

ISO 3632에 따른 UV-Vis 분광기를 이용한 사프란 품질 평가

Agilent Cary 3500 UV-Vis 및 Cary UV Workstation을
사용한 통합 정량 분석



저자

Yasurika Heenatigala
Agilent Technologies, Inc.

개요

사프란은 제품 품질과 진위 여부에 따라 가격이 직접적으로 영향을 받는 고가의 향신료입니다. 이로 인해 사프란은 불순물로 변조되거나 허위로 표시되는 일이 종종 발생합니다. 상업용 사프란은 산업 표준인 ISO 3632-1:2025 및 ISO 3632-2:2010에 따라 자외선-가시광선 분광 광도 특성을 기준으로 등급을 매길 수 있습니다. 본 연구의 결과에 따라 사프란을 엑스트라 등급(Extra Class), I등급, II등급, 및 III등급의 4가지 상업 등급으로 분류할 수 있었으며 이를 통해 품질 보증을 위한 표준화된 접근법을 제공할 수 있었습니다.

ISO 3632-2 7, 10, 및 14절의 분석법에 따라 Agilent Cary 3500 Multicell UV-Vis 분광광도계를 사용하여 주요 생물학적 활성 마커를 정량화하여 사프란 시료의 품질 등급을 평가했습니다. 해당 시료는 ISO 3632-1에 따라 엑스트라 등급(Extra Class)으로 분류되었습니다. 이 연구는 빠르고 간소화된 사프란 품질 평가를 지원하고, 일상적인 품질 관리 워크플로, 진위성 검증 및 소비자 신뢰를 뒷받침하는 Agilent Cary UV Workstation 소프트웨어의 이점을 강조합니다.

소개

사프란은 세계에서 가장 비싼 향신료로, 그램당 가격은 품질, 원산지, 순도에 따라 달라집니다. 선명한 색상과 독특한 풍미로 유명하며, 이러한 특징이 요리에서 사프란이 주목받는 주요한 이유입니다. 그러나 사프란의 높은 시장 가치와 제한된 생산량으로 인해 변조, 품질 저하, 허위 표시가 발생할 위험이 있으며, 이러한 취약점은 모두 소비자의 건강, 안전 및 신뢰에 위협이 됩니다.

자외선-가시광선(UV-Vis) 분광법은 생물학적 활성 분자 마커를 정량화하여 향신료 품질을 평가하는 데 적합한 신속하고 신뢰할 수 있는 분석 기법입니다. 사프란에서 크로신은 색상의 강도를 결정하는 카로티노이드 화합물이고, 피크로크로신과 사프라날은 각각 쓴맛과 향의 주요 성분입니다.

이 응용 자료에서는 Agilent Cary 3500 UV-Vis 분광 광도계와 Agilent Cary UV Workstation 소프트웨어를 사용하여 상업용 사프란 시료를 분석했습니다. 본 연구의 목적은 ISO 3632-1:2025 및 ISO 3632-2:2010 향신료 - 사프란(*Crocus sativus* L.)에 따라 시료의 품질 등급을 평가하는 것입니다.^{1,2} 이 확립된 산업 표준은 필라멘트, 절단된 필라멘트 및 분말을 포함한 건조 사프란 분석을 위한 사양과 시험 방법을 제공합니다. ISO 3632-2에 명시된 표준화된 시험 방법은 사프란의 분류와 품질 평가를 뒷받침합니다. 이 방법은 수분 및 휘발성 물질 함량 측정(7절), 시험용 시료 분쇄 및 체질(10절), UV-Vis 분광법을 사용한 주요 특성 측정(14절)과 관련됩니다. 이러한 평가와 ISO 3632-1:2025에 정의된 품질 기준에 따라 사프란 시료는 4가지 상업적 등급으로 분류될 수 있습니다. 엑스트라 등급(Extra Class, EC), I등급, II등급, III등급으로 구분되며 EC가 가장 높은 품질을 나타냅니다.

