

## **Tecnologías simples, datos complejos: control de calidad inteligente en alimentos fermentados.**

**Wagner, M.<sup>1</sup>; Zaldarriaga Heredia, J.<sup>1</sup>; Montemerlo, A.<sup>1</sup>; Azcarate, S.M.<sup>1</sup> y Camiña, J.M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Av. Uruguay 151, Santa Rosa (6300), La Pampa, Argentina.

sazcarate@exactas.unlpam.edu.ar

### **RESUMEN**

La calidad de alimentos fermentados como cervezas, vinos y vinagres es clave para productores y consumidores, pero los métodos analíticos de referencia son costosos, complejos y limitados a laboratorios especializados. Este trabajo propone el desarrollo y validación de metodologías innovadoras y accesibles, basadas en tecnologías de bajo costo, como la captura de imágenes digitales con smartphones y el análisis mediante espectroscopia de infrarrojo cercano de onda corta (SWNIR), para predecir parámetros de calidad en productos fermentados. Se analizaron un total de 286 muestras: 90 vinos tintos (Malbec y Cabernet Franc), 63 cervezas (industriales, artesanales, con y sin alcohol) y 133 vinagres (de vino y balsámicos). Los parámetros determinados por los métodos estándar incluyeron acidez total, acidez volátil, pH, contenido total de polifenoles, contenido alcohólico e índice de amargor. Los valores obtenidos, junto con la información espectral y los histogramas de color se utilizaron para construir modelos de calibración, utilizando la regresión por cuadrados mínimos parciales (PLS) para la predicción cuantitativa de los parámetros fisicoquímicos. Los modelos obtenidos mostraron una alta capacidad predictiva, con errores relativos de predicción menores al 15%. Estas alternativas pueden aplicarse directamente en entornos reales y se alinean con los desafíos actuales de la industria alimentaria.

**Palabras clave:** parámetros fisicoquímicos, imágenes digitales, espectroscopia NIR, quimiometría.

## **Simple technologies, complex data: intelligent quality control in fermented foods.**

### **ABSTRACT**

The quality of fermented foods such as beers, wines, and vinegars is essential for both producers and consumers, yet reference analytical methods are costly, complex, and limited to specialized laboratories. This study proposes the development and validation of innovative and accessible methodologies based on low-cost technologies, such as digital image capture using smartphones and short-wave near-infrared spectroscopy



(SWNIR), to predict quality parameters in fermented products. A total of 286 samples were analyzed: 90 red wines (Malbec and Cabernet Franc), 63 beers (industrial, craft,

alcoholic and non-alcoholic), and 133 vinegars (wine and balsamic). Parameters determined by standard methods included total acidity, volatile acidity, pH, total polyphenol content, alcohol content, and bitterness index. The obtained values, together with spectral information and color histograms, were used to build calibration models using partial least squares regression (PLS) for the quantitative prediction of physicochemical parameters. The resulting models showed high predictive capability, with relative error prediction below 15%. These alternatives can be applied directly in real-world settings and align with current challenges in the food industry.

**Keywords:** physicochemical parameters, digital images, NIR spectroscopy, chemometrics.

