

Herangehensweisen an die Analyse von Ethylenoxid und seinen Derivaten in Sesamsamen und anderen Lebensmitteln mittels Triple Quadrupol GC/MS/MS

Leitfaden für die Bestellung von Verbrauchsmaterialien für den Arbeitsablauf



Ethylenoxid und Derivate in Sesamsamen und anderen Lebensmitteln mittels GC/TQ

Ethylenoxid wird in der Gewürzindustrie eingesetzt, um mikrobielle Verunreinigungen z. B. mit Salmonellen und *E. coli* zu verhindern und die Belastung mit Bakterien, Hefe- und Schimmelpilzen, coliformen Keimen und anderen Pathogenen zu reduzieren. EtO wird anstelle von Hochtemperaturverfahren eingesetzt, die bestimmte Produkte wie Kräuter, Gewürze und Samen schädigen können.

Ethylenoxid (EtO) reagiert mit der Lebensmittelmatrix, wobei 2-Chlorethanol (2-CE oder Ethylenchlorhydrin) entsteht. Rückstände von EtO und 2-CE sind unter Umständen in Lebensmitteln nachweisbar, die begast worden sind. Deren Vorliegen in Sesamsamen aus Indien führte zu einer Reihe von Produktrückrufen in ganz Europa. Betroffen waren Brot und Bagels sowie kürzlich auch Produkte, die Johannisbrotkernmehl (E410) enthalten, ein Verdickungsmittel, das in Speiseeis, Schokolade, Keksen, Brot und Crackern zum Einsatz kommt.^{1,2}

Während die akuten (kurzfristigen) Auswirkungen von Ethylenoxid in einer Depression des Zentralnervensystems und einer Reizung der Augen und Schleimhäute bestehen, kann eine chronische (langfristige) Exposition zu einer Schädigung des Gehirns und des Nervensystems führen. Es gibt auch Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Ethylenoxid-Exposition und Auswirkungen auf die Fortpflanzungsfähigkeit sowie einem erhöhten Risiko für Lymphome und (bei Frauen) Brustkrebs. Sowohl die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) als auch die EPA haben Ethylenoxid als Karzinogen der Kategorie 1 eingestuft.³

Während die von der EPA vorgeschlagenen Rückstandshöchstmengen für Ethylenoxid bei 7 mg/kg liegen,⁴ hat die Europäische Union (EU) die Rückstandshöchstmengen sowohl für EtO als auch für seinen wichtigsten Metaboliten 2-CE auf 0,1 mg/kg in Gewürzen und 0,05 mg/kg in Nüssen, Ölfrüchten und Ölsaaten festgelegt (Verordnung (EU) 2015/868 der Kommission).⁵ Die Nachfrage nach Ethylenoxid-Analysen ist seit 2020 weltweit deutlich gestiegen.

Erste Schritte bei der Analyse von Ethylenoxid und Ethylenchlorhydrin in Lebensmitteln

Ethylenoxid und seine Derivate werden mittels GC-MS oder GC-MS/MS analysiert. Es gibt eine Reihe von Methoden für die Analyse von EtO oder der Summe von EtO und 2-CE, die auf verschiedenen Herangehensweisen beruhen, beispielsweise der Umwandlung von 2-CE in EtO unter alkalischen Bedingungen oder der Umwandlung von EtO in 2-CE unter sauren Bedingungen.

Die Probenvorbereitung stellt bei allen bisher entwickelten Methoden einen wesentlichen Schritt dar. Das koreanische Ministerium für Lebensmittel- und Arzneimittelsicherheit (MFDS) hat eine Methode beschrieben, bei der QuEChERS zur Extraktion und die Umwandlung von EtO in 2-Bromethanol (2-BE) durch Bromierung mit anschließender GC/MS-Quantifizierung von 2-BE und 2-CE zum Einsatz kommen (Tabelle 1).⁶

Tabelle 1. Vom koreanischen Ministerium für Lebensmittel- und Arzneimittelsicherheit verwendete Bedingungen der GC-MS-Analyse auf einem Agilent 7890B/7010B.⁶ Unter diesen Bedingungen beträgt die Retentionszeit von 2-CE: 6,4 Min, 2-BE: 7,5 Min

GC-MS-Bedingungen	
Säule	DB-WAX (30 m × 0,25 mm, 0,5 µm) oder gleichwertig
Gas und Flussrate der mobilen Phase	Helium, 1,0 ml/Min
Temperatur des Injektionsports	220 °C
Ofentemperatur	80 °C – 2 Min 200 °C – 16 °C/Min – 2 Min
Detektortemperatur	260 °C
Ionisation	Elektronenstoß (EI), 70 eV
Injektionsmodus	Gepulster Split-Modus (3:1) oder gleichwertige Methode
Injektionsvolumen	2 µl

