

Evaluación de la calidad del azafrán mediante espectroscopia UV-Vis de acuerdo con la norma ISO 3632

Análisis cuantitativo integrado utilizando un sistema de UV-Vis Agilent Cary 3500 y el software Cary UV Workstation



Autor

Yasurika Heenatigala
Agilent Technologies, Inc.

Resumen

El azafrán es una especia cara cuyo precio depende directamente de la calidad y la autenticidad del producto. Esto hace que el azafrán sea a menudo objeto de adulteración y etiquetado incorrecto. El azafrán comercial se puede clasificar en función de sus propiedades por espectrofotometría UV-Vis, de acuerdo con las normas industriales ISO 3632-1:2025 e ISO 3632-2:2010. Los resultados obtenidos permiten clasificar el azafrán en cuatro categorías comerciales: Clase extra, I, II y III. Esto proporciona un enfoque estandarizado para garantizar la calidad.

Siguiendo los métodos de las cláusulas 7, 10 y 14 de la norma ISO 3632-2, se utilizó el espectrofotómetro de UV-Vis Agilent Cary 3500 Multicell para clasificar la calidad de una muestra de azafrán mediante la cuantificación de marcadores bioactivos clave. La muestra fue clasificada como de clase extra, según la norma ISO 3632-1. El estudio destaca las ventajas del software Agilent Cary UV Workstation, que permite evaluar la calidad del azafrán de forma rápida y optimizada, y facilita los flujos de trabajo del control de calidad de rutina, la verificación de la autenticidad y la confianza de los consumidores.

Introducción

El azafrán es la especia más cara del mundo, y su precio por gramo depende de la calidad, el origen y la pureza. Es famoso por su color vivo y su sabor característico, atributos que contribuyen significativamente a su atractivo culinario. Sin embargo, el alto valor de mercado del azafrán y su producción limitada lo hacen vulnerable a la adulteración, la degradación de la calidad y el etiquetado incorrecto, lo que supone un riesgo para la salud, la seguridad y la confianza de los consumidores.

La espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Vis) es una técnica analítica rápida y fiable adecuada para evaluar la calidad de las especias mediante la cuantificación de marcadores moleculares bioactivos. En el azafrán, la crocina es el compuesto carotenoide responsable de la intensidad del color, la picrocrocina es el principal compuesto responsable del sabor amargo y el safranal es el principal contribuyente al aroma.

En esta nota de aplicación utilizamos un espectrofotómetro de UV-Vis Agilent Cary 3500 y el software Agilent Cary UV Workstation para analizar una muestra comercial de azafrán. El objetivo del estudio era clasificar la calidad de la muestra de acuerdo con las normas ISO 3632-1:2025 e ISO 3632-2:2010 Especies — Azafrán (*Crocus sativus* L.).^{1,2} Estas normas industriales bien establecidas proporcionan especificaciones y métodos analíticos para el análisis del azafrán seco, incluidos los filamentos, los filamentos cortados y el polvo. Los métodos analíticos normalizados descritos en la norma ISO 3632-2 sirven de apoyo para la clasificación y la evaluación de la calidad del azafrán. Los métodos se refieren a la determinación del contenido de humedad y materia volátil (cláusula 7), la trituration y tamizado de muestras para análisis (cláusula 10), y la determinación de las características principales mediante un método de espectrometría UV-Vis (cláusula 14). Según estas evaluaciones y los criterios de calidad definidos en la norma ISO 3632-1:2025, las muestras de azafrán se pueden clasificar en cuatro categorías comerciales: Clase extra (EC), I, II y III, siendo EC la de mayor calidad.

Experimento

Preparación de muestras

Determinación del contenido de humedad y materia volátil

En primer lugar, se pesaron 2,5 g de filamentos de azafrán (adquiridos localmente) con una precisión de 0,1 mg (2,5018 g) en una navetilla de pesada limpia, seca y tarada. A continuación, se colocó esta porción para el análisis sin tapar en un horno y se mantuvo a 100 ± 1 °C durante 16 horas. Tras enfriarse, la muestra se volvió a pesar con una precisión de 0,1 mg. Se calculó el contenido de humedad y materia volátil (w_{MV}) y se expresó como porcentaje de la muestra inicial. Este valor se registró con cuatro decimales y se utilizó en los análisis posteriores por espectrofotometría UV-Vis.

