

# 用于制备 $\gamma$ -丁内酯的方法

## 能源和环境

生物医学与基因工程/化工产品

节能/发电/管理/储存 (电池)

## 机会

$\gamma$ -丁内酯 (GBL) 是一种多功能、无毒的溶剂和化学前体，广泛应用于香料、制药和香水等行业，其全球市场规模庞大且持续增长，预计到2032年将超过49亿美元。目前，GBL的生产主要依赖于石油基路线，涉及高温、高压和潜在危险的过程，例如将苯氧化为马来酸酐后再氢化。此外，基于生物质的路线使用糠醛 (FAL) 或糠酸 (FA) 等呋喃前体，通常需要两阶段热催化过程，使用化学计量氧化剂、金属催化剂和苛刻条件 (如高压和高温)。这些方法通常对中间体2(5H)-呋喃酮 (2-FO) 的选择性较低，导致生成马来酸、5-羟基-2(5H)-呋喃酮和CO<sub>2</sub>等多种副产物，从而降低整体产率和效率。当前的挑战在于如何在温和条件下实现呋喃前体向GBL的简单、高效和可持续转化，并具有高选择性和产率，这对于推进生物质高值化利用和减少对化石燃料的依赖至关重要。

## 技术

本专利公开了一种在无介体、无隔膜的单室电解槽中，通过电化学方法从糠酸 (FA) 制备 $\gamma$ -丁内酯 (GBL) 的技术。其创新核心在于采用配对电解策略，在一个反应器中连续进行两个步骤，无需分离中间体。首先，FA在阳极选择性电化学氧化为2(5H)-呋喃酮 (2-FO)；其次，2-FO在阴极通过烯烃氢化电化学还原为GBL。该过程在温和条件下进行：环境压力 (0.5-3 atm)、适中温度 (20-100°C，优化为35-80°C)、酸性pH (2-6，优化为pH 5.5)，施加电压为1.4-3.0 V vs. Ag/AgCl (优化为1.8-2.0 V)。技术关键在于使用特定的电极材料：铂阳极用于高效氧化FA，镍阴极用于选择性氢化2-FO，从而最小化析氢反应等竞争反应。无隔膜设计无需使用分离器 (如离子交换膜)，减少了pH波动并提高了选择性。该方法利用高温 (>40°C) 下呋喃自由基中间体的挥发性，防止其聚合并促进2-FO生成，同时优化的pH范围确保了2-FO的稳定性，并增强了烯烃氢化而非副反应。这种集成方法实现了连续、高效的转化，具有高收率和选择性，为传统热催化或石油基路线提供了一种绿色、可持续的替代方案。

## 优势

- 在温和条件 (环境压力、适中温度) 下操作，与高压热方法相比，降低了能耗和安全风险。
- 无需化学计量氧化剂、金属催化剂或苛刻试剂，降低了成本和环境影响。
- 采用无隔膜单室设计，简化了设备，并减少了可能影响选择性的pH波动。
- 实现高选择性和产率：FA氧化为2-FO的选择性高达84.2%，产率达74.8%；2-FO还原为GBL的选择性高达98.5%，产率达96.5%。
- 无需中间体分离即可实现一锅法转化，简化了流程并降低了操作复杂性。
- 兼容生物质衍生的糠酸，支持可持续生物精炼，减少对化石燃料的依赖。

### 备注

IDF:1621

### IP状态

已申请专利



### 技术成熟度等级 (TRL) ?

4

### 发明人

林镇浩教授

金楊新博士

邵珊博士

劉声欽博士

朱棋

查询: [kto@cityu.edu.hk](mailto:kto@cityu.edu.hk)

Develop  
Concept

Proof  
Concept

Follow-on  
Funding

Build Value

- 可扩展性：在较大规模反应（如500 mL体积）中验证，具有良好的转化率和产品纯度（萃取后GBL纯度为98.1%）。

## 应用

- 在制药、香料和香水等行业中作为溶剂生产 $\gamma$ -丁内酯。
- 作为化学前体，用于化学制造中合成其他有价值化合物（如吡咯烷酮、聚合物）。
- 整合到生物质高值化过程中，将木质纤维素原料转化为高价值生物燃料和生物基化学品。
- 应用于绿色化学和可持续工业过程，替代石油基路线。
- 潜在用于其他配对电解反应的电化学合成平台，利用无隔膜设计。

参考链接：

<https://www.nature.com/articles/s41467-024-45278-z>

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2025/gc/d5gc03829d/unauth>

