

UV-Vis-Spektroskopie für die Analyse von Weißöl nach ASTM D2269-10

Zeitersparnis, weniger Messfehler und eine optimierte Datenanalyse mit dem Agilent Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis



Autor

Yasurika Heenatigala
Agilent Technologies, Inc.

Zusammenfassung

Weißöle für die Verwendung in der pharmazeutischen Produktion müssen strenge Reinheitsprüfungen nach gesetzlichen Vorgaben bestehen. Gemäß der Standardmethode ASTM D2269-10 wurde ein Agilent Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis-Spektralphotometer für die Reinheitsprüfung von Mineralölen durch die Quantifizierung von Naphthalin verwendet. Die Methode erfüllte die Präzisionskriterien gemäß ASTM D2269-10, was ihre Zuverlässigkeit für Qualitätskontrollanwendungen bestätigte. Es wurden drei Proben handelsüblicher Mineralöle gemessen und hinsichtlich der in der USP-NF-Monographie festgelegten Akzeptanzgrenze für Naphthalin beurteilt. Nur zwei der drei Öle haben die Reinheitsprüfung bestanden. Die Studie stellt darüber hinaus die Vorteile der Agilent Cary UV Workstation-Software heraus, deren optimierte Datenakquisition und -analyse effiziente Tests und eine klare Berichterstellung ermöglichen.

Einführung

Weißöle sind komplexe Flüssigkeitsgemische aus aromatischen Kohlenwasserstoffen, die aus raffiniertem Roherdöl hergestellt werden. Sie kommen in zahlreichen Branchen wie der Lebensmittel- (Zubereitung) und Kosmetikindustrie sowie in pharmazeutischen Formulierungen und in industriellen Anwendungen häufig als Ausgangsmaterial, Zusatz- oder Hilfsstoff zum Einsatz.¹

Die pharmazeutische Industrie ist stark reguliert, um die Sicherheit, Wirksamkeit und Qualität von Arzneimitteln sicherzustellen und die öffentliche Gesundheit zu schützen. Als Ergebnis unterliegen Mineralöle in pharmazeutischer Qualität zur Verwendung in Arzneimittelformulierungen strengen gesetzlichen Kontrollen, die eine aktive Überwachung und Reinheitsprüfungen auf Spurenverunreinigungen verlangen, um die Branchenstandards zu erfüllen. Sowohl das Europäische Arzneibuch als auch die United States Pharmacopoeia schreiben eine Ultraviolett (UV)-photometrische Analyse zur Bestimmung der Konzentration von Verunreinigungen wie Naphthalin, ein polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff, in Mineralölproben vor.² Um Analytiker zu unterstützen, wurde in den USP-NF-Leitlinien ein oberer Grenzwert für Naphthalin in Absorptionseinheiten (Abs) festgelegt.³

Die ASTM gibt standardisierte Methoden für die Bewertung von Materialien vor, die industrieweit konsistente und zuverlässige Messungen sicherstellen. Die Standardtestmethode ASTM D2269-10 beschreibt ein Verfahren zur Beurteilung der Eignung von Weißölen für die vorgesehene Anwendung durch Messung der Absorption im ultravioletten Bereich von Naphthalin relativ zu einem Referenzmaterial.⁴ Diese Testmethode bezieht sich auf die Spezifikationen der US Pharmacopeia und des National Formulary (USP-NF), sodass sie sich für Öle in pharmazeutischer Qualität eignet.



Abbildung 1. Für alle Messungen wurde ein Agilent Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis-Spektralphotometer verwendet.

Diese Studie zeigt die Vorteile der Verwendung eines Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis-Spektralphotometers (Abbildung 1) und der Agilent Cary UV Workstation-Software zur Messung der Extinktion im ultravioletten Bereich von drei handelsüblichen Mineralölproben auf. Die Reinheit dieser Öle wurde gemäß der Standardmethode ASTM D2269-10 bestimmt.

Experimentelles

Vorbereitung der Proben und Standards

Standard-Blindprobe: 2,2,4-Trimethylpentan (Isooctan) (Sigma-Aldrich, Bestellnummer 1047182500, CAS-Nr. 540-84-1) in Spektroskopie-Qualität.

Standard-Referenz: 44,3 mg Naphthalin (Sigma-Aldrich, Bestellnummer 147141-25G, CAS-Nr. 91-20-3) wurden in einen sauberen, trockenen und tarierten volumetrischen 100-ml-Kolben gegeben. Die Masse wurde auf das nächste Zehntel-Milligramm (0,0001 g) gerundet gemessen und die Probe mit Isooctan bis zur Markierung verdünnt. Anschließend wurde der Kolben verschlossen und die Lösung sorgfältig gemischt. Nach Berechnung der Konzentration der Lösung wurde das benötigte Volumen entnommen, um 20 ml Standard mit 7,0 mg/l Naphthalin in Isooctan herzustellen.

