

[Akceptuję](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)
[.net](#)
[Innowacje](#)
[Nauka](#)
[Technologie](#)



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

Oznaczanie rtęci w produktach spożywczych

Rtęć zaliczana jest do jednego z bardziej toksycznych pierwiastków. Wśród wszystkich metali ciężkich wykazuje największą lotność oraz podatność do przechodzenia przemian chemicznych. Jej toksyczne działanie związane jest głównie ze zdolnością do kumulacji w środowisku przyrodniczym [9]. Zanieczyszczenie żywności związkami rtęci w dużej mierze spowodowane jest działalnością gospodarczą człowieka. Metal ten stosowany jest w wielu gałęziach przemysłu, co automatycznie przyczynia się do jego emisji i gromadzenia w środowisku [15].

Rtęć w postaci pierwiastkowej występuje jako srebrno zabarwiony metal, o gęstej konsystencji w temperaturze pokojowej. W wyniku reakcji chemicznych związków ten może łączyć się z innymi metalami, tworząc związki organiczne i nieorganiczne (związki zawierające i nie zawierające węgla). Metal ten występuje w przyrodzie naturalnie, jest również używany do syntetycznych procesów. Do powietrza rtęć emitowana jest głównie ze źródeł przemysłowych [11]. Istnieją 3 główne formy rtęci:

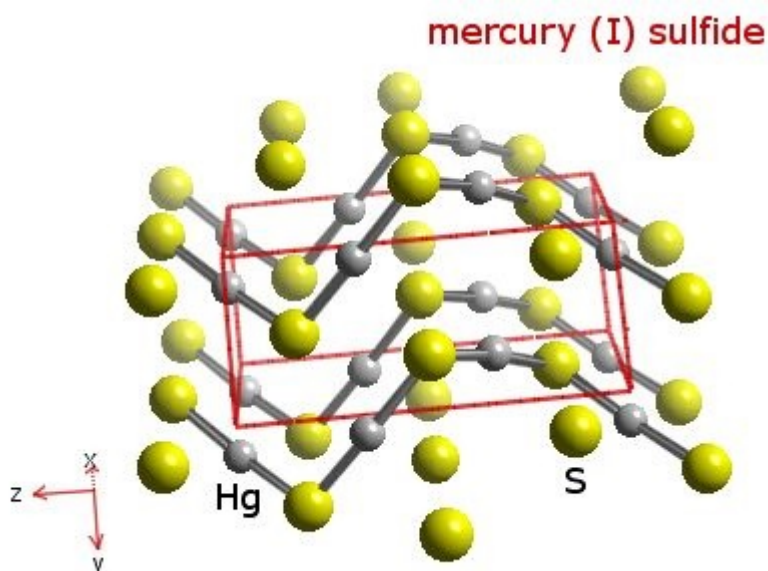
1. Rtęć metaliczna (głównie metylortęć, która znaleziona została w niektórych pokarmach np. w rybach). Metylo rtęć wykazuje bardzo silne właściwości toksyczne i charakteryzuje się dużą łatwością wnikania do organizmu).
2. Nie pierwiastkowa forma rtęci nieorganicznej (znaleziona głównie w bateriach niektórych środkach dezynfekujących, niektórych środkach medycznych i kremach).
3. Rtęć pierwiastkowa (występująca w termometrach, świetłówkach, dentystycznych wypełnieniach amalgamatowych i innych) [11].

Główne źródło rtęci w przyrodzie stanowi cynober czyli siarczek rtęci (II). Związki rtęci spotykane są w łupkach węglowych, bitumicznych i w zasadowych skałach krystalicznych. W wyniku wybuchów wulkanów oraz przemian zachodzących w powierzchniowych warstwach skorupy ziemskiej, rtęć uwalniana jest do środowiska. Wśród największych zanieczyszczeń wymienia się jej wydobycie (25 000 - 150 000 ton rocznie), gdyż rtęć i jej związki stosowane są w różnych gałęziach przemysłu oraz w rolnictwie. Z całej wydobywanej ilości około 70% rtęci ulega rozproszeniu w środowisku [1].