실험

시료 전처리

수분 및 휘발성 물질 함량 측정

먼저 약 2.5g의 사프란 필라멘트(현지에서 구입)를 깨끗하고 건조하며 무게를 측정한 접시에 담아 0.1mg(2.5018g)까지 계량했습니다. 이 측정 시료를 덮지 않은 상태로 오븐에 넣고 100 ± 1°C에서 16시간 동안 유지했습니다. 식힌 후, 시료의 무게를 0.1mg까지 다시 측정했습니다. 수분 및 휘발성 물질 함량(w_{MV})은 초기 시료 대비 백분율로 계산하여 표시했습니다. 이 값은 소수점 4자리까지 보고되었으며 이후 UV-Vis 분광 광도 분석에 사용되었습니다.

UV-Vis를 이용한 사프란의 주요 특성 측정

바탕 시료: 증류수(Milli-Q IQ 7005, Sigma-Aldrich, Merck)를 바탕 시료로 사용했습니다. 3mL의 증류수를 표준 3.5mL, 10mm 광학 경로 길이의 석영 큐벳(Agilent Technologies, 부품 번호 50613387)으로 옮겼습니다.

시료의 수용성 추출물: 사프란 필라멘트 1g을 유발과 유봉을 사용하여 95%의 질량 분율이 500µm 구멍 크기의 체를 통과할 수 있을 때까지 으깬다. 그런 다음, 분쇄된 시료 0.5g을 깨끗하고 건조하며 무게를 측정한 접시에 담아 0.1mg(0.5330g)까지 무게를 측정하였고, 이를 측정 시료 무게로 간주했습니다. 이 측정 시료를 1,000mL 비커에 옮기고 증류수 900mL를 첨가했습니다. 이 용액은 빛을 피해 1시간 동안 자력 교반기를 사용하여 교반하였습니다. 이 시간이 지난 후 자석 막대를 제거하고, 비커의 표시선까지 증류수를 채운 후 혼합하였습니다. 20mL를 분취하여 200mL 용적 플라스크로 옮긴 후, 표시선까지 증류수로 채웠습니다. 플라스크를 마개로 막고 혼합했습니다. 용액은 빛을 피한 상태에서 0.45µm 기공 크기의 혼합 셀룰로오스 에스테르(MCE) 멤브레인 필터(HAWP02400, Sigma-Aldrich, Merck)로 신속하게 여과했습니다. 마지막으로, 3mL의 투명한 용액(시료의 수용성 추출물)을 표준 10mm 석영 큐벳으로 옮겨 UV-Vis 분석을 준비했습니다.

기기

바탕 시료 큐벳과 시료 큐벳의 수용성 추출물을 Agilent Cary 3500 Multicell UV-Vis(그림 1)에 넣고 표 1에 나열된 파라미터를 사용하여 분석을 실행했습니다. 이 기기는 예열 시간이 필요 없는 xenon 플래시 램프로 작동하며 1초 이내에 전체 스펙트럼 스캔을 수집할 수 있습니다. 램프에는 10년 교체 보증이 포함되어 있어 교체 빈도와 비용을 최소화할 수 있습니다. Cary 3500은 모듈식 설계 방식으로 다양하고 유연한 샘플링과 확장성 요구 사항에 맞게 분광 광도계 시리즈를 구성할 수 있습니다. 단일 시료 응용 분야 및 작업대 공간이 제한된 실험실의 경우, 콤팩트한 Cary 3500 UV-Vis를 사용하면 주변 온도 또는 온도 제어 환경에서 단일 시료와 표준물질을 측정할 수 있습니다. 이 응용 분석은 액체 및 고체 시료를 측정하고 액세서리와 함께 사용할 수 있는 더 큰 크기의 구획을 갖춘 Cary 3500 Flexible UV-Vis에서도 수행할 수 있습니다.

바탕 시료를 측정하여 베이스라인을 설정한 후 수용성 사프란 추출물의 UV-Vis 프로파일을 수집했습니다.



