

ISO 3632 に従った UV-Vis 分光分析による サフランの品質評価

Agilent Cary 3500 UV-Vis と Cary UV ワークステーションを
用いた統合定量分析



著者

Yasurika Heenatigala
Agilent Technologies, Inc.

概要

サフランは高価な香辛料であり、その価格は製品の品質と真正性により直接影響を受けます。このため、サフランはしばしば、偽和物混入や誤表示の対象となります。市販のサフランは、業界標準 ISO 3632-1:2025 および ISO 3632-2:2010 に従い、UV-Vis の分光特性に基づいて等級分けすることができます。得られた結果により、サフランは、エクストラクラス、I、II、III の 4 つの市販グレードに分類することができます。品質保証のための標準化されたアプローチを提供します。

ISO 3632-2 条項 7、10、14 のメソッドに従い、Agilent Cary 3500 マルチセル UV-Vis 分光光度計を使用して、主要な生物活性マーカーを定量し、サフランサンプルの品質の等級分けを実施しました。サンプルは、ISO 3632-1 に従って、エクストラクラスと等級分けされました。本研究では、Agilent Cary UV ワークステーションソフトウェアが、サフランの品質評価を高速かつ効率的に実施し、日常的な品質管理ワークフロー、真正性の検証、消費者からの信頼の構築を支援する利点を明確に示しています。

はじめに

サフランは、世界で最も高価な香辛料であり、そのグラムあたりの価格は、品質、産地、純度に応じて決まります。また、サフランは、その鮮やかな色と独特の風味でよく知られており、これらの特性が、料理における魅力を大きく高めています。ただし、サフランの市場価値が高く、生産量が限られていることが、偽和物混入、品質劣化、誤表示に対する脆弱性を引き起こし、これらはすべて、消費者の健康、安全、信頼に対するリスクとなります。

紫外可視 (UV-Vis) 分光分析は、高速かつ信頼性の高い分析技法であり、生物活性分子マーカーの定量による香辛料の品質評価に適しています。サフラン中のクロシンは、色の濃さを決定するカロテノイド化合物であり、ピクロクロシンは主要な苦味成分、サフラナールは香りの主成分です。

このアプリケーションノートでは、Agilent Cary 3500 UV-Vis 分光光度計および Agilent Cary UV ワークステーションソフトウェアを用いて、市販のサフランサンプルを分析しました。本研究の目的は、ISO 3632-1:2025 および ISO 3632-2:2010 「Spices — Saffron (*Crocus sativus* L.)」(香辛料 - サフラン (*Crocus sativus* L.))^{1, 2} に従って、サンプルの品質を等級分けすることです。これらの確立された業界標準では、乾燥したサフラン (糸状、切断糸状、粉末を含む) の分析に関する仕様と試験メソッドを規定しています。ISO 3632-2 に記載されている標準化された試験メソッドは、サフランの分類および品質評価を支援しています。これらのメソッドは、水分および揮発性物質含有量の測定 (条項 7)、試験用サンプルの粉碎およびふるい分け (条項 10)、および UV-Vis 分光測定メソッドを用いた主要特性の測定 (条項 14) に関連しています。これらの評価と ISO 3632-1:2025 で規定された品質基準に基づいて、サフランサンプルは、次の 4 つの市販グレードに分類されます。エクストラクラス (EC)、I、II、III (EC が最高品質を示します)。

実験方法

サンプル調製

水分および揮発性物質含有量の測定

最初に、2.5 g の糸状サフラン (現地で購入) を、清潔で乾燥した、風袋引き済みの秤量皿に 0.1 mg 単位で計量しました (2.5018 g)。その後、この試験片を覆いをせずにオープンに入れ、100 ± 1 °C で 16 時間保持しました。冷却後、サンプルを 0.1 mg 単位で再計量しました。水分および揮発性物質含有量 (w_{MV}) を計算して、初期サンプルに対する割合で表しました。この値は、小数点以下 4 桁まで報告されており、以降の UV-Vis 分光分析に使用しました。

