



Application Note AN-RS-041

Discriminación de cerveza falsificada con espectroscopia Raman y PCA

Proteger a los consumidores de las bebidas de imitación

La cerveza es una bebida alcohólica popular elaborada a partir de granos malteados, lúpulo, levadura y saborizantes. Miles de cervecerías locales e internacionales elaboran cerveza de alta calidad para el disfrute mundial. Sin embargo, en algunas regiones, los delincuentes falsifican cervezas simplemente reemplazando las tapas y etiquetas de productos menos costosos con marcas más lucrativas, o llenando botellas vacías con mezclas no reguladas. Solo en 2022, las autoridades policiales y aduaneras

nacionales de 19 países de la UE incautaron casi 14,8 millones de litros de bebidas alcohólicas falsificadas, incluidos vino y cerveza [1].

Actualmente, no existen pruebas simples para identificar la cerveza falsificada. Esta nota de aplicación demuestra la capacidad de i-Raman EX, el instrumento Raman de B&W Tek Laboratory con un láser de 1064 nm, con análisis de componentes principales (PCA) para distinguir entre cervezas de diferentes cerveceros y de una mezcla de cervezas.

INTRODUCCIÓN

En el campo de la ciencia de los alimentos, la espectroscopia Raman se está evaluando con fines de control de calidad. Se utiliza para la identificación y cuantificación de componentes en una mezcla y para la autenticación de muestras.

La cerveza es una mezcla compleja de más de 400 compuestos diferentes de ingredientes de productos

naturales que se someten al proceso de fermentación. El espectro Raman de la cerveza es sensible a estos atributos únicos y refleja fielmente la receta y el proceso de elaboración. Incluso los pequeños cambios espectrales son detectables y pueden usarse para identificar cervezas falsificadas y rastrear la adulteración hasta el perpetrador.

EXPERIENCIA

Solo se estudiaron lagers para esta aplicación. Trabajar con diferentes estilos de cerveza (por ejemplo, stout vs pilsener) mostraría una variación marcadamente mayor en sus espectros Raman. Los espectros Raman se recolectaron sumergiendo una sonda en líquido decantado de tres 12 oz. (355

mL) latas de cada una de las cuatro marcas populares de lager. Se degustó una lager «lite», con un contenido calórico un 30% inferior al resto de marcas. Cada fabricante informa el contenido de alcohol por volumen como % ABV. Los parámetros experimentales se resumen en **tabla 1**.

Tabla 1. Parámetros experimentales e información de la muestra.

| Instrumento | |
|------------------------|--------------------------|
| Sistema i-Raman EX | Potencia láser 330 mW |
| Sonda RIS100-SS | En t. tiempo 10 segundos |
| Software BWSpec y BWIQ | Promedio 1 |
| Muestra | kcal / % ABV |
| Lager-H | 150 / 5,0% |
| Lager-B | 145 / 5,0% |
| Lager-C | 149 / 4,7% |
| Lager-M | 96 / 4,2% |

El espectro Raman de la cerveza (**Figura 1**) es simple en comparación con productos químicos complejos como el paracetamol, porque la cerveza generalmente contiene alrededor de un 96 % de agua (un dispersor Raman débil). El resto es etanol, una molécula orgánica simple, y trazas de otras sustancias.

El espectro Raman de la lager está dominado por picos de etanol a aproximadamente 880, 1050, 1090, 1280 y 1450 cm⁻¹. Si bien estos espectros son visualmente bastante similares, las regiones de variación relativamente alta resaltadas en **Figura 1** reflejan las diferentes composiciones de las lagers.