Probe: 25 ml Mineralöl (Agilent Technologies, Bestellnummer 5190-8716) und 25 ml Hexan (Sigma-Aldrich, Bestellnummer 270504-2L, CAS-Nr. 110-54-3) wurden in einen Scheidetrichter überführt und gemischt. Anschließend wurden 5 ml Dimethylsulfoxid (DMSO) (Sigma-Aldrich, Bestellnummer 1029500500, CAS-Nr. 67-68-5) zugegeben und die Mischung 1 Minute lang kräftig geschüttelt. Die Mischung wurde stengelassen, bis die untere Schicht klar war. Die untere Schicht wurde überführt und der überführten Schicht wurden 2 ml Hexan zugegeben. Die Mischung wurde gemischt und dann stengelassen, bis die untere Schicht klar war. Die untere Schicht wurde extrahiert und als Mineralölextrakt bestimmt. Drei Millimeter der extrahierten Probe wurden in eine 3,5-ml-Standard-Quarzküvette mit 10-mm-Strahlengang (Agilent Technologies, Bestellnummer 5061-3387) überführt. Dieser Vorgang wurde drei Mal für drei verschiedene Chargen Mineralöl durchgeführt.

Lösemittelkontrollprobe: 5 ml DMSO wurden 25 ml Hexan in einem Scheidetrichter zugegeben. Die Mischung wurde 1 Minute lang kräftig geschüttelt und dann stengelassen, bis die untere Schicht klar war. Die untere Schicht wurde extrahiert und als Lösemittelkontrollprobe bestimmt. Es wurden drei Zellen mit Lösemittelkontrollprobe vorbereitet, jede mit 3 ml der extrahierten Blindprobe, die in 10-mm-Quarzküvetten überführt wurden.

Geräte

Nach Vorbereitung der Mineralölextrakte und Lösemittelkontrollküvetten wurde die Extinktion mit dem Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis-Spektralphotometer (Abbildung 1) unter Verwendung der in Tabelle 1 aufgeführten Parameter gemessen. Das Multiküvetten-Design des Geräts sorgt für einen optimierten und effizienten Arbeitsablauf, da bis zu sieben Proben und eine Referenz simultan gemessen werden können.

Tabelle 1. Parameter der Datenerfassung mit einem Agilent Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis.

Parameter	Wert
Wellenlängenbereich	260 bis 350 nm (einschließlich)
Signalmittlungszeit	0,1 s
Datenintervall	1 nm
Spektrale Bandbreite	2 nm

Ergebnisse und Diskussion

Die Testmethode nach ASTM D2269-10 legt Akzeptanzkriterien für den Verunreinigungs-Extinktionsschwellenwert (Naphthalin) dar, wie durch die USP-NF-Monographie für Mineralöl definiert. Wie in der Monographie angegeben, darf die Extinktion der Probenlösung bei einer beliebigen Wellenlänge im festgelegten Bereich nicht mehr als ein Drittel der Extinktion der Standardlösung betragen. Der spezifizierte Bereich der Probenlösung ist als 260 bis 350 nm definiert, während die Extinktion der Standardlösung bei 275 nm gemessen wird.

Berechnung der Akzeptanzgrenze

ASTM D2269-10 beschreibt ein Verfahren, um die Akzeptanzgrenze für Verunreinigungen von Mineralölen zu bestimmen. Um dies zu erreichen, enthält die Cary UV Workstation funktionale Tools wie die Funktion „End of sequence analysis“ (Analyse zum Sequenzende), die die Anforderungen für die Qualitätskontrolle (QK) von Standardmethoden erfüllen. Wie in Abbildung 2 gezeigt, wurde die Berechnung des Verunreinigungs-Extinktionsschwellenwerts für Naphthalin basierend auf der Messung des Referenzstandards für die „Analyse 1“ zum Sequenzende eingegeben. Um den Verunreinigungs-Extinktionsschwellenwert im Spektrum visuell darzustellen, wurde die Funktion „Divide Scalar“ (Skalar teilen) (durch 3) für die „Analyse 2“ zum Sequenzende verwendet.

