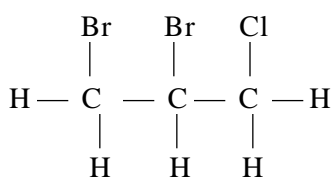


BARBARA ROMANOWICZ  
JAN P. GROMIEC  
Instytut Medycyny Pracy  
im. prof. dr. med. Jerzego Nofera  
91-348 Łódź  
ul. św. Teresy od Dzieciątka Jezus 8

# 1,2-Dibromo-3-chloropropan

## – metoda oznaczania I

Numer CAS: 96-12-8



**Słowa kluczowe:** 1,2-dibromo-3-chloropropan, substancje rakotwórcze, analiza powietrza, stanowisko pracy, chromatografia gazowa.

**Key words:** 1,2-dibromo-3-chloropropane, cancerogenic substances, air analysis, workplace, gas chromatography

Metodę stosuje się do oznaczania stężeń 1,2-dibromo-3-chloropropanu w powietrzu na stanowiskach pracy.

Metoda polega na adsorpcji par 1,2-dibromo-3-chloropropanu na Tenaxie GR (lub Tenaxie GC), desorpcji toluenem i analizie otrzymanego roztworu za pomocą chromatografii gazowej z detekcją wychwyty elektronów.

Oznaczalność metody wynosi 0,001 mg/m<sup>3</sup>.

### UWAGI WSTĘPNE

Najważniejsze właściwości fizykochemiczne 1,2-dibromo-3-chloropropanu (dibromo-chloropropan, 3-chloro-1,2-dibromopropan, 1-chloro-2,3-dibromopropan, DBCP, BBCP):

– wzór chemiczny	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Br <sub>2</sub> Cl
– masa cząsteczkowa	236,4
– temperatura wrzenia	196 °C (rozkład)
– temperatura topnienia	6,7 °C
– temperatura zapłonu	77 °C (metoda tygła otwartego)
– gęstość względna	2,1 (w temp. 20 °C, woda = 1)
– gęstość względna par	8,2 (powietrze = 1)
– gęstość względna mieszaniny par z powietrzem w temperaturze 20 °C	1,01 (powietrze = 1)
– prężność par	0,1 kPa (w temp. 20 °C)

– próg wyczuwalności zapachu	0,097 ÷ 0,29 mg/m <sup>3</sup>
– współczynnik podziału oktanol-woda	2,96
– klasyfikacja i oznakowanie:	T – substancja toksyczna; R25 – działa toksycznie w przypadku spożycia; R45 – może spowodować raka; R46 – może spowodować dziedziczne uszkodzenia genetyczne; R48/20/22 – działa szkodliwie w przypadku narażenia drogą oddechową i po spożyciu, stwarza poważne zagrożenie dla zdrowia w następstwie narażenia długotrwałego.

1,2-Dibromo-3-chloropropan (DBCP) należy do grupy chlorowcopochodnych nasyconych węglowodorów alifatycznych. Jest otrzymywany w wyniku reakcji addycji bromu do chlorku allilu. Chemicznie czysty 1,2-dibromo-3-chloropropan jest bezbarwną cieczą o nieprzyjemnym zapachu. Techniczny DBCP ma kolor od bursztynowego do ciemnobrązowego. Jest substancją palną, pary 1,2-dibromo-3-chloropropanu są cięższe od powietrza. Podczas ogrzewania do temperatury wrzenia 1,2-dibromo-3-chloropropan ulega rozkładowi z wydzieleniem: bromowodoru, chlorowodoru i tlenku węgla. Jest słabo rozpuszczalny w wodzie, natomiast dobrze rozpuszcza się w: węglowodorach alifatycznych i aromatycznych, dichloropropanie, acetonie, alkoholach oraz olejach. Jest stabilny w środowisku obojętnym lub kwaśnym, natomiast w środowisku alkalicznym ulega hydrolizie do alkoholu 2-bromoallilowego. W obecności wody reaguje z: glinem, magnezem, cyną oraz stopami wymienionych metali. Może niszczyć niektóre rodzaje gumy i powłok ochronnych.