그림 1. Agilent Cary 3500 Multicell UV-Vis 분광 광도계는 8개의 고정 셀 위치와 광섬유 기술을 적용한 이중 빔 광학 설계, 그리고 8개의 개별 검출기를 갖추고 있어 최대 7개의 시료와 표준물질을 동시에 측정할 수 있습니다.

표 1. Agilent Cary 3500 Multicell UV-Vis 분광 광도계를 이용한 사프란 분석을 위한 UV-Vis 데이터 수집 파라미터.

설정	파라미터
파장 범위	200-700nm
분석 파장	257, 330, 440nm
신호 평균화 시간	0.020초
데이터 간격	1nm
스펙트럼 대역폭	2nm

결과 및 토의

수분 및 휘발성 물질 함량 측정

시료의 수분 및 휘발성 함량(w_{MV})은 초기 무게의 6.43%로 계산되었습니다. ISO 3632-1:2025에 따르면, 이 값에 따라 사프란 시료는 표 2에 표시된 대로 엑스트라 등급(EC)으로 분류됩니다. w_{MV} 값은 다음 섹션에서 설명하는 사프란의 주요 특성 결정에도 사용됩니다.

표 2. 수분 및 휘발성 함량 계산.

특징	시료	단위
측정 시료(m0)	2.5018	g
건조 잔류물(m4)	2.3410	g
수분 및 휘발성 물질 함량(w _{MV})	6.4274	%
등급		
사양 범주	EC	I II III
필라멘트 형태	<12%	
분말 형태	<10%	
시료 사양 분류	엑스트라 등급	

UV-Vis 분광법을 이용한 사프란의 주요 특성 결정

그림 2와 같이 Cary 3500 Multicell UV-Vis를 사용하여 200-700nm 파장 범위에서 사프란의 UV-Vis 스펙트럼을 수집했습니다. 사프란의 3가지 주요 성분에 대한 결과는 다음 세 파장에서 비흡광도를 직접 읽어 얻었습니다.

- $A_{1cm}^{1\%}(257nm)$: 약 257nm에서의 흡광도(피크로크로신의 λ_{max})
- $A_{1cm}^{1\%}(330nm)$: 약 330nm에서의 흡광도(사프라날의 λ_{max})
- $A_{1cm}^{1\%}(440nm)$: 약 440nm에서의 흡광도(크로신의 λ_{max})

사프란 시료의 정량적 등급 평가는 3가지 성분의 흡광도 강도에 기반한 품질 파라미터를 정의하는 ISO 3632-1:2025에 따라 수행되었습니다. 이들 파장에서 흡광도 값을 소수점 넷째 자리까지 기록한 후, ISO 3632-2:2010에 기술된 방법을 사용하여 강도 값을 계산했습니다.

