

依据 ISO 3632 标准采用紫外-可见光谱法评估藏红花品质

使用 Agilent Cary 3500 紫外-可见分光光度计和
Cary UV Workstation 进行一体化定量分析



作者

Yasurika Heenatigala
安捷伦科技有限公司

摘要

藏红花是一种名贵的香料，其价格直接受产品质量和真伪的影响。正因如此，藏红花产品经常出现掺假和标签造假的情况。根据 ISO 3632-1:2025 和 ISO 3632-2:2010 行业标准，商业藏红花可通过紫外-可见分光光度法进行分级。根据检测结果，可将藏红花分为四个商业等级：特级 (EC)、I 级、II 级和 III 级，这为保障藏红花品质提供了一种标准化的方法。

按照 ISO 3632-2 第 7、10 和 14 条的方法，使用 Agilent Cary 3500 多池紫外-可见分光光度计，通过定量关键生物活性标志物对藏红花样品进行了品质分级。根据 ISO 3632-1，该样品的评级为特级。本研究凸显了 Agilent Cary UV Workstation 软件的多重优势：显著提升检测效率、优化藏红花品质评估流程；支持常规质量控制工作流程；助力真伪验证以及增强消费者信心。

前言

藏红花是世界上最昂贵的香料，每克价格取决于品质、产地和纯度。它以鲜艳颜色和独特风味而闻名——这些特点极大地提升了它的烹饪吸引力。然而，由于藏红花市场价格高昂且产量有限，极易出现掺假、品质不达标和标签造假等情况，这不仅会损害消费者的信任，更有可能对消费者的健康和安全构成威胁。

紫外-可见 (UV-Vis) 光谱法是一种快速、可靠的分析技术，能够通过定量生物活性分子标志物来评估香料品质。在藏红花中，藏红花素是决定颜色强度的类胡萝卜素化合物，苦藏红花素是主要的苦味物质，而藏红花醛则是形成香气的关键成分。

本应用简报使用 Agilent Cary 3500 紫外-可见分光光度计和 Agilent Cary UV Workstation 软件分析了市售藏红花样品。本研究的目的是根据 ISO 3632-1:2025 和 ISO 3632-2:2010《香料——藏红花 (*Crocus sativus* L.)》标准对样品进行品质分级^[1,2]。这些成熟的行业标准为分析干藏红花（包括藏红花丝、切段花丝和粉末）提供了技术规范与检测方法。ISO 3632-2 中概述的标准化检测方法为藏红花的分类和品质评价提供了支持。这些方法涉及水分和挥发物含量的测定（第 7 条）、待测样品的粉碎和过筛处理（第 10 条），以及使用紫外-可见分光光度法测定主要特性（第 14 条）。根据这些检测结果以及 ISO 3632-1:2025 中定义的质量标准，藏红花样品可分为四个商业等级：特级 (EC)、I 级、II 级和 III 级，其中 EC 代表最高品质。

实验部分

样品前处理

水分和挥发物含量的测定

首先，称取 2.5 g 当地购买的藏红花丝，精确到 0.1 mg (2.5018 g)，置于洁净、干燥、已去皮的称量盘中。然后将称量好的样品置于烤箱中，不加盖，在 100 ± 1 °C 的温度下放置 16 小时。冷却后，重新称量样品，精确到 0.1 mg。计算水分和挥发物含量 (w_{MV})，结果以初始样品质量的百分比表示，数值精确到小数点后四位，并用于后续紫外-可见分光光度分析。

利用紫外-可见光谱法测定藏红花的主要特征

空白：使用蒸馏水 (Milli-Q IQ 7005, Sigma-Aldrich, Merck) 作为空白对照；将 3 mL 蒸馏水转移至 3.5 mL、10 mm 光程的标准石英比色皿（安捷科技公司，部件号 50613387）中。