Narażenie zawodowe na 1,2-dibromo-3-chloropropan może mieć miejsce podczas jego produkcji oraz podczas stosowania związku jako półproduktu w syntezie organicznej, m.in. do produkcji środków zmniejszających palność. W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych DBCP był powszechnie stosowany w rolnictwie jako pestycyd, nematocyd (środek nicieniobójczy) i fumigant (środek do oddymiania gleby). Pod koniec lat siedemdziesiątych w wielu państwach wprowadzono całkowity zakaz stosowania tego związku; w Polsce zaden z obecnie dopuszczonych do obrotu i stosowania środków ochrony roślin nie zawiera 1,2-dibromo-3-chloropropanu.

W Polsce nie ustalono wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) 1,2-dibromo-3-chloropropanu w powietrzu na stanowiskach pracy, natomiast zgodnie z rozporządzeniem ministra zdrowia z dnia 1 grudnia 2004 r. w sprawie substancji, preparatów, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w środowisku pracy (DzU nr 280, poz. 2771) substancja ta została sklasyfikowana jako:

- substancja rakotwórcza kategorii 2
- substancja mutagenna kategorii 2.

## **PROCEDURA ANALITYCZNA – I**

### **1. Zakres metody**

Metodę stosuje się do oznaczania zawartości par 1,2-dibromo-3-chloropropanu w powietrzu na stanowiskach pracy.

Najmniejsze stężenie 1,2-dibromo-3-chloropropanu, jakie można oznaczyć w warunkach pobierania próbek powietrza i wykonania oznaczania opisanych w metodzie, wynosi 0,001 mg/m<sup>3</sup>.

### **2. Norma powołana**

PN-Z-04008-7:2002 Ochrona czystości powietrza – Pobieranie próbek – Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników wraz z późniejszą zmianą – normą PN-Z-04008-7:2002 /Az1:2004.

### **3. Zasada metody**

Metoda polega na adsorpcji par 1,2-dibromo-3-chloropropanu na sorbencie Tenax GR (lub Tenax GC), desorpcji związku toluenem i analizie otrzymanego roztworu za pomocą chromatografii gazowej z detekcją wychwytu elektronów.

### **4. Wytyczne ogólne**

#### **4.1. Czystość odczynników**

Do analizy należy stosować odczynniki i substancje wzorcowe o stopniu czystości co najmniej cz.d.a., o ile nie zaznaczono inaczej.

#### **4.2. Dokładność ważenia**

Substancje stosowane w analizie należy ważyć z dokładnością do 0,0002 g.

#### **4.3. Postępowanie z substancjami toksycznymi**

Wszystkie czynności, podczas których używa się substancji wzorcowych, należy wykonywać pod sprawnie działającym wyciągiem laboratoryjnym.

Zużyte roztwory i odczynniki należy gromadzić w przeznaczonych do tego celu pojemnikach i przekazywać do zakładów zajmujących się unieszkodliwianiem.

### **5. Odczynniki, roztwory i materiały**

#### **5.1. 1,2-Dibromo-3-chloropropan $\geq$ 97-procentowy**

Stosować 1,2-dibromo-3-chloropropan  $\geq$  97-procentowy według punktu 4.1.

#### **5.2. Toluen**

Stosować toluen według punktu 4.1.

#### **5.3. Roztwór wzorcowy podstawowy 1,2-dibromo-3-chloropropanu**

Kolbę pomiarową o pojemności 10 ml zważyć, dodać 4,8  $\mu$ l (około 10 mg) 1,2-dibromo-3-chloropropanu i ponownie zważyć w celu określenia rzeczywistej ilości wzorca. Kolbę dopełnić do kreski toluenem i zawartość wymieszać. Obliczyć zawartość 1,2-dibromo-3-chloropropanu w 1 ml roztworu.

#### 5.4. Roztwór wzorcowy pośredni 1,2-dibromo-3-chloropropanu

Do kolby pomiarowej o pojemności 10 ml odmierzyć taką objętość roztworu wzorcowego podstawowego wg punktu 5.3., aby po dopełnieniu do kreski toluenem roztwór zawierał 10 µg 1,2-dibromo-3-chloropropanu w 1 ml.

Roztwory 1,2-dibromo-3-chloropropanu – wzorcowy podstawowy i wzorcowy pośredni, przechowywane w chłodziarce i szczelnie zamknięte, zachowują trwałość przez 14 dni.