UV-Vis を用いたサフランの主要特性の測定

ブランク: ブランクとして、蒸留水 (Milli-Q IQ 7005、Sigma-Aldrich、Merck) を使用しました。3 mL の蒸留水を、標準の 3.5 mL、光路長 10 mm の石英製キュベット (アジレント・テクノロジー、部品番号 50613387) に移しました。

サンプルの水性抽出物: 1 g の糸状サフランを乳鉢と乳棒で粉碎し、質量分率の 95 % が、ポアサイズメッシュ 500 μ m のふるいを通過できるようにしました。その後、0.5 g の粉碎したサンプルを、清潔で乾燥した、風袋引き済みの秤量皿に 0.1 mg 単位で計量し (0.5330 g)、これをサンプル試験片重量としました。この試験片を 1,000 mL ビーカーに移し、900 mL の蒸留水を添加しました。溶液を遮光して、マグネティックスターラーで 1 時間攪拌しました。この後、マグネティック棒を取り除き、ビーカーを目盛りまで蒸留水で満たして混合しました。20 mL の量を採取して、200 mL 計量フラスコに移し、目盛りまで蒸留水で満たしました。フラスコに栓をして混合しました。溶液を遮光して、ポアサイズ 0.45 μ m の混合セルロースエステル (MCE) ろ過メンブレン (HAWP02400、Sigma-Aldrich、Merck) を通し、迅速にろ過しました。最後に、3 mL の透明な溶液 (サンプルの水性抽出物) を、標準の 10 mm 石英製キュベットに移し、UV-Vis による分析の準備を完了しました。

装置構成

ブランクキュベットとサンプルの水性抽出物キュベットを、Agilent Cary 3500 マルチセル UV-Vis (図 1) にセットして、表 1 に示されたパラメータを用いて操作しました。この機器は、ウォームアップ時間を必要とせず、1 秒未満でフルスペクトルスキャンを取得できるキセノンフラッシュランプを搭載しています。ランプには 10 年交換保証が付属しており、交換の頻度とコストを最小限に抑えます。Cary 3500 はモジュール設計方式を採用しているため、分光光度計シリーズは、さまざまなサンプリングの柔軟性と拡張性のニーズに合わせて構成することができます。単一サンプルのアプリケーションやベンチスペースが限られたラボでは、Cary 3500 コンパクト UV-Vis を使用することにより、室温または温度制御された構成で、単一サンプルと参照標準の測定が可能です。このアプリケーションは、液体および固体サンプル測定用のより大型のコンパートメントを備えた、アクセサリとの使用が可能な Cary 3500 フレキシブル UV-Vis でも実施することができます。

ブランクの測定によりベースラインを確立した後、サフランの水性抽出物の UV-Vis プロファイルを取得しました。



図 1. Agilent Cary 3500 マルチセル UV-Vis 分光光度計は、8 つの固定セル位置と、光ファイバー技術を採用したダブルビーム光学設計、および対応する 8 つの検出器を備えており、最大 7 種類のサンプルと 1 種類の参照標準の同時測定が可能です。

表 1. Agilent Cary 3500 マルチセル UV-Vis 分光光度計を使用した、サフラン分析の UV-Vis データ取得パラメータ

設定	パラメータ
波長範囲	200 ～ 700 nm
分析波長	257、330、440 nm
信号平均化時間	0.020 秒
データ間隔	1 nm
スペクトルバンド幅	2 nm

結果と考察

水分および揮発性物質含有量の測定

サンプルの水分および揮発性物質含有量 (w_{MV}) は、初期重量の 6.43 % として計算されました。ISO 3632-1:2025 に従うと、表 2 に示すように、この値では、サフランサンプルは EC として分類されます。次のセクションで説明するように、 w_{MV} 値は、サフランの主要特性の測定にも使用されます。

表 2. 水分および揮発性物質含有量の計算値

特徴	サンプル	単位		
試験片 (m0)	2.5018	g		
乾燥残留物 (m4)	2.3410	g		
水分および揮発性物質含有量 (w _{MV})	6.4274	%		
等級分け				
仕様カテゴリ	EC	I	II	III
糸状形態中	< 12 %			
粉末形態中	< 10 %			
サンプル仕様分類	エクストラクラス			