Determinación de las principales características del azafrán mediante UV-Vis

Blanco: Se utilizó agua destilada (Milli-Q IQ 7005, Sigma-Aldrich, Merck) como blanco; se transfirieron 3 ml de agua destilada a una cubeta de cuarzo estándar de 3,5 ml y 10 mm de recorrido óptico (Agilent Technologies, número de referencia 50613387).

Extracto acuoso de la muestra: Se trituró 1 g de filamentos de azafrán con un mortero hasta que el 95 % de la fracción másica pudo pasar a través de un tamiz con una malla con un tamaño de poro de 500 μm . A continuación, se pesaron 0,5 g de la muestra triturada con una precisión de 0,1 mg en una navetilla de pesada limpia, seca y tarada (0,5330 g), y este se consideró el peso de porción de muestra para el análisis. Esta porción para el análisis se transfirió a un vaso de precipitados de 1000 ml y se añadieron 900 ml de agua destilada. La solución se agitó con un agitador magnético durante una hora, alejada de la luz. Tras este periodo, se retiró la barra magnética y se llenó el vaso de precipitados hasta la marca con agua destilada y se mezcló. Se tomó una alícuota de 20 ml y se transfirió a un matraz aforado de 200 ml, que se enrasó con agua destilada. El matraz se tapó y se agitó. La solución se filtró rápidamente a través de una membrana de filtración de éster de celulosa mixta (MCE) con un tamaño de poro de 0,45 μm (HAWP02400, Sigma-Aldrich, Merck) alejada de la luz. Por último, se transfirieron 3 ml de la solución transparente (extracto acuoso de la muestra) a una cubeta de cuarzo estándar de 10 mm, lista para su análisis por UV-Vis.

Instrumentos

La cubeta del blanco y la cubeta con el extracto acuoso de la muestra se colocaron en el UV-Vis Agilent Cary 3500 Multicell (Figura 1), que se utilizó con los parámetros indicados en la Tabla 1. El instrumento funciona con una lámpara de xenón pulsante que no requiere tiempo de calentamiento y permite adquirir un completo en menos de un segundo. La lámpara incluye una garantía de sustitución de 10 años, lo que minimiza la frecuencia y el coste de la sustitución. El diseño modular del Cary 3500 permite configurar la serie de espectrofotómetros para satisfacer diferentes necesidades de flexibilidad y escalabilidad en el muestreo. Para aplicaciones con una sola muestra y laboratorios con espacio reducido en la mesa de trabajo, el UV-Vis Cary 3500 Compact permite al usuario analizar una sola muestra y una referencia en una configuración a temperatura ambiente o con temperatura controlada. Esta aplicación también se puede realizar en el UV-Vis Cary 3500 Flexible, que cuenta con un compartimento de mayor tamaño para análisis de muestras líquidas y sólidas, y para su uso con accesorios.

Tras establecer la línea de base mediante análisis del blanco, se registró el perfil de UV-Vis del extracto acuoso de azafrán.



Figura 1. El espectrofotómetro de UV-Vis Agilent Cary 3500 Multicell cuenta con ocho posiciones de celdas fijas y un diseño óptico de doble haz con tecnología de fibra óptica y ocho detectores respectivos, lo que permite el análisis simultáneo de hasta siete muestras y una referencia.

Tabla 1. Parámetros de recopilación de datos de UV-Vis para el análisis del azafrán utilizando un espectrofotómetro de UV-Vis Agilent Cary 3500 Multicell.

