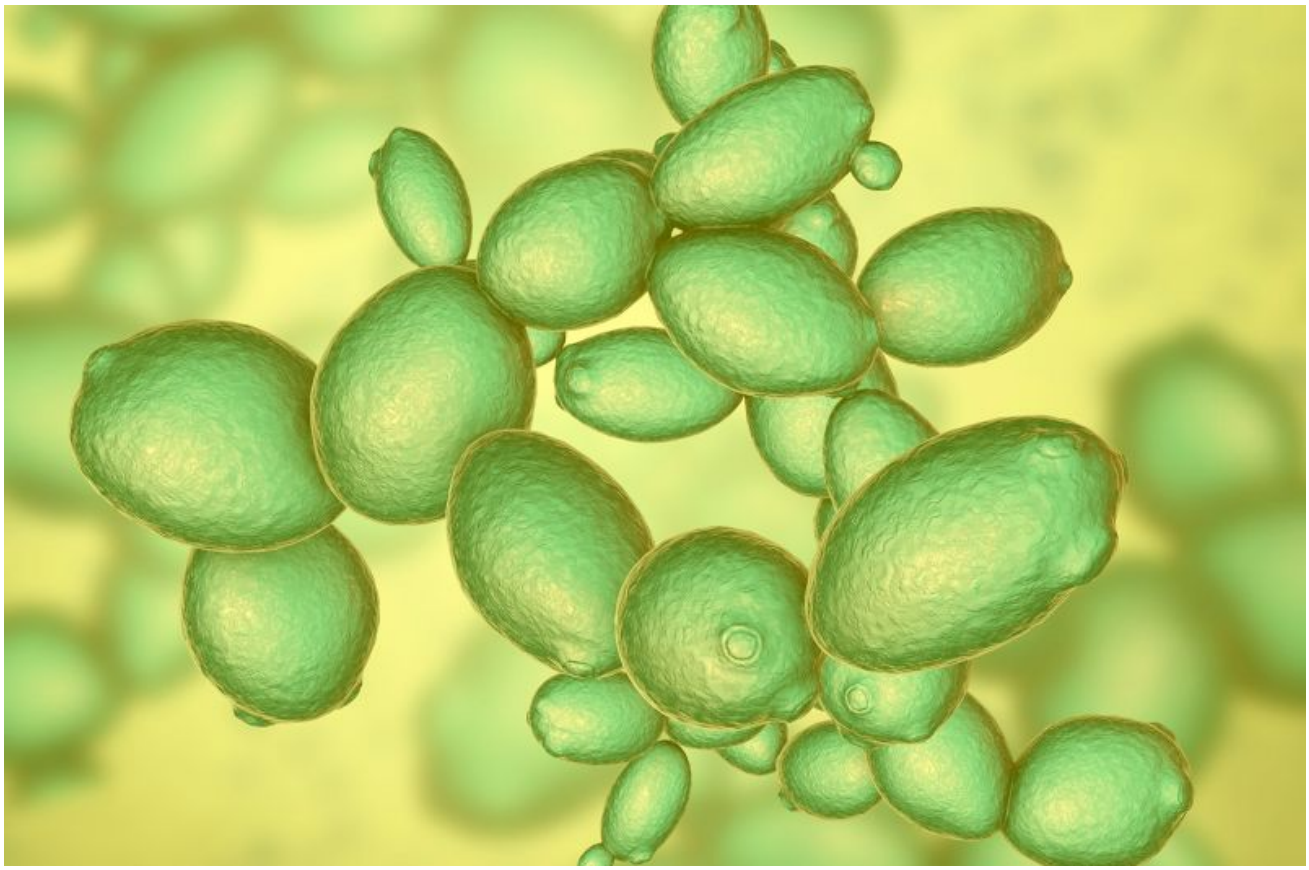
vinetur

Las tecnologías multiómicas abren la vía a levaduras más resistentes al calor industrial

La integración de genómica y metabolómica guía cepas para fermentación más eficiente por encima de 40°C

lunes 3 de agosto de 2026



Un grupo de investigadores de varias instituciones chinas ha revisado el uso de tecnologías multiómicas para mejorar levaduras capaces de trabajar a altas temperaturas en fermentación industrial, una línea de trabajo con aplicación en

alimentos, bioenergía, biomedicina y producción de compuestos químicos. El estudio, firmado por Xuexue Rao, Meiyan Li, Linling Li, Quan Yuan, Xiaodan Wang, Wentao Cao, Shuyi Qiu y Xiaoye Luo, se ha publicado en International Journal of Food Microbiology con el identificador 10.1016/j.ijfoodmicro.2026.111824.

Los autores analizan cómo la integración de genómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica permite conocer con más precisión qué mecanismos ayudan a las levaduras a soportar el calor y cómo esa información puede usarse para obtener cepas más útiles para la industria. Su revisión parte de un problema conocido: muchas fermentaciones industriales siguen realizándose a temperaturas normales o moderadas, pero una parte del sector busca operar a temperaturas más altas para reducir el gasto en refrigeración, acortar tiempos de proceso y limitar la contaminación microbiana.

El trabajo recoge que el crecimiento de la levadura en ambientes cálidos afecta de forma directa a la eficiencia productiva y al coste final del proceso. Las cepas convencionales sufren daños celulares e inactivación enzimática cuando sube la temperatura, lo que reduce su capacidad fermentativa y aumenta el riesgo de contaminación. Esa limitación afecta a procesos como la producción de biocombustibles, la fermentación de bebidas en zonas tropicales y la fabricación de productos bioquímicos industriales.