UV-Vis 分光測定メソッドを用いたサフランの主要特性の測定

図 2 に示すように、サフランの UV-Vis スペクトルを、Cary 3500 マルチセル UV-Vis を用いて、200 ～ 700 nm の波長範囲で取得しました。サフランの主要 3 成分の結果は、以下の 3 波長における比吸光度を直接読み取るにより取得しました。

- $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ (257 nm)：約 257 nm (ピクロクロシンの λ_{max}) における吸光度
- $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ (330 nm)：約 330 nm (サフラナールの λ_{max}) における吸光度
- $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ (440 nm)：約 440 nm (クロシンの λ_{max}) における吸光度

サフランサンプルの定量による等級分けは、3 成分の吸光度の強度に基づいて品質パラメータを規定する、ISO 3632-1:2025 に従って実施しました。これらの波長における吸光度値を小数点以下 4 桁まで記録した後、ISO 3632-2:2010 に記載された手法を用いて、強度値を計算しました。

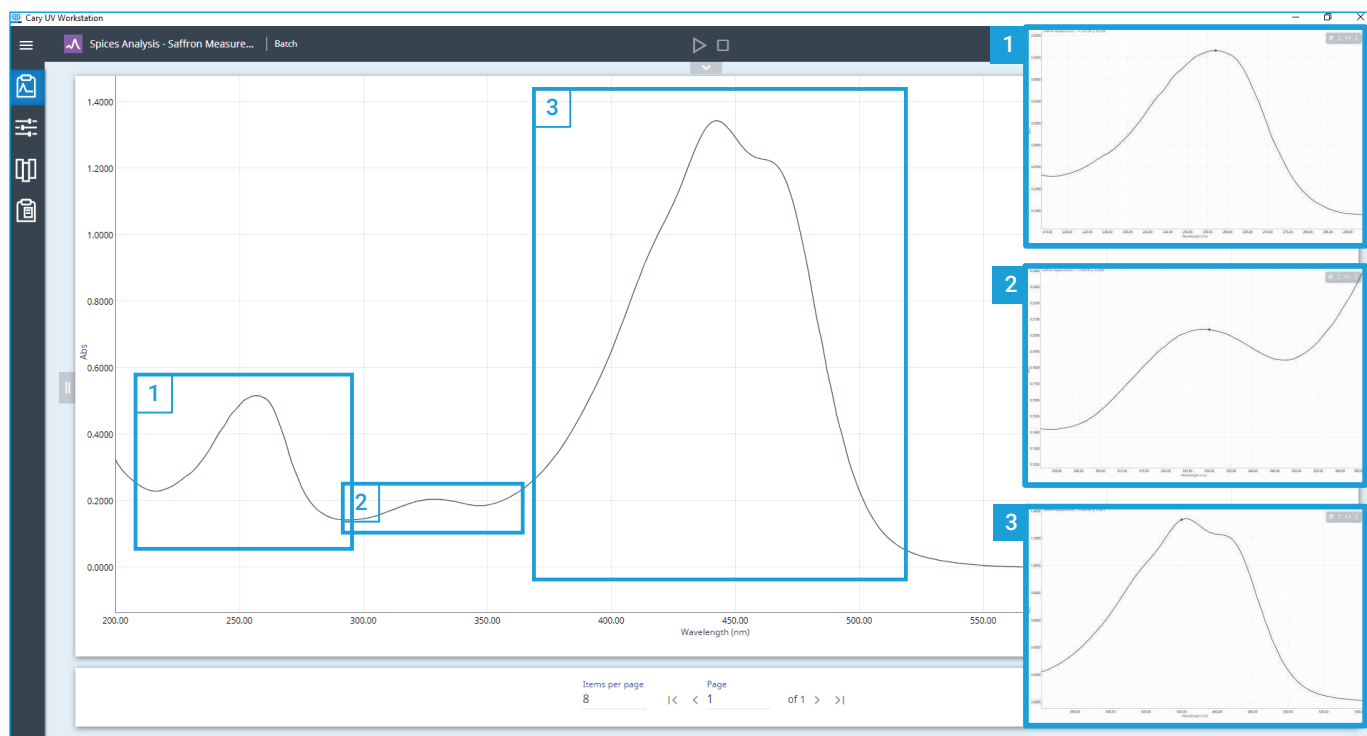


図 2. サフランの水性抽出物の 200 ～ 700 nm の範囲における UV-Vis スペクトル。(1) はピクロクロシンの最大吸光度値、(2) は 330 nm 付近におけるサフラナールの特徴的なショルダー形状、(3) はクロシンの吸光度スペクトルの特徴的な形状を示します。

