

MARIA MARCISZEWSKA-SZOPLIK

BADANIA PORÓWNAWCZE METOD OZNACZANIA AMONIAKU W GLEBIE

Z Zakładu Higieny Komunalnej PZH w Warszawie

Porównano metody: kolorymetryczną, miareczkową i bromianometryczną oznaczania amoniaku w glebie. Za najbardziej dogodną uznano metodę bromianometryczną.

I. WSTĘP

Głównym źródłem amoniaku w glebie są związki organiczne, zawierające azot. W procesie rozkładu tych związków przez mikroorganizmy, które z substancji organicznej budują własną protoplazmę oraz czerpią potrzebną im do życia energię — powstaje amoniak. W glebie nienawożonej i nieuprawnej ani nie zanieczyszczonej procesowi temu ulegają związki humusowe, zawierające azot. Wytworzony amoniak podlega w glebie w znacznej części sorpcji wymiennej, a wymienne jony amonowe w procesie nitrifikacji utlenione zostają do azotanów. Ponieważ azotany nie są adsorbowane przez glebę i odznaczają się dużą rozpuszczalnością, szczególnie łatwo ulegają wymywaniu. Toteż gleba nienawożona, ani niezanieczyszczona odpadkami, zawiera tylko niewielkie ilości amoniaku (kilka mg $\text{NNH}_4/100$ g gleby) i azotanów.

Natomiast gleba zanieczyszczona odpadkami organicznymi wykazuje w pewnym stadium procesu samooczyszczania — zwiększoną zawartość amoniaku. Na tej podstawie w badaniach stanu sanitarnego gleby można przyjąć amoniak za jeden ze wskaźników chemicznych stopnia jej zanieczyszczenia. Podobnie, jak w przypadku innych wskaźników chemicznych, zawartość amoniaku w glebie ma znaczenie dla oceny jej stanu sanitarnego tylko w zestawieniu z zawartością innych składników. Np. niska zawartość amoniaku przy zwiększonych zawartościach węgla organicznego i azotu organicznego w glebie wskazuje na obecność w niej zanieczyszczeń organicznych, które nie ulegają mineralizacji. Natomiast duża zawartość amoniaku przy zwiększonych zawartościach węgla organicznego oraz obecności azotanów charakteryzuje glebę zanieczyszczoną, w której przebiega proces mineralizacji. Niska zawartość amoniaku w obecności azotanów i chlorków przy niezwiększonych zawartościach węgla organicznego i azotu charakteryzuje glebę, w której procesy samooczyszczania zostały zakończone (3) — glebę czystą.

II. PRZEGLĄD STOSOWANYCH METOD

Do oznaczania amoniaku w glebie stosowano powszechnie metody destylacyjne, które obecnie coraz częściej — zwłaszcza na Zachodzie — ustępują miejsca metodzie mikrodyfuzji.

Metody destylacyjne oznaczania amoniaku w glebie podzielić można na dwa typy: w jednych oddestylowuje się amoniak z zawiesiny glebowej (3, 6), w drugich amoniak zostaje wyekstrahowany z gleby odpowiednim odczynnikiem.

Z otrzymanego wyciągu glebowego (10, 11) oddestylowuje się amoniak i oznacza jon amonowy metodami kolorymetrycznymi (4, 6, 7, 9) lub miareczkowymi (4, 6, 7). Metody destylacyjne są proste w wykonaniu i dają powtarzalne wyniki, zależne od sposobu przeprowadzenia destylacji. Wyniki te są obarczone w mniejszym lub większym stopniu pewnym błędem, pochodzącym stąd, że w warunkach destylacji część amoniaku uwolnionego z gleby pochodzi z rozkładu nietrwałych azotowych związków organicznych. Na skutek tego rozkładu przy badaniu gleb o dużej zawartości substancji organicznych, trudno jest ustalić, kiedy zostaje zakończona destylacja azotu amonowego, zawartego w badanej próbce, gdyż często nie obserwuje się spadku zawartości amoniaku w zbieranych kolejno porcjach destylatu. Przy znacznym rozkładzie zawartość amoniaku w kolejnych porcjach destylatu wzrasta. W związku z tymi trudnościami wielu badaczy prowadziło prace nad dobraniem odpowiednich warunków destylacji, w których rozkład nietrwałych związków organicznych byłby minimalny. Piśmiennictwo z ostatnich lat podaje, że tylko 30 — 40% azotu organicznego gleby ma charakter proteinowy (1). Reszta wchodzi w skład innych związków organicznych. Charakter chemiczny wielu spośród nich nie jest jeszcze znany. Przeprowadzane liczne badania tych związków wykazały, że pewna ich część występuje w postaci aminocukrów, łatwo rozkładających się z wydzieleniem amoniaku podczas destylacji w środowisku alkalicznym. Jak podają różni badacze, w glebach występuje w postaci aminocukrów 5 — 10% całkowitego azotu (1, 2). Rozkład tych związków w pewnych warunkach destylacji może być ilościowy. Zachodzi to wg nowych danych (2) przy pH = 11,1, a nawet niekiedy przy pH = 8,8. W takich warunkach destylacji zachodzić może również częściowy rozkład mocznika i prostszych aminokwasów jak asparaginy i glutaminy.