Ajuste	Parámetro
Intervalo de longitud de onda	200-700 nm
Longitudes de onda del análisis	257, 330, 440 nm
Tiempo promedio de la señal	0,020 s
Intervalo de datos	1 nm
Ancho de banda espectral	2 nm

Resultados y comentarios

Determinación del contenido de humedad y materia volátil

El contenido de humedad y materia volátil (w_{MV}) de la muestra se calculó y fue de un 6,43 % del peso inicial. Según la norma ISO 3632-1:2025, este valor clasifica la muestra de azafrán como EC, tal y como se muestra en la Tabla 2. El valor de w_{MV} también se utiliza para determinar las principales características del azafrán, tal y como se describe en la siguiente sección.

Tabla 2. Cálculos del contenido de humedad y materia volátil.

Característica	Muestra	Unidad		
Porción analizada (m0)	2,5018	G		
Residuo seco (m4)	2,3410	G		
Contenido de humedad y materia volátil (w_{MV})	6,4274	%		
Calificación				
Categorías de especificaciones	EC	I	II	III
En forma de filamentos	<12 %			
En forma de polvo	<10 %			
Categorización de las especificaciones de muestras	Clase extra			

Determinación de las principales características del azafrán mediante un método de espectrometría UV-Vis

El espectro de UV-Vis del azafrán se registró en el intervalo de longitudes de onda de 200 a 700 nm utilizando el UV-Vis Cary 3500 Multicell, como se muestra en la Figura 2. Los resultados de los tres componentes principales del azafrán se obtuvieron mediante la lectura directa de la absorbancia específica en las tres longitudes de onda siguientes:

- $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$ (257 nm): absorbancia a ~257 nm ($\lambda_{\text{máx.}}$ de la picrocrocina)
- $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$ (330 nm): absorbancia a ~330 nm ($\lambda_{\text{máx.}}$ del safranal)
- $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$ (440 nm): absorbancia a ~440 nm ($\lambda_{\text{máx.}}$ de la crocina)

La clasificación cuantitativa de la muestra de azafrán se realizó de acuerdo con la norma ISO 3632-1:2025, que define los parámetros de calidad basados en la intensidad de la absorbancia de los tres componentes. Una vez registrados los valores de absorbancia en estas longitudes de onda con cuatro decimales, se calcularon los valores de intensidad utilizando la metodología descrita en la norma ISO 3632-2:2010.

