

科技锤炼工匠技艺 数智赋能美酒新体验

□ 金石 文/图

微生物的丰富、复杂,造就了茅台酒的美妙。

这些酿造产生的丰富微生物资源,能否成为下一个新兴产业的起点?由数万个生态位的微生物塑造的茅台酒,还有哪些奥秘有待发现?品质是否还有继续精进的空间?酿造过程产生的大量副产物,有没有更多“变废为宝”的办法?

茅台从传统酿酒的经验中诞生,在传承技艺的过程中逐步形成对酿酒的科学化认知,让茅台可以在科学的指导下优化生产、提升质量。

随着传统生产力的效能逐步释放,未来要如何继续提升酿酒主业的高度、拓展产业价值的宽度?茅台将视角投向了生物科技最前沿。

3月20日,2025年春分论坛合成生物学创新与发展大会在贵州遵义仁怀市茅台国际大酒店举行。来自清华大学、中国科学院、深圳理工大学、凯赛生物科技、中国食品工业协会、中国轻工业联合会、中国酒业协会等学界、

么无法扩大产量,要么无法保证品质稳定。

在这样的背景下,茅台很早就开始尝试从科学视角认知酿酒。

1964年启动的“两期试点”,确立了茅台酒“酱香、醇甜、窖底”三种典型体的划分,并尝试用现代生物工程技术解析茅台工艺的科学机理,试点团队通过传统培养技术,从茅台酿造环境中分离微生物菌株。

1974年,国家科技攻关计划开展了茅台酒易地生产大规模试验,证明茅台镇酿造微生态独特且不可复制。这一阶段的茅台,完成了第一步——初步建立对酿酒微生物的科学认知,印证了茅台酿酒具有工艺和产地的不可替代性,明确了茅台独特的自然生态。

在当时的白酒行业,这是超前的发现,为后续优化、提升生产力提供了依据。

此后二三十年,液态发酵产业快速发展,技术研发快速跟进,白酒等固态发酵产业的科研也缓慢下来。白酒行业的生产力提升,主要是基于酿酒

茅台基于实践对传统生产力的认识。

王莉介绍,茅台的传统生产力核心是“三个生态”:自然生态、人文生态、微生态。自然生态主要是茅台镇以水、土、气、植被构成的生态禀赋,带来了不可复制的自然生态环境;人文生态主要是基于二十四节气开展生产而形成的茅台酒工法体系,包含30道工序、165个工艺环节,结合背后的工匠精神和技艺;微生态则是基于自然生态、人文生态酿造基酒而奠定的微生物环境,具有多样性、稳定性和功能性。

“这三个生态之间互相促进,互为支撑,构成了酿造生态体系,奠定了基酒的典型性和多样性。”王莉介绍。

微生态的多样性有数据可证明——在茅台酒的酿造过程中,目前已经发现了3000余种微生物。

而这种多样性是由时空要素塑造的。在不同的时节、不同的空间,从微观、中观、宏观不同视角观察,微生态都会有所不同,从而对制酒生产带来不同影响。

王莉举例说,茅台在酿造过程中就发现,不仅不同产区的微生物主要菌种不同,不同海拔对制曲厂房的微生物环境也会带来影响,较高海拔制曲厂房具有更高的芽孢杆菌丰度,且糖苷酶系多样性更高,而较低海拔制曲厂房的克罗彭斯特菌占比更高。而在微观层面,即使是在同一个大曲发酵仓里,不同温区的主要菌种也会不同。此外就连酿酒的酵母菌,也要“休养生息”。

对于微生态在不同时节、不同空间的变化,茅台基于研究已经掌握了一些规律,用于调节生产需求,保证工艺的稳定性 and 一致性。

研究过程中,茅台也在不断发现新菌种。在茅台的窖底泥中,茅台发现并命名了“石窖梭菌”和“茅台梭菌”两株新菌种,其与茅台酒基酒的窖底香有很大关联。

“‘时’‘空’‘法’之间的相互配合、协同、平衡,是茅台传统生产力的体现,形成了茅台独具特色的‘时空法’匠心质量管理模式。”王莉介绍。

把握“三组关系”

随着茅台进入高质量发展新阶段,做到上面这些,还不够。

“茅台现在的体量决定了我们必须实现高质量发展,就是要抓好科技创新、产业创新,抓好科技创新和产业创新的融合,因地制宜加快发展新质生产力。”王莉说。

一方面,茅台乃至整个白酒行业对于酿酒微生态的研究,只是揭开了微生物王国的“冰山一角”。酿酒这门学问还有巨大的探索空间,还有很多未知微生物、微生物之间复杂的关系,等待科学去揭示。

另一方面,茅台研究微生态过程中所发现的一些有价值的微生物,以及酿酒废弃物中的有益成分,能否更好地产业化,从而获得更大的环保效



2025年春分论坛合成生物学创新与发展大会现场

益乃至经济效益?