Im Dezember 2020 empfahl das Referenzlabor der Europäischen Union (EURL) für Pestizidrückstände eine Einzelmethode (SRM) für die Analyse von EtO und 2-CE in Sesamsamen, die auf einer QuEChERS-Extraktion mit anschließender GC/MS/MS-Analyse beruht.⁷

Wissenschaftler von Agilent haben verschiedene Methoden entwickelt, die den strengen EU-Anforderungen gerecht werden

1. EURL-SRM-Methode zur gleichzeitigen Detektion von EtO und 2-CE

Eine verbesserte EURL-SRM-Methode zur gleichzeitigen Bestimmung von EtO und 2-CE in gewerblichen Proben von Sesam, Kurkuma, Knoblauchpulver, Gewürzen und Kräutern mittels QuEChERS.⁸

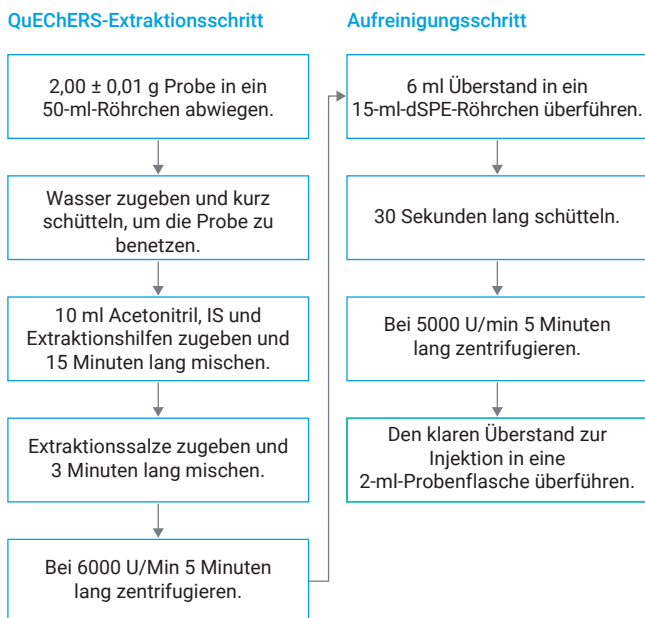


Abbildung 1. QuEChERS-Arbeitsablauf für die Extraktion und Aufreinigung von Proben.⁸

Tabelle 2. Wiederfindung und relative Standardabweichung (RSD) von EtO und 2-CE in Sesam- und Kurkumaprobe, die mit unterschiedlichen Mengen versetzt wurden.⁸

Matrix	Versetzt mit (mg/kg)	Wiederfindung EtO (%)		Wiederfindung 2-CE (%)	
		Mittelwert	RSD % (n = 3)	Mittelwert	RSD % (n = 3)
Sesam	0,05	100,1	9,1	97,9	6,3
	0,2	84,5	7,6	92,5	8,4
	0,5	92,0	6,9	88,8	2,7
Kurkuma	0,05	100,6	16,4	106,2	4,4
	0,2	94,5	8,5	105,8	9,9
	0,5	92,5	5,2	94,4	4,3

Zu den Verbesserungen, die an der EURL-SRM-Methode vorgenommen wurden, gehören:

- Eine Option zum automatisierten Liner-Austausch und eine integrierte Vorsäulen-Rückspülung schützen den Injektor und die Analysensäule vor Beschädigung und den Detektor vor Matrix-Kontamination.
- Zeitgesteuertes Ereignis „Detektor AUS“ in der MS-Methode zum Schutz des Filaments vor dem Lösungsmittel Acetonitril, welches zwischen EtO und 2-CE koeluiert.
- Ein gekühltes Injektionssystem (CIS) mit einem PTV-Einlass für reproduzierbare und genaue Injektionen.

Tabelle 3. GC-Methodenparameter.⁸

Parameter	Wert
Modell	Agilent 8890 Gaschromatograph
Injektor	Gerstel CIS 4 mit Option für automatisierten Liner-Austausch (ALEX)
Injektortemperatur	90 °C (0,8 Min), 12 °C/s auf 250 °C (14,3 Min)
Injektionsvolumen	2 µl, Split-Verhältnis 1:4
Liner-Typ	Glaswolle (Gerstel Bestell-Nr. 010850-010-00)
Vorsäule	5 m FS
Analysesäule	Agilent J&W HP-VOC GC, 30 m × 0,20 mm, 1,12 µm (Bestell-Nr. 19091R-303)
Trärgas	Helium
Analysesäulenfluss	1 ml/Min
Ofengradient	45 °C (2 Min), 50 °C/Min bis 220 °C (10 Min)
Transferleitungstemperatur	280 °C