样品水溶液提取物：将 1 g 藏红花丝用研钵和研杵捣碎，直到 95%（按质量计）的粉末可以通过孔径为 500 μ m 的筛网。然后，称取 0.5 g 粉碎后的样品，精确到 0.1 mg，置于洁净、干燥、已去皮的称量盘中 (0.5330 g)，将这一重量视作测试样品重量。将该测试样品转移到 1000 mL 烧杯中，加入 900 mL 蒸馏水。将溶液用磁力搅拌器避光搅拌一小时。之后取出磁棒，用蒸馏水将烧杯定容至刻度线并搅拌。取 20 mL 溶液转移至 200 mL 容量瓶中，用蒸馏水定容至刻度线。盖紧瓶塞并混匀。将溶液迅速通过孔径为 0.45 μ m 的混合纤维素酯 (MCE) 滤膜 (HAWP02400, Sigma-Aldrich, Merck) 进行避光过滤。最后，将 3 mL 澄清溶液（样品水溶液提取物）转移到 10 mm 标准石英比色皿中，等待紫外-可见光分析。

仪器

将空白比色皿和样品水溶液提取物比色皿放入 Agilent Cary 3500 多池紫外-可见分光光度计（图 1），仪器采用表 1 中列出的参数运行。仪器采用脉冲氙灯，无需预热，可在不到一秒的时间内采集全光谱扫描数据。氙灯享有 10 年更换质保，更大程度降低了更换频率和成本。Cary 3500 的模块化设计使该系列分光光度计具有更高的采样灵活性和可扩展性，能够根据不同的检测需求进行配置。针对单样品检测或工作台空间有限的实验室，可以选择 Cary 3500 双池紫外-可见分光光度计在环境温度或控温条件下进行单个样品与参比检测。该应用同样可在 Cary 3500 多功能紫外-可见分光光度计上进行，该仪器具有更大的液体和固体样品测量室，并且能够搭配不同附件使用。

通过测量空白建立基线后，采集了藏红花水溶液提取物的紫外-可见光谱图。



图 1. Agilent Cary 3500 多池紫外-可见分光光度计采用基于光纤技术的双光束光学系统设计，具有八个固定比色皿位置，并配有八个独立检测器，最多可同时测量七个样品和一个参比样品

表 1. Agilent Cary 3500 多池紫外-可见分光光度计分析藏红花时使用的紫外-可见数据采集参数

设置	参数
波长范围	200–700 nm
分析波长	257、330、440 nm
信号平均时间	0.020 s
数据间隔	1 nm
光谱带宽	2 nm

结果与讨论

水分和挥发物含量的测定

样品的水分和挥发物含量 (w_{MV}) 计算值为初始重量的 6.43%。根据 ISO 3632-1:2025 标准，该藏红花样品归类为 EC 级，如表 2 所示。此外， w_{MV} 数据还将用于确定藏红花的主要特性，如下一节所述。

表 2. 水分和挥发物含量的计算

特征	样品	单位		
测试样品 (m0)	2.5018	g		
干残渣 (m4)	2.3410	g		
水分和挥发物含量 (w _{MV})	6.4274	%		
分级				
等级类别	EC	I	II	III
花丝	< 12%			
粉末	< 10%			
样品等级分类	特级			

利用紫外-可见分光光度法测定藏红花的主要特征

如图 2 所示，使用 Cary 3500 多池紫外-可见分光光度计，在 200–700 nm 波长范围内采集藏红花的紫外-可见光谱。直接读取以下三个波长下的特定吸光度，获得藏红花三种主要成分的结果：

- $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ (257 nm)：约 257 nm 处的吸光度（苦藏红花素的 λ_{max} ）
- $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ (330 nm)：约 330 nm 处的吸光度（藏红花醛的 λ_{max} ）
- $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ (440 nm)：约 440 nm 处的吸光度（藏红花素的 λ_{max} ）

根据 ISO 3632-1:2025 标准对藏红花样品进行定量分级，该标准基于三种成分的吸光度强度定义了品质参数。在以上三个波长下记录吸光度值（保留四位小数）后，采用 ISO 3632-2:2010 中所述方法计算强度值。