作为生物科技5.0版本的合成生物学,可能蕴藏着这两方面的解题思路。如何借力合成生物学?在此次大会上,生物科技领域的各位大咖纷纷展示了合成生物学在不同领域的前沿进展。

上海凯赛生物科技副总裁、首席运营官杨晨介绍了企业在生物制造和生物基材料方面的探索,清华大学合成与系统生物学中心主任陈国强介绍了嗜盐菌对生物制造的颠覆性变革,深圳理工大学合成生物学院院长张先恩、中国科学院院士邓子新分别介绍了合成生物学对生物制造的驱动作用和合成生物学对大健康产业发展的重要影响。

正如与会嘉宾所说,合成生物学近十年来飞速发展,研究成果的问世周期不断缩短,尤其是借助人工智能的支持下,研究进程有望进一步加快。

对于茅台所处的酿酒行业,合成生物学同样大有可为。

王莉提到,以食品医药领域广泛应用的角鲨烯为例,最早是在鲨鱼翅中发现,但研究发现其在茅台酒中也微量存在,说明酿酒环境中微生物能生成这一物质。如果能通过合成生物学的细胞工厂模式将其生产出来,既有利于环保,也造福大众。

“合成生物学一定是开创未来的生物技术,茅台作为生物制造1.0版本的企业,要积极拥抱合成生物学。”王莉说。

对于一家不断优化、提升传统生产力而成长起来的企业,如何让前沿科学更好地服务其发展,从而向新质生产力转变?

王莉认为,“核心是要处理好科学与技术、传承与创新、科技创新与产业创新三组关系。”

对于科学与技术,王莉认为,白酒酿造是本质主义和经验主义的结合体,一方面要通过合成生物学等先进的技术手段,解析微生物的酿造密码,不断诠释技术背后的科学本质;另一

方面要把对科学层面的认识转化到生产酿造实践中。

对于传承与创新,王莉认为,凡是微生物来源解释不通、影响微生物多样性的工艺工序都不可随意改变,因为会影响到微生物的稳定性和多样性,进而影响到基酒的稳定性和多样性。而对于非生物关联的工序,王莉认为都可以做相应创新,如酒库巡检、有机原料基地巡检等,都可以考虑用AI训练的机器人代替。

而对于科技创新和产业创新,王莉认为,需要设法将科技创新成果转化到产业创新的应用,转化到对传统产业链的绿色化、高端化转型升级之中。

茅台的合成生物学实践观

有了辩证认识“三组关系”的指导思路,茅台具体在实践上,该如何去拥抱合成生物学?

王莉认为可总结为两方面:为我所用,我为其用。

为我所用,是指通过合成生物学的手段和工具,对茅台复杂的微生物体系进行解析,帮助研究清楚微生物间的协作关系,发现更多的暗物质以及风味代谢相关的功能。

我为其用,一方面是指结合茅台丰富的微生物资源库开展利用。茅台在思考,其酿酒酵母、芽孢杆菌等一些极端微生物,是否可以成为工业性的底盘微生物,开发工程菌,用于生产一些有益健康的物质?

另一方面,是指茅台所处的传统产业,具有众多挑战性的场景,可为新兴的生物科技等产业提供产业应用场景,帮助这些产业更快步入产业化、商业化,完成从1到100的跨越。

在这样的实践观指导下,就合成生物学的具体应用,茅台已明确初步方向。

一个大方向是环保领域,主要基于茅台对酿酒副产物的资源化利用,茅台已有诸多探索,但仍然有提升空间。

过去十多年来,在结合科研成果

提升主业生产力的同时,茅台也在用科学手段为酿酒的副产物寻找出路。2013年成立的茅台循环产投公司,围绕酒糟、窖泥、曲草等酿酒副产物资源化循环利用,建设了茅台生态循环经济产业示范园。这一产业园每年可处理酒糟30余万吨,年产有机肥12万吨、发酵饲料2万吨、生物质沼气1000万立方米。