Tabelle 4. GC/TQ-Methodenparameter.⁸

Parameter	Wert
Modell	Agilent 7010 Triple Quadrupol-GC/MS
Quellentemperatur	230 °C
Quadrupoltemperatur	150 °C
Kollisionsgasfluss	1,5 ml/Min (N ₂)
Quenchgasfluss	2,25 ml/Min (He)
Zeitgesteuerte Ereignisse	0 Min – Detektor EIN 2,95 Min – Detektor AUS 3,6 Min – Detektor EIN
MRM-Übergänge und Retentionszeiten	ETO-D4 (2,56 Min): 48 → 16 (CE 40) 48 → 30 (CE 5) ETO (2,57 Min): 44 → 29 (CE 5) 44 → 28 (CE 5) 2-CE-D4 (4,47 Min): 44 → 15 (CE 5) 6 → 33 (CE 5) 82-CE (4,48 Min): 84 → 33 (CE 5) 80 → 44 (CE 0) 80 → 31 (CE 5) 80 → 43 (CE 0)

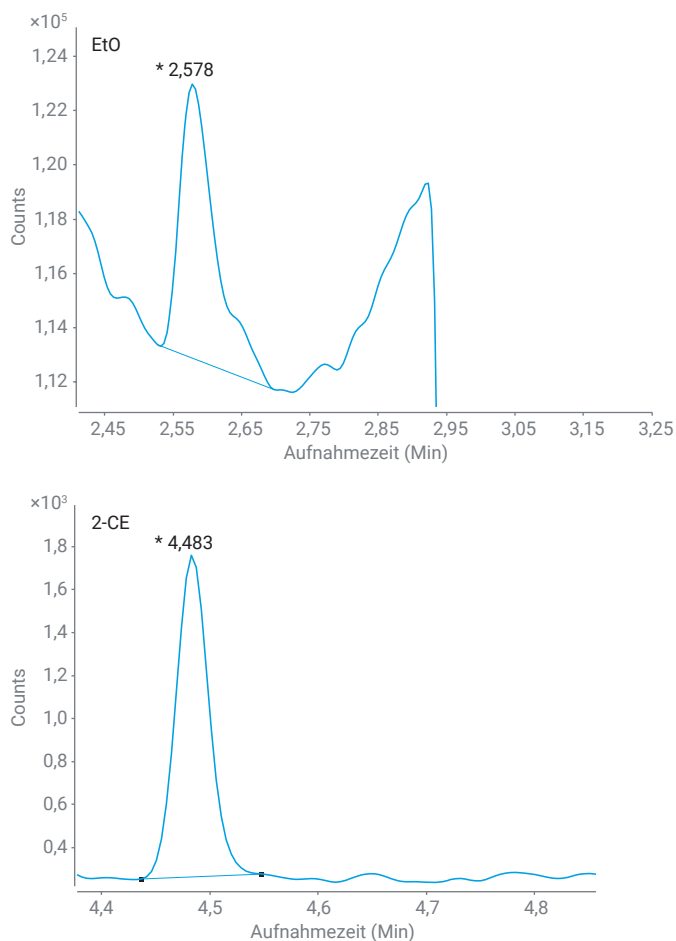


Abbildung 2. Chromatogramme für EtO (MRM-Übergang 44 → 29) bei 5 ng/ml und 2-CE (MRM-Übergang 80 → 44) bei 1 ng/ml.⁸

2. Methode zur Detektion von 2-CE

Es wurde eine genaue und robuste Methode zur Detektion von 2-CE als Marker für die Begasung von Sesamsamen mit einer LOQ von 10 ng/g entwickelt, die der von der EU festgelegten Rückstandshöchstmeng (MRL) von 50 ng/g gerecht wird. Dabei wurde der EtO-Rückstand in der Probe im Rahmen der Probenvorbereitung in 2-CE umgewandelt.⁹

Tabelle 5. Wiederfindung in der Sesamsamen-Probe mit der in Abbildung 1 beschriebenen Methode.⁹

Name der Verbindung	Zugesetzte Menge (ng/g)	Beobachtete Menge (ng/g)	Finale Menge (ng/g)	Wiederfindung (%)
Ethylenchlorhydrin	10	10,078	10,078	100,8
	50	50,036	50,036	100,1
Ethylenoxid	10	14,96	8,228	82,3