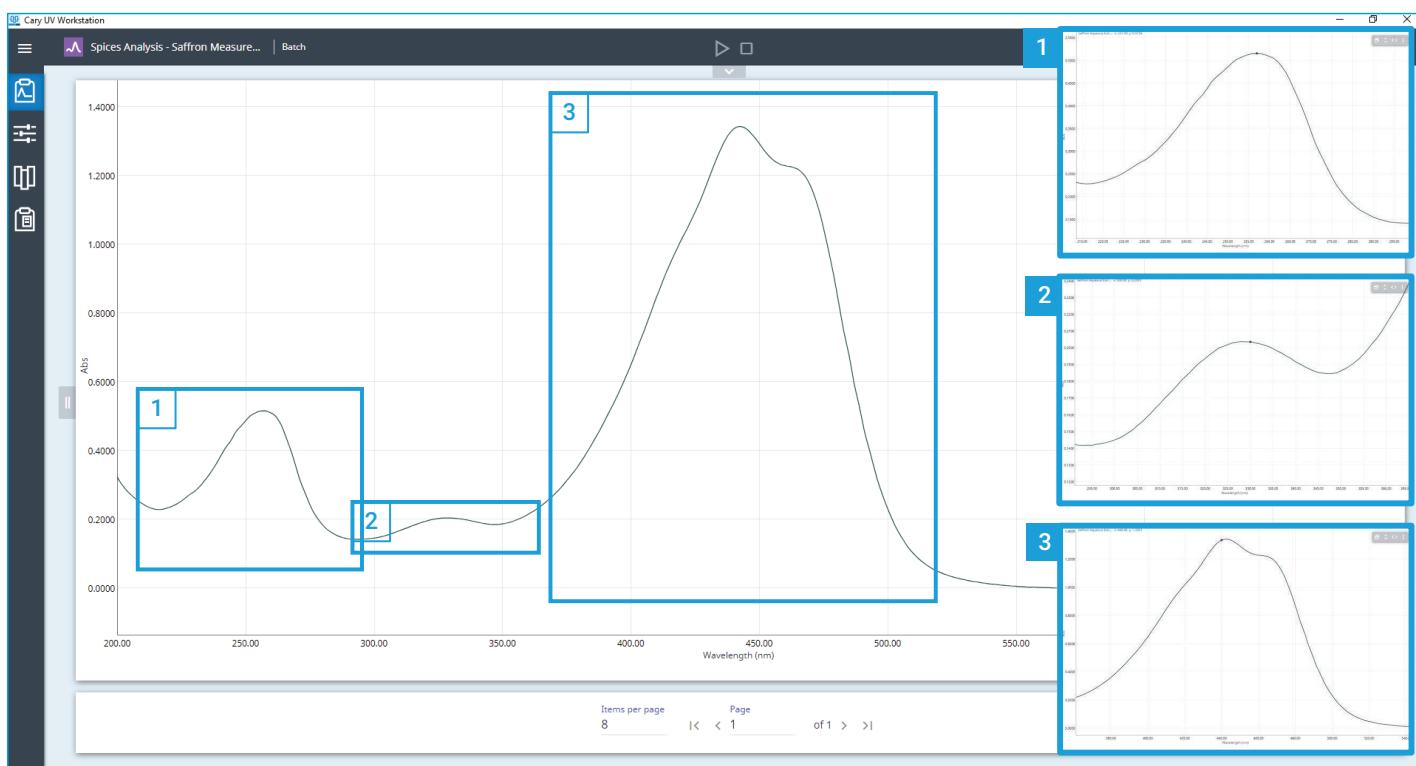


图 2. 200–700 nm 范围内藏红花水溶液提取物的紫外-可见光谱。(1) 苦藏红花素的最大吸收峰, (2) 藏红花醛在 330 nm 附近的特征肩峰, (3) 藏红花素吸收的特征光谱形状

藏红花成分的强度可用公式 1 计算。

公式 1.

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

式中:

D = 相应成分的比吸光度

10000 = 单位换算系数, 用于比较不同藏红花样品

m = 测试样品的质量, 单位为 g

w_{MV} = 样品的水分和挥发物含量, 以质量百分比表示

各成分的具体计算公式如下:

公式 2.

$$(\text{苦藏红花素, 味觉物质}) = \frac{D(257\text{ nm}) \times 10\,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

公式 3.

$$(\text{藏红花醛, 香气物质}) = \frac{D(330\text{ nm}) \times 10\,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

公式 4.

$$(\text{藏红花素, 着色物质}) = \frac{D(440\text{ nm}) \times 10\,000}{0.5330 \times (100 - 6.4274)}$$