#### 5.5. Roztwory wzorcowe robocze 1,2-dibromo-3-chloropropanu

Do siedmiu naczynek wg punktu 6.6. odmierzyć, w mikrolitrach: 1; 2; 5; 8; 10; 15 i 20 roztworu wzorcowego pośredniego wg punktu 5.4., dopełnić toluenem do 1 ml i wymieszać. Zawartości 1,2-dibromo-3-chloropropanu w 1 ml tak przygotowanych roztworów wynoszą w mikrogramach: 0,01; 0,02; 0,05; 0,08; 0,1; 0,15 i 0,2 co odpowiada stężeniom związku w zakresie:  $0,001 \div 0,02$  mg w  $1 \text{ m}^3$  powietrza przy pobieraniu próbek powietrza według punktu 8. i wykonaniu oznaczania według punktu 11.

Roztwory wzorcowe wg punktu 5.5. są nietrwałe i należy przygotowywać je w dniu wykonywania oznaczania.

#### 5.6. Tenax GR (lub Tenax GC)

Stosować Tenax GR (lub Tenax GC) o uziarnieniu 35/60 mesh, firmy Alltech. Bezpośrednio przed napełnieniem rurek pochłaniających Tenax GR (lub Tenax GC) należy wygrzewać przez 2 h, w temperaturze około 200 °C. Używaną partię sorbentu należy zbadać chromatograficznie czy nie zawiera substancji przeszkadzających w oznaczaniu oraz wyznaczyć współczynnik desorpcji 1,2-dibromo-3-chloropropanu zgodnie z punktem 12.

#### 5.7. Włókno szklane

Włókno szklane należy pociąć na kawałki o długości około 0,5 cm, dwukrotnie przemyć etanolem i wysuszyć. Tak przygotowane włókno szklane przechowywać w szczelnie zamkniętym naczyniu.

#### 5.8. Gazy sprężone do chromatografu

Stosować hel jako gaz nośny, azot jako gaz uzupełniający do detektora o czystości zgodnej z instrukcją do aparatu.

## 6. Przyrządy pomiarowe i sprzęt pomocniczy

### 6.1. Chromatograf gazowy

Stosować chromatograf gazowy z detektorem wychwyty elektronów (ECD) wyposażony w integrator elektroniczny lub komputer z programem sterowania i zbierania danych.

### 6.2. Kolumna chromatograficzna

Stosować kolumnę chromatograficzną zapewniającą rozdział 1,2-dibromo-3-chloropropanu od innych, występujących jednocześnie w badanym powietrzu substancji, np. kolumnę kapilarną wypełnioną niepolarną fazą stacjonarną ((5%-Phenyl)-metylsilicone), o długości 30 m, średnicy wewnętrznej 0,53 mm i grubości filmu 1,8 µm.

### 6.3. Kolby

Stosować kolby szklane pomiarowe o pojemności 10 ml.

### 6.4. Mikrostrzykawki

Stosować mikrostrzykawki szklane z igłami do cieczy, o pojemności: 10; 100 i 1000 µl.

### 6.5. Pompa

Stosować pompę ssącą, umożliwiającą pobranie powietrza w strefie oddychania pracownika, ze stałym strumieniem objętości według punktu 8.

#### 6.6. Naczynka

Stosować naczynka szklane, kapslowane lub zakręcane, z uszczelkami z gumy silikonowej pokrytej folią teflonową, umożliwiające pobieranie zawartości mikrostrzykawką bez otwierania naczynka i mieszczące 100 mg sorbentu wg punktu 5.6. oraz 1 ml toluenu.

#### 6.7. Rurki pochłaniające

Stosować rurki szklane o średnicy wewnętrznej 4 mm i długości około 70 mm z przewężeniem w jednym końcu i zamykane kapturkami z tworzywa sztucznego, np.: polietylenu czy poli(chlorku winylu), przygotowane według punktu 7.

### 7. Przygotowanie rurek pochłaniających

W rurce pochłaniającej wg punktu 6.7. od strony przewężenia umieścić przegródkę z włókna szklanego wg punktu 5.7., wsypać Tenax GR (lub Tenax GC) wg punktu 5.6. w taki sposób, aby utworzył dwie warstwy – krótszą zawierającą 50 mg i dłuższą zawierającą 100 mg sorbentu, rozdzielone i ograniczone włóknem szklanym wg punktu 5.7. Natychmiast po napełnieniu rurkę zamknąć kapturkami. Można stosować dostępne w handlu rurki równoważne.

### 8. Pobieranie próbek powietrza

Podczas pobierania próbek powietrza należy stosować się do wymagań zawartych w normie PN-Z-04008-7:2002 (wraz z późniejszą zmianą PN-Z-04008-7:2002 /Az1:2004).