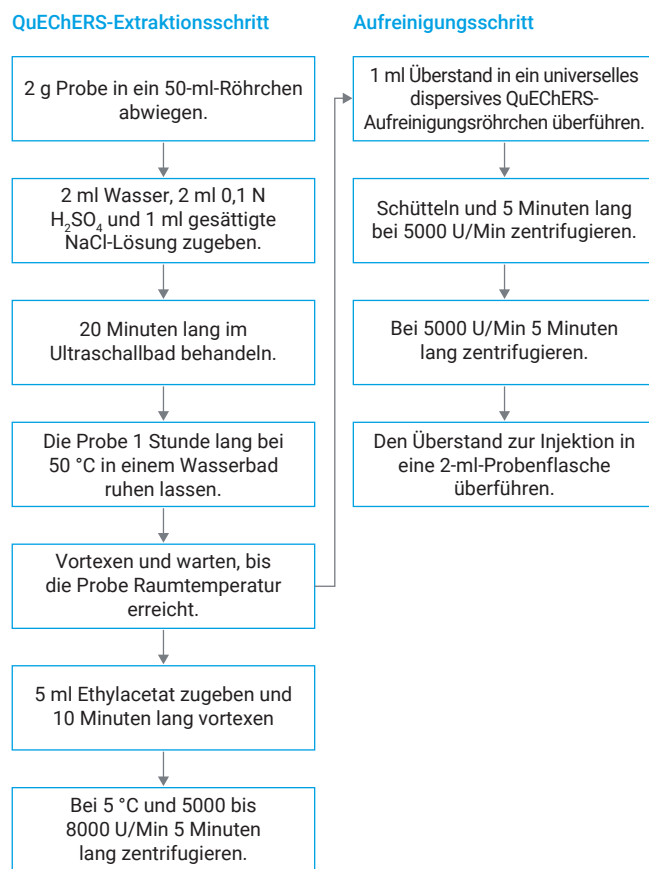


Abbildung 3. QuEChERS-Arbeitsablauf für die Extraktion und Aufreinigung von Proben.⁹

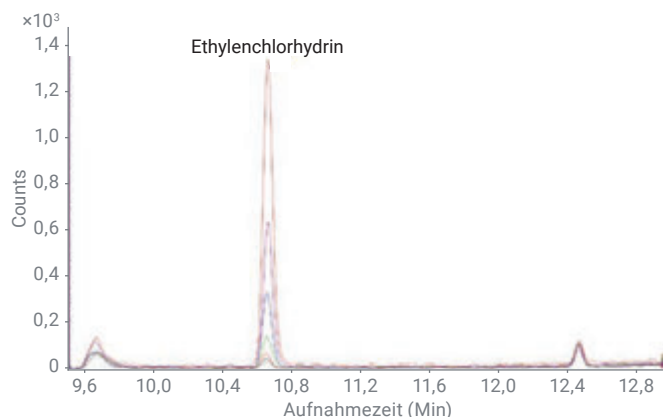


Abbildung 4. Überlagerte TIC-MRM-Darstellung verschiedener Ethylenchlorhydrin-Konzentrationen in der Matrix über den Bereich von 5 ppb bis 200 ppb unter Verwendung der in Literaturverweis 9 beschriebenen Methodenparameter.

3. Headspace-Methode zur gleichzeitigen Detektion von EtO und 2-CE

Bei dieser Methode zur gleichzeitigen Messung von EtO und 2-CE in Sesamsamen und schwarzem Pfeffer entfällt der Schritt der Probenvorbereitung vollständig, da ein Headspace-Probengeber für die Probenzuführung zum GC/MS/MS verwendet wird. Es wurde gezeigt, dass die LOQ der Methode für EtO und 2-CE in Proben von Sesamsamen und schwarzem Pfeffer bei 5 ng/g liegt.¹⁰

Tabelle 6. Headspace-Probengeber- und GC/MS/MS-Parameter.¹⁰

HS-Parameter	
Modell	Agilent CTC PAL3 Headspace-Probengeber 120 cm
Inkubationstemperatur	140 °C
Inkubationszeit	20 Min
Spritzentemperatur	150 °C
Schütteln während der Extraktion	Ja, 250 U/Min
Injektionsvolumen	2,0 ml
Injektionsflussrate	30 ml/Min
GC-Parameter	
Einlasstemperatur	250 °C
Einlass-Liner	Agilent Einlass-Liner, direkt, 1,5 mm ID (Bestell-Nr. 18740-80200)
Einlass-Septa	Agilent Einlass-Septa, 11 mm (Best.-Nr. 8010-0239)
Säule	Agilent J&W DB-VRX (Bestell-Nr. 122-1564)
Säulenfluss	1 ml/Min
Splitverhältnis	10
Temperaturprogramm	35 °C für 4 Min
Ofen	15 °C/Min auf 150 °C, 1 Min halten 40 °C/Min auf 240 °C, 7 Min halten
Transferleitungstemperatur	240 °C
Kollisionsgas	Argon, 0,5 ml/Min
Quenchgas	Helium, 2,25 ml/Min
Säulenmuttern	Agilent Säulenmuttern, selbstsichernd (Bestell-Nr. G3440-81011 und G3440-81013)
MS-Parameter	
Ionenquellentemperatur	230 °C
Q1 und Q2-Temperatur	150 °C
Solvent Delay	4,5 Min
MRM-Übergänge für ETO	44 → 29 (CE:5) 44 → 28 (CE:5) 44 → 14 (CE:20)
MRM-Übergänge für ECH	80 → 31 (CE:5) 80 → 43 (CE:5) 82 → 31 (CE:5)
Gain-Faktor	20