サフラン成分の強度は、式 1 を用いて計算できます。

式 1.

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

ここで、

D = 成分の比吸光度

10 000 = 異なるサフランサンプル間の比較を可能にする単位変換係数

m = 試験片の質量 (グラム単位)

w_{MV} = サンプルの水分および揮発性物質含有量 (質量分率の割合で表す)

成分の計算値は、以下の式を用いて表されました。

式 2.

$$(\text{ピクロクロシン、味成分}) = \frac{D(257\text{ nm}) \times 10\,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

式 3.

$$(\text{サフラナール、香り成分}) = \frac{D(330\text{ nm}) \times 10\,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

式 4.

$$(\text{クロシン、着色成分}) = \frac{D(440\text{ nm}) \times 10\,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

これらの計算式により、サフランサンプルの味、香り、着色強度の分類値が得られ、ISO 3632-1:2025 仕様に従った、EC、I、II、III の等級分けが可能になります。

データの解析は、Cary UV ワークステーションソフトウェアを用いて実施しましたが、これにより、同一プラットフォーム内でデータ取り込みと強度値の自動計算の両方が可能になりました。

図 3 に示すように、シーケンス設定ページでは、サンプル質量などのカスタムパラメータを統合することができ、[End of sequence analysis (シーケンス分析の終了)] ツールを用いて、以下の 3 つの計算を実装しました。

- 分析 1：味強度（ピクロクロシン）
- 分析 2：香り強度（サフラナール）
- 分析 3：着色強度（クロシン）

スキャンの完了後、Cary UV ワークステーションは、各化合物の吸光度および計算された強度値を表示する、拡大/縮小可能なスペクトルと分析表を生成しました。試験サンプル（0.5330 g）中のピクロクロシン、サフラナール、クロシン化合物で得られた吸光度値を表 3 に示します。

