
“接力跑”让二氧化碳变乳酸

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34234.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

“接力跑”让二氧化碳变乳酸

。酸奶杯、可降解购物袋、手术缝合线……这些日常物品背后，可能都藏着一个共同的“生命之源”——L-乳酸。这种有机小分子不仅是生物可降解塑料（如聚乳酸）的单体，更广泛应用于食品、医药等民生领域，地位日益显著。然而，其传统生产高度依赖粮食发酵，对我国粮食安全构成潜在威胁。如何在“双碳”目标和保障粮食安全的背景，找到低碳可持续发展途径呢？

破局的曙光，来自于意想不到的源头——二氧化碳。

近日，中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员（以下简称大连化物所）李灿、副研究员王旺银等在人工光合成-生物制造“接力”合成L-乳酸研究方面取得新进展。他们通过人工光合成交叉合成生物学，利用二羟基丙酮作为中间体，实现了利用太阳能等可再生能源从二氧化碳和水合成光学纯L-乳酸，为解决资源与环保双重困境开辟了新路径。相关成果发表美国化学会期刊《人工光合成》上，并被选为封面文章。

人工光合成-生物制造“接力”示意图。大连化物所供图

需求激增背后的“烦恼”

L-乳酸是一种天然存在的手性分子，它是赋予酸奶独特酸爽风味的“功臣”，是化妆品中温和的pH调节剂，是医药领域的常用原料，也是聚乳酸（PLA）的单体。

PLA属于聚酯“家族”中生物可降解高分子聚合物材料之一，因其用量占生物可降解材料的近50%，当之无愧为“绿色塑料”的代表，广泛应用于医疗器械，3D打印，食品包装、农用地膜、一次性餐具等领域。随着绿色可持续发展方式的转变，PLA市场需求呈爆发式增长，直接推高了对单体L-乳酸的需求。

然而，繁荣背后暗藏隐忧。长期以来，L-乳酸的工业生产高度依赖一条看似成熟的道路：以玉米、薯类等粮食作物为原料，通过微生物发酵制取。“大规模使用粮食资源生产工业原料，对我国粮食安全将会构成潜在的威胁，绝非可持续发展之道。”李灿强调。

如何破解“要环保”和“保饭碗”的两重难题？研究团队将目光投向温室气体的主要成分——二氧化碳。

“近年来，‘碳中和’理念也逐渐深入人心。L-乳酸作为如此重要的化学品原料，开发一条利用可再生能源高效转化二氧化碳的绿色合成途径，对于实现碳中和目标，乃至保障粮食安全等都具有重要意义。与此同时，对催化路径的探索以及催化过程的理解也将为基础理论研究提供重要参考和指导。”王旺银告诉《中国科学报》。

二氧化碳的“绿色逆袭”

“聚乳酸塑料的生命周期本身就是一个潜在的‘碳循环’闭环。”王旺银解释道。理想状态下，利用二氧化碳资源化转化合成聚乳酸，相当于将温室气体“锁”进了塑料制品中，是一个净减碳过程。而当这些PLA制品（如餐盒、地膜）结束使命，在堆肥条件下约3到6个月即可完全降解，重新变回二氧化碳和水，回归自然。

从上述自然的视角，李灿想到了一项由自己提出并历经多年发展的技术——“液态阳光”：“它指的是利用太阳能等可再生能源分解水反应制备绿氢，进而通过二氧化碳加氢合成液态阳光甲醇。早在2001年，我们就把目光放在能源与环境的可持续发展，并开始启动光催化分解水制氢、光电催化制氢等领域的研究，目标就是把太阳能转化为可稳定储存、易于运输的液态太阳燃料。”

2017年，李灿团队成功研发了一种高选择性、高稳定性的二氧化碳加氢制甲醇固溶体催化剂。在此基础上，2020年，结合团队研发的电催化分解水制氢技术，在兰州新区完成了全球首套千吨级液态太阳燃料合成的全流程中试项目，迈出了太阳能等可再生能源转化为液体燃料的关键一步，他们形象地称液态太阳燃料为“液态阳光”。

“人工光合成，本质上是道法自然光合作用的过程。如果以液态阳光为基础，通过人工光合成与合成生物学的‘接力’，就可以实现绿色生物制造。”李灿介绍道。

所以，团队在本工作中创新性地采用了化学催化与生物细胞催化“接力”策略，如同两位顶尖运动员的接力赛完美配合。

“能源化学催化可以更高效率地将二氧化碳转化为有机小分子，但在合成高光学纯度的生物基化学品方面却面临着一定的挑战。”王旺银介绍道，“但是生物细胞酶催化则恰恰相反，它更善于‘利用’有机小分子，通过酶催化剂制造手性结构，高选择性合成有机酸、氨基酸糖类等生物分子。”

那么，谁来充当之间的“接力棒”呢？他们从自然界的糖代谢网络中找到了答案——二羟基丙酮（DHA）。DHA在生物体内是糖酵解途径的“交通枢纽”，四通八达。选择它作为中间体，就像在化学世界与生物世界之间架起了一座高效、通用的桥梁。“DHA是自然赋予的理想‘交接点’，让化学催化与生物催化得以‘双向奔赴’。”王旺银说。

99%的转化率

在生物接力环节，工程改造的毕赤酵母细胞也展现了其高效率。它能够将DHA近乎“完美”地转化为L-乳酸，转化率高达99%，补料分批发酵时L-乳酸产量可达100 g/L以上。“相比之下，传统以葡萄糖为原料的发酵法，转化率通常仅70%左右，新路径在效率和可持续性上实现了双重飞跃。”论文第一作者、博士生张亚静说。

并且，研究还发现DHA在生物代谢途径中展现出独特优势。它相当于一个“中心车站”，以此为起点，通过合成生物学手段对代谢工程进行“调流”，由DHA的磷酸化形式二羟丙酮磷酸（DHAP），会进入微生物主流合成代谢途径，可通过合成生物学方法，调通代谢工程用于拓展合成多糖和氨基酸等产物。

这项研究的成功，也是跨学科智慧碰撞的结晶。团队汇集了物理化学、分子生物学、合成生物学等多领域人才。生物背景的曹旭鹏研究员，孙文辉博士在细胞工厂构建中与张亚静一起攻坚克难，物理化学背景的宋睿博士则为光催化环节提供了关键支撑。李灿坦言：“最大的挑战在于融合不同学科思维。我们坚持从基础原理出发，化学与生物互相启发、互相验证，才一步步打通了路径。”

“该接力催化体系的太阳能利用效率约达15%以上，为构建高效转化二氧化碳和水合成各种高端化学品，特别是粮食类生物大分子物质等提供了由二氧化碳出发的合成路径。”李灿说。

“在我国‘双碳’战略目标和能源转型的背景下，科技创新发展新质生产力提出更高的要求。未来，通过进一步的技术开发和放大示范验证，我们还将积极推进从二氧化碳和水合成光学纯L-乳酸工业应用。”李灿说。

作者：孙丹宁 来源：中国科学报

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发