Literatur

- www.foodsafetynews.com/2020/09/multi-country-recalls-due-to-ethylene-oxide-in-sesame-seeds/
- www.foodqualityandsafety.com/article/eu-recalls-thousands-of-food-products-over-ethylene-oxide-concerns/
- Tateo, F.; Bononi, M. Determination of Ethylene Chlorohydrin as Marker of Spices Fumigation with Ethylene Oxide. *Journal of Food Composition and Analysis*, **2006**, *19*, 83-87.
- www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp137.pdf
- Verordnung (EU) 2015/868 der Kommission vom 26. Mai 2015 zur Änderung der Anhänge II, III und V der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Höchstgehalte an Rückständen von 2,4,5-T, Barban, Binapacryl, Bromophos-ethyl, Camphechlor (Toxaphen), Chlorbufam, Chloroxuron, Chlorzolinalat, DNOC, Diallat, Dinoseb, Dinoterb, Dioxathion, Ethylenoxid, Fentinacetat, Fentinhydroxid, Flucycloxiuron, Flucythrinat, Formothion, Mecarbam, Methacrifos, Monolinuron, Phenothrin, Propham, Pyrazophos, Chinalphos, Resmethrin, Tecnazen und Vinclozolin in oder auf bestimmten Erzeugnissen. *Off. J. Eur. Union L.*, **2015**, *145*, 1-71.
- Korean Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) - Ethylene Oxide and 2-chloroethanol Test Method in Food.
- [EURL-SRM-Analytical Observation Report: Analysis of Ethylene Oxide and its Metabolite 2-Chloroethanol by the QuOil or the QuEChERS Method and GC-MS/MS. December 2020.](#)
- Simultaneous Analysis of Ethylene Oxide and 2-Chloroethanol in Sesame Seeds and Other Food Commodities: Challenges and Solutions. [5994-4942EN](#).
- Estimation of Ethylene Oxide and Ethylene Chlorohydrin in Sesame Seeds Using Agilent 8890 GC and 7000D Triple Quadrupole MS System [5994-3805EN](#).
- Estimation of Ethylene Oxide and Ethylene Chlorohydrin in Foodstuffs by HS-GC/MS/MS. [5994-5378EN](#).

Informationen für eine einfache Auswahl und Bestellung

In diesem Leitfaden finden Sie alle Säulen und Verbrauchsmaterialien, die Sie für die Analyse von Ethylenoxid mit einem entsprechend eingerichteten System benötigen. Zur Bestellung der in den folgenden Tabellen aufgeführten Artikel im Agilent Online Store fügen Sie die gewünschten Artikel Ihrer Liste von Produktfavoriten hinzu. Klicken Sie dafür auf die MeineListe Nr.-Links in den Überschriften. Anschließend können Sie die benötigte Produktmenge eingeben, die Produkte in Ihren Warenkorb legen und zur Kasse gehen. Ihre Liste bleibt unter „Produktfavoriten“ für Sie zur Verwendung bei künftigen Bestellungen erhalten.

Wenn Sie „Produktfavoriten“ zum ersten Mal benutzen, werden Sie zur Eingabe Ihrer E-Mail-Adresse aufgefordert, um das Kundenkonto zu bestätigen. Wenn Sie bereits über ein Agilent Konto verfügen, können Sie sich einfach anmelden. Wenn Sie noch kein Agilent Konto eingerichtet haben, müssen Sie sich für eines registrieren. Diese Funktion ist nur in Regionen verfügbar, in denen E-Commerce möglich ist. Alle Artikel können auch über die üblichen Verkaufs- und Vertriebskanäle bestellt werden.

MeineListe 1: Empfohlene Verbrauchsmaterialien zur EtO:2-CE-Analyse nach [EURL_SRM⁷](#) für GC-MS/MS-Systeme mit Standardeinlass und -Injektionsport.