Aby ulepszyć stosowane metody oznaczania amoniaku na drodze destylacji zawiesiny glebowej *Bremner* i *Shaw* (1) (1954 r.) przeprowadzili badania występujących w glebie aminocukrów. Związki te wyodrębnione zostały z gleby ilościowo na drodze długotrwałej hydrolizy próbek gleby 12 n HCl. Otrzymane w ten sposób hydrolizaty glebowe poddawano destylacji w różnych warunkach. Stwierdzono, że zawarta w nich glukozaamina nie rozkłada się podczas destylacji pod zmniejszonym ciśnieniem, gdy temperatura wrzenia mieszaniny nie przekracza 40°, z tlenkiem magnezu jako środkiem alkalizującym.

Szereg próbek hydrolizatów glebowych poddano destylacji pod zmniejszonym ciśnieniem i oznaczono w nich azot amonowy. W tej samej glebie oznaczono amoniak metodą mikrodyfuzji, w której warunkach rozkład aminocukrów praktycznie nie następuje, i którą przyjęto za metodę standardową oznaczania amoniaku w glebie. Wyniki otrzymane metodą mikrodyfuzji i metodą destylacji pod zmniejszonym ciśnieniem wykazały ścisłą zgodność. Badania nad charakterem chemicznym azotu w kwaśnych hydrolizatach glebowych wykazały, że w czasie destylacji z tlenkiem magnezu prowadzonej w 100° glukozaamina ulega w znacznym stopniu rozkładowi. Z hydrolizatów glebowych usuwano amoniak

przez ich destylację z tlenkiem magnezu w 40°, a podczas następnej destylacji tych samych próbek w 100° otrzymywano jeszcze amoniak, który pochodził z rozkładu aminocukrów. Stwierdzono, że podczas 45-minutowej destylacji z tlenkiem magnezu w 100° otrzymuje się 86% azotu glukozoaminy w postaci amoniaku. Drugi typ metod oznaczania amoniaku w glebie oparty jest na destylacji odpowiednio przyrządzonych wyciągów (11). Amoniak, występujący w glebie w postaci jonu wymiennego, musi być zastąpiony przez nadmiar innego jonu, jeśli chcemy przeprowadzić go ilościowo do roztworu. W tym celu glebę wymywa się roztworami różnych soli i amoniak odzyskuje się z wyciągów przez destylację w obecności tlenku magnezu. Do ekstrakcji stosowane są roztwory soli sodowych lub potasowych o odczynie obojętnym lub zakwaszone.

Do wyciągów glebowych, szczególnie tych, które otrzymane zostały na drodze ekstrakcji zakwaszonymi roztworami soli, przechodzą częściowo nietrwałe azotowe związki organiczne, jak glukozoamina i glutamina. Ich wpływ na wyniki oznaczeń jest tu jednak mniejszy. W czasie destylacji, prowadzonej pod normalnym ciśnieniem, cała ilość azotu amonowego przechodzi w 150 ml destylatu — zakończenie destylacji jest wyraźne. Omówione wyżej czynniki przeszkadzające nie wywierają praktycznie wpływu na wyniki metody oznaczania azotu amonowego w glebie, opracowanej przez *Conwaya* w 1947 r. i udoskonalonej w latach późniejszych (4). Jest to metoda mikrodyfuzji, stosowana do wyciągu glebowego, otrzymanego przez ekstrakcję metodą *Olsena* (2-n K_2SO_4 , zakwaszonym kw. siarkowym do $pH = 1 - 1,5$). Wyciąg glebowy zalkalizowany tlenkiem magnezu umieszcza się w specjalnym naczyniu, w którym zachodzi dyfuzja amoniaku z wyciągu do mianowanego roztworu kwasu. Proces ten przebiega w temperaturze pokojowej w ciągu 24 do 48 godz., zależnie od ilości amoniaku w badanym wyciągu glebowym. W warunkach mikrodyfuzji rozkład nietrwałych związków azotowych, zawartych w glebie jest minimalny i nie ma praktycznego znaczenia.