Zatrucia i ekspozycja na rtęć

Do organizmu człowieka rtęć dostaje się głównie przez pożywienie oraz przez powietrze. Rtęć metaliczna praktycznie nie jest wchłaniana z przewodu pokarmowego, zaś jej pary z łatwością wnikają przez drogi oddechowe. Po wchłonięciu rtęć częściowo utleniana jest przy udziale katalazy erytrocytów do $Hg(II)$. Pozostała jej część transportowana jest przez krew, następnie przenika przez barierę mózgowo-rdzeniową i barierę łożyska, co umożliwia jej kumulowanie się w mózgu, nerkach, płodzie oraz innych tkankach w organizmie. Ostre zatrucia rtęcią (zdarzające się mimo wszystko bardzo rzadko) prowadzą do zgonu w wyniku niewydolności układu oddechowego. U osób narażonych rozwija się zapalenie oskrzeli, oskrzelików, a także zapalenie płuc. Przewlekła ekspozycja na ten związek prowadzi, z kolei do osłabienia, bólów głowy, zaburzeń żołądkowo-jelitowych, obrzęków i krwawień z dziąseł, co spowodowane jest stanem zapalnym jamy ustnej. Głównym objawem zapalenia jamy ustnej jest pojawienie się odkładania złogów HgS wokół dziąseł - w postaci niebiesko-fioletowego rąbka. Dodatkowo, występują objawy ze strony ośrodkowego układu nerwowego (np. zaburzenia snu, upośledzenie koncentracji, zaburzenia pamięci) [1], [9].

Rtęć wykazuje właściwości toksyczne zarówno jako pary rtęci (forma metaliczna), jak i w postaci soli rtęciowych i rtęciawych. Rtęć otrzymuje się w wyniku prażenia w wysokiej temperaturze (sięgającej rzędu 500 - 600°C) związku zwanego cynobrem. Cynober zaliczany jest do bardzo rzadkich minerałów należących do grupy siarczków [3]. Jak już wspomniano, rtęć jest neurotoksyczna i może wpływać na wiele obszarów mózgu. Jednakże nie wszystkie formy rtęci mają właściwości toksyczne. Neurotoksyczne działanie przypisuje się głównie metylortęci [11].



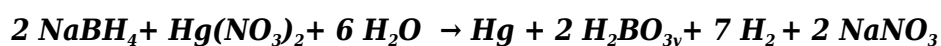
Zdjęcie: Struktura HgS, http://www.webelements.com/compounds/mercury/mercury_sulphide.html

Analiza par rtęci z powietrza laboratoryjnego

Metoda oznaczania par rtęci opiera się na przepuszczeniu znanej objętości badanego powietrza przez kwaśny roztwór miedmanganianu potasu, co ma na celu pochłonięcie par rtęci. W trakcie oznaczenia zachodzi następująca reakcja:



Otrzymany w wyniku reakcji roztwór rtęci wprowadza się następnie do naczynia reakcyjnego, gdzie dodaje się roztwór borowodoru sodu. W wyniku reakcji z NaBH_4 dochodzi do redukcji jonów rtęci(II) do postaci metalicznej wg reakcji:



Powstające pary rtęci zostają przedmuchane gazem obojętnym do kuwety pomiarowej, umieszczonej na drodze promieniowania lampy rtęciowej. Następnie, mierzona jest absorpcja próbki, która odpowiada zawartości rtęci. W metodzie tej nie przeszkadzają gazy i pary innych zanieczyszczeń występujących w powietrzu. Najmniejsza ilość rtęci, jaką można oznaczyć wynosi $1 \mu\text{g}$ w 1m^3 powietrza [3].

Odczynniki:

- płyn pochłaniający tj.: $0,002 \text{ M KMnO}_4$ w $0,2 \text{ M HNO}_3$: do kolbki miarowej o pojemności 1 dm^3

należy odmierzyć 20 ml 0,1 M roztworu KMnO_4 oraz 100 ml 2 M HNO_3 , całość uzupełnić wodą redestylowaną do kreski.

