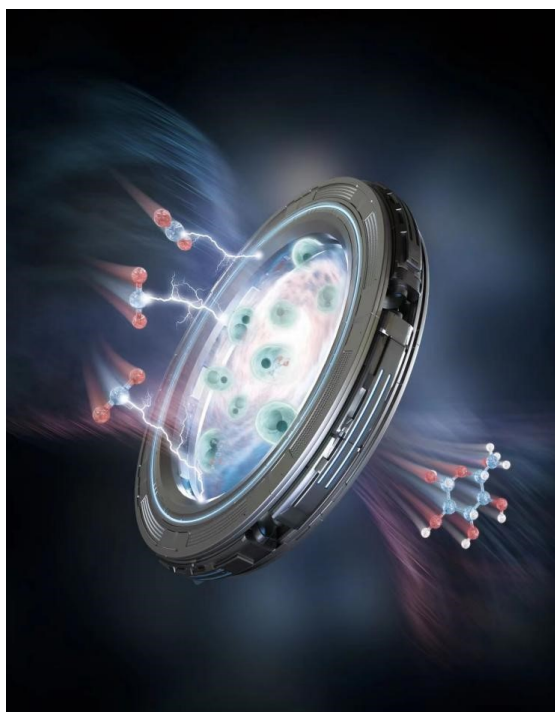

二氧化碳可“变”葡萄糖和脂肪酸

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18144.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！

二氧化碳可“变”葡萄糖和脂肪酸。



通过电化学耦合生物发酵实现将二氧化碳和水转化为长链产品的示意图 来源：研究团队供图

此前，我国科学家在国际上首次实现了二氧化碳到淀粉的从头合成。那么，二氧化碳除了可以变淀粉，还能变其他东西吗？

答案是肯定的！

4月28日，以封面文章形式发表于《自然—催化》的一项最新研究表明，电催化结合生物合成的方式，能将二氧化碳高效还原合成高浓度乙酸，进一步利用微生物，可以合成葡萄糖和油脂。

该工作耦合人工电催化与生物酶催化过程，发展了一条由水和二氧化碳到含能化学小分子乙酸，

后经工程改造的酵母微生物催化合成葡萄糖和游离的脂肪酸等高附加值产物的新途径，为人工和半人工合成‘粮食’提供了新的技术。中国科学院院士、中国化学会催化专业委员会主任李灿评价道。

这一成果由电子科技大学夏川课题组、中国科学院深圳先进技术研究院于涛课题组与中国科学技术大学曾杰课题组共同完成。

温和条件下工业废气变食醋

那么，二氧化碳究竟是如何变成葡萄糖和油脂的呢？

首先，我们需要把二氧化碳转化为可供微生物利用的原料，方便微生物发酵。曾杰介绍道，清洁、高效的电催化技术可以在常温常压条件下工作，是实现这个过程的理想选择，他们就此已经发展了很多成熟的电催化剂体系。

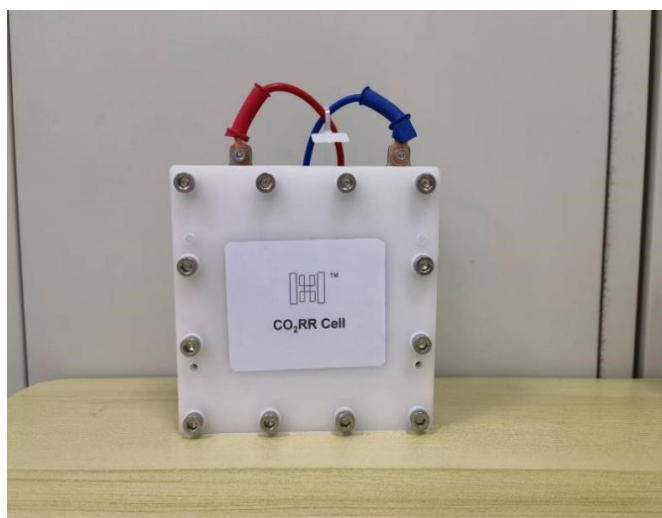
至于要转化为哪种原料，研究人员将目光瞄准了乙酸。因为它不仅是食醋的主要成分，也是一种优秀的生物合成碳源，可以转化为葡萄糖等其他生物物质。

二氧化碳直接电解可以得到乙酸，但效率不高，所以我们采取‘两步走’策略——先高效得到一氧化碳，再从一氧化碳到乙酸。曾杰说。

即使如此，目前一氧化碳到乙酸的电合成效率（即乙酸法拉第效率）和纯度依旧不尽如人意。对此，研究人员发现，由一氧化碳催化形成乙酸盐，特异性地受催化剂表面几何形状的影响，一氧化碳通过脉冲电化学还原工艺形成的晶界铜催化合成乙酸法拉第效率可达52%。

实际生产中，提升电流可以提升功率，但是可能降低法拉第效率。夏川说，好比把每天的工作时间从8小时延长到12小时，虽然上班时间更久，但工作效率反而会下降。我们把最高偏电流密度提升到321mA/cm²（毫安每平方厘米）时，乙酸法拉第效率仍保持在46%，能够较好地保持‘高电流’和‘高法拉第效率’的平衡。

