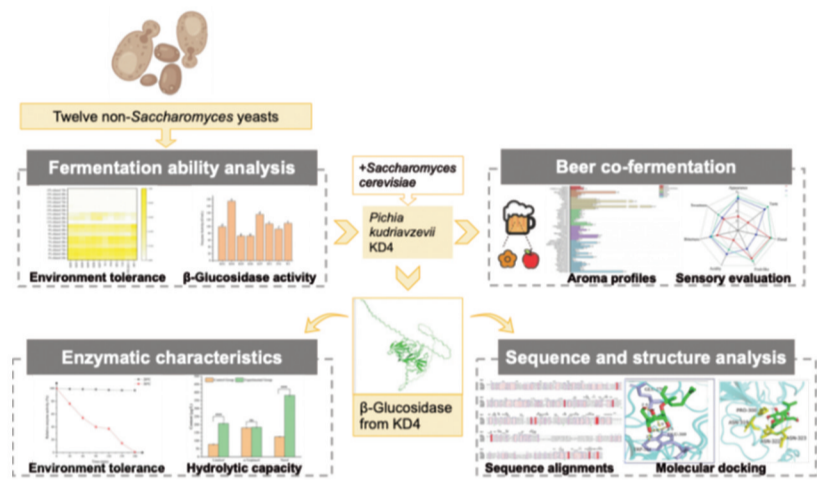


# 新研究 让啤酒花香、果香显著提升

近日,天津科技大学生物工程学院马立娟研究员与啤酒生物发酵工程国家重点实验室(青岛啤酒股份有限公司)合作,在国际权威期刊《Food Chemistry》(中科院1区Top,影响因子9.8)上发表题为“Efficient hydrolysis of glycosides by *Pichia kudriavzevii* with high-activity  $\beta$ -glucosidase: a critical role in enhancing terpene aroma in beer”(库德里阿兹威毕赤酵母高活性 $\beta$ -葡萄糖苷酶对糖苷的高效水解:提升啤酒萜烯香气的关键作用)的研究论文。

啤酒的香气是决定其品质与消费者接受度的关键因素,其中,萜烯类化合物赋予啤酒浓郁的花香、果香和柑橘香,尤其在“酒花型”啤酒中备受青睐。然而,啤酒中大部分萜烯类物质以无味的糖苷结合态存在,难以直接释放。传统酿造中广泛使用的酿酒酵母因 $\beta$ -葡萄糖苷酶(BGL)活性较弱,对萜烯的释放能力有限。针对这一技术瓶颈,研究团队从自然发酵体系中筛选出12株非酿酒酵母,最终优选出一株BGL活性高、环境耐受性强的库德里阿兹威毕赤酵母(*Pichia*



图形摘要

*kudriavzevii* KD4)。

通过优化与酿酒酵母US05的共发酵工艺,团队成功制备出花香与果香显著增强的啤酒。风味分析显示,共发酵啤酒中萜烯类物质含量大幅提升,其中,香叶醇含量提高91倍,橙花醇提高11倍,芳樟醇提高3倍。为进一步揭示其作用机制,研究团队对KD4来源的BGL(PkBGL)进行了异源表达与酶学表征。结果显示,PkBGL在20℃下反应3h后,酶活残留率超过95%,在pH4.5-5.5范围内保持约80%的活性,在8%乙醇和150IBU异 $\alpha$ -酸条件下,仍维持50%以上的活

性,展现出优异的啤酒发酵环境适应性。

分子对接分析进一步表明,PkBGL可通过氢键和疏水相互作用,与芳樟醇糖苷、橙花醇糖苷稳定结合,实现对糖苷态萜烯的高效水解与释放。

该研究系统揭示了非酿酒酵母来源BGL在啤酒萜烯香气释放中的关键作用,提出了一种不改变酒花添加量,即可显著提升啤酒花香与果香的新策略。研究成果不仅为精酿啤酒风味多样化提供了高效微生物工具,也为健康、增香啤酒产品的开发,奠定了理论与应用基础。

## ■技术前沿

### 空间异质性塑造大曲类型分化

近期,由茅台学院Wei Shi为第一作者,题为“高温大曲在发酵室内的空间位置决定其微生物演替和代谢特征”的文章,在《LWT》(IF=6.6)上发表。该研究通过将高通量测序、HS-SPME/GC-MS与多元统计分析相结合,系统研究了培养室空间位置对高温大曲微生物群落演替、理化性质及代谢产物的影响。

研究发现,堆体中心高温区域主要形成黑曲,顶部与边缘低温区域主要形成白曲,过渡区域以黄曲为主。白曲富含氮化合物且糖化酶活力最高,黄曲

富集醇类和酚类物质,黑曲酸度最高,且富含酸类、醛酮类物质。微生物群落从前期的嗜常温类群逐步向耐热类群演替,黑曲以糖多孢菌、克罗斯特菌和热子囊菌占优,白曲以大洋芽孢杆菌、芽孢杆菌和扣囊复膜孢酵母为主。Mantel检验与线性混合效应模型证实,温度、水分和总酸度依次驱动群落演替,共现网络以正相关为主,且细菌网络更复杂。该研究揭示了空间异质性塑造大曲类型分化的生态机制,为高温大曲精准调控与标准化生产提供了科学依据。

### 揭示不同工艺下小麦曲的分化机制

近期,由江南大学Ruilin Xie为第一作者,题为“基于基因组学揭示不同工艺下小麦曲的分化机制:从代谢表型到机制分析”的文章,在《Food Bioscience》(IF=5.9)上发表。

该研究系统阐明了七种不同类型小麦曲的多组学研究分析,并探讨不同的小麦曲制造工艺驱动了功能和发酵结果的顺序变化。研究发现,生产工艺决定小麦曲差异:不同制作工艺直接塑造微生物群落结构、功能蛋白表达与风味

代谢表型,是麦曲品质分化的根本驱动因素。

该研究揭示了“丰度与功能解耦”这一核心规律:低丰度但高活性的关键类群维持群落稳定,其他高表达功能蛋白主导代谢通路。蛋白模块决定风味:特定蛋白表达模块与糖、脂、氨基酸代谢联动,共同形成麦曲独特风味谱。该研究为人工合成菌群设计、麦曲品质优化、黄酒发酵工艺升级,提供了机制化理论蓝图。

## 一个环保袋 就是一片绿

一个塑料袋埋在地下需要大约200年才能腐烂,严重污染着我们的环境,希望大家都能重复使用。