文翻译: 邱雪妮

致谢:

我们感谢 M^a Victoria Barja, Miguel Simón, Miguel Ezquerro, Luca Morelli, SofíaHernández, Lorenzo Zacarías, M^a Jesús Rodrigo, M^a Lourdes Gómez, Juan Antonio López-Ráez, Dámaso Hornero, Javier Ávalos, M^a CarmenLimón 和 Begoña Olmedilla 对本书的宝贵意见。

感谢西班牙经济和竞争力与科学部的资助 (资助计划: BIO2015-71703-REDT, BIO2017-90877-REDT 和 RED2022-134577-T)。