通过上述计算, 可获得藏红花样品的味觉强度、香气强度和着色强度数值, 并根据 ISO 3632-1:2025 标准将其划分为 EC、I、II 或 III 级。

数据分析采用 Cary UV Workstation 软件进行, 该软件支持数据采集和强度值的自动计算。

如图 3 所示，序列设置页面可以集成自定义参数（如样品质量），并使用“End of sequence”（序列结束）分析工具完成以下三项计算：

- 分析 1：味觉强度（苦藏红花素）
- 分析 2：香气强度（藏红花醛）
- 分析 3：着色强度（藏红花素）

扫描完成后，Cary UV Workstation 生成可缩放光谱及分析表，其中显示了每种化合物的吸光度和强度计算值。表 3 显示了测试样品 (0.5330 g) 中苦藏红花素、藏红花醛和藏红花素化合物的吸光度值。

表 3. 藏红花水溶液提取物（0.5330 g 样品）中苦藏红花素、藏红花醛和藏红花素化合物的吸光度结果

分析物	λ	Abs
苦藏红花素	257	0.5156
藏红花醛	330	0.2035
藏红花素	440	1.3351

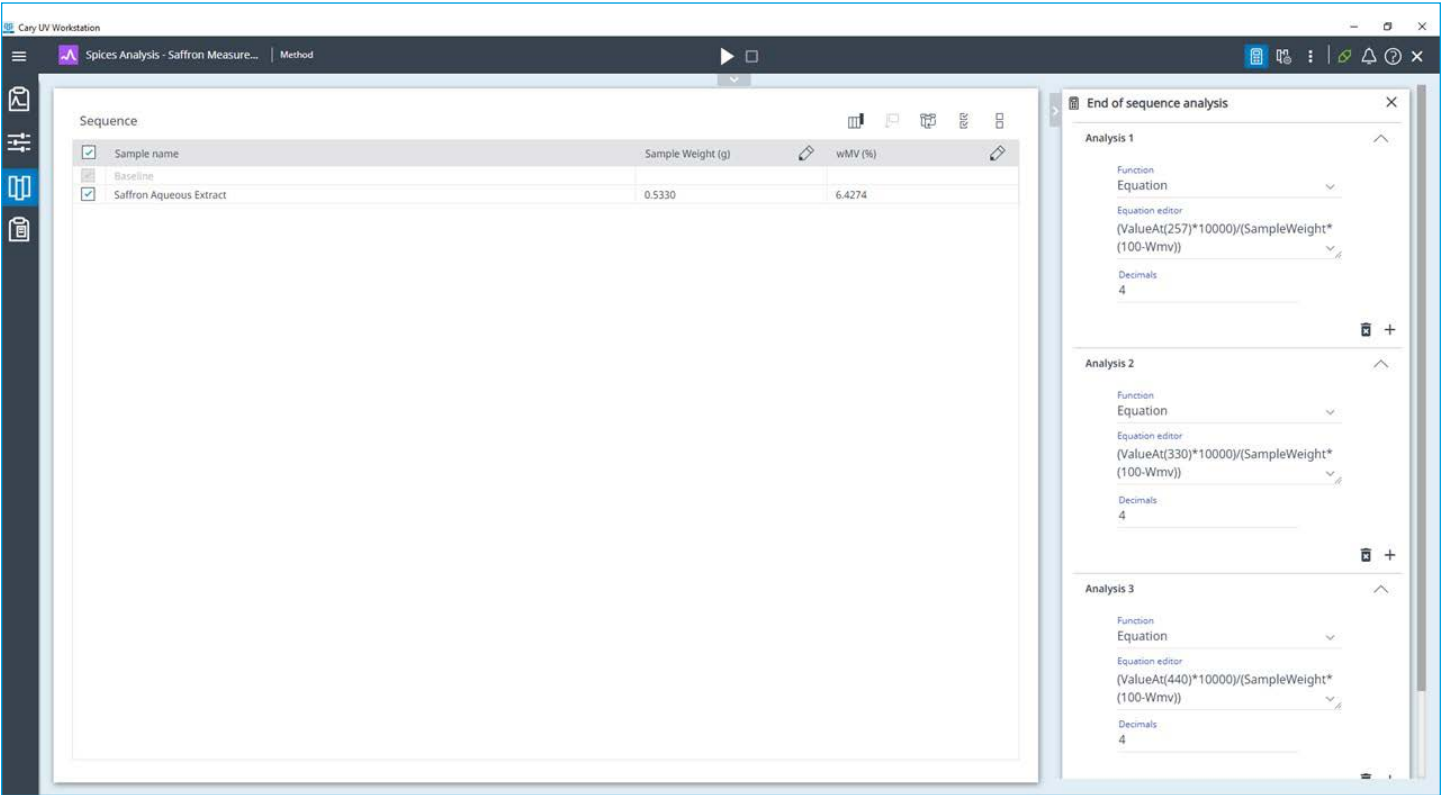


图 3. Agilent Cary UV Workstation 中的序列设置页面，用户可以创建测试和计算方法。将样品重量作为自定义参数添加，并将这三个公式输入“End of sequence”分析功能中，即可实现藏红花主要特征的自动计算