Amoniak w wyciągach glebowych oznaczać można metodą bromianometryczną, która nie wymaga uprzedniej destylacji wyciągów (8, 12, 13). Metoda polega na utlenianiu amoniaku mianowanym roztworem bromu i oznaczeniu pozostałego nadmiaru bromu. Brom jako środek utleniający znajduje dość szerokie zastosowanie w analityce, ze względu na to, że jego własności utleniające zmieniają się zależnie od pH środowiska.

I tak — w roztworze kwaśnym utleniaczem jest kation Br^+ , w roztworze lekko alkalicznym przy $pH = 8$, zawartość niezdisocjowanych cząsteczek podbrominu jest maksymalna i podbromin jest tu czynnikiem utleniającym. W miarę wzrostu pH wzrasta stopień dysocjacji podbrominu i w roztworach silnie alkalicznych czynnikiem utleniającym jest anion OBr^- .

Badania *Crovera* i *Mehrotra* (5) wykazały, że w środowisku kwaśnym brom utlenia łatwo związki dające złożone aniony, jak np. kwas mrówkowy czy szczawiowy, natomiast w środowisku silnie alkalicznym zachodzi utlenienie związków dających złożone kationy, jak amoniak i pochodne aminowe. W roztworach prawie obojętnych o pH bliskim 8, zachodzi utlenienie związków niezjonizowanych, jak np. glukoza, etanol.

Oznaczanie amoniaku w wyciągach glebowych należy więc prowadzić w środowisku silnie alkalicznym. Obok amoniaku zostaną utlenione niewielkie ilości obecnych w wyciągu glebowym związków, zawierających grupy aminowe. W tych warunkach nie ulegają natomiast utlenieniu cukry obecne w wyciągu glebowym.

Tabela I

Zawartość azotu amonowego w glebie, oznaczana różnymi metodami.

S t o s o w a n e m e t o d y

Rodzaje gleb	Destylacja zawiesiny glebowej				Destylacja wyciągów glebowych				Metoda bromianometryczna	
	Met. kolorymetryczna		Met. miareczkowa		Met. kolorymetryczna		Met. miareczkowa		zawartość śr. N_{NH_4} mg/100 g gleby p.s.	maksymalne odchylenie od średniej w %
	zawartość śr. N_{NH_4} mg/100 gleby p.s.	maksymalne odchylenie od średniej w %	zawartość śr. N_{NH_4} mg/100 g gleby p.s.	maksymalne odchylenie od średniej w %	zawartość śr. N_{NH_4} mg/100 g gleby p.s.	maksymalne odchylenie od średniej w %	zawartość śr. N_{NH_4} mg/100 g gleby p.s.	maksymalne odchylenie od średniej w %		
Gleba miejska (ogród)	1,16	± 7,7	1,74	± 2,8	1,79	0	2,27	+4,4	2,10	+1,5
Gleba miejska (kurnik)	—	—	3,40	± 6,1	—	—	4,04	-4,7 +5,4	3,71	-2,7 +2,1
Gleba łąkowa	—	—	4,31	- 5,1 + 6,0	—	—	5,04	-2,1 +2,5	4,85	±1,3
Bielica—pole orne nawożenie organiczne	1,63	+11,6 - 5,5	2,34	±17,9	2,67	± 0,3	2,38	±7,0	2,84	+2,8 -3,4
Piasek	0,50	0	—	—	0,54	0	—	—	0,55	0
Bielica—pole orne nawożenie mineralne	2,33	-14,1 + 9,8	2,71	- 5,9 + 8,4	2,48	0	2,30	+4 -5	2,81	±2,1

* — Podane średnie zawartości N_{NH_4} w glebie obliczone zostały z — 10 równoległych oznaczeń.

III. BADANIA WŁASNE

Celem niniejszej pracy jest podanie metody oznaczania amoniaku w glebie, której wyniki byłyby w możliwie małym stopniu obciążone błędem i która jednocześnie byłaby dogodna do stosowania w badaniach seryjnych. W wyborze takiej metody kierowano się możliwością jej

stosowania w warunkach stacji sanitarno-epidemiologicznych, mających trudności w zaopatrywaniu się w specjalne szkło i aparaturę.