表 3. サフランの水性抽出物（0.5330 g のサンプル）中のピクロクロシン、サフラナール、クロシン化合物の吸光度結果

分析対象物	λ (nm)	吸光度 (Abs)
ピクロクロシン	257	0.5156
サフラナール	330	0.2035
クロシン	440	1.3351

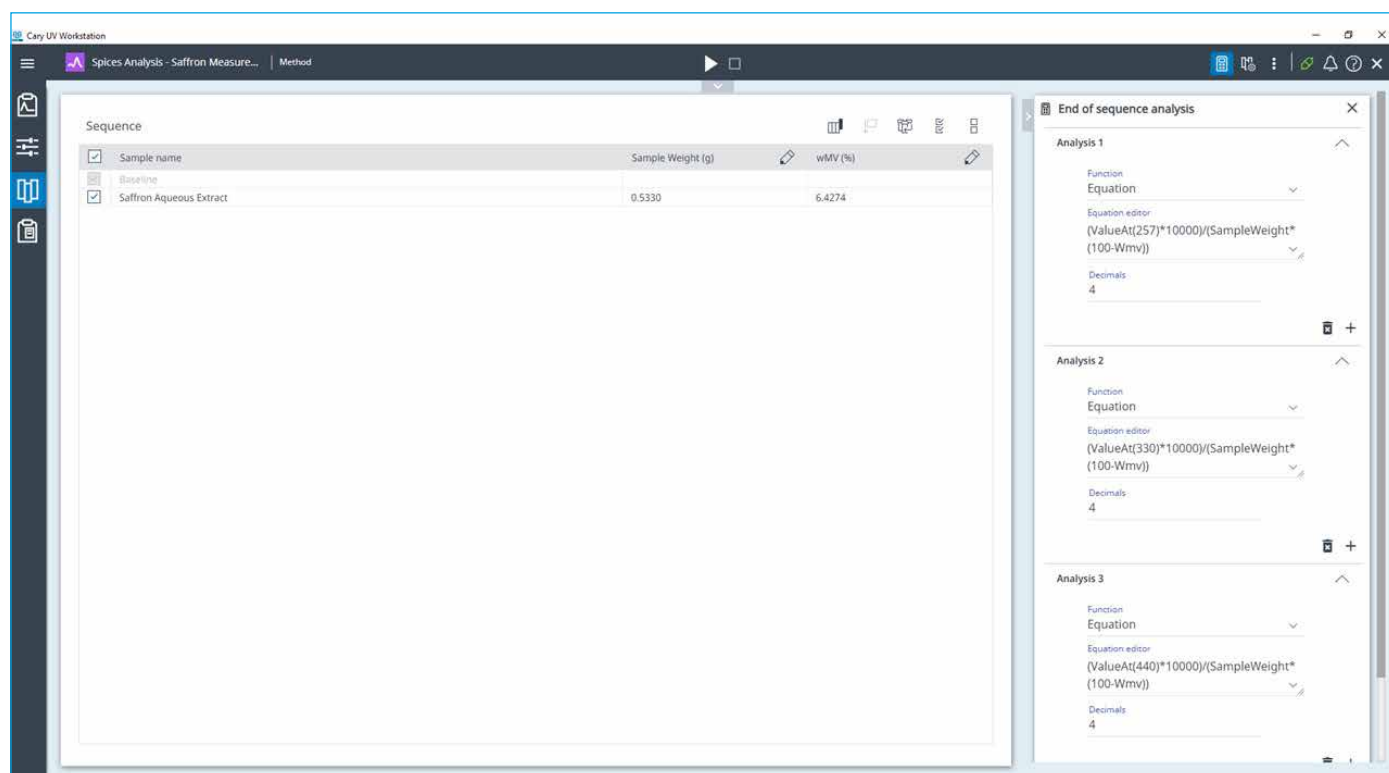


図 3. Agilent Cary UV ワークステーションのシーケンス設定ページ。ここでは、試験メソッドと計算メソッドを作成できます。サンプル重量をカスタムパラメータとして追加し、[End of sequence analysis (シーケンス分析の終了)] 機能に 3 つの式を入力することにより、サフランの主要特性の自動計算が可能になりました。

これらの吸光度値を処理し、ISO で定義された最小（および最大）強度要件に基づいて、サフランサンプルの分類を決定しました。吸光度値（図 4、波長スキャン）と、ピクロクロシンの 257 nm における吸光度に基づいた、味強度の計算例（図 4、分析 1）を示します。

Cary UV ワークステーションは、UV-Vis 分光分析データを、商業的に有用な情報に変換しました。また、このソフトウェアでは、アクセス可能なメソッドとして保存できる自動定量分析を用いて、ISO 3632 で定義された商業分類システムに従い、サンプルを数値的に等級分けしました。

表 4 に示すように、サフラン抽出物の 3 特性すべてが、ISO 3632-1:2025 に従った EC 要件を満たしており、サンプルが高品質であることが確認されました。水分および揮発性物質含有量（w_{MV}）も、それぞれ 6.43 % と個別に測定されており、EC 分類の許容範囲内でした。この値は、強度計算にも組み込まれていました。

全体として、Cary UV ワークステーションは、データ取得、スペクトル解析、ISO に準拠した計算を単一プラットフォームに統合することにより、効率的で使いやすいワークフローを実現しました。この自動化されたアプローチにより、手作業によるエラーが減少し、研究および商業品質管理アプリケーションにおけるサフランの等級分けが簡略化されます。

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

図 4. 分析 1 の結果、サフランの水性抽出物の味強度、サフランの主要 3 成分の比吸光度。Agilent Cary UV ワークステーションソフトウェアを用いて自動的に計算されました。