对这些吸光度值进行处理，以便根据 ISO 定义的最低（和最高）强度要求，确定藏红花样品的分类。图 4 显示了吸光度值（波长扫描）及基于苦藏红花素在 257 nm 处的吸光度计算得到的味觉强度的示例（图 4，分析 1）。

Cary UV Workstation 可将紫外-可见光谱数据转化为具有商业价值的信息。软件通过自动定量分析（可保存为标准化方法），根据 ISO 3632 定义的商业分类体系提供样品的分级数值。

如表 4 所示，根据 ISO 3632-1:2025 标准，藏红花提取物的全部三项特性均满足 EC 级要求，证实了样品具有高品质。单独测定的水分和挥发物 (w_{MV}) 结果为 6.43%，同样满足 EC 级的要求。该值也用于了强度计算。

总体而言，Cary UV Workstation 将数据采集、光谱分析和符合 ISO 标准的计算集成到一个平台中，从而提供了简化且用户友好的工作流程。这种自动化方法减少了人为错误，简化了藏红花分级流程，适用于研究和商业领域的质量控制应用。

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

图 4. 分析 1 结果（藏红花水溶液提取物的味觉强度）以及三种主要藏红花成分的特定吸光度，均使用 Agilent Cary UV Workstation 软件自动计算

表 4. 藏红花水溶液提取物中苦藏红花素、藏红花醛和藏红花素化合物的强度与分级结果

特征	λ (nm)	ISO 强度等级	EC	I	II	III	强度计算值	样品分级
味觉强度	257	最小值	80	70	55	40	103.3773	特级
香气强度	330	最小值	30	20	20	20	40.8105	特级
		最大值	50	50	50	50		
着色强度	440	最小值	230	200	170	120	267.6997	特级

报告生成

准确、可追溯的文档对于分析重现性、质量保证和合规性至关重要。Cary UV Workstation 通过集成报告系统实现了这种可追溯性。该软件可以生成 PDF 和/或 CSV 格式的报告，尽可能减少抄录错误。

首先将 CSV 格式文件（图 5）导出到指定位置，其中详细列出了方法、序列/样品参数及计算结果。CSV 导出功能有助于将实验室数据传输到 LIMS 系统，以实现快速的样品追踪、工作流程管理并确保数据准确性。

软件还会自动生成直观的扫描报告，其中整合了关键信息，如仪器参数、方法设置、样品信息、目标分析物的吸收光谱和定量结果（图 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

图 5. Agilent Cary UV Workstation 生成的 CSV 格式导出文件，详细列出了“End of sequence”分析和结果，可满足可追溯性要求并简化数据管理