Wykonanie:

1. Pierwszym etapem oznaczenia jest pobieranie próbek powietrza. W tym celu, przez 3 szeregowo połączone płuczki zawierające po 10 ml płynu pochłaniającego należy przepuszczać powietrze z szybkością $50 \text{ dm}^3/\text{h}$ przez okres 1 godziny.
2. Następnie, należy przygotować skalę wzorców. Do pięciu kolbek miarowych o pojemności 50 ml odmierzyć kolejno: 25; 50; 75 i 100 μl roztworu roboczego azotanu rtęciowego o stężeniu $5 \mu\text{g Hg}^{2+}/\text{ml}$. Kolbki z odczynnikiem uzupełnić płynem pochłaniającym do kreski. Otrzymane w ten sposób wzorce zawierają odpowiedni: 2,5; 5,0; 7,5 i 10,0 ng rtęci w 1 ml. Przygotować ok. 100 ml płynu redukującego i umieścić go w przeznaczony do tego butelce, po czym butelkę wkręcić do podzespołu analitycznego do pomiarów rtęci [3].
3. W kolejnym etapie oznaczenia należy zmierzyć absorbancję ślepej próby i roztworów wzorcowych. W tym celu, do naczynia reakcyjnego odmierzyć pipetą 10 ml płynu pochłaniającego, naczynie reakcyjne zamocować w uchwycie podzespołu analitycznego i uruchomić pomiar. Oznaczenie wykonywać przy długości fali różnej $\lambda=253,7 \text{ nm}$.
4. Po zakończeniu pomiaru absorbancji, naczynie reakcyjne należy opróżnić i dokładnie przepłukać wodą. Następnie, w identyczny sposób zmierzyć absorbancję roztworów wzorcowych. Po pobraniu próbek powietrza wykonać identyczny pomiar dla każdej z płuczek (niezależnie) [3].
5. Obliczenie wyników: posługując się krzywą wzorcową określa się stężenie rtęci w analizowanym roztworze. Następnie, oblicza się stężenie par rtęci w badanym powietrzu wg wzoru:

$$X = c \cdot V_a / V_{\text{powietrza}} [\mu\text{g} / \text{m}^3]$$

Gdzie:

C – stężenie rtęci w badanej próbce odczytane z krzywej wzorcowej podane w $[\text{ng}/\text{ml}]$

V_a – objętość roztworu użyta do wykonania oznaczenia $[\text{ml}]$

$V_{\text{powietrza}}$ – objętość pobranego powietrza $[\text{dm}^3]$.

Wynik końcowy stanowi sumę oznaczeń wykonanych dla układu wszystkich 3 płuczek (połączonych szeregowo) [3].

Stosowane metody oznaczania rtęci

Wśród najczęściej stosowanych i najbardziej rozpowszechnionych metod analizy metali rtęci znajduje się tzw. absorpcyjna spektrometria atomowa (w skrócie ASA- *Atomic Absorption Spectrometry*). W technice tej stosowane są różne atomizery np. atomizery płomieniowe, elektrotermiczne czy wodorkowe. Najstarszą znaną techniką atomizacji jest tzw. atomizacja w płomieniu palnika (F-ASA). W aktualnie stosowanych metodach najczęściej pojawiają się atomizery elektrotermiczne, gdzie wykorzystuje się kuwety grafitowe. Większość pierwiastków oznaczana jest na poziomie mg/dm^3 , z kolei pierwiastki śladowe mogą być wykrywane na poziomie ng/dm^3 .

Wśród stosowanych metod wyróżnia się także generację wodorków oraz oznaczanie zawartości rtęci techniką zimnych par (CV-AAS). Metoda CV-AAS charakteryzuje się wysoką czułością głównie w przypadku stosowania zateżniania par rtęci przez tworzenie amalgamatu ze złotem. Ponadto, metoda ta jest szybka i prosta w wykonaniu, a dodatkowo pojawiające się w trakcie oznaczenia interferencje są łatwe do usunięcia.

Do nowych metod analizy metali zalicza się spektrometrię mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie wzbudzonej (tzw. ICP-MS), która jest czulsza niż np. ASA, a także neutronową analizę aktywacyjną oraz chromatografię gazową [2].