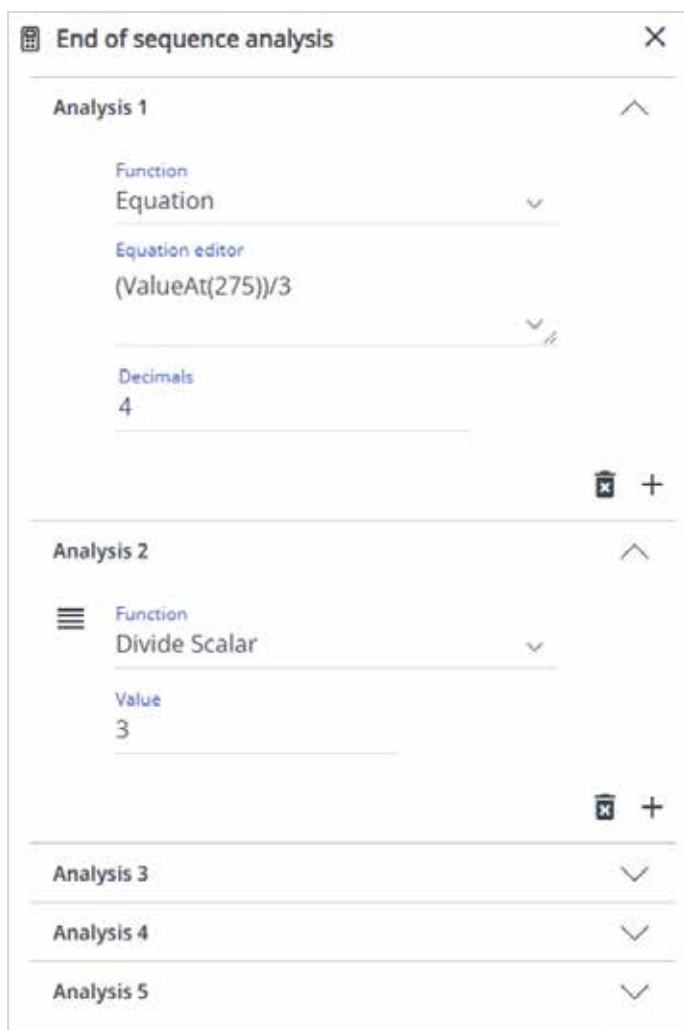


Abbildung 2. Nach der Messung des Naphthalin-Referenzstandards wurden zwei Analysen automatisch mit der integrierten Softwarefunktion „End of Sequence Analysis“ (Analyse zum Sequenzende) der Agilent Cary UV Workstation automatisch durchgeführt. Analyse 1: der Verunreinigungs-Extinktionsschwellenwert ($y = (\text{Wert bei } x = 275)/3$). Analyse 2: Verwendung der Funktion „Divide Scalar“ (Skalar teilen) zur Visualisierung der Extinktionsgrenze bei 275 nm.

Der Naphthalin-Referenzstandard wurde mit dem Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis im Scan-Anwendungsmodus gemessen und das Spektrum wurde in der Cary UV Workstation visualisiert. Die Software gab eine Akzeptanzgrenze für die Verunreinigungs-extinktion von 0,0997 Abs zurück.

Quantitative Analyse

Für die Messung des Naphthalins in den drei Mineralölproben wurde eine neue Scan-Charge verwendet. Die Funktion „End of sequence analysis“ (Analyse zum Sequenzende) wurde verwendet, um die Extinktion der Proben über den spezifischen Wellenlängenbereich zu berechnen und mit dem Verunreinigungs-Extinktionsschwellenwert von 0,0997 Abs zu vergleichen. Mit diesem Prozess wurde beurteilt, ob die Probe die in der USP-NF-Monographie definierten Akzeptanzkriterien erfüllte.

Nach der Messung der Lösemittelkontrollproben für die Basislinie wurden Spektren für die drei Mineralölproben mit dem Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis mithilfe der in Abbildung 3 gezeigten Sequenz simultan erfasst.

Die Cary UV Workstation produzierte automatisch eine Tabelle von Extinktionswerten auf Basis der Sequenzkonfiguration. Diese Werte wurden gemäß den in der Methode ASTM D2269-10 festgelegten Anforderungen berichtet.

Die maximale Extinktion jeder Probe (berechnet mit der Gleichung: Probe x (YMax)) wurde von der Verunreinigungs-Extinktionsgrenze von 0,0977 subtrahiert. Ein positiver Wert gab an, dass die Probe den Test gemäß der Methode bestanden hat (keine signifikante Naphthalinextinktion und -konzentration). Ein negativer Wert bedeutete, dass die Probe den Test nicht bestanden hat (signifikante Extinktion in der spektralen Region, die auf eine signifikante Naphthalinkonzentration hinwies). Wie in Abbildung 4 gezeigt, haben zwei der drei Mineralöle die Reinheitsprüfung gemäß der Methode bestanden.

Results and Analysis

Calculator results (2025-03-12 19:05:18 (-07:00))

0.0997-Y Max(260.350)

Sample name	Results
Mineral oil extract 1	0.0043
Mineral oil extract 2	0.0069
Mineral oil extract 3	-0.0452

Abbildung 4. Nicht signifikante Naphthalin-Konzentrationen sind als positiver Wert ausgedrückt (was bedeutet, dass eine Probe die Reinheitsprüfung der Methode bestanden hat). Umgekehrt werden signifikante Naphthalin-Konzentrationen mit negativen Werten angegeben, die gemäß ASTM D2269-10 auf eine verunreinigte Probe hinweisen.