W miejscu pobierania próbek zdjąć kapturki z rurki pochłaniającej, umocować rurkę w pozycji pionowej i połączyć z urządzeniem zasysającym od strony krótszej warstwy sorbentu. Przez rurkę pochłaniającą przepuścić do 10 l badanego powietrza przy przepływie nie większym niż 15 l/h.

Pobrane próbki zabezpieczone kapturkami i przechowywane w chłodziarce są trwałe przez dwa tygodnie.

### 9. Warunki pracy chromatografu

Należy dobrać takie warunki pracy chromatografu, aby uzyskać rozdział 1,2-dibromo-3-chloropropanu od substancji współwystępujących. W przypadku stosowania kolumny kapilarnej wg punktu 6.2., oznaczanie można wykonać w następujących warunkach:

- temperatura dozownika 170 °C
- praca komory nastrzykowej bez dzielenia próbki (*splitless*)
- temperatura kolumny programowana  
100 °C (0,8 min) → przyrost 15 °C /min → 210 °C (2 min)
- gaz nośny hel
- gaz pomocniczy azot
- temperatura detektora 250 °C
- strumień objętości gazu nośnego przez kolumnę 5 ml/min
- strumień objętości gazu uzupełniającego 60 ml/min.

Nową kolumnę należy kondycjonować w strumieniu gazu nośnego w temperaturze 250 °C do otrzymania prawidłowej linii zerowej.

## 10. Sporządzanie krzywej wzorcowej

Do chromatografu wprowadzić za pomocą mikrostrzykawki wg punktu 6.4. po 2  $\mu\text{l}$  roztworów roboczych wg punktu 5.5. i analizować chromatograficznie w warunkach podanych w punkcie 9.

Przed pobraniem kolejnych roztworów, strzykawkę należy kilkakrotnie przepłukać analizowanym roztworem. Dla każdego roztworu wykonać co najmniej dwa oznaczenia, odczytać powierzchnie pików według wskazań integratora i obliczyć średnią arytmetyczną dla każdego roztworu. Różnica między wynikami pomiarów a wartością średnią nie powinna być większa niż 5% tej wartości. Następnie sporządzić krzywą wzorcową, odkładając na osi odciętych logarytmy naturalne liczbowej zawartości 1,2-dibromo-3-chloropropanu w 1 ml roztworów wzorcowych, a na osi rzędnych – odpowiadające im logarytmy naturalne średnich powierzchni pików. Dopuszcza się korzystanie z automatycznego wzorcowania i komputerowej stacji akwizycji danych do otrzymania krzywej wzorcowej zależności liniowej zgodnej z równaniem kwadratowym.

## 11. Wykonanie oznaczania

Po pobraniu próbki powietrza w warunkach podanych w punkcie 8., przesypać oddzielnie każdą warstwę sorbentu z rurki pochłaniającej do naczynek wg punktu 6.6. Następnie dodać po 1 ml toluenu, naczynka szczelnie zamknąć i pozostawić na 60 min, wstrząsając ich zawartość co pewien czas. Pobrać 2  $\mu\text{l}$  roztworu znad dłuższej warstwy sorbentu i analizować chromatograficznie w warunkach podanych w punkcie 9. Oznaczenie z każdego roztworu wykonać co najmniej dwukrotnie. Odczytać powierzchnie pików według wskazań integratora i obliczyć wartość średnią. Różnica między wynikami pomiarów a wartością średnią nie powinna być większa niż 5% tej wartości. Zlogarytmowaną zawartość 1,2-dibromo-3-chloropropanu w próbce odczytać z wykresu krzywej wzorcowej i wyliczyć zamieniając  $\ln$  (delogarytmując). W taki sam sposób analizować roztwory znad krótszej warstwy sorbentu. Masa substancji oznaczona w krótszej warstwie nie powinna przekraczać 10% ilości oznaczonej w dłuższej warstwie. W przeciwnym razie wynik należy traktować jako orientacyjny.