Wśród metod analitycznych najczęściej pojawiają się metody oparte na utlenianiu na makro, po czym występuje etap redukcji. Istnieją także metody do oddzielnej kwantyfikacji nieorganicznych i organicznych związków rtęci. Niektóre metody wymagają trawienia przed redukcją na rtęć pierwiastkową. Ponieważ rtęć jest stosunkowo niestabilna należy uważać, aby uniknąć jej utraty w trakcie przygotowania i analizy próbki. Przed oznaczaniem śladowych ilości rtęci i jej związków należy dokładnie oczyścić cały stosowany sprzęt, w celu uniknięcia możliwości zanieczyszczenia przez naturalnie występującą w środowisku rtęć. Należy pamiętać, że pierwiastek ten łatwo tworzy amalgamaty z innymi metalami (np. srebro, cynk, cyna), co dodatkowo może przyczynić się do jego utraty w trakcie analizy [12].

Ilościowe oznaczanie Hg

Ilościowe oznaczanie rtęci opiera się na mineralizacji badanego produktu na mokro, a następnie wyekstrahowaniu rtęci z mineralizatu chloroformowym roztworem ditizonu. Kolejnym etapem doświadczenia jest oczyszczenie wyciągu ditizonowego i kolorymetrycznym oznaczeniu rtęci.

Rtęć może być oznaczana tylko po wcześniejszej mineralizacji produktu na mokro, którą przeprowadza się w mieszaninie kwasów w aparaturze uniemożliwiającej utlenianie się par. W tym celu stosuje się specjalny zestaw, tzw. zestaw Gorsuch-Onrusta, który składa się z następujących elementów:

- a) Kolba okrągłodenna trójszyjna o pojemności 500-1000 cm³ ze szlifem
- b) Termometr o zakresie 0-250°C ze szlifem
- c) Wkraplacz o pojemności 100 cm³
- d) Kondensator o pojemności 250 cm³ z dwoma szlifami i kranem przelotowym powyżej szlifu dolnego
- e) Chłodnica zwrotna 9-10-kulkowa (lub węzowa) połączona szlifem z kondensatorem i z płuczką
- f) Płuczka z wodą zamykająca od góry chłodnicę [1].

Mineralizacja jest metodą polegającą na rozkładzie oraz utlenianiu związków organicznych zawartych w badanej próbce oraz na przeprowadzeniu składników do roztworu. Czasami mineralizacja polega tylko na przeprowadzeniu próbek do roztworu, tak by uniknąć w nim strat

pierwiastków. Znana jest mineralizacja na mokro i sucho.

Do technik rozkładu próbek na sucho zalicza się np. mineralizację niskotemperaturową w plazmie tlenowej. Metoda ta polega na kierowaniu strumienia bardzo czystego tlenu, który wzbudzony jest w polu generatora wysokiej częstotliwości ponad 27 MHz (czyli plazmy tlenowej o temperaturze 80-200°C) na analizowaną próbkę. W wyniku tego, wzbudzony tlen spala próbkę, a zamknięty układ oraz brak konieczności stosowania dodatkowych odczynników znacznie ogranicza możliwość zanieczyszczania badanej próbki. Wadą mineralizacji w plazmie tlenowej jest niestety długi czas przebiegu całego procesu, który szacowany jest od kilku do nawet kilkunastu godzin [5].

