vinetur

El fin del aroma verde en vinos tintos gracias a la inteligencia artificial

Una prueba en menos de 10 minutos estima la IBMP con precisión útil para decidir la vendimia

martes 16 de junio de 2026



Un equipo de investigadores ha presentado una prueba rápida para estimar la presencia de 3-isobutil-2-metoxipirazina, conocida como IBMP, en extractos de uvas tintas chilenas. El trabajo se publicó el pasado 4 de junio en la revista científica OENO One y plantea una alternativa más ágil a los análisis habituales por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, una técnica de laboratorio muy precisa pero lenta y cara.

La IBMP es uno de los compuestos asociados a aromas vegetales o verdes en el vino. Su presencia suele ser mayor en uvas poco maduras y baja a medida que avanza la maduración. En variedades tintas, y en especial en Cabernet-Sauvignon, esos perfiles pueden perjudicar la calidad sensorial del vino cuando superan ciertos niveles. Según recoge el estudio, el umbral sensorial reconocido en vinos tintos se sitúa entre 2 y 16 ng/L.

El nuevo método combina espectroscopía A-TEEM, una técnica óptica que mide absorbancia y fluorescencia, con modelos de aprendizaje automático. El objetivo era comprobar si esa combinación podía predecir con rapidez la concentración de IBMP en uvas de variedades sensibles. Los autores trabajaron con Cabernet-Sauvignon, Carménère, Merlot y Cabernet franc recogidas durante cuatro vendimias en más de 70 viñedos de Chile.

En total se prepararon 2.400 muestras para el análisis por A-TEEM, procedentes de las campañas de 2020, 2021, 2022 y 2024. De ese conjunto, 1.816 muestras se usaron para calibrar los modelos y 584 para ponerlos a prueba. La base química de referencia procedía de 554 muestras individuales analizadas con SPME-GC-MS/MS, el sistema convencional empleado para cuantificar este compuesto a niveles muy bajos.

Los investigadores explican que medir IBMP no es sencillo porque aparece en cantidades mínimas, pero aun así tiene un efecto sensorial claro. Esa dificultad obliga normalmente a recurrir a equipos caros, personal especializado y tiempos de respuesta que pueden alargarse varios días. Ese margen limita la toma de decisiones en viñedo cuando se acerca la vendimia o cuando hay que valorar el grado real de madurez.

La propuesta publicada en OENO One busca acortar ese proceso. Según los resultados del trabajo, cada muestra puede analizarse en menos de 10 minutos. El modelo final utilizó más de 10.000 variables espectrales por muestra y aplicó regresión con máquinas de vectores soporte, una herramienta habitual dentro del aprendizaje automático para relacionar señales complejas con una medida química concreta.

El rendimiento del sistema fue alto. En el conjunto de prueba, el modelo obtuvo un R^2 de 0,879 y errores inferiores a 0,4 ng/kg tanto en validación cruzada como en predicción externa. El artículo señala que esos márgenes quedan por debajo del umbral sensorial más bajo citado para vinos tintos, fijado en 2 ng/L, lo que da valor práctico al método como herramienta de cribado.

Los autores calcularon además un límite estimado de detección de 1,32 ng/kg y un límite estimado de cuantificación de 4 ng/kg para esta aproximación basada en A-TEEM. Aunque esas cifras siguen por encima de las mejores prestaciones logradas por algunos métodos avanzados de GC-MS/MS con patrones internos marcados isotópicamente, el estudio sostiene que la nueva vía resulta útil para el trabajo rutinario por su rapidez y menor gasto analítico.

El equipo también desarrolló un modelo de clasificación binaria para separar las muestras por encima o por debajo del umbral de 2 ng/kg. Ese punto se eligió porque la IBMP extraída desde la uva pasa con facilidad al vino durante la elaboración y porque las concentraciones medidas en extractos suelen ser algo superiores a las del vino terminado. En esa prueba, el sistema logró un coeficiente de correlación de Matthews de 0,970 y no cometió errores en la clase inferior a 2 ng/kg. En el conjunto total de prueba solo hubo cinco falsos positivos entre 584 muestras.

Uno de los aspectos que los autores subrayan es que los datos se organizaron para evitar sesgos estadísticos derivados de réplicas repetidas. Tanto la validación cruzada como el conjunto final de prueba excluyeron repeticiones asociadas a una misma medición química de referencia. Con ello buscaban comprobar mejor si el modelo podía funcionar con datos no vistos antes.

El estudio se apoya en muestras tomadas en 72 viñedos chilenos y repartidas entre varias campañas y variedades. Esa amplitud da más solidez al modelo porque incorpora diferencias reales entre zonas, años y estados de maduración comercial. Aun así, los propios investigadores indican que la sensibilidad del sistema puede mejorar en trabajos posteriores.

Para el sector del vino, esta línea abre una opción con aplicación directa en bodega y viñedo. Si estos sistemas se consolidan, podrían ayudar a decidir con más rapidez cuándo vendimiar o qué parcelas conviene seguir madurando para reducir el carácter vegetal no deseado. También podrían rebajar la dependencia de análisis externos cuando lo que se necesita es una respuesta rápida antes de tomar decisiones sobre uva destinada a vinos tintos premium o de alta gama.

La investigación compara sus resultados con trabajos anteriores sobre la misma técnica. En un estudio previo centrado en madurez de Cabernet-Sauvignon, otros modelos basados en A-TEEM habían dado errores mayores y límites de detección menos favorables. En esta ocasión, los autores atribuyen parte de la mejora al tipo de muestras empleadas y al diseño experimental.

El artículo recuerda además que es poco probable que la IBMP sea la responsable directa de las señales fluorescentes medidas por A-TEEM. La predicción parece apoyarse más bien en una huella molecular asociada a otros compuestos correlacionados presentes en los extractos. Esa circunstancia no invalida el uso práctico del método, pero sí marca una diferencia frente a técnicas que miden el compuesto objetivo de forma directa.

La publicación llega en un momento en el que bodegas y laboratorios buscan herramientas más rápidas para controlar parámetros ligados al perfil sensorial del vino sin renunciar a una precisión suficiente para uso comercial. En ese terreno, la combinación entre espectroscopía y aprendizaje automático gana espacio como apoyo analítico para tareas donde el tiempo influye mucho en la decisión final sobre la vendimia.