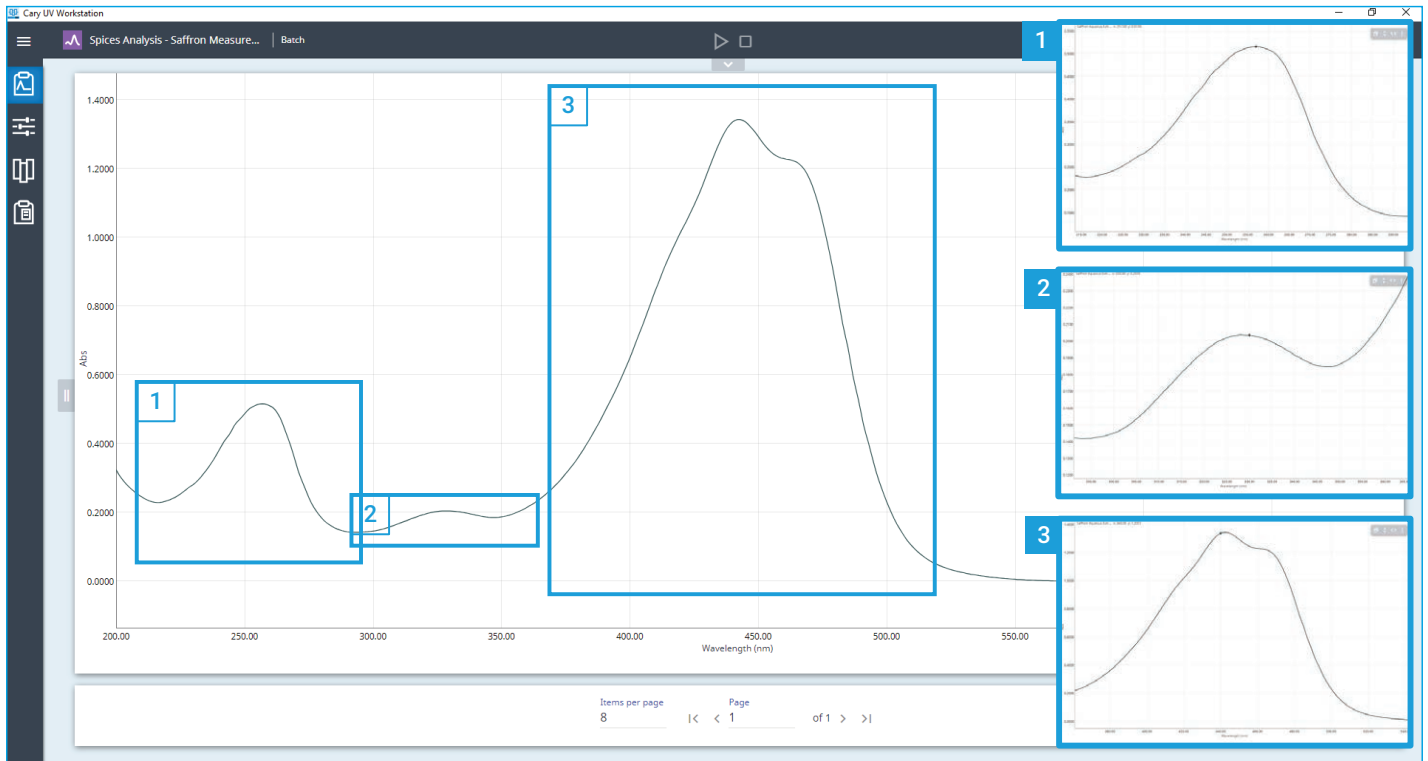


그림 2. 수용성 사프란 추출물의 UV-Vis 스펙트럼(200-700nm). (A)는 피크로크로신의 흡광도 최대치를 나타내고, (B)는 330nm 부근에서 사프라날의 특징적인 어깨 모양을 나타내며, (C)는 크로신 흡광도의 특징적인 스펙트럼 모양을 나타냅니다.

사프란 성분의 강도는 수식 1을 사용하여 계산할 수 있습니다.

수식 1.

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

여기서

D = 성분의 비흡광도

10,000 = 다양한 사프란 시료를 비교하기 위한 단위 변환 계수

m = 측정 시료의 질량(그램)

w_{MV} = 시료의 수분 및 휘발성 물질 함량(질량 백율로 표시)

성분에 대한 계산은 다음 수식을 사용했습니다.

수식 2.

$$(\text{피크로크로신, 맛 성분}) = \frac{D(257\text{nm}) \times 10,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

수식 3.

$$(\text{사프라날, 향 성분}) = \frac{D(330\text{nm}) \times 10,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

수식 4.

$$(\text{크로신, 색상 성분}) = \frac{D(440\text{nm}) \times 10,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

이러한 계산은 사프란 시료의 맛, 향 및 색상 강도 분류에 대한 값을 제공하며 이를 통해 ISO 3632-1:2025 사양에 따라 엑스트라 등급 (EC), I등급, II등급 또는 III등급으로 등급을 매길 수 있습니다.

데이터 분석은 Cary UV Workstation 소프트웨어를 사용하여 수행되었으며, 동일한 플랫폼 내에서 데이터 수집과 강도 값의 자동화된 계산을 모두 수행할 수 있었습니다.