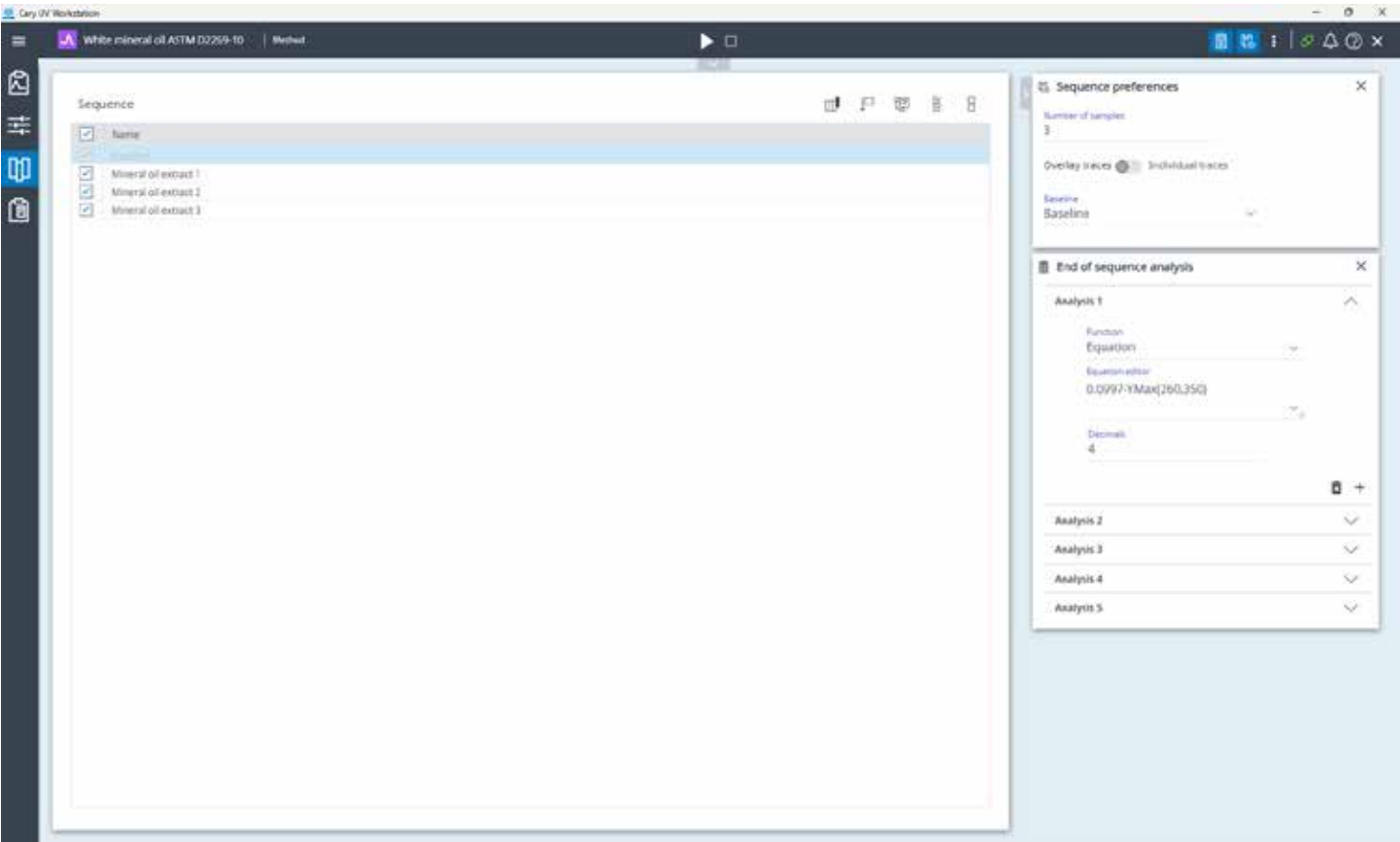


Abbildung 3. Die Sequenz-Konfigurationsseite in Agilent Cary UV Workstation zur simultanen Messung von drei Mineralölproben mit einem Agilent Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis-Spektralphotometer.

Qualitative Analyse

„Load Spectrum“ (Spektrum laden) ist ein Software-Tool, das dem Anwender ermöglicht, die sichere Datenbank nach Proben zu durchsuchen, die mit der Scan-Anwendung erfasst wurden. Das Spektrum des Verunreinigungs-Extinktionsschwellenwerts wurde mit der Funktion

„Load Spectrum“ (Spektrum laden) über die Spektren der aktuellen Proben gelegt, wie in Abbildung 5 gezeigt.

Die Funktion „Load Spectrum“ (Spektrum laden) gewährleistet darüber hinaus die Rückverfolgbarkeit und Zurechenbarkeit, indem bei jeder Verwendung der Funktion ein spezifischer Audit Trail-Eintrag erfasst wird (siehe Abbildung 6).