Beschreibung	Best.-Nr.
Probenvorbereitung	
Zentrifugenröhrchen und Deckel, 50 ml, 25 St.	5610-2049
QuEChERS Extraktionskit, Methode EN 15662, 50 St.	5982-5650
Keramik-Homogenisatoren für 50-ml-Röhrchen, 100 St.	5982-9313
QuEChERS Dispersionskit, Obst und Gemüse mit hohem Fett- und Wachsanteil, EN-Methode, 15 ml, 50 St.	5982-5156
Keramik-Homogenisatoren für 15-ml-Röhrchen, 100 St. (optional)	5982-9312
Captiva Econofilter, Polypropylen, Nylonmembran, 25 mm, 0,2 µm, 1000 St.	5190-5271
Captiva Einwegspritze, 5 ml, 100 St.	9301-6476
Säulen und Zubehör	
J&W HP-VOC GC-Säule, 30 m, 0,20 mm, 1,12 µm	19091R-303
Fused Silica-Kapillare, deaktiviert, 0,25 mm, 5 m	CP802505
Ultimate Union-Kit, deaktiviert	G3182-61580
Einlass/Nicht-MSD selbstsichernde Säulenmutter (mit Schraubfixierung)	G3440-81011
MSD selbstsichernde Säulenmutter (mit Schraubfixierung)	G3440-81013
Einlass-Zubehör	
Einlass-Liner, Ultra Inert, Split, geringer Druckabfall, Glaswolle	5190-2295
Einlass-Liner, Universal, Ultra Inert, Fritte in der Mitte, 870 µl, 4 mm, 1 St.*	5190-5105
BTO-Einlass-Septa, 11 mm, 50 St.	5183-4757
Ultra Inert-Golddichtung mit Unterlegscheibe, 10 St.	5190-6145
Spritze, Blue Line, Kolben mit PTFE-Spitze, 10 µl (feste Nadel, 23-26/42/Konus)	G4513-80203
Ferrule, ID 0,4 mm, 15 % Graphit/85 % Vespel, 10 St.	5181-3323

Beschreibung	Best.-Nr.
Probenbehälter	
Braune Schraubverschluss-Probenflaschen, 2 ml, mit Beschriftungsfeld und blauem Schraubverschluss, Septa aus PTFE/Silikon, 100 St.	5190-2280
Deckel, Schraubverschluss, blau, Septa aus PTFE/rotem Silikon, 100 St.	5182-0717
Standards	
Ethylenoxid in Methanol, 1000 µg/ml	NV-245-1
2-Chlorethanol in Methanol, 1000 µg/ml	EPA-1207-1
InfinityLab Ultrapure LC/MS Wasser	5191-4498
InfinityLab Ultrapure LC/MS Acetonitril	5191-4496
MS-Zubehör	
El-Filament (für 7000A/B/C/D, 5977B Inert Plus, 5977A Extraktor, inert oder Edelstahl und 5975 Systeme)	G7005-60061

* Liner mit Glasfritte stellen eine Alternative zu Glaswolle dar. Sie stellen die Barriere und Verflüchtigungszone bereit, ohne dass die Gefahr eines Glaswollebruchs oder einer Liner-Bewegung besteht.

MeineListe 2: Empfohlene Verbrauchsmaterialien für die EtO:2-CE-Analyse nach EURL unter Verwendung eines verbesserten GC-MS/MS-Systems mit Gerstel CIS4 mit der Option zum automatischen Liner-Austausch (ALEX) und einem gekühlten Injektionssystem und PTV-Einlass (Referenz [5994-4942](#)).

Beschreibung	Best.-Nr.
Probenvorbereitung	
Zentrifugenröhrchen und Deckel, 50 ml, 25 St.	5610-2049
QuEChERS Extraktionskit, Methode EN 15662, 50 St.	5982-5650
Keramik-Homogenisatoren für 50-ml-Röhrchen, 100 St.	5982-9313
QuEChERS Dispersionskit, Obst und Gemüse mit hohem Fett- und Wachsanteil, EN-Methode, 15 ml, 50 St.	5982-5156
Keramik-Homogenisatoren für 15-ml-Röhrchen, 100 St. (optional)	5982-9312
Captiva Econofilter, Polypropylen, Nylonmembran, 25 mm, 0,2 µm, 1000 St.	5190-5271
Captiva Einwegspritze, 5 ml, 100 St.	9301-6476
Säulen und Zubehör	
J&W HP-VOC GC-Säule, 30 m, 0,20 mm, 1,12 µm	19091R-303
Fused Silica-Kapillare, deaktiviert, 0,25 mm, 5 m	CP802505
Ultimate Union-Kit, deaktiviert	G3182-61580
Spritze, Blue Line, Kolben mit PTFE-Spitze, 10 µl (feste Nadel, 23-26/42/Konus)	G4513-80203
Probenbehälter	
Braune Schraubverschluss-Probenflaschen, 2 ml, mit Beschriftungsfeld und blauem Schraubverschluss, Septa aus PTFE/Silikon, 100 St.	5190-2280
Deckel, Schraubverschluss, blau, Septa aus PTFE/rotem Silikon, 100 St.	5182-0717
Standards	
Ethylenoxid in Methanol, 1000 µg/ml	NV-245-1
2-Chlorethanol in Methanol, 1000 µg/ml	EPA-1207-1
InfinityLab Ultrapure LC/MS Wasser	5191-4498
InfinityLab Ultrapure LC/MS Acetonitril	5191-4496
MS-Zubehör	
El-Filament (für 7000A/B/C/D, 5977B Inert Plus, 5977A Extraktor, inert oder Edelstahl und 5975 Systeme)	G7005-60061

* Hinweis: Das Gerstel CIS4 mit automatisiertem Liner-Austausch (ALEX) verwendet Liner mit Glaswolle (Gerstel Bestell-Nr. 010850-010-00).