그림 3에서 볼 수 있듯이 시퀀스 설정 페이지에서는 시료 질량과 같은 사용자 정의 파라미터를 통합하고 "시퀀스 종료" 분석 도구를 사용하여 다음 세 가지 계산을 구현할 수 있었습니다.

- 분석 1: 맛의 강도(피크로크로신)
- 분석 2: 향의 강도(사프라날)
- 분석 3: 색상 강도(크로신)

스캔이 완료되면 Cary UV Workstation은 확장 가능한 스펙트럼과 분석 테이블을 생성하여 각 화합물의 흡광도와 계산된 강도 값을 표시했습니다. 시험 시료(0.5330g)에서 피크로크로신, 사프라날 및 크로신 화합물에 대해 얻은 흡광도 값은 표 3에서 확인할 수 있습니다.

표 3. 수용성 사프란 추출물(시료의 0.5330g) 내 피크로크로신, 사프라날, 크로신 화합물의 흡광도 결과.

분석 물질	λ	Abs
피크로크로신	257	0.5156
사프라날	330	0.2035
크로신	440	1.3351

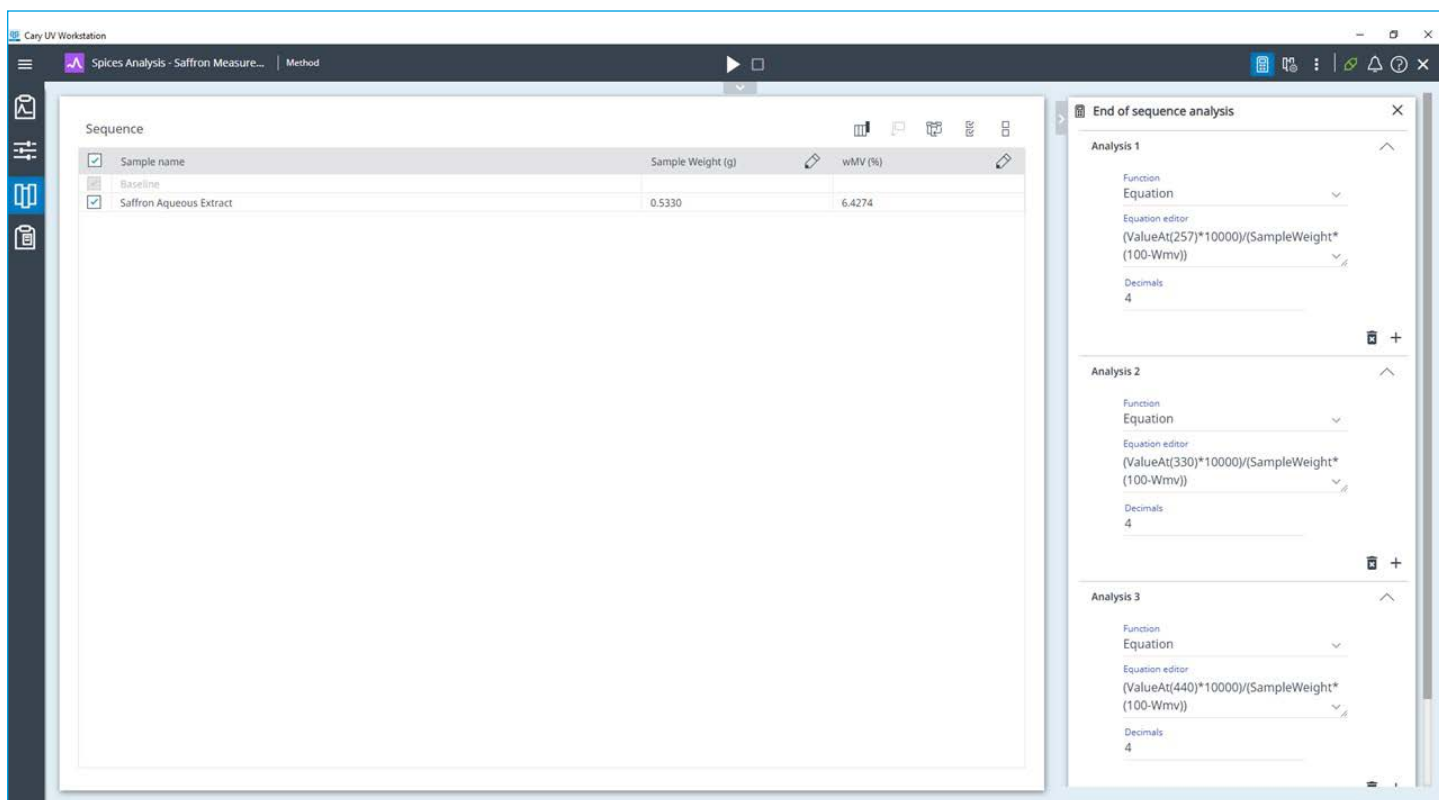


그림 3. 사용자가 시험 및 계산 방법을 생성할 수 있는 Agilent Cary UV Workstation의 시퀀스 설정 페이지. 시료 무게가 사용자 정의 파라미터로 추가되고 3가지 수식이 시퀀스 종료 분석 기능에 입력되어 사프란의 주요 특성을 자동으로 계산할 수 있도록 설정되었습니다.

이러한 흡광도 값은 ISO에서 정의한 최소(및 최대) 강도 요구 사항을 기준으로 사프란 시료의 분류를 결정하기 위해 프로세싱되었습니다. 흡광도 값(그림 4, 파장 스캔)과 257nm에서의 피크크로신 흡광도를 기반으로 맛의 강도를 계산한 예(그림 4, 분석 1)가 표시되어 있습니다.

Cary UV Workstation은 UV-Vis 분광 데이터를 상업적으로 유용한 정보로 변환했습니다. 쉽게 액세스할 수 있는 분석법으로 저장할 수 있는 자동 정량 분석을 사용하여 이 소프트웨어는 ISO 3632에 정의된 상업적 분류 체계에 따라 시료에 대한 수치 등급을 제공했습니다.