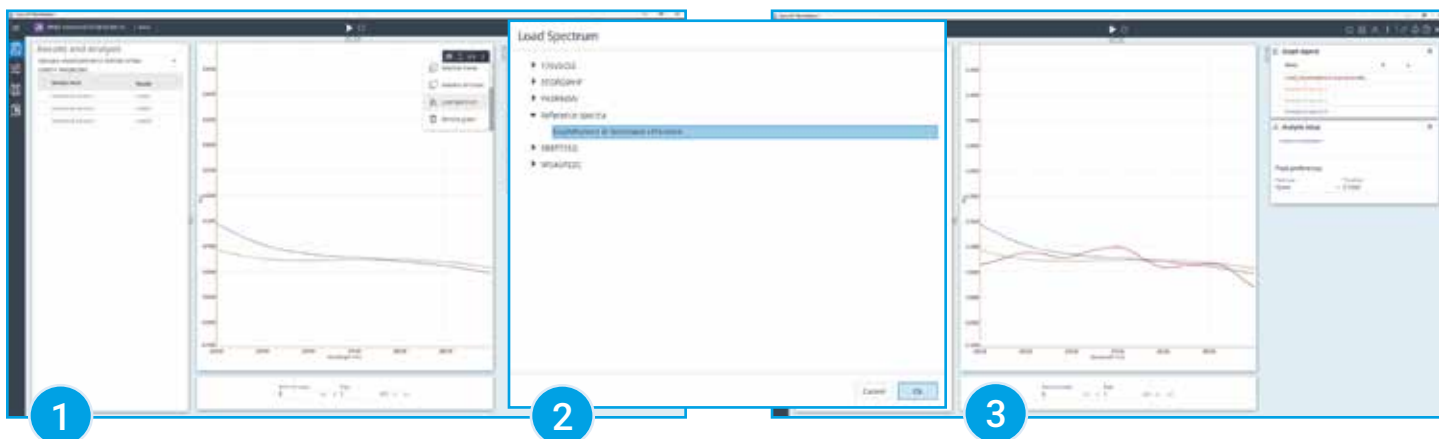


Abbildung 5. Die Funktion „Load Spectrum“ (Spektrum laden) ermöglicht es Anwendern, ein Spektrum aus einer Quellcharge in die derzeit geöffnete Charge zu laden. Die Benutzeroberfläche bietet eine intuitive Möglichkeit, um Chargen zu durchsuchen und das gewünschte Spektrum auszuwählen.

Carry UV Workstation - Project - Project A

White mineral oil ASTM D2266-10 | Batch

Audit Trail

Search: [] From: [] To: [] User: [] Category: []

Entered by	Date and time	Description	Reason for change	Sampling	Reviewed by	Review date	Workstation	Application	Data version	Project
John Smith	2023-04-20 11:05	Sample taken in laboratory reference loaded from Reference spectra as LUMI Reference in laboratory reference	Loading magnification reference spectrum	Single			2023-04-20 11:05	Carry UV Workstation 3.0.290	1.0	Project A (ID 1.0)
John Smith	2023-04-20 11:05	Sample taken in laboratory reference loaded from Reference spectra as LUMI Reference in laboratory reference	Loading magnification reference spectrum	Single			2023-04-20 11:05	Carry UV Workstation 3.0.290	1.0	Project A (ID 1.0)
John Smith	2023-04-20 11:05	Sample taken in laboratory reference loaded from Reference spectra as LUMI Reference in laboratory reference	Loading magnification reference spectrum	Single			2023-04-20 11:05	Carry UV Workstation 3.0.290	1.0	Project A (ID 1.0)
John Smith	2023-04-20 11:05	Sample taken in laboratory reference loaded from Reference spectra as LUMI Reference in laboratory reference	Loading magnification reference spectrum	Single			2023-04-20 11:05	Carry UV Workstation 3.0.290	1.0	Project A (ID 1.0)

Print Review

Abbildung 6. Der mit der Funktion „Load Spectrum“ (Spektrum laden) erzeugte Audit Trail.

Die Cary UV Workstation ermöglicht dem Anwender, Diagramme zu skalieren, um Vergleiche zu vereinfachen. Wie in Abbildung 5 (und Abbildung 7) dargestellt, wurde das Diagramm vergrößert, um den Bereich von 260 bis 290 nm zu zeigen. Für eine Testprobe würde eine Absorption über die Wellenlängenregion hinweg, die die Verunreinigungs-Extinktionsgrenze bei 275 nm (von 0,0977 Abs) übersteigt, auf eine signifikante Naphthalinkonzentration (Verunreinigung) hinweisen. Dieses Diagramm zeigt, dass die Mineralölproben 1 und 2 keinen signifikanten Naphthalingehalt aufwiesen, da kein Spektrum den Verunreinigungs-Extinktionsschwellenwert überschritten hat. Probe 3 hat den Grenzwert jedoch überschritten, wahrscheinlich aufgrund einer Kontamination während der Probenvorbereitung.

Berichterstellung

Die Cary UV Workstation konsolidierte die Ergebnisse in einem einzelnen Bericht. Relevante Informationen wie die Tabelle der Analysewerte, skalierte Diagramme und der Audit Trail wurde zur Aufnahme in den Bericht ausgewählt (Abbildung 7). Der abschließende Bericht wurde automatisch als PDF generiert und für eine nahtlose Informationsübertragung an einen benutzerdefinierten Speicherort exportiert.