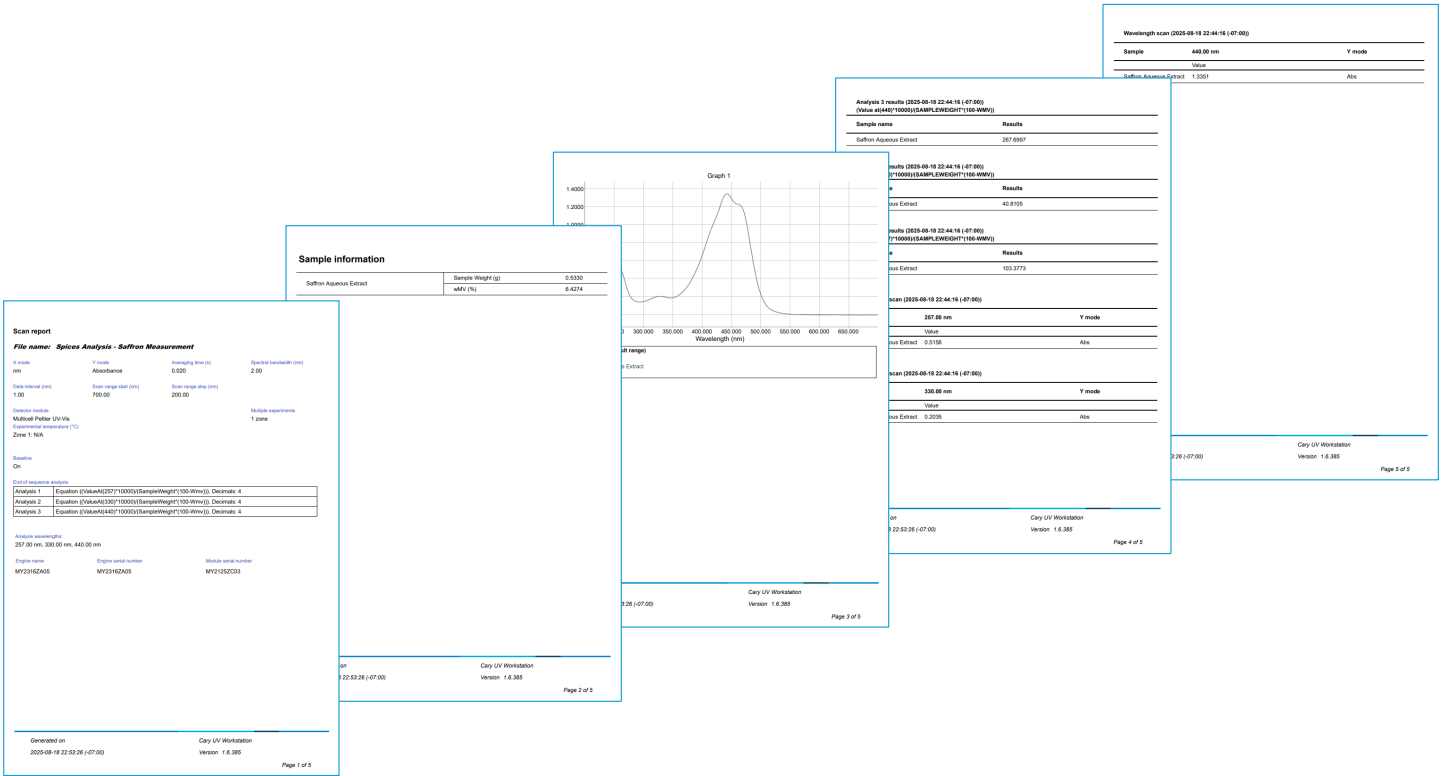


图 6. Agilent Cary UV Workstation 生成的藏红花测量详细扫描报告示例

结论

Agilent Cary 3500 多池紫外-可见分光光度计与 Agilent Cary UV Workstation 软件相结合，通过测量藏红花素、苦藏红花素和藏红花醛含量，对颜色、味道和香气进行准确量化分析。该检测方法支持按照 ISO 3632 行业标准对藏红花进行品质评估，能够对市售样品进行可靠分级，同时还能发现潜在的掺假、变质或标签造假问题。

Cary 3500 紫外-可见分光光度计采用可靠、持久的脉冲氙灯，无需预热即可立即运行，可在不到一秒的时间内采集空白样品和藏红花样品的完整光谱扫描数据。通过准确测量化合物特征吸收峰，可为香料的高通量分析提供有力支持。

Cary UV Workstation 利用内置的光谱工具、自动计算和便捷的报告功能，大大简化了从检测到报告的藏红花分析工作流程。通过内置的 ISO 3632 计算公式，可加快数据处理速度并减少计算错误。软件还配有用户友好的界面，检测结果一目了然，非常有利于追溯。

Cary 3500 UV-Vis 与 Cary UV Workstation 相结合，大大缩短了数据分析花费的时间，使分析人员能将更多时间投入到样品质量保证等核心工作中。Cary 3500 系统完全满足 ISO 3632-2:2010 第 14 条的要求，为测定藏红花的主要特性提供了有效的解决方案。

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

更多信息

- Cary 3500 多池紫外-可见分光光度计
- Cary UV Workstation 软件
- 紫外-可见光谱法与分光光度计常见问题解答

查找当地的安捷伦客户中心：

www.agilent.com/chem/contactus-cn

免费专线：

800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

LSCA-China_800@agilent.com

在线询价：

www.agilent.com/chem/erfq-cn

www.agilent.com

DE-009373

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2025

2025 年 9 月 12 日，中国出版

5994-8611ZH-CN