Mineralizacja na mokro to, z kolei rozkład próbki z wykorzystaniem jednego lub kilku mocnych kwasów mineralnych. Ponadto, do rozkładu można zastosować dodatek innych związków wykazujących właściwości utleniające. Wśród utleniaczy zazwyczaj stosuje się: HNO_3 , H_2SO_4 , HClO_4 lub H_2O_2 [5]. Zaletą rozkładu na mokro (ang. wet digestion) jest szybkość zachodzenia tego procesu. Ogranicznikiem są tu jednak niskie temperatury rozkładu, które w trakcie zachodzenia procesu mineralizacji nie mogą przekroczyć temperatury wrzenia odpowiedniego kwasu (bądź mieszaniny kwasów) w warunkach ciśnienia atmosferycznego. Utlenianie wielu matryc kwasem azotowym jest niewystarczające ze względu na jego moc (tj. temperatura wrzenia kwasu wynosi 122°C), co stanowi mimo wszystko niską temperaturę zachodzenia reakcji. Środkiem zaradczym w trakcie stosowania tego kwasu może być dodanie kwasu siarkowego, który powoduje znaczny wzrost temperatury roztworu kwasu (lub kwasów). Stwierdzenie praktyczności powyższego sposobu zależy od zastosowanej matrycy i samej metody oznaczania. Należy jednak pamiętać, że próbki bogate w tłuszcz i białko nie ulegają całkowitemu rozkładowi pod ciśnieniem atmosferycznym. Wadą mineralizacji na mokro jest możliwość zanieczyszczenia próbki przez otaczające powietrze, czy użycie większych ilości wymaganych odczynników, co dodatkowo powiększa koszty. Ponadto, istnieje niebezpieczeństwo strat pierwiastków lotnych obecnych w próbce badanej [6].

Różne metody mineralizacji próbek (wg <http://www.pjoes.com/pdf/10.1/63-66.pdf>)

Wykonanie:

Metoda A:

50 cm³ próbki umieszczono w probówce testowej o pojemności 150 cm³ z dodatkiem 2,5 cm³ stężonego kwasu azotowego. Roztwór ogrzewano do wrzenia i utrzymywano na stałym poziomie przez 15 minut. Po ochłodzeniu roztwór umieszczono w kolbie pomiarowej o pojemności 50 cm³ i uzupełniono do kreski wodą destylowaną [7].

Metoda B (z gorącą wodą królewską- „aqua regia”, tj. mieszaniną stężonego kwasu solnego i azotowego w stosunku objętościowym 3:1):

10,5 cm³ stężonego kwasu chlorowodorowego oraz 3,5 cm³ stężonego kwasu azotowego dodano do 50 cm³ próbki. Próbkę pozostawiono na 16-godziną inkubację, a następnie ogrzewano przez 2 godziny, aż do momentu pojawienia się białych dymów. Po ochłodzeniu roztwór umieszczono w kolbie pomiarowej o pojemności 50 cm³ i dopełniono do kreski wodą destylowaną [7].

Metoda C (z kwasami HNO_3 i H_2SO_4 z dodatkiem H_2O_2):

2 cm³ stężonego kwasu siarkowego oraz 5 cm³ stężonego kwasu azotowego dodano do 50 cm³ próbki, po czym próbkę odparowano do pojawienia się białych oparów odbarwienia cieczy. Ponieważ roztwór nie był bezbarwny dodano kolejną porcję kwasu azotowego i 2 cm³ 30% roztworu nadtlenu wodoru (H_2O_2). Zmieneralizowaną próbkę gotowano z małymi porcjami wody destylowanej po to, aby rozłożyć i usunąć nadmiar związków utleniających. Po ochłodzeniu roztwór przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 50 cm³ i uzupełniono wodą destylowaną do kreski [7].

Porównanie powyższych metod mineralizacji wykazało, że próbki z metody A są mętne i mają żółty kolor, przez co wymagają filtracji przed ich dalszą analizą. Wydłużenie czasu ogrzewania do jednej godziny oraz zwiększenie ilości utleniacza nie miało wpływu na wygląd próbki. Mineralizacja z wodą królewską wpływa na przejrzystość próbek, dzięki czemu nie wymagały one dodatkowej filtracji. Jednakże, w próbkach pojawiał się żółty kolor, który uniemożliwiał dalszą ich analizę kolorymetryczną. Po mineralizacji metodą C otrzymywano bezbarwne, ale mętne próbki, które wymagały filtracji (z tłustych plam znajdujących się na powierzchni cieczy) [7].

Mineralizacja na mokro i sucho (wg Moreno-Torres R. i wsp., 2000)

Mineralizacja na mokro: 1 ml próbki przeniesiono do 20 ml probówki, zmineralizowano przez dodanie 3 ml mieszaniny roztworu HNO_3 - HClO_4 (w stosunku 4:1). Mieszaninę ogrzewano do temperatury 120°C przez 65 minut w bloku grzejnym z regulowanym termostatem. Następnie, roztwór ochłodzono i rozcieńczono do 25 ml wodą demineralizowaną [8].