표 4에 표시된 바와 같이, 사프란 추출물의 세 가지 특성 모두 ISO 3632-1:2025에 따른 엑스트라 등급(EC)의 요구 사항을 충족하여 시료의 높은 품질을 확인할 수 있었습니다. 수분 및 휘발성 물질 함량(w_{MV})은 별도로 6.43%로 결정되었으며, 이는 EC 분류 기준 허용 범위 내에 있었습니다. 이 값 또한 강도 계산에 포함되었습니다.

전반적으로 Cary UV Workstation은 데이터 수집, 분광 분석 및 ISO에 따른 계산을 단일 플랫폼에 통합하여 간소화되고 사용자 친화적인 워크플로를 제공했습니다. 이러한 자동화된 접근 방식을 통해 수동 오류를 줄이고 연구 목적 및 상업적 품질 관리 응용 분야를 위한 사프란의 등급 평가를 단순화 할 수 있습니다.

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

그림 4. 분석 1의 결과(수용성 사프란 추출물의 맛의 강도) 및 3가지 주요 사프란 성분의 비흡광도(Agilent Cary UV Workstation 소프트웨어를 사용하여 자동으로 계산).

표 4. 사프란 수용액 추출물 내 피크크로신, 사프라날, 크로신 화합물의 강도와 등급 결과.

특징	λ(nm)	ISO 강도 사양	EC	I	II	III	계산된 강도	시료 등급
맛의 강도	257	최소	80	70	55	40	103.3773	엑스트라 등급
향의 강도	330	최소	30	20	20	20	40.8105	엑스트라 등급
		최대	50	50	50	50		
색상 강도	440	최소	230	200	170	120	267.6997	엑스트라 등급

보고서 작성

분석 재현성, 품질 보증 및 규정 준수를 위해서는 정확하고 추적 가능한 문서화가 필수적입니다. Cary UV Workstation은 통합 보고 시스템을 통해 이러한 추적성을 지원합니다. PDF 및/또는 CSV 형식으로 보고서를 생성할 수 있어 전사 오류를 최소화합니다.