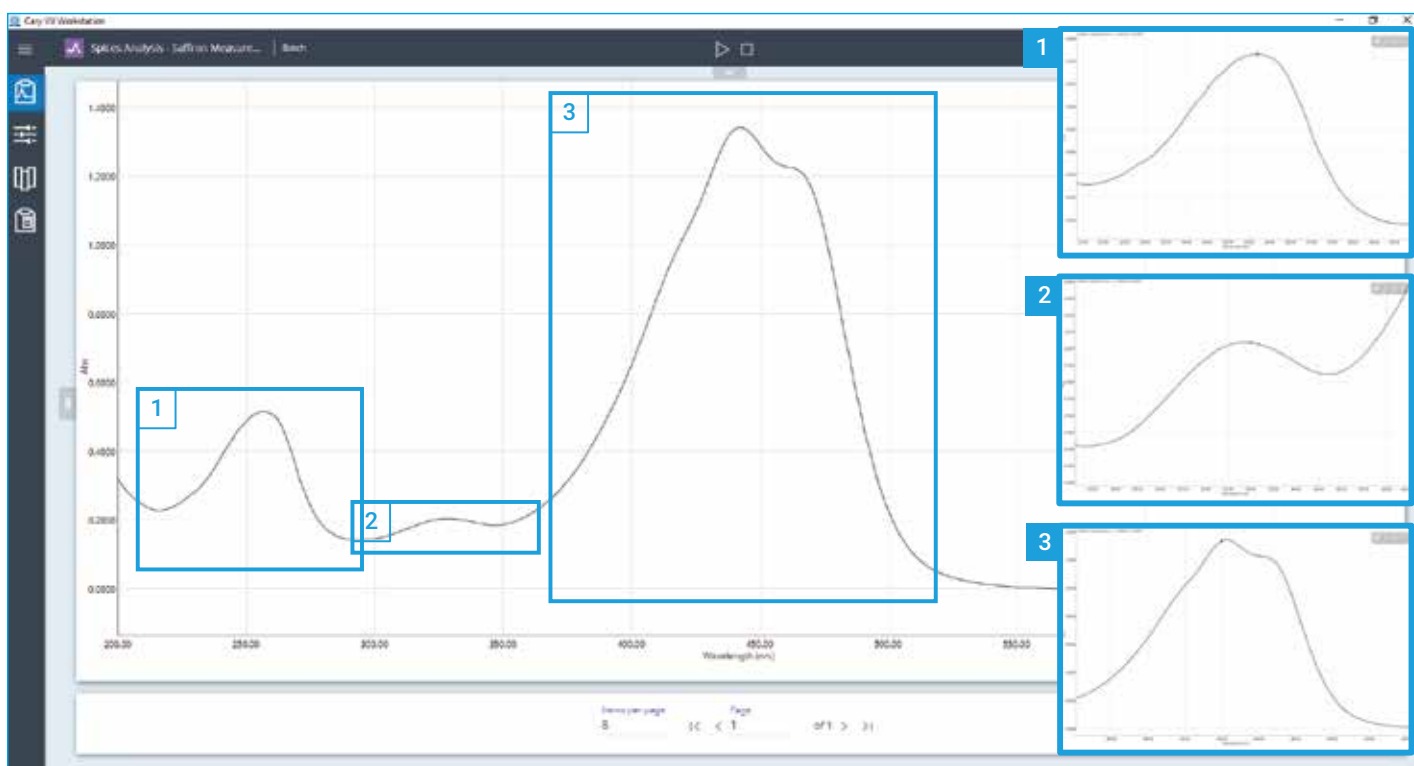


Figura 2. Espectro de UV-Vis del extracto acuoso de azafrán adquirido a longitudes de onda de entre 200 y 700 nm. (1) muestra la absorbancia máxima de la picrocrocina, (2) muestra la forma característica del safranal alrededor de 330 nm y (3) muestra la forma característica del espectro de absorbancia de la crocina.

La intensidad de un componente del azafrán se puede calcular utilizando la ecuación 1.

Ecuación 1.

$$A \frac{1\%}{1\text{ cm}} (\lambda_{\text{máx.}}) = \frac{D \times 10\,000}{m \times (100 - w_{\text{MV}})}$$

donde:

D = la absorbancia específica del componente

10 000 = factor de conversión de unidades que permite comparar diferentes muestras de azafrán

m = la masa, en gramos, de la porción analizada

w_{MV} = el contenido de humedad y materia volátil, expresado como fracción porcentual en masa, de la muestra

Los cálculos de los componentes se hicieron con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 2.

$$\left(\begin{array}{l} \text{picrocrocina, compuesto} \\ \text{responsable del sabor} \end{array} \right) = \frac{D(257\text{ nm}) \times 10\,000}{0,5330 \times (100 - 6,4274)}$$

Ecuación 3.

$$\left(\begin{array}{l} \text{safranal, compuesto} \\ \text{responsable del aroma} \end{array} \right) = \frac{D(330\text{ nm}) \times 10\,000}{0,5330 \times (100 - 6,4274)}$$

Ecuación 4.

$$\left(\begin{array}{l} \text{crocina, compuesto} \\ \text{responsable del color} \end{array} \right) = \frac{D(440\text{ nm}) \times 10\,000}{0,5330 \times (100 - 6,4274)}$$

Estos cálculos proporcionan valores para la clasificación del sabor, el aroma y la intensidad del color de la muestra de azafrán, lo que permite clasificarla como EC, I, II o III según las especificaciones de la norma ISO 3632-1:2025.

El análisis de los datos se realizó utilizando el software Cary UV Workstation, que permitió tanto la adquisición de datos como el cálculo automatizado de los valores de intensidad en la misma plataforma.