MeineListe 3: Empfohlene Verbrauchsmaterialien für die Analyse von 2-CE als Marker für die EtO-Begasung (Referenz 5994-3805).

Beschreibung	Best.-Nr.
Probenvorbereitung	
Zentrifugenröhrchen und Deckel, 50 ml, 25 St.	5610-2049
QuEChERS Dispersionskit, Universal, 2 ml, 100 St.	5982-0028
Säulen und Zubehör	
Agilent VF-624ms, 60 m x 0,25 mm x 1,4 µm	CP9103
Fused Silica-Kapillare, deaktiviert, 0,25 mm, 5 m	CP802505
Ultimate Union-Kit, deaktiviert	G3182-61580
Einlass/Nicht-MSD selbstsichernde Säulenmutter (mit Schraubfixierung)	G3440-81011
MSD selbstsichernde Säulenmutter (mit Schraubfixierung)	G3440-81013
Einlass-Zubehör	
Einlass-Liner, Ultra Inert, einseitig konischer Splitless-Liner, Glaswolle, 1 St.	5190-2293
Splitless, UI, Liner mit Fritte, unten, 870 µl, 4 mm, 1 St.*	5190-5112
BTO-Einlass-Septa, 11 mm, 50 St.	5183-4757
Ultra Inert-Golddichtung mit Unterlegscheibe, 10 St.	5190-6145
Spritze, Blue Line, Kolben mit PTFE-Spitze, 10 µl (feste Nadel, 23-26/42/Konus)	G4513-80203
Ferrule, ID 0,4 mm, 15 % Graphit/85 % Vespel, 10 St.	5181-3323
Probenbehälter	
Braune Schraubverschluss-Probenflaschen, 2 ml, mit Beschriftungsfeld und blauem Schraubverschluss, Septa aus PTFE/Silikon, 100 St.	5190-2280
Deckel, Schraubverschluss, blau, Septa aus PTFE/rotem Silikon, 100 St.	5182-0717
Standards	
Ethylenoxid in Methanol, 1000 µg/ml	NV-245-1
2-Chlorethanol in Methanol, 1000 µg/ml	EPA-1207-1
InfinityLab Ultrapure LC/MS Wasser	5191-4498
MS-Zubehör	
El-Filament (für 7000A/B/C/D, 5977B Inert Plus, 5977A Extraktor, inert oder Edelstahl und 5975 Systeme)	G7005-60061

* Liner mit Glasfritte stellen eine Alternative zu Glaswolle dar. Sie stellen die Barriere und Verflüchtigungszone bereit, ohne dass die Gefahr eines Glaswollebruchs oder einer Liner-Bewegung besteht.

MeineListe 4: Empfohlene Verbrauchsmaterialien für die EtO:2CE-Analyse mittels GC-MS/MS mit Headspace-Probengeber (Referenz: 5994-5378).

Beschreibung	Best.-Nr.
Säulen und Zubehör	
Agilent J&W DB-VRX, 60 m, 0,25 mm, 1,40 µm	122-1564
Einlass/Nicht-MSD selbstsichernde Säulenmutter (mit Schraubfixierung)	G3440-81011
MSD selbstsichernde Säulenmutter (mit Schraubfixierung)	G3440-81013
Einlass-Zubehör	
Agilent Einlass-Liner, direkt, 1,5 mm ID für Gasproben, Headspace	18740-80200
Agilent Einlass-Septa, 11 mm, nicht klebend, lange Lebensdauer, 50 St.	8010-0239
Ferrule, ID 0,4 mm, 15 % Graphit/85 % Vespel, 10 St.	5181-3323
Ultra Inert-Golddichtung mit Unterlegscheibe, 10 St.	5190-6145
Probenbehälter	
Probenflasche, Bördelverschluss, Headspace, braun, flacher Boden, zertifiziert, 20 ml, 23 x 75 mm, 100 St., Probenflaschengröße: 22,75 x 75 mm (20-mm-Deckel)	5067-0226