Mineralizacja na sucho: 4 ml zhomogenizowanej próbki suszono przez 4 godziny w temperaturze 80-100°C. Wysuszoną próbkę następnie spalano w temperaturze 550°C przez 5 godzin 30 minut, do momentu uzyskania białego popiołu. Otrzymany popiół rozpuszczono w 1M roztworze kwasu HNO_3 przygotowanego w rozcieńczeniu z wodą demineralizowaną (w stosunku 1:25) [8].

Oznaczanie zawartości rtęci w produktach spożywczych

Do głównych źródeł narażenia ludzi i zwierząt na działanie pierwiastków toksycznych (takich jak rtęć) jest spożywanie zanieczyszczonej żywności i pasz. W związku z tym, wszystkie badania mające na celu określenie zawartości tych pierwiastków są bardzo ważnym elementem w aspekcie ochrony zdrowia człowieka [15].

Wykonanie:

1. Mineralizacja próby badanej

Naważkę jednorodnej próbki produktu umieścić w kolbie trójszyjnej, a następnie dodać ok. 20 cm³ wody destylowanej. Kolbę połączyć z pozostałymi częściami aparatu, po czym wlać przez wkraplacz mieszaninę stężonych kwasów, tj. kwasu siarkowego, azotowego i nachlorowego. Próbkę dokładnie wymieszać i pozostawić na kilka godzin do zmacerowania. Następnie, dodać kwas azotowy i ogrzewać około 3 godzin. Po upływie czasu ogrzewania należy zamknąć kran kondensatora i rozpocząć proces zagęszczania próbki.

Zagęszczanie należy powtarzać 2-krotnie, a na koniec przemyć cały zestaw wodą nalewając ją z góry przez otwór w chłodnicy zwrotnej. Otrzymany mineralizat przesączyć przez sącze bibułowy bezpośrednio do kolby miarowej, całość dopełnić do kreski wodą i dokładnie wymieszać [1].

2. Oznaczanie rtęci w mineralizacie określonego produktu spożywczego

Do rozdzielacza wlać 25 cm³ roztworu nadmanganianu potasu w kwaśnym roztworze (tj.: 100 cm³ H₂SO₄ cz.d.a. + 1100 cm³ wody redestylowanej + 12 g KMnO₄ uzupełnić do 2 dm³). Do roztworu dodać 10 cm³ badanego mineralizatu, a następnie kroplami dodawać roztwór chlorowodoru hydroksyloaminy (tj. 10% roztwór wodny oczyszczony roztworem ditizonu w chloroformie), aż do momentu całkowitego odbarwienia roztworu (ok. 5 cm³). Tak otrzymaną próbkę należy pozostawić w otwartym rozdzielaczu na 15 minut. Ma to na celu umożliwienie ulotnienia się wydzielającego się chloru. Do próbki dodać 2 cm³ chloroformu, całość wytrząsać intensywnie przez 1 minutę, a po zaobserwowaniu rozdzielenia się warstw należy odrzucić warstwę chloroformową.

W kolejnym etapie, do próbki dodawać z biurety po 0,5 cm³ chloroformowego roztworu ditizonu (tj. 1 mg oczyszczonego ditizonu w 100 cm³ chloroformu). Po każdym dodaniu próbkę silnie wytrząsać, a po rozdzieleniu się warstw zbierać dolną warstwę chloroformową do suchej probówki miarowej z korkiem na szlif [1].

W przypadku, kiedy w badanym roztworze występują jony rtęci, w momencie wytrząsania da się zaobserwować pomarańczowe zabarwienie (powstaje pomarańczowy ditizonian rtęci). Dodawanie do próbki ditizonu, wytrząsanie i rozdzielenie warstw należy powtarzać tak długo, aż warstwa chloroformowa nie będzie zmieniała barwy po wytrząsaniu.

Zebrane wyciągi ditizonianu rtęci połączyć w jedną próbkę i uzupełnić za pomocą chloroformu do objętości 5 cm³, a dalej zmierzyć absorbancję w próbce przy długości fali równej $\lambda = 485$ nm i długości drogi optycznej 1 cm wobec chloroformu [1].