CSV 파일 형식을 먼저 사용자 지정 위치로 내보냈으며(그림 5), 여기에는 분석법, 시퀀스 및 시료 파라미터 및 계산 결과가 자세히 기술되어 있습니다. CSV 내보내기 기능을 사용하면 실험실 데이터를 LIMS로 쉽게 전송할 수 있어 신속한 시료 추적, 워크플로 관리 및 데이터 정확성을 지원합니다.

이 소프트웨어는 또한 계측 파라미터, 분석법 설정, 시료 정보, 타겟 분석물의 흡광도 스펙트럼 및 정량 결과와 같은 핵심 정보를 통합하는 직관적인 스캔 보고서를 자동 생성합니다(그림 6).

분석 1 결과	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
((257)에서의 값*10,000)/(시료 가중치*(100-WMV))			
시료 이름	결과		
수용성 사프란 추출물	103.377		
분석 2 결과	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
((330)에서의 값*10,000)/(시료 가중치*(100-WMV))			
시료 이름	결과		
수용성 사프란 추출물	40.8105		
분석 3 결과	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
((440)에서의 값*10,000)/(시료 가중치*(100-WMV))			
시료 이름	결과		
수용성 사프란 추출물	267.7		
파장 스캔	2025-08-18 22:44:16 (-07:00)		
시료	257.00 nm 330.00 nm 440.00 nm Y 모드		
	값	값	값
수용성 사프란 추출물	0.51559	0.20354	1.33513 Abs

그림 5. Agilent Cary UV Workstation은 시퀀스 종료 분석 및 결과를 상세히 기록한 CSV 형식 내보내기 파일을 생성하여 추적성 요구사항과 효율적인 데이터 관리를 지원합니다.