Como se muestra en la Figura 3, la página de configuración de la secuencia permitió la integración de parámetros personalizados, como la masa de la muestra, y la implementación de los tres cálculos siguientes utilizando la herramienta de análisis «Final de la secuencia»:

- Análisis 1: Intensidad del sabor (picrocrocina)
- Análisis 2: Intensidad del aroma (safranal)
- Análisis 3: Intensidad del color (crocina)

Una vez completado el barrido, el software Cary UV Workstation generó un espectro ampliable y tablas de análisis que mostraban la absorbancia y los valores de intensidad calculados para cada compuesto. Los valores de absorbancia obtenidos para los compuestos picrocrocina, safranal y crocina en la muestra problema (0,5330 g) se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de absorbancia de los compuestos picrocrocina, safranal y crocina en el extracto acuoso de azafrán (0,5330 g de muestra).

Analito	λ	Abs
Picrocrocina	257	0,5156
Safranal	330	0,2035
Crocina	440	1,3351

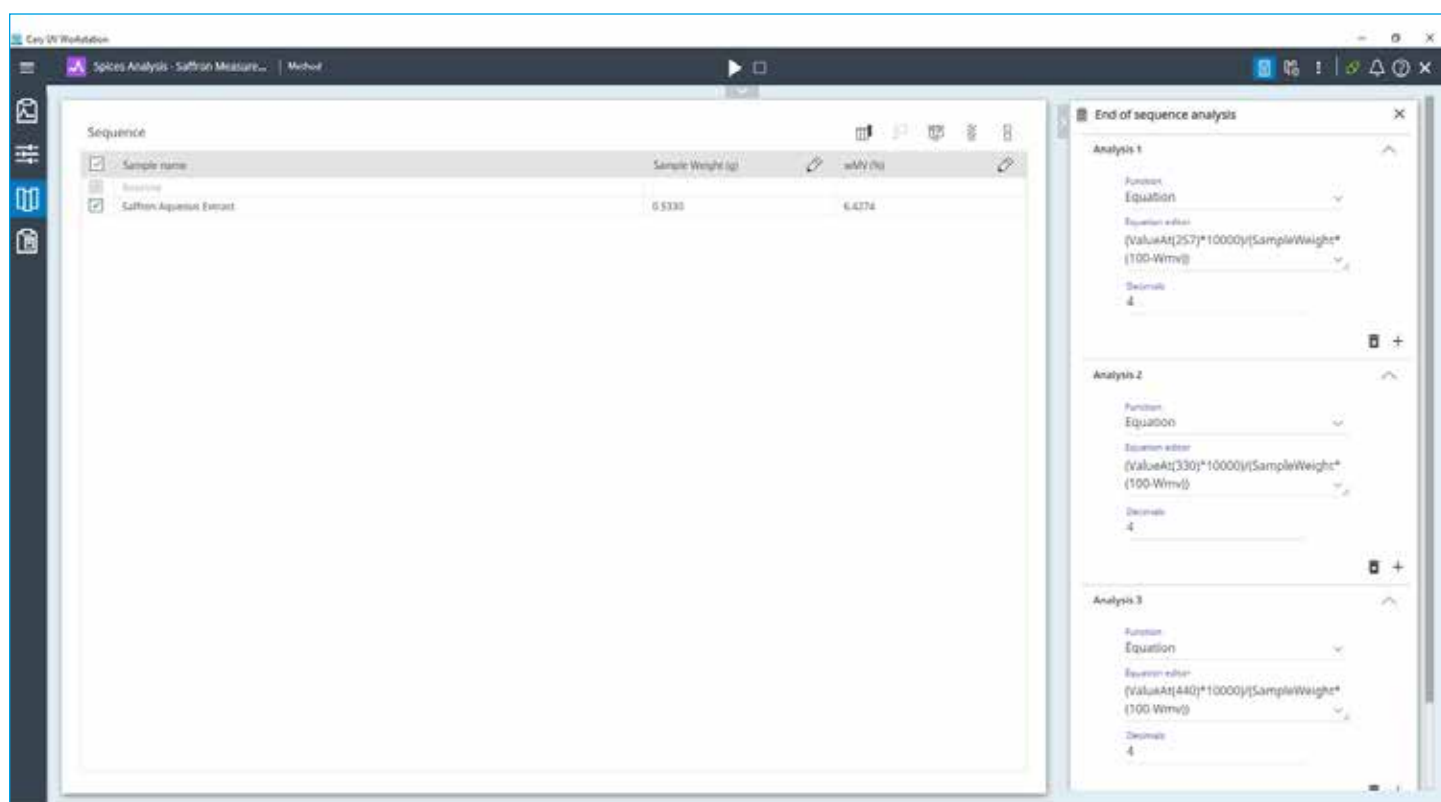


Figura 3. La página de configuración de secuencias del software Agilent Cary UV Workstation, que permite al usuario desarrollar los métodos analíticos y de cálculo. Se añadió el peso de la muestra como parámetro personalizado y se introdujeron las tres ecuaciones en la función de análisis del final de la secuencia, lo que permitió el cálculo automático de las principales características del azafrán.

Estos valores de absorbancia se procesaron para determinar la clasificación de la muestra de azafrán según los requisitos mínimos (y máximos) de intensidad definidos por la ISO. Se muestran los valores de absorbancia (Figura 4, barrido de longitud de onda) y un ejemplo del cálculo de la intensidad del sabor, basado en la absorbancia a 257 nm para la picrocrocina (Figura 4, Análisis 1).

El software Cary UV Workstation transformó los datos de espectroscopia UV-Vis en información útil desde el punto de vista comercial. Mediante un análisis cuantitativo automatizado, que puede guardarse como método accesible, el software proporcionó una calificación numérica de la muestra según el sistema de clasificación comercial definido en la norma ISO 3632.