Na podstawie otrzymanych wyników odczytać stężenie rtęci w badanej próbce, korzystając z krzywej wzorcowej przygotowanej dla zakresu 0-10 µg Hg w 5 cm³ fazy organicznej. W identyczny sposób należy postąpić z próbą ślepą odczynnikową. Otrzymany wynik przeliczyć na zawartość rtęci w 1 kg produktu (porównać z obowiązującym dopuszczalnym poziomem zanieczyszczeń produktów, dla których ustala się te wartości) [1].

Na rynku dostępne są specjalnie zaprojektowane spektrometry absorpcji atomowej (np. AMA 254, Spectro-Lab), wykorzystywane do oznaczania rtęci całkowitej. Choć rtęć może występować w różnych postaciach (jako rtęć organiczna, nieorganiczna czy rtęć atomowa) spektrometr ten można wykorzystywać niezależnie od jej formy. Zasada działania analizatora opiera się na zdolności uwalniania rtęci ze swoich związków (organicznych i nieorganicznych), która następnie przechodzi do formy atomowej. Zaletą analizatora AMA 254 jest możliwość pominięcia stosowania mineralizatora, ponieważ proces mineralizacji pirolitycznej zachodzi wewnątrz aparatu. Dodatkowo, możliwe jest oznaczanie śladowych ilości rtęci w próbkach ciekłych, stałych oraz gazowych [4].

Pomiar rtęci odbywa się w 3 etapach:

- a) w pierwszym etapie próbka w postaci stałej lub ciekłej (zwykle jest to ok. 100 mg lub 300 μ L) poddawana jest procesowi suszenia, a następnie spalana w strumieniu tlenu
- b) w kolejnym etapie uwolnione pary rtęci przechodzą przez kolumnę katalityczną, po czym zostają wyłapane przez amalgamator. Na tym etapie analizy możliwe jest zateżnianie rtęci. Proces ten ma szczególne znaczenie w przypadku, gdy dysponujemy matrycami o małym stężeniu tego pierwiastka
- c) w końcowym etapie dochodzi do uwolnienia rtęci z amalgamatora, która mierzona jest w obydwu kuwetach pomiarowych metodą absorpcji atomowej przy długości fali równej $\lambda = 254$ nm. Otrzymany wynik wyświetlany jest na ekranie komputera [4].

Powyższy analizator charakteryzuje się granicą oznaczalności równą: **0,003 ng rtęci w oznaczanej próbce. Stosowanym gazem nośnym i utleniaczem jest tlen medyczny bądź techniczny, który zapewnia lepsze parametry spalania próbki, a także wpływa na powtarzalność otrzymywanych wyników [4].**

Autor: Lidia Koperwas

Literatura:

- [1]. Augustyniak U., Brzozowska A., Czerwińska D., Dąbrowska M., Kałuża J., Kozłowska K., Morawiec M., Pietruszka B., Wierzbicka E., 2010. Toksykologia żywności. Przewodnik do ćwiczeń pod redakcją Anny Brzozowskiej. Wydanie IV uzupełnione. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2010, s. 149-156.
- [2]. Leśniewska E., Szynkowska M.I., Paryjczak T., 2009. Główne źródła rtęci w organizmach ludzi nie narażonych zawodowo. Politechnika Łódzka. Praca finansowana ze środków KBN w latach 2006-2009, projekt badawczy N2007 07531/3611. Tom 11, 2009, s. 403-419.
http://ros.edu.pl/text/pp_2009_028.pdf

[3]. Oznaczanie par rtęci w powietrzu laboratoryjnym. Ćwiczenie 1.