表 4. サフランの水性抽出物中のピクロクロシン、サフラナール、クロシン化合物の強度と等級分けの結果

特徴	λ (nm)	ISO 強度仕様	EC	I	II	III	計算された強度	サンプルの等級分け
味強度	257	最小	80	70	55	40	103.3773	エクストラクラス
香り強度	330	最小	30	20	20	20	40.8105	エクストラクラス
		最大	50	50	50	50		
着色強度	440	最小	230	200	170	120	267.6997	エクストラクラス

レポート作成

分析の再現性、品質保証、コンプライアンスを確保するには、正確でトレース可能な文書化が不可欠です。Cary UV ワークステーションは、統合されたレポート作成システムを通して、このトレーサビリティを容易に実現します。これらのレポートは、PDF や CSV 形式で生成することができるため、転記ミスが最小限に抑えられます。

最初に、メソッド、シーケンス、サンプルパラメータ、計算結果が詳細に記載されている、CSV ファイル形式（図 5）を選択可能な場所にエクスポートしました。CSV のエクスポートにより、ラボデータを LIMS へ即座に転送することができるため、迅速なサンプル追跡、ワークフロー管理、データ精度向上が容易に実現されます。

このソフトウェアは、重要な情報（機器パラメータ、メソッド設定、サンプル情報、ターゲット化合物の吸光度スペクトル、定量結果など）を統合した直感的なスキャンレポートも自動的に生成します（図 6）。

Analysis 1 results (Value at(257)*10000)/(SAMPLEWEIGHT*(100-WMV))	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
Sample Name	Results		
Saffron Aqueous Extract	103.377		
Analysis 2 results (Value at(330)*10000)/(SAMPLEWEIGHT*(100-WMV))	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
Sample Name	Results		
Saffron Aqueous Extract	40.8105		
Analysis 3 results (Value at(440)*10000)/(SAMPLEWEIGHT*(100-WMV))	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
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		

図 5. Agilent Cary UV ワークステーションは、[End of sequence analysis（シーケンス分析の終了）] と結果が詳細に記載されている CSV 形式のエクスポートを生成することにより、トレーサビリティ要件を支援し、データ管理を効率化します。