“茅台通过十多年的努力,实现了‘从土里来,到土里去’的产业循环,但只是实现了资源化、绿色化和高端化还有较大提升空间。”王莉说。

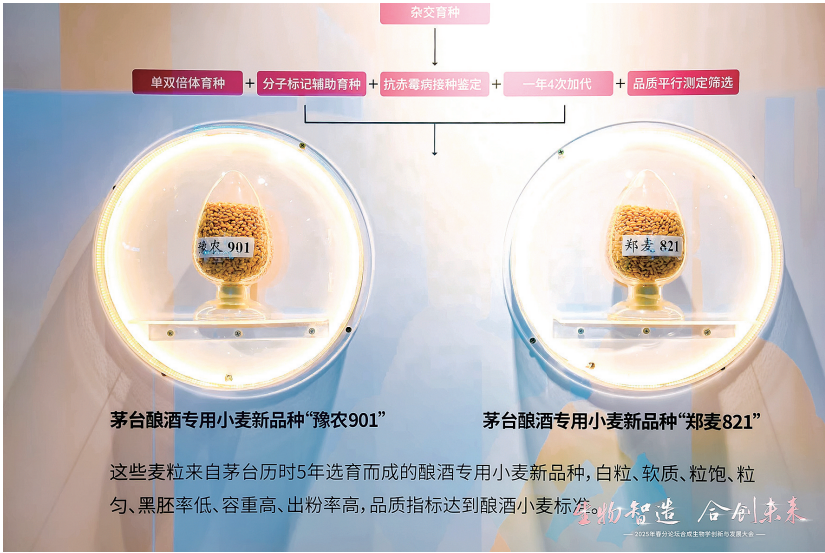
合成生物学技术,为废弃物利用向资源化、高端化发展提供了路径。

茅台科学与技术研究院酿造环境生态研究中心主任陈笔介绍,茅台目前正在探索包装材料覆膜及酒瓶底座的化石基材料替代研究,利用合成生物学技术将酒糟、窖底水中的有机成分转化为可降解生物基材料,形成的生物基材料相比现有生物基产品可降低50%成本。目前,项目正处于中试验证阶段。

茅台也在与合作方研究将酒糟废弃物转化为高蛋白饲料的路径。目前这一项目已经完成小试,从试验结果来看,1吨酒糟可生产0.4吨高蛋白饲料,转化率突出。这一技术的产业化路径如能打通,将大幅提升酿酒废弃物的经济价值,实现绿色化、高端化发展。

“茅台酒含有非常丰富的成分,一些有益成分虽然微量,但一定是由微生物产生的,我们要研究清楚它的产生途径,推动向产业化转化,从而给中国白酒行业做示范,探索新的增长极。”王莉表示。

在中国酒业协会秘书长何勇看来,中国酒业已迈入高质量发展的新阶段,随着合成生物学等生物制造关键技术的突破,科技将深刻改变中国酒业的发展规律。茅台结合合成生物学开展的科研探索,不仅推动自身的转型升级,也有望为白酒产业的可持续发展提供宝贵经验。



2025年春分论坛合成生物学创新与发展大会展示的茅台酿酒专用小麦

产业、协会的代表,分享了对于合成生物学的思考、探索和实践。

合成生物学是一门融合生物学、工程学、信息科学的前沿交叉学科,作为第五代生物技术,其将工程学的原理与方法应用于生物技术领域,实现对生命体功能的定向改造或全新创造,在食品等众多行业有着广阔的应用前景。茅台集团党委书记、董事长张德芹认为,合成生物学是解码生命规律的钥匙,更是推动可持续发展、实现绿色跃迁的核心引擎,是传统与未来的“共生密码”。

结合茅台实际,茅台集团党委副书记、总经理王莉在大会上分享了茅台对新质生产力的实践与思考,并谈到了合成生物学如何助力茅台的未来发展。

王莉表示,茅台是第一代生物科技的代表,在长期酿酒生产中,自然生态、人文生态和微生态互相促进、互为支撑,构成了酿造生态体系,形成了茅台传统生产力的核心。如今拥抱合成生物学,是茅台由传统生产力向新质生产力转变的机遇。

“茅台现在的体量决定了我们必须进入高质量发展时代,而传统产业的高质量发展离不开创新驱动的产业支撑。”王莉说。

作为生物科技5.0版本的合成生物学近年突飞猛进,让1.0版本的茅台看到了向新质生产力转变的可行路径。

科学化认知生产力

酿酒,其实正是最早的生物制造技术之一。

中国食品工业协会总工程师李宇表示,以传统酿造为代表的第一代生物技术,利用自然界的微生物开展发酵,依赖长期的经验积累。

早期的白酒酿造,正是对传统生产经验积累、总结、运用的过程,但早期对微生物的科学认知有限。随着需求端对生产力的要求提升,基于经验的酿酒实践不可避免会遭遇瓶颈,要



论坛上,来自学界、产业、协会的代表分享了对于合成生物学的思考、探索和实践。



拥抱合成生物学,是茅台由传统生产力向新质生产力转变的机遇。