<http://zcha.amu.edu.pl/pliki/powietrze/1.pdf>

[4]. <http://spectro-lab.pl/analizator-rteci-ama-254.html>

[5]. Prof. dr hab. Inż. Kamiński M., mgr inż. Romanik G., 2007. Instrukcje ćwiczeń laboratoryjnych. Techniki i metody przygotowania próbki- mineralizacja, techniki konwencjonalne i mikrofalowe oraz ekstrakcja do fazy stałej (SPE).

http://www.pg.gda.pl/chem/Dydaktyka/Analityczna/AN_TECH/Metody_analizy_techn_cwiczenia.pdf

[6]. Matusiewicz H. Zakład Chemii Analitycznej, Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska. Rozdział 16, Metody Rozkładu Próbek Na Mokro.

http://www.pg.gda.pl/chem/CEEAM/Dokumenty/CEEAM_ksiazka_polska/Rozdzialy/rozdzial_016.pdf

[7]. Bezak-Mazur E., Dąbek L., Gawdzik J., 2001. Influence of Mineralization and Analysis Technique on the Results of Determination of Iron and Nickel in Industrial Wastes. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 10, No.1 (2001), 63-66. <http://www.pjoes.com/pdf/10.1/63-66.pdf>

[8]. Moreno-Torres R., Navarro M., Ruiz-Lopez M.D., Artacho R., Lopez C., 2000. A Mineralization Procedure for Determining Magnesium in Milk. Lebensm.-Wiss. u.-Technol., 33, 397-400(2000).

<http://hera.ugr.es/doi/15023060.pdf>

[9]. Lorenz U., Grudziński Z., 2007. Zawartość rtęci jako potencjalny czynnik ograniczający wartość użytkową węgla kamiennego i brunatnego. Górnictwo i Geoinżynieria, rok 31, Zeszyt 3/1, 2007.

http://journals.bg.agh.edu.pl/GORNICTWO/2007-03-1/GG_2007_3-1_27.pdf

[10]. http://biol-chem.uwb.edu.pl/zmf/cw2_ani.pdf

[11]. http://www.epa.gov/teach/chem_summ/mercury_elem_summary.pdf

[12]. <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>

[13]. Majewska-Nowak K., 2012. Odzyskiwanie barwników i soli mineralnych z wód poprocesowych w układzie elektrodializy porcjowej z membranami monoanionoselektywnymi. Ochrona środowiska, Vol.34, Nr 4. http://www.os.not.pl/docs/czasopismo/2012/4-2012/Majewska_4-2012.pdf

[14]. Napiórkowska B., Magnez- właściwości, działanie, zastosowanie w lecznictwie,

<http://www.aptekatatorego.pl/magnez.pdf>

[15]. Szkoda J., Nawrocka A., Kmiecik M., Żmudzki J., 2011. Badania kontrolne pierwiastków toksycznych w żywności pochodzenia zwierzęcego. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, Nr 48, 2011 R.

[16]. Sigma-Aldrich, Magnesium Assay Kit, product information. Technical Bulletin,

<http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Sigma/Bulletin/1/mak026bul.pdf>

<http://laboratoria.net/artukul/22336.html>

Informacje dnia: [Twój błąd w dygestorium nie spełnia Twoich oczekiwań? Potrzebne regulacje dot. norm i zasad hałasu turbin wiatrowych](#) Naukowcy zbadali, jakie obrazy zapadają częściej w pamięć Człowiek poprzez emisję gazów spowodował ocieplenie Sztuczna inteligencja diagnozuje spektrum autyzmu Autonomiczne hulajnogi elektryczne [Twój błąd w dygestorium nie spełnia Twoich oczekiwań? Potrzebne regulacje dot. norm i zasad hałasu turbin wiatrowych](#) Naukowcy zbadali, jakie obrazy zapadają częściej w pamięć Człowiek poprzez emisję gazów spowodował ocieplenie Sztuczna

[inteligencja diagnozuje spektrum autyzmu](#) [Autonomiczne hulajnogi elektryczne](#) [Twój blat w dygestorium nie spełnia Twoich oczekiwań?](#) [Potrzebne regulacje dot. norm i zasad hałasu turbin wiatrowych](#) [Naukowcy zbadali, jakie obrazy zapadają częściej w pamięć](#) [Człowiek poprzez emisję gazów spowodował ocieplenie](#) [Sztuczna inteligencja diagnozuje spektrum autyzmu](#) [Autonomiczne hulajnogi elektryczne](#)

Partnerzy