Como se muestra en la Tabla 4, las tres características del extracto de azafrán cumplían los requisitos de la EC según la norma ISO 3632-1:2025, lo que confirma la alta calidad de la muestra. El contenido de humedad y materia volátil (w_{MV}), que por separado se determinó que era de un 6,43 %, también se encontraba dentro de los límites aceptables para la clasificación de la EC. Este valor también se incluyó en los cálculos de la intensidad.

En general, el software Cary UV Workstation proporcionó un flujo de trabajo optimizado y fácil al integrar la adquisición de datos, el análisis de los espectros y los cálculos conforme a la norma ISO en una única plataforma. Este enfoque automatizado reduce los errores manuales y simplifica la clasificación del azafrán para aplicaciones de control de calidad en investigación y comerciales.

Analysis 1 results (2025-08-18 22:44:16 (-07:00))

(ValueAt(257)*10000)/(SampleWeight*(100-Wmv))

Sample name	Results
Saffron Aqueous Extract	103.3773

Wavelength scan (2025-08-18 22:44:16 (-07:00))

Sample	257.00 nm	330.00 nm	440.00 nm	Y mode
	Value	Value	Value	
Saffron Aqueous Extract	0.5156	0.2035	1.3351	Abs

Figura 4. Resultados del análisis 1, intensidad del sabor del extracto acuoso de azafrán y absorbancia específica de los tres componentes principales del azafrán, calculados automáticamente con el software Agilent Cary UV Workstation.

Tabla 4. Puntos intensos y resultados de la clasificación de los compuestos picrocrocina, safranal y crocina en el extracto acuoso de azafrán.

Característica	λ (nm)	Especificaciones de intensidad de la ISO	EC	I	II	III	Intensidad calculada	Calificación de la muestra
Intensidad del sabor	257	Mínimo	80	70	55	40	103,3773	Clase extra
Intensidad del aroma	330	Mínimo	30	20	20	20	40,8105	Clase extra
		Máximo	50	50	50	50		
Intensidad del color	440	Mínimo	230	200	170	120	267,6997	Clase extra

Elaboración de informes

Una documentación precisa y trazable es esencial para la reproducibilidad analítica, el aseguramiento de la calidad y la conformidad normativa. El software Cary UV Workstation facilita esta trazabilidad mediante un sistema de informes integrado. Estos informes se pueden generar en formato PDF y/o CSV, lo que minimiza los errores de transcripción.