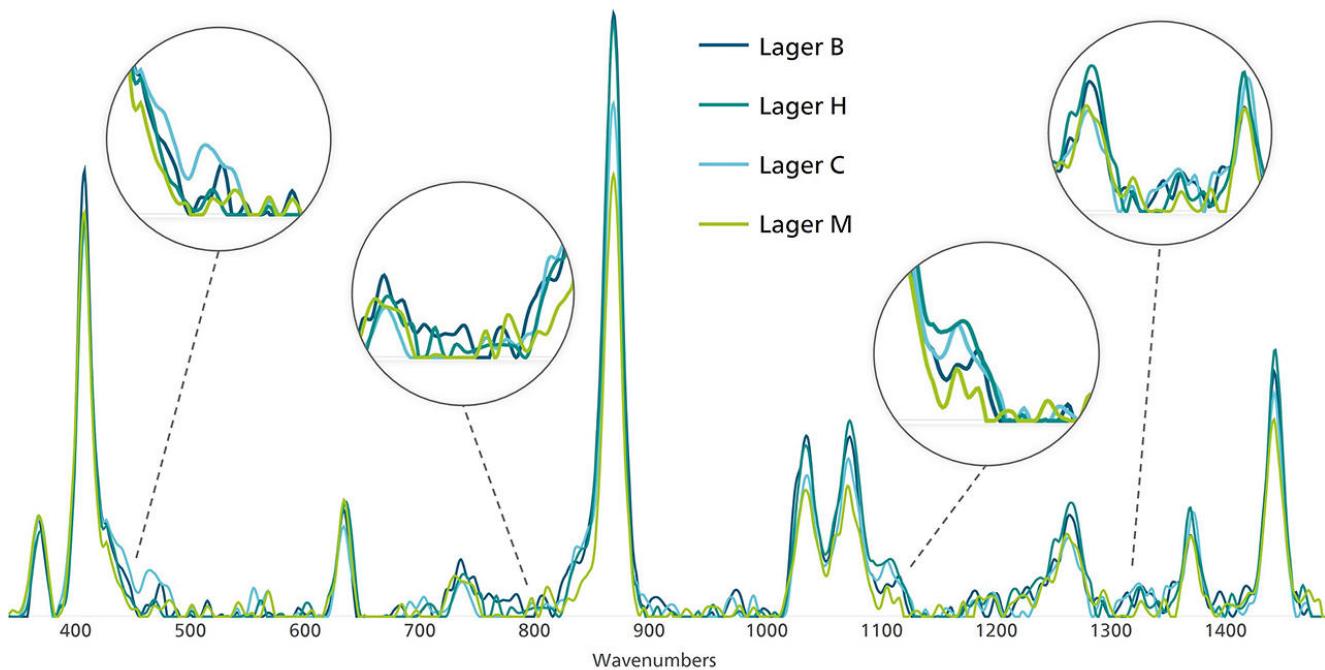


Figura 1. Espectros raman de cuatro marcas populares de lager, destacando cuatro áreas de alta variación espectral.

La intensidad del estiramiento CC de etanol a aproximadamente 880 cm⁻¹ representa bien los diferentes % ABV de las lagers (**Figura 2**). Este es un

punto de referencia valioso para discriminar entre bebidas alcohólicas.

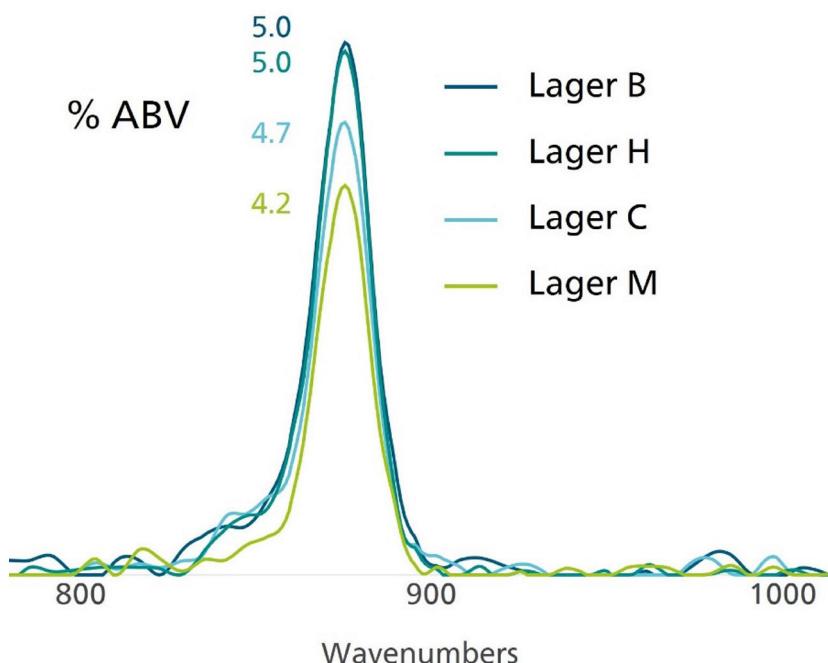


Figure 2. Banda de estiramiento CC de diferentes cervezas. % ABV corresponde a los valores de la etiqueta nutricional.

IDENTIFICACIÓN DE LAS MARCAS DE CERVEZA

El análisis de componentes principales (PCA) se puede utilizar para distinguir aún más cada muestra. **figura 3** muestra un gráfico PCA de cada muestra y una mezcla

de dos marcas diferentes (H1+M1, mostradas en naranja). A pesar de una ligera superposición, cada marca aparece como un grupo distinto.