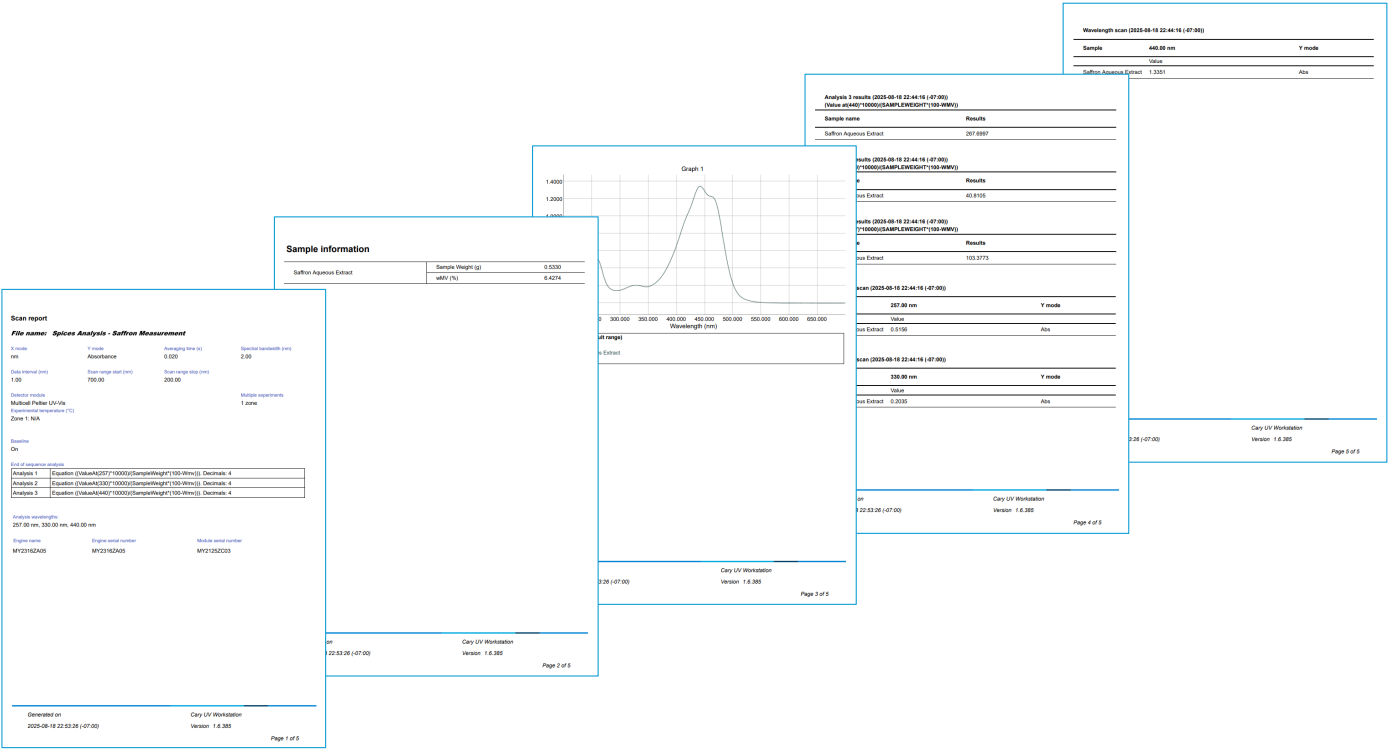


図 6. サフラン測定用に Agilent Cary UV ワークステーションが生成した詳細なスキャンレポートの例

結論

Agilent Cary 3500 マルチセル UV-Vis 分光光度計と Agilent Cary UV ワークステーションソフトウェアを組み合わせることで、クロシン、ピクロシン、サフラナル化合物をそれぞれ測定して、色、味、香りを正確に定量することができました。このメソッドは、ISO 3632 業界標準に従ったサフランの品質評価をサポートしており、市販サンプルの信頼性の高い等級分けを可能にすると同時に、偽和物混入、劣化、誤表示の潜在的な事例に対しても警告を与えます。

Cary 3500 UV-Vis は、信頼性が高い長寿命のキセノンフラッシュランプを採用しており、ウォームアップ時間を必要としないため、ブランクおよびサフランサンプルのフルスペクトルスキャンを 1 秒未満で即座に操作して取得することが可能です。このような機能により、化合物固有の吸光度ピークを精密に測定し、香辛料のハイスループット分析を支援します。

Cary UV ワークステーションは、内蔵スペクトルツール、自動計算、明確なレポート作成機能を使用することにより、サフラン分析におけるサンプリングからレポート作成までのワークフローを大幅に簡略化しました。ISO 3632 で規定されたカスタマイズ計算により、データ処理が高速化され、計算エラーが低減されます。このソフトウェアは、使いやすいインタフェースにより結果を提供しており、トレーサビリティの確保に最適です。

Cary 3500 UV-Vis と Cary UV ワークステーションを併用して、データ解析に要する時間を最小限に抑え、サンプルの品質保証の時間を増やすことにより、大幅な時間短縮を実現しました。Cary 3500 システムは、ISO 3632-2:2010 の条項 14 に従ったサフランの主要特性の測定において、効率的なソリューションを提供します。

参考文献

1. International Organization for Standardization, ISO 3632-1:2025 – Spices — Saffron (*Crocus sativus* L.), Part 1: Specification, ISO, Geneva, Switzerland, 2025
2. International Organization for Standardization, ISO 3632-2:2010 – Spices — Saffron (*Crocus sativus* L.), Part 2: Test methods, ISO, Geneva, Switzerland, 2010

詳細情報

- Cary 3500 マルチセル UV-Vis 分光光度計
- Cary UV ワークステーションソフトウェア
- UV-Vis 分光光度計および分光光度法に関する FAQ

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンタ

0120-477-111

email_japan@agilent.com

本製品は一般的な実験用途での使用を想定しており、医薬品医療機器等法に基づく登録を行っておりません。本文書に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

DE-009373

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2025

Printed in Japan, September 12, 2025

5994-8611JAJP