En primer lugar, se exportó un archivo CSV (Figura 5) a una ubicación personalizada, en el que se detallaban el método, la secuencia y los parámetros de la muestra, así como los resultados del cálculo. La exportación en archivo CSV facilita la transferencia de datos de laboratorio al LIMS, lo que agiliza el seguimiento rápido de las muestras, la gestión del flujo de trabajo y la exactitud de los datos.

El software también genera automáticamente informes de barrido intuitivos, que consolidan información crítica como los parámetros del instrumento, la configuración del método, la información sobre las muestras, los espectros de absorbancia de los analitos de interés y los resultados cuantitativos (Figura 6).

Analysis 1 results	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
(Value at(257) * 10000)/(SAMPLEWEIGHT*(100-WMV))			
Sample Name	Results		
Saffron Aqueous Extract	103.377		
Analysis 2 results	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
(Value at(330) * 10000)/(SAMPLEWEIGHT*(100-WMV))			
Sample Name	Results		
Saffron Aqueous Extract	40.8105		
Analysis 3 results	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
(Value at(440) * 10000)/(SAMPLEWEIGHT*(100-WMV))			
Sample Name	Results		
Saffron Aqueous Extract	267.7		
Wavelength scan	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
Sample	257.00 nm 330.00 nm 440.00 nm Y mode		
	Value Value Value		
Saffron Aqueous Extract	0.51559 0.20354 1.33513 Abs		

Figura 5. El software Agilent Cary UV Workstation genera una exportación en formato CSV que detalla los análisis y resultados del final de la secuencia, lo que facilita el cumplimiento de los requisitos de trazabilidad y optimiza la gestión de datos.