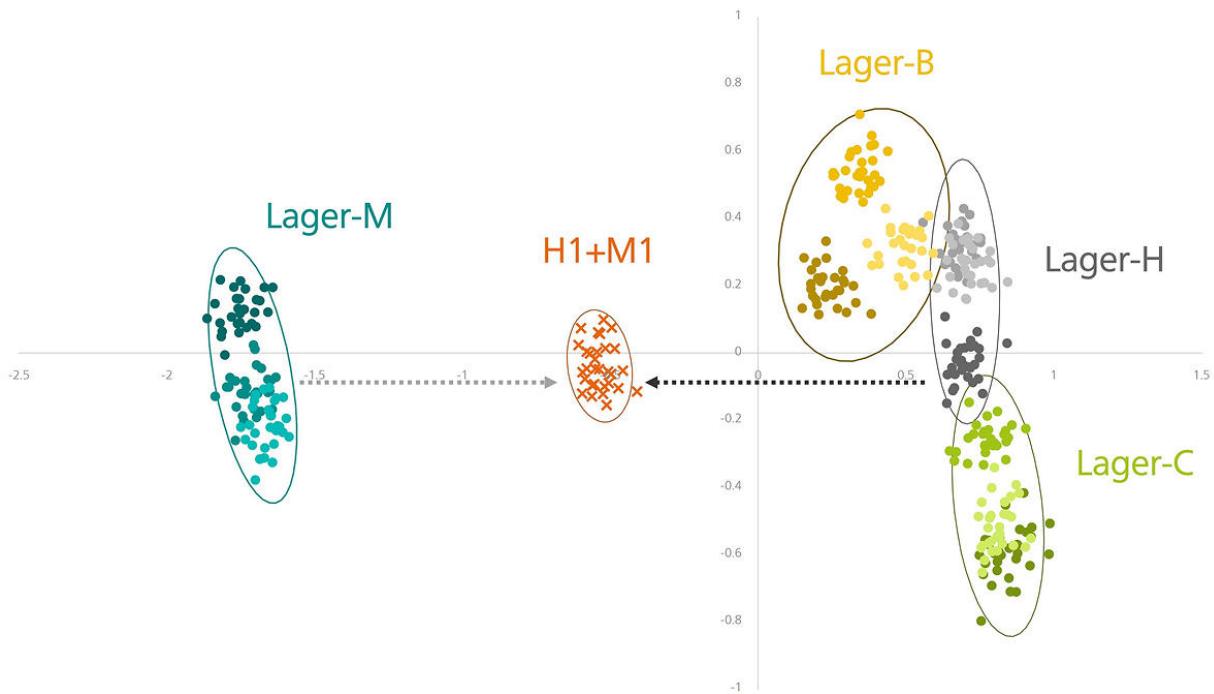


Figure 3. Gráfica PCA de diferentes lagers y mezcla de lagers (elipse de confianza 0.95).

Tenga en cuenta que Lager-M se distingue fácilmente de otras marcas. Lager-M fue la única «American-Light Lager» con menos calorías y contenido de alcohol (96 kcal, 4,2% ABV) en comparación con las otras marcas (145–150 kcal, 4,6–5,0%).

H1+M1, que es una mezcla 1:1 de Lager-H y Lager-M, aparece como un grupo separado entre los dos y demuestra la capacidad de Raman y PCA para distinguir fácilmente productos adulterados.

NOTA DE PRUEBA SOBRE EL TERRENO

- La excitación de 1064 nm genera datos fiables a pesar de la fuerte fluorescencia de los productos naturales que se encuentran en la cerveza.
- Las condiciones de muestreo constantes generan los datos más fiables. Por ejemplo, las diferencias de temperatura podrían aumentar artificialmente la variación espectral.

Un sistema B&W Tek i-Raman EX configurado con una sonda de inmersión distinguió fácilmente lager de diferentes cervecerías y una mezcla de lager, demostrando su capacidad para autenticar muestras y

- La sonda de bola de zafiro utilizada aquí proporciona menos sitios de nucleación para menos CO₂ burbujas, que podrían interferir con las mediciones.
- Los tiempos de integración de 10 segundos y más proporcionan los datos más confiables.

detectar productos falsificados. Incluso una pequeña cantidad de adulteración se puede identificar con un análisis PCA detallado del espectro Raman de la cerveza.

REFERENCIAS

1. *14,8 millones de litros de bebidas alcohólicas incautados en toda Europa.* https://anti-fraud.ec.europa.eu/media-corner/news/148-million-litros-alcoholic-drinks-incautados-across-europe-2022-11-17_en (consultado el 21 de marzo de 2023).

CONTACT

Metrohm México
Calle. Xicoténcatl #181, Col.
Del Carmen, Alcaldía
Coyoacán.
04100. Ciudad de México
México

info@metrohm.mx

CONFIGURACIÓN



Espectrómetro Raman portátil i-Raman EX

El espectrómetro i-Raman[®] EX forma parte de la galardonada serie de espectrómetros Raman portátiles i-Raman con nuestro láser patentado CleanLaze[®] que proporciona 1064 nm de excitación láser. Mediante un detector de matriz InGaAs de alta sensibilidad con refrigeración termoeléctrica profunda, amplia gama de regulación y un diseño de espectrógrafo de alto rendimiento, este espectrómetro Raman portátil ofrece una elevada relación señal/ruido sin inducir autofluorescencia, lo que permite medir una extensa variedad de productos naturales, muestras biológicas (como cultivos celulares) y muestras coloreadas.

El espectrómetro i-Raman EX aporta una gama de cobertura espectral de 100 cm⁻¹ a 2500 cm⁻¹, lo que le permite medir en toda la región de las huellas dactilares. El pequeño tamaño del sistema, su diseño ligero y su bajo consumo de corriente garantizan la capacidad de análisis Raman apto para investigación en cualquier lugar. Para ampliar la capacidad de análisis, puede utilizarse con nuestro software patentado Vision, así como con el software de análisis multivariante BWIQ[®] y el software de identificación BWID[®]. Con el i-Raman EX, siempre tendrá una solución Raman de alta precisión para el análisis cualitativo y cuantitativo sin fluorescencia.

BWS485III