## 12. Wyznaczanie współczynnika desorpcji

Do pięciu naczynek wg punktu 6.6. wsypać Tenax GR (lub Tenax GC) wg punktu 5.6. w ilości odpowiadającej dłuższej warstwie w rurce pochłaniającej i dodać mikrostrzykawką po 10  $\mu\text{l}$  roztworu wzorcowego pośredniego 1,2-dibromo-3-chloropropanu wg punktu 5.4. Naczynka szczelnie zamknąć i pozostawić do następnego dnia. Następnie do naczynek dodać po 1 ml toluenu i dalej postępować jak z próbkami badanymi w warunkach podanych w punkcie 11. Jednocześnie wykonać oznaczenie co najmniej dwóch roztworów porównawczych, przygotowanych przez wprowadzenie 10  $\mu\text{l}$  roztworu wzorcowego pośredniego wg punktu 5.4. do 1 ml toluenu oraz próbkę kontrolną zawierającą 100 mg stosowanego sorbentu i 1 ml toluenu. Współczynnik desorpcji dla 1,2-dibromo-3-chloropropanu ( $d$ ) obliczyć na podstawie wzoru:

$$d = \frac{P_d - P_o}{P_p},$$

w którym:

- $P_d$  – średnia powierzchnia pików 1,2-dibromo-3-chloropropanu z chromatogramów roztworów po desorpcji
- $P_o$  – średnia powierzchnia pików 1,2-dibromo-3-chloropropanu z chromatogramów roztworów kontrolnych
- $P_p$  – średnia powierzchnia pików 1,2-dibromo-3-chloropropanu z chromatogramów roztworu porównawczego.

Następnie obliczyć średnią arytmetyczną wartość współczynnika desorpcji dla oznaczanej substancji ( $\bar{d}$ ) jako średnią arytmetyczną otrzymanych wartości  $d$ . Współczynnik desorpcji należy zawsze oznaczać dla nowej partii sorbentu.

### 13. Obliczanie wyniku oznaczania

Stężenie 1,2-dibromo-3-chloropropanu ( $X$ ) w badanym powietrzu obliczyć w miligramach na metr sześcienny, na podstawie wzoru:

$$X = \frac{(m_1 + m_2)}{V \cdot \bar{d}},$$

w którym:

- $m_1$  – masa 1,2-dibromo-3-chloropropanu w roztworze znad dłuższej warstwy sorbentu, wyznaczona po przekształceniu logarytmu naturalnego tej wartości, odczytanego z krzywej wzorcowej, w miligramach
- $m_2$  – masa 1,2-dibromo-3-chloropropanu w roztworze znad krótszej warstwy sorbentu wyznaczona po przekształceniu logarytmu naturalnego tej wartości, odczytanego z krzywej wzorcowej, w miligramach
- $V$  – objętość powietrza przepuszczonego przez rurkę pochłaniającą, w litrach
- $\bar{d}$  – średnia wartość współczynnika desorpcji 1,2-dibromo-3-chloropropanu oznaczona według punktu 12.

### INFORMACJE DODATKOWE

Badania wykonano, stosując chromatograf gazowy Hewlett-Packard HP 5890 seria II, wyposażony w detektor wychwyty elektronów (ECD) i kolumnę kapilarną (HP-5, 30 m · 0,53 mm) wypełnioną niepolarną fazą stacjonarną (5%-Phenyl)-methylsilicone (grubość filmu 1,8  $\mu\text{m}$ ).

Na podstawie przeprowadzonych badań uzyskano dla 1,2-dibromo-3-chloropropanu następujące dane walidacyjne:

- |  |   |
|--|---|
| – zakres pomiarowy   | 0,01 ÷ 0,2 $\mu\text{g/ml}$ i 0,001 ÷ 0,02 $\text{mg/m}^3$<br>dla próbki powietrza objętości 10 l |
| – granica wykrywalności, $X_{gw}$  | 0,0011 $\mu\text{g/ml}$   |
| – granica oznaczania ilościowego, $X_{ozn}$                                | 0,0037 $\mu\text{g/ml}$   |
| – współczynnik korelacji charakteryzujący liniowość krzywej wzorcowej, $r$ | 0,9994  |
| – całkowita precyzja badania, $V_c$  | 5,18%   |
| – niepewność całkowita metody  | 12,16%.   |

*BARBARA ROMANOWICZ, JAN P. GROMIEC*

**1,2-Dibromo-3-chloropropane – determination method I**

**A b s t r a k t**

The method is based on the adsorption of 1,2-dibromo-3-chloropropane vapours on Tenax GR (or Tenax GC). Samples are desorbed with toluene and analyzed by gas chromatography with an electron capture detector (GC-ECD).

The determination limit of the method is 0.001 mg/m<sup>3</sup>.