不过，常规电催化装置生产出的乙酸混合着很多电解质盐，无法直接用于生物发酵。所以，为了喂饱微生物，不仅要提升转化效率、保证食物的数量，还要得到不含电解质盐的纯乙酸，保证食物的质量。



固态电解质反应来源：研究团队供图

我们利用新型固态电解质反应装置，使用固态电解质代替原本的电解质盐溶液，直接得到了无需进一步分离的纯乙酸水溶液。夏川介绍道，利用该装置，能在 $250\text{mA}/\text{cm}^2$ 偏电流密度内，超140小时连续制备纯度达97%的乙酸水溶液。

研究团队通过固态电解质反应器制备的乙酸水溶液及乙酸钠粉末 来源：研究团队供图

微生物吃醋产葡萄糖

得到乙酸后，研究人员尝试利用酿酒酵母这一微生物来合成葡萄糖。

酿酒酵母主要用于发酵奶酪、馒头、酒等，同时也因其优秀的工业属性，常被用作微生物制造与细胞生物学的模式生物。于涛说，利用酿酒酵母通过乙酸合成葡萄糖的过程，就像微生物在

吃醋，酿酒酵母通过不断地吃醋来合成葡萄糖。然而，在这一过程中，酿酒酵母本身也会代谢掉一部分葡萄糖，所以产量并不高。

对此，研究团队通过敲除酿酒酵母中代谢葡萄糖的3个关键酶元件——Gik1、Hxk1和Hxk2，废除了酿酒酵母代谢葡萄糖的能力。敲除之后，实验中的工程酵母菌株在摇瓶发酵的条件下，合成的葡萄糖产量达1.7g/L。

模式生物酿酒酵母‘从无到有’地在克级水平合成了葡萄糖，这代表了该策略较高的生产水平与发展潜力。于涛说，为了进一步提升合成的葡萄糖产量，不仅要废除酿酒酵母内源对葡萄糖的再利用能力，还要加强它本身积累葡萄糖的能力。

于是，研究人员又敲除了两个疑似具备代谢葡萄糖能力的酶元件（YLLR446W、EMI2），同时插入来自泛菌属和大肠杆菌的葡萄糖磷酸酶元件（AGPP、YIHX）。

于涛表示，这两种酶可以另辟蹊径，将酵母体内其他通路中的磷酸分子转化为葡萄糖，增加了酵母菌积累葡萄糖的能力。经过改造后的工程酵母菌株的葡萄糖产量达2.2g/L，产量提高了30%。

改造后用于制备葡萄糖的酵母菌株发酵液（棕色溶液）及制备的葡萄糖（白色溶液）
来源：研究团队供图

新型催化方式助力高附加值化合物生产

高效的二氧化碳电还原制备高附加值化学品和燃料的工艺，被学界认为是实现未来零碳排放物质转化的重要研究方向之一。

目前对二氧化碳电还原技术的研究大多局限于一碳和二碳等小分子产物，如何高效、可持续地将二氧化碳转化为富含能量的碳基长链分子仍然是一个巨大的挑战。

为了规避二氧化碳电还原的产物局限性，可考虑将二氧化碳电还原过程与生物过程相耦合，以电催化产物作为电子载体，供微生物后续发酵合成长碳链的化学产品，用于生产和生活。夏川表示。

合适的电子载体对微生物发酵至关重要。由于二氧化碳电还原的气相产物均难溶于水、生物利用效率低，因此往往优先选择二氧化碳电还原的液相产物作为生物发酵的电子载体。然而，普通电化学反应器中所得的液体产物是与电解质盐混在一起的混合物，不能直接用于生物发酵。鉴于此

，固态电解质反应器的开发有效解决了二氧化碳电还原液体产物分离的问题，可以连续稳定地为微生物发酵提供液态电子载体。

微生物作为活细胞工厂，其优点是产物多样性很高，能合成许多无法人工生产或人工生产效率很低的化合物，是非常丰富的物质合成工具箱。比如，在人们常见的白酒、馒头、抗生素等食品药品的加工中，微生物就发挥着重要作用。

曾杰表示，通过电催化结合生物合成的新型催化方式，可以有效提高碳的附加值。接下来，我们将进一步研究电催化与生物发酵这两个平台的同配性和兼容性。未来要合成淀粉、制造色素、生产药物等，在保持原有电催化设施的同时，只需更换发酵使用的微生物即可。

该工作开辟了电化学结合活细胞催化制备葡萄糖等粮食产物的新策略，为进一步发展基于电力驱动的新型农业与生物制造业提供了新范例，是二氧化碳利用方面的重要发展方向。中国科学院院士、上海交通大学微生物代谢国家重点实验室主任邓子新评价道。（来源：中国科学报刁雯蕙）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41929-022-00775-6>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：曾杰等 来源：《自然—催化》

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](https://www.iikx.com)转发