Die Parameter für die Datenerfassung, die Konfiguration der Analyse zum Sequenzende und die Berichtvoreinstellungen wurden in der Cary UV Workstation als Methode gespeichert. Die Möglichkeit zum Zugriff auf die optimierte Methode wird zukünftige Messungen von Mineralölen durch die Automatisierung von Berechnungen und der Berichterstellung optimieren, einschließlich des automatischen Exports an benutzerdefinierte Speicherorte.

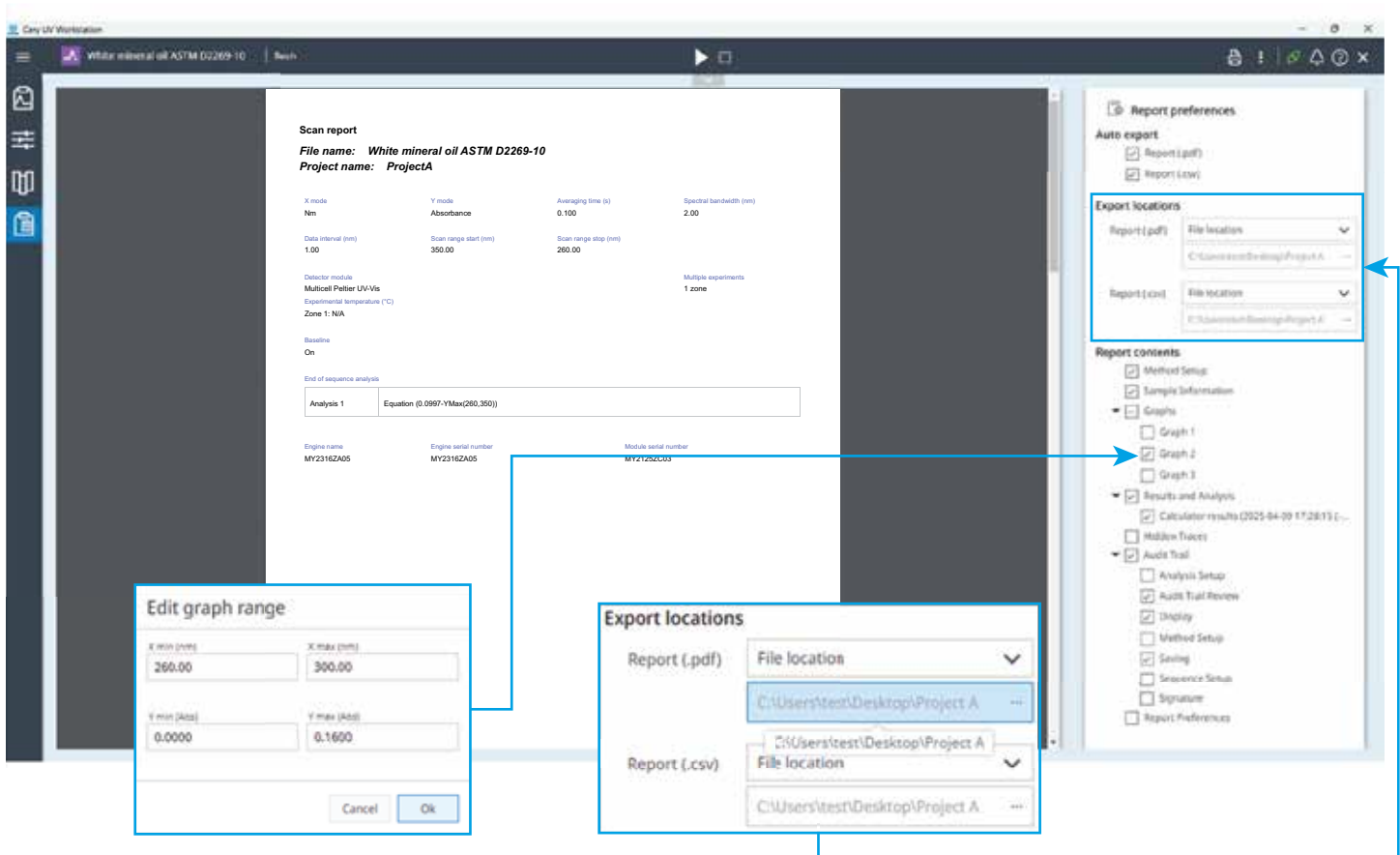


Abbildung 7. Die Agilent Cary UV Workstation ermöglicht dem Anwender, die Inhalte des Berichts nach seinen Erfordernissen aus- und abzuwählen.

Scan report

File name: White mineral oil ASTM D2269-10

Project name: ProjectA

X mode

nm

Y mode

Absorbance

Averaging time (s)

0.100

Spectral bandwidth (nm)

2.00

Data interval (nm)

1.00

Scan range start (nm)

350.00

Scan range stop (nm)

260.00

Detector module

Multisol Petter UV/Vs

Experimental temperature (°C)

Zone 1: N/A

Multiple experiments

1 zone

Baseline

On

End of sequence analysis

Analysis 1

Equation (0.0997-YMax(260,350)). Decimals: 4.