Beschreibung	Best.-Nr.
Deckel, Bördelverschluss, Headspace, Aluminium, Septa aus PTFE/Silikon, 20 mm, 100 St., Deckelgröße: 20 mm	5183-4477
Standards	
Ethylenoxid in Methanol, 1000 µg/ml	NV-245-1
2-Chlorethanol in Methanol, 1000 µg/ml	EPA-1207-1
InfinityLab Ultrapure LC/MS Wasser	5191-4498
Headspace-Spritze	
Agilent Spritze für CTC-Headspace, PAL3-Typ, 2,5 ml, Kolben mit PTFE-Spitze, 23/56/Seitenöffnung	G7378-80101
MS-Zubehör	
El-Filament (für 7000A/B/C/D, 5977B Inert Plus, 5977A Extraktor, inert oder Edelstahl und 5975 Systeme)	G7005-60061

MeineListe 5: Empfohlene Verbrauchsmaterialien für die 2BE:2CE-Analyse gemäß dem koreanischen MFDS.⁶

Beschreibung	Best.-Nr.
Säulen und Zubehör	
Zentrifugenröhrchen und Deckel, 50 ml, 25 St.	5610-2049
QuEChERS-Extraktionssalzpakete, ohne Zentrifugenröhrchen, 50 St.	5982-6650
QuEChERS Dispersionskit, 2 ml, 100 St.	5982-5121
Keramik-Homogenisatoren für 50-ml-Röhrchen, 100 St.	5982-9313
Captiva Econofilter, Polypropylen, Nylonmembran, 25 mm, 0,2 µm, 1000 St.	5190-5271
Captiva Einwegspritze, 5 ml, 100 St.	9301-6476
Säulen und Zubehör	
Agilent J&W DB-WAX UI-Säule, 30 m, 0,25 mm, 0,5 µm	122-7033UI
Einlass/Nicht-MSD selbstsichernde Säulenmutter (mit Schraubfixierung)	G3440-81011
MSD selbstsichernde Säulenmutter (mit Schraubfixierung)	G3440-81013
Einlass-Zubehör	
Einlass-Liner, Ultra Inert, Split, geringer Druckabfall, Glaswolle, 1 St.	5190-2295
Einlass-Liner, Universal, Ultra Inert, Fritte in der Mitte, 870 µl, 4 mm, 1 St.*	5190-5105
BTO-Einlass-Septa, 11 mm, 50 St.	5183-4757
Ultra Inert-Golddichtung mit Unterlegscheibe, 10 St.	5190-6145
Spritze, Blue Line, Kolben mit PTFE-Spitze, 10 µl (feste Nadel, 23-26/42/Konus)	G4513-80203
Ferrule, ID 0,4 mm, 15 % Graphit/85 % Vespel, 10 St.	5181-3323
Probenbehälter	
Braune Schraubverschluss-Probenflaschen, 2 ml, mit Beschriftungsfeld und blauem Schraubverschluss, Septa aus PTFE/Silikon, 100 St.	5190-2280
Deckel, Schraubverschluss, blau, Septa aus PTFE/rotem Silikon, 100 St.	5182-0717
Standards	
Ethylenoxid in Methanol, 1000 µg/ml	NV-245-1
2-Chlorethanol in Methanol, 1000 µg/ml	EPA-1207-1
InfinityLab Ultrapure LC/MS Wasser	5191-4498
InfinityLab Ultrapure LC/MS Acetonitril	5191-4496
MS-Zubehör	
El-Filament (für 7000A/B/C/D, 5977B Inert Plus, 5977A Extraktor, inert oder Edelstahl und 5975 Systeme)	G7005-60061

* Liner mit Glasfritte stellen eine Alternative zu Glaswolle dar. Sie stellen die Barriere und Verflüchtigungszone bereit, ohne dass die Gefahr eines Glaswollebruchs oder einer Liner-Bewegung besteht.

Agilent CrossLab: Echte Erkenntnisse, echte Ergebnisse

Agilent CrossLab geht über die Geräte hinaus und bietet Ihnen Services, Verbrauchsmaterialien und laborweites Ressourcenmanagement. Damit kann Ihr Labor die Effizienz steigern, den Betrieb optimieren, die Betriebszeit der Geräte erhöhen, die Anwenderfähigkeiten verbessern und mehr.

Erfahren Sie mehr über Agilent CrossLab und sehen Sie sich an, wie Erkenntnisse zu optimalen Ergebnissen führen: www.agilent.com/crosslab

Deutschland

0800-603 1000

CustomerCare_Germany@agilent.com

Europa

info_agilent@agilent.com

Asien und Pazifik

inquiry_lsca@agilent.com

RA44644.6676967593

Änderungen vorbehalten.

© Agilent Technologies, Inc. 2023
Veröffentlicht in den USA, 6. März 2023
5994-4775DEE