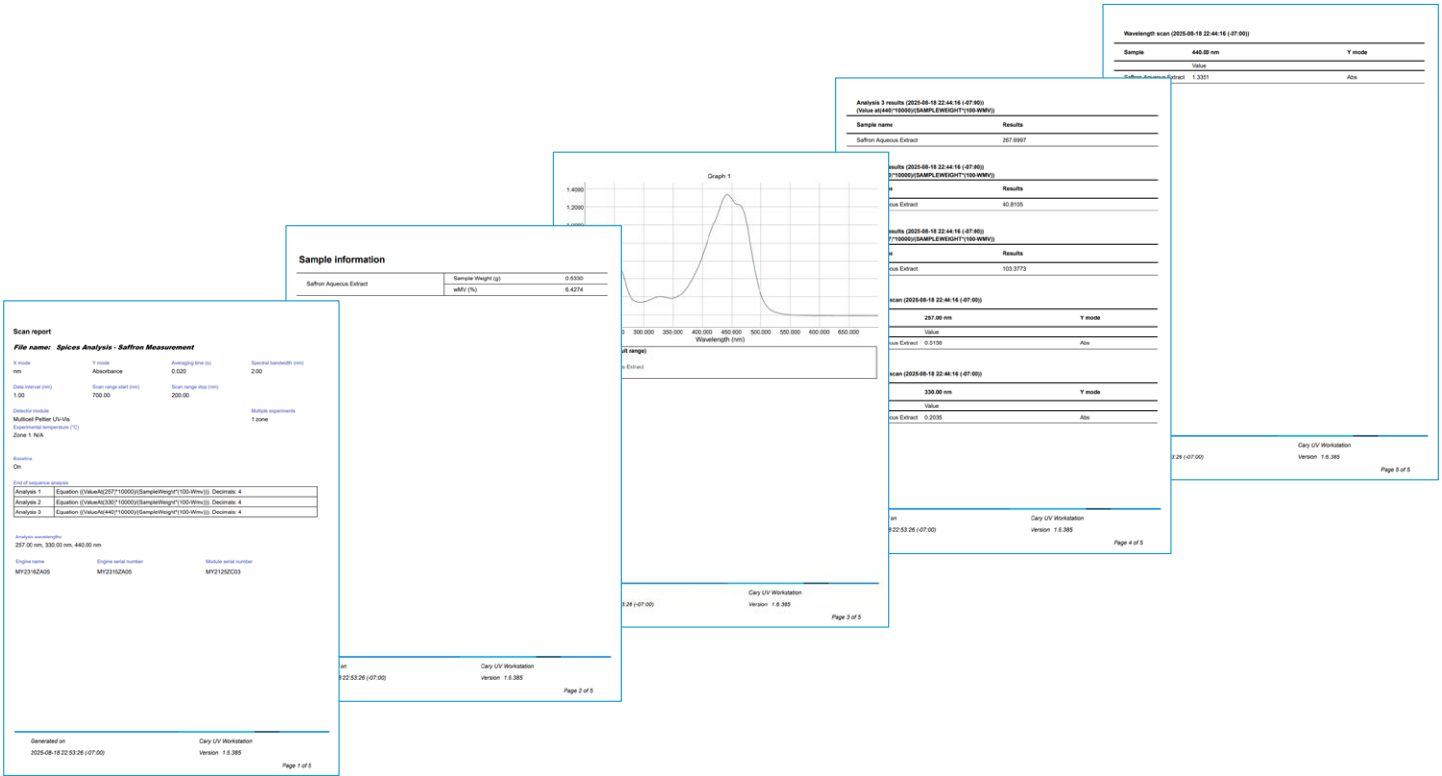


그림 6. Agilent Cary UV Workstation에서 사프란 측정을 위해 생성한 상세 스캔 보고서의 예.

결론

Agilent Cary 3500 Multicell UV-Vis 분광 광도계는 Agilent Cary UV Workstation 소프트웨어를 함께 사용하여 크로신, 피크로크로신, 사프라날 화합물을 각각 측정하여 색상과 맛, 향을 정밀하게 정량화할 수 있습니다. 이 분석법은 ISO 3632 산업 표준에 따른 사프란 품질 평가를 지원하여 상업용 시료에 대해 신뢰할 수 있는 등급 분류를 수행하고 잠재적인 변조, 열화 또는 허위 표시 사례를 식별합니다.

Cary 3500 UV-Vis는 예열 시간이 필요 없는 안정적이고 오래 지속되는 xenon 플래시 램프를 사용하여 즉시 작동이 가능하며, 1초 이내에 바탕 시료 및 사프란 시료에 대한 전체 스펙트럼 스캔을 수집할 수 있습니다. 이러한 기능은 화합물별 흡광도 피크를 정밀하게 측정하여 향신료의 고처리량 분석을 지원합니다.

Cary UV Workstation은 기본 제공되는 스펙트럼 도구와 자동 계산, 명확한 보고 기능을 통해 사프란 분석을 위한 샘플링부터 보고까지의 워크플로를 효과적으로 단순화했습니다. ISO 3632에 정의된 맞춤형 계산은 데이터 처리 속도를 높이고 계산 오류를 줄입니다. 이 소프트웨어는 또한 사용자 친화적인 인터페이스를 통해 결과를 제공하여 추적성도 지원합니다.

Cary 3500 UV-Vis는 Cary UV Workstation과 함께 데이터 분석에 소요되는 시간을 최소화하고 시료 품질 보증에 더 많은 시간을 할애할 수 있어 상당한 시간 절감 효과를 실현했습니다. Cary 3500 시스템은 ISO 3632-2:2010 14절에 따라 사프란의 주요 특성을 측정하는 효율적인 솔루션을 제공합니다.

참고 자료

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

추가 정보

- Cary 3500 Multicell UV-Vis 분광 광도계
- Cary UV Workstation 소프트웨어
- UV-Vis 분광기 및 분광 광도법 FAQ

www.agilent.com

DE-009373

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2025
2025년 09월 12일, 한국에서 인쇄
5994-8611KO

한국에질런트테크놀로지스(주)
대한민국 서울특별시 서초구 강남대로 369,
DF타워 9층, 06621
전화: 82-80-004-5090(고객지원센터)
팩스: 82-2-3452-2451
이메일: korea-inquiry_lsca@agilent.com