Engine name

MY2316ZA05

Engine serial number

MY2316ZA05

Module serial number

MY2125ZC03

Generated by

John Smith (JohnS75)

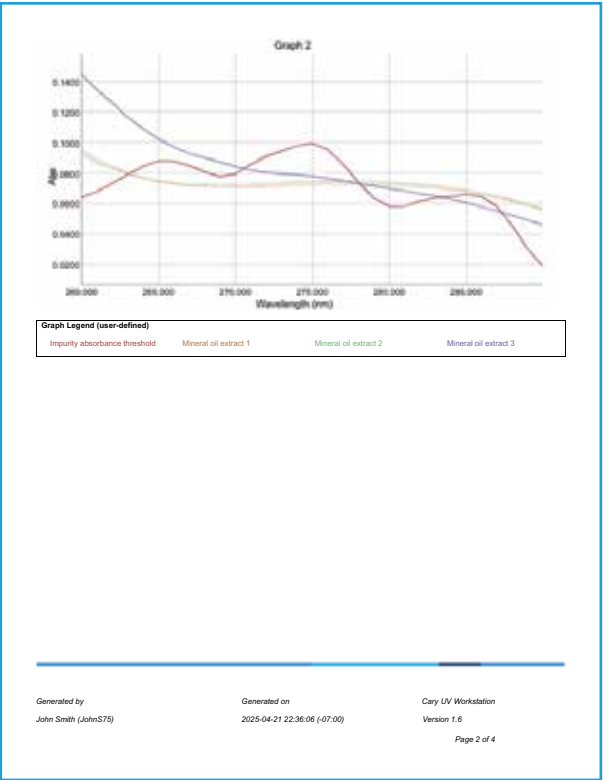
Generated on

2025-04-21 22:36:06 (-07:00)

Cary UV Workstation

Version 1.6

Page 1 of 4



Calculator results (2025-03-12 19:35:54 (-07:00))

0.0997-Y Max(260,350)

Sample name	Results
Mineral oil extract 1	0.0043
Mineral oil extract 2	0.0069
Mineral oil extract 3	-0.0452

Generated by

John Smith (JohnS75)

Generated on

2025-04-21 22:36:06 (-07:00)

Cary UV Workstation

Version 1.6

Page 3 of 4

Audit trail

Created by	Date and Time	Reviewed by	Review date	Category	Application	Data version	Project	Host name
John Smith (JohnS75)	2025-04-21 22:11:05 (-07:00)	John Smith (JohnS75)		Display	Cary UV Workstation 1.6.299	N/A	Project A (ID 14)	DESKTOP-VPTA0TV
Description: Naphthalene in isooctane reference loaded from Reference spectra as LOAD_Naphthalene in isooctane reference.								
Reason: Loading naphthalene reference spectrum								
John Smith (JohnS75)	2025-04-21 22:10:51 (-07:00)	John Smith (JohnS75)		Saving	Cary UV Workstation 1.6.299	N/A	Project A (ID 14)	DESKTOP-VPTA0TV
Description: File saved as White mineral oil ASTM D2269-10.								
Reason: Initial Save.								

Generated by

John Smith (JohnS75)

Generated on

2025-04-21 22:36:06 (-07:00)

Cary UV Workstation

Version 1.6

Page 4 of 4

Abbildung 8. Scan-Bericht (vier Seiten: (1) Scan-Bericht, (2) Diagramm, (3) Berechnungsergebnisse, (4) Audit Trail).

Methodenpräzision

Für alle drei Mineralölproben wurden Präzisionstests mit dem Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis durchgeführt. Gemäß ASTM D2269-10 wurden 20 Extinktionsmessungen im Wellenlängenbereich von 275 bis 280 nm für jede Probe vorgenommen.

Mit dem Wiederholpräzisionstest wurde die Konsistenz innerhalb des Geräts beurteilt. Gemäß dem Testkriterium durfte die Differenz zwischen aufeinander folgenden Testergebnissen 0,014 Abs nur in einem Fall von 20 übersteigen. In dieser Studie lagen alle berechneten Standardabweichungen ($n = 20$) innerhalb von $\pm 0,014$ Abs, mit einer maximalen Variation von $\pm 1,28 \times 10^{-3}$ Abs bei Mineralölprobe 3, wie in Tabelle 2 gezeigt.

Tabelle 2. Maximale Variation über 20 Läufe im gescannten Wellenlängenbereich von 275 bis 280 nm (einschließlich).