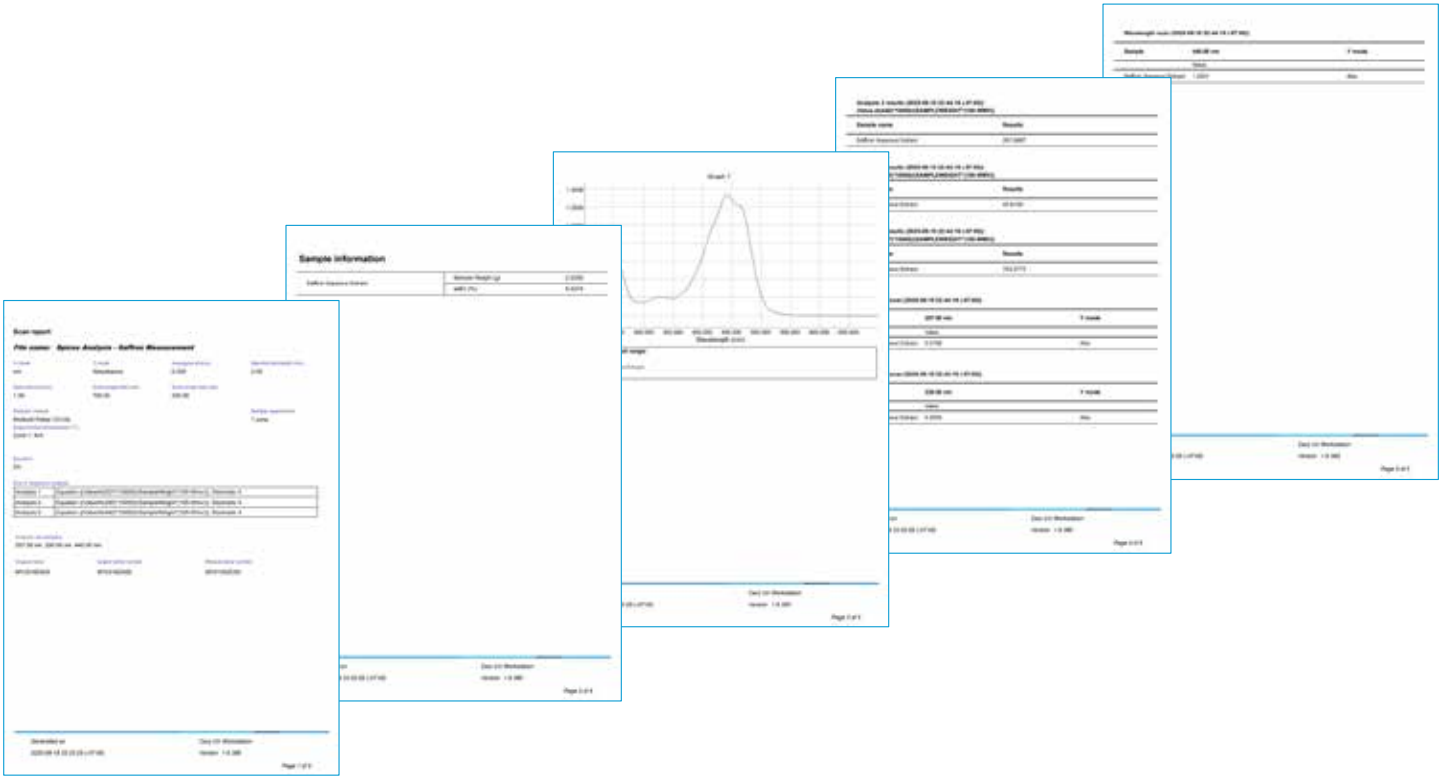


Figura 6. Ejemplo de un informe detallado de barrido generado por el software Agilent Cary UV Workstation para el análisis del azafrán.

Conclusión

El espectrofotómetro de UV-Vis Agilent Cary 3500 Multicell en combinación con el software Agilent Cary UV Workstation, proporcionó una cuantificación precisa del color, el sabor y el aroma mediante el análisis de los compuestos crocina, picrocrocina y safranal, respectivamente. El método permite evaluar la calidad del azafrán de acuerdo con la norma industrial ISO 3632, lo que permite clasificar de forma fiable las muestras comerciales y señalar posibles casos de adulteración, degradación o etiquetado incorrecto.

El UV-Vis Cary 3500 está equipado con una lámpara de xenón pulsante, fiable y duradera, que no requiere tiempo de calentamiento, lo que permite un funcionamiento inmediato y la adquisición de espectros completos para blancos y muestras de azafrán en menos de un segundo. Estas capacidades permiten analizar muchas muestras de especias mediante la medición precisa de los picos de absorbancia específicos de cada compuesto.

Gracias a sus herramientas espectrales integradas, sus cálculos automatizados y sus funciones de generación de informes claros, el software Cary UV Workstation ha simplificado considerablemente el flujo de trabajo, desde el muestreo hasta la generación de informes, para el análisis de muestras de azafrán. Los cálculos personalizados definidos en la norma ISO 3632 aceleran el procesamiento de datos y reducen los errores de cálculo. El software también ofrece resultados a través de una interfaz fácil de usar, ideal para la trazabilidad.

Juntos, el espectrofotómetro de UV-Vis Cary 3500 y el software Cary UV Workstation proporcionaron un ahorro de tiempo significativo al minimizar el tiempo dedicado al análisis de datos y permitir dedicar más tiempo al control de calidad de las muestras. El sistema Cary 3500 ofrece una solución eficaz para la determinación de las principales características del azafrán, de conformidad con la cláusula 14 de la norma ISO 3632-2:2010.

Referencias

1. Organización Internacional de Normalización, ISO 3632-1:2025 – Especias – Azafrán (*Crocus sativus* L.), Parte 1: Especificación, ISO, Ginebra, Suiza, 2025
2. Organización Internacional de Normalización, ISO 3632-2:2010 – Especias – Azafrán (*Crocus sativus* L.), Parte 2: Métodos de ensayo, ISO, Ginebra, Suiza, 2010

Más información

- [Espectrofotómetro de UV/Vis Cary 3500 Multicell](#)
- [Software Cary UV Workstation](#)
- [Preguntas frecuentes sobre espectrofotometría y espectroscopia UV-Vis](#)

www.agilent.com

DE-009373

Esta información está sujeta a cambios sin previo aviso.

© Agilent Technologies, Inc. 2025
Impreso en EE. UU., 12 de septiembre de 2025
5994-8611ES