La revisión cita un ejemplo económico concreto en producción de etanol: una planta con una producción anual de 30.000 kilolitros obtendría un aumento neto de ingresos de 30.000 dólares por cada incremento de 5°C en la temperatura de fermentación. Los autores también recogen trabajos que relacionan temperaturas más altas con una aceleración del metabolismo microbiano y con ciclos productivos más cortos. En queso, por ejemplo, elevar la temperatura de maduración de 16°C a 20°C en la fase final favorece la expresión de genes ligados a proteólisis, lipólisis y catabolismo de aminoácidos y lípidos, lo que acelera la maduración.

Según exponen los investigadores, varias actividades industriales requieren operar por encima de 40°C. Entre ellas citan la elaboración de bebidas a partir de frutas tropicales, la producción industrial de ácidos orgánicos y preparados enzimáticos y el tratamiento

de aguas residuales a alta temperatura. En esos ámbitos ya se emplean levaduras, pero las cepas disponibles siguen siendo insuficientes para cubrir todas las necesidades productivas.

El artículo recuerda que algunas especies y géneros han sido desarrollados mediante evolución adaptativa y mejora genética para crecer a 45°C. Entre ellos figuran Saccharomyces cerevisiae y géneros como Hansenula, Kluyveromyces, Candida, Saccharomycopsis y Pichia. Aun así, los autores señalan que la actividad de la mayoría de las levaduras cae por encima de 30°C y que eso no encaja con muchos procesos industriales.

La razón no es única. El calor puede alterar la estructura celular y afectar a componentes físico-químicos esenciales para el crecimiento y el metabolismo normal. Además, la tolerancia térmica es un rasgo poligénico complejo que implica varias rutas biológicas, entre ellas la regulación de proteínas de choque térmico, el metabolismo lipídico y la respuesta al estrés oxidativo.

La revisión también compara estas herramientas con los métodos clásicos de mejora. La mutagénesis tradicional presenta una fuerte aleatoriedad y una tasa de mutación positiva inferior al 0,1%, según los trabajos citados por los autores. Además, puede aparecer una relación negativa entre mayor tolerancia al calor y menor eficiencia fermentativa. Por eso plantean que hacen falta técnicas más precisas para seleccionar objetivos genéticos útiles sin perder rendimiento industrial.

En ese punto entran las tecnologías multiómicas. La genómica permite localizar genes y características hereditarias relacionadas con la tolerancia térmica. La transcriptómica sirve para seguir los cambios dinámicos en la expresión génica cuando la célula entra en estrés por calor. La proteómica aporta información sobre cantidad, tipo y modificaciones de las proteínas expresadas. La metabolómica mide cambios en metabolitos pequeños dentro y fuera de la célula y ayuda a ver cómo se reajustan las rutas metabólicas para mantener el equilibrio interno.

Los autores sostienen que ninguna de estas capas por separado basta para explicar un rasgo tan complejo. La integración conjunta permite construir redes regulatorias más completas e identificar genes clave con mayor base experimental. Esa combinación

también facilita programas de mejora dirigidos hacia cepas termotolerantes con aplicación industrial.

La revisión repasa además métodos directos para localizar nuevas levaduras resistentes al calor en ambientes naturales. Entre las fuentes citadas figuran compost, aguas termales, frutas tropicales o alimentos fermentados tradicionales sometidos a temperaturas ambientales relativamente altas. Mediante cultivos de enriquecimiento en esas condiciones se pueden aislar cepas con tolerancia térmica innata.

En el plano fisiológico, el estudio resume que el estrés térmico activa respuestas celulares conocidas desde hace décadas. Durante la fermentación, el aumento de temperatura favorece la formación de proteínas desnaturalizadas y activa factores reguladores como HSF1, implicados en la respuesta al choque térmico. Ese tipo de señales desencadena ajustes amplios en transcripción génica, síntesis proteica e intermediarios metabólicos.

Los investigadores consideran que esta lectura integrada puede acelerar tanto el análisis mecanístico como la mejora aplicada. En su planteamiento, los datos genómicos sirven para localizar mutaciones o biomarcadores asociados al calor; los transcriptómicos permiten seguir qué genes se activan o se inhiben bajo estrés; los proteómicos muestran cómo cambia el repertorio funcional real; y los metabolómicos ayudan a localizar nodos metabólicos relevantes mediante técnicas como LC-MS.

El trabajo no se limita a alimentos o bebidas. También sitúa estas herramientas dentro del campo más amplio de la biomanufactura industrial, donde las levaduras participan en producción de combustibles, medicamentos, preparados enzimáticos y otros productos industriales. En todos esos casos, operar a temperaturas elevadas puede tener interés económico si se dispone de microorganismos capaces de mantener rendimiento y estabilidad.

Pese al avance técnico, los autores advierten de varios problemas pendientes. Uno es convertir genes candidatos predichos por análisis estadísticos en rasgos estables y útiles dentro de cepas industriales reales. Otro es establecer relaciones causales claras: que un gen aparezca sobreexpresado bajo calor no implica por sí solo que sea responsable directo del fenotipo observado. También sigue siendo limitada la

disponibilidad natural de levaduras silvestres capaces de soportar más de 40°C sin perder funcionamiento normal.

La revisión ha contado con financiación del proyecto básico para jóvenes talentos de la Universidad de Guizhou, del programa provincial para talentos innovadores de alto nivel en Guizhou y del equipo científico-tecnológico centrado en recursos microbianos característicos para la industria fermentativa en esa provincia china. Los autores afirman que no tienen conflictos financieros ni personales conocidos que hayan podido influir en el trabajo.

Su conclusión científica es clara: las tecnologías multiómicas ofrecen una base más sólida para conocer cómo responden las levaduras al calor y para orientar su mejora genética hacia fermentaciones industriales a alta temperatura. El objetivo final es disponer de cepas más aptas para procesos alimentarios y bioenergéticos donde el calor deja fuera a buena parte de las levaduras convencionales.