Probe	Maximale Variation im Wellenlängenbereich von 275 bis 280 nm (Abs)
Mineralölextrakt 1	$1,93 \times 10^{-4}$
Mineralölextrakt 2	$3,05 \times 10^{-4}$
Mineralölextrakt 3	$1,28 \times 10^{-3}$

Mit dem Reproduzierbarkeitstest wurde die Konsistenz zwischen Geräten beurteilt. Gemäß dem Testkriterium durfte die Differenz zwischen zwei einzelnen und unabhängigen Testergebnissen 0,044 Abs nur in einem Fall von 20 übersteigen. Zwischen den unabhängigen Bedienern wurden Differenzen in Standardabweichungen ($n = 20$) berechnet (ΔSD). Alle festgestellten Differenzen lagen innerhalb des Bereichs von $\pm 0,044$ Abs, mit einer maximalen Differenz von $\pm 1,16 \times 10^{-3}$ Abs bei Mineralölprobe 3, wie in Tabelle 3 gezeigt.

Tabelle 3. Maximale Variation zwischen Geräten, berechnet als Unterschied der Variation zwischen Bediener 1 und Bediener 2. Es wurden zwanzig Läufe über den Wellenlängenbereich von 275 bis 280 nm (einschließlich) durchgeführt, um eine Standardabweichung zu erzeugen.

Probe	Maximale Variation zwischen Bedienern im Bereich von 275 bis 280 nm (Abs)
Mineralölextrakt 1	$3,05 \times 10^{-5}$
Mineralölextrakt 2	$1,79 \times 10^{-4}$
Mineralölextrakt 3	$1,16 \times 10^{-3}$

Die Testmethode ASTM D2269-10 definiert strenge Anforderungen bezüglich der photometrischen Präzision, um die Reinheit mit dieser UV-Vis-Spektroskopie-Analysemethode zuverlässig zu bestimmen. Die Ergebnisse von Präzisionstests belegten die Zuverlässigkeit des Cary 3500 UV-Vis bei Reinheitsprüfungen von Mineralölproben.

Fazit

Ein Agilent Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis-Spektralphotometer mit der Agilent Cary UV Workstation-Software bestimmte effizient die Reinheit (Naphthalin) von drei handelsüblichen Weißölen. Die Öle wurden gegen eine Akzeptanzgrenze für Naphthalin gemäß dem in der USP-NF-Monographie zur Verwendung der Testmethode ASTM D2269-10 festgelegten Grenzwert getestet. Die Cary 3500 UV-Vis-Methode erfüllte die in ASTM D2269-10 für die Messung von Naphthalin festgelegten Präzisionskriterien, sodass sie sich für die Qualitätskontrolle von Ölen in pharmazeutischer Qualität eignet.

Mit acht verfügbaren Küvettenpositionen ermöglichte die Multiküvetten-Ausführung des Cary 3500 UV-Vis die simultane Messung von bis zu sieben Proben und einer Referenz, was die Produktivität steigerte. Die Multiküvetten-Konfiguration vermeidet außerdem Variationen aufgrund von Umgebungs- und Gerätebedingungen sowie Bedienern zwischen Probenmessungen, was die Genauigkeit und Präzision von Messungen sicherstellt. Die Cary UV Workstation-Software vereinfachte die experimentelle Prüfung und Datenanalyse, indem sie es Anwendern ermöglichte, zuvor erfasste Spektren zum Vergleich zu laden und klare Diagramme für die Berichterstellung zu erzeugen.

Die Studie hat die Eignung der Verwendung des Cary 3500 Multiküvetten-UV-Vis mit Cary UV Workstation für routinemäßige Reinheitsprüfungen von ölbasierten pharmazeutischen Rohstoffen gemäß Industriestandards gezeigt.

Referenzen

1. Pirow, R.; Blume, A.; Hellwig, N.; Herzler, M.; Huhse, B.; Hutzler, C.; Pfaff, K.; Thierse, H.-J.; Tralau, T.; Vieth, B.; *et al.* Mineral Oil in Food, Cosmetic Products, and in Products Regulated by Other Legislations. *Critical Reviews in Toxicology* **2019**, 49(9). <https://doi.org/10.1080/10408444.2019.1694862>
2. Weber, S.; Schrag, K.; Mildau, G.; Kuballa, T.; Walch, S. G.; Lachenmeier, D. W. Analytical Methods for the Determination of Mineral Oil Saturated Hydrocarbons (MOSH) and Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons (MOAH)—A Short Review. *Analytical Chemistry Insights* **2018**, 13. <https://doi.org/10.1177/1177390118777757>
3. The United States Pharmacopeial Convention. USP-NF Mineral Oil, 2024, Retrieved from United States Pharmacopeia: https://doi.org/10.31003/USPNF_M54081_02_01
4. ASTM International. ASTM D2269-10 (2020) Standard Test Method for Evaluation of White Mineral Oils by Ultraviolet Absorption. *ASTM Volume 05.01: Petroleum Products, Liquid Fuels, and Lubricants*. doi: 10.1520/D2269-10R20

www.agilent.com

DE-005995

Änderungen vorbehalten.

© Agilent Technologies, Inc. 2025
Gedruckt in den USA, 25. April 2025
5994-8265DEE