Metodę bromianometryczną zastosowano do wyciągów glebowych, przygotowanych metodą Olsena i porównano jej wyniki z wynikami otrzymanymi metodami: kolorymetryczną i miareczkową, zastosowanymi do destylatów otrzymanych z wyciągów glebowych. Dla porównania podano również wyniki metody destylacji zawiesiny glebowej pod normalnym ciśnieniem, stosowanej dotychczas w naszym zakładzie.

Do badań stosowano próbki gleb różnych typów najbardziej u nas rozpowszechnionych, o różnych zawartościach amoniaku. Były to próbki bielicy, pobrane z pól ornych, nawożonych nawozem organicznym i mineralnym, próbki mady, gleby piaszczystej oraz łąkowej — a także próbki gleby miejskiej. Część doświadczalna pracy składa się z dwóch etapów:

a. Część pierwsza

Część ta obejmuje badania nad porównaniem metod wydzielania amoniaku z gleby. Wydzielanie to przeprowadzono dwoma metodami: na drodze destylacji zawiesiny glebowej oraz na drodze ekstrakcji gleby roztworami różnych soli.

Destylację zawiesiny glebowej prowadzono w znormalizowanych warunkach, tj. pod normalnym ciśnieniem, przy $\text{pH} = 8,5 - 9$ jako bufor stosowano roztwór $0,5\text{-m Na}_2\text{HPO}_4$. W zbieranych destylatach oznaczano amoniak metodą kolorymetryczną, stosując odczynnik Nesslera oraz metodą miareczkową zbierając destylat do roztworu mianowanego kwasu i odmiareczkując nadmiar kwasu ługiem wobec wskaźnika Tashiro.

Do ekstrakcji amoniaku z gleby stosowano dwie metody: Metodę Mc Leana i zmodyfikowaną metodę Olsena, która jest przyjęta za standardową. W metodzie Mc Leana do ekstrakcji gleby stosuje się 1-n roztwór chlorku sodu w ilości 500 ml na 100 g gleby. Otrzymane tą metodą ekstrakty glebowe, po zalkalizowaniu tlenkiem magnezu, poddawano destylacji w wyżej podanych warunkach i w destylatach oznaczano amoniak metodą kolorymetryczną.

W metodzie Olsena do ekstrakcji amoniaku z gleby stosuje się 2-n roztwór chlorku potasu lub siarczanu potasu w ilości 100 ml na 100 g gleby. Zawiesinę gleby w tym roztworze zakwaszono 2-n HCl lub 2-n H_2SO_4 do $\text{pH} 1,5 - 2$. Potrzebną do tego ilość kwasu oznaczano w ekstrakcie próbnym, przygotowanym z 10-krotnie mniejszej ilości gleby, z zachowaniem odpowiednich proporcji. Ekstrakcję prowadzono na trzęsawce mechanicznej w ciągu 1 godz. Otrzymane w ten sposób ekstrakty glebowe poddawano destylacji z tlenkiem magnezu jako środkiem alkalinizującym i w destylatach oznaczano amoniak metodą kolorymetryczną i miareczkową. Jednocześnie przeprowadzono próby oznaczania jonów amonowych na drodze destylacji w roztworach wodnych chlorku amonowego o różnych znanych stężeniach. Metodą destylacji wydzielano jony amonowe ilościowo z tych roztworów.

Porównując wyniki stosowanych metod, można stwierdzić, że w wyciągach glebowych, sporządzonych metodą Olsena, otrzymano dla tych samych próbek gleb, wyższe zawartości amoniaku, niż podczas destylacji zawiesiny glebowej. Fakt ten można wytłumaczyć tym, że w wa-

runkach destylacji zawiesiny glebowej jony amonowe z gleby do roztworu tylko na skutek zakłócenia równowagi przechodzą między jonami amonowymi związanymi w sorpcyjnym kompleksie glebowym, a jonami amonowymi, obecnymi w roztworze — spowodowanego ubytkiem tych jonów z roztworu destylowanego.

Nowy stan równowagi ustala się na skutek przejścia jonów związanych przez glebę do roztworu, skąd zostają znowu usunięte przez destylację. Proces ten nie przebiega jednak do końca, tj. do całkowitego usunięcia jonów amonowych z gleby. Przedłużenie czasu destylacji nie poprawia wyników, gdyż zaczyna się wówczas rozkład nietrwałych organicznych związków azotowych. Jony amonowe mogą być całkowicie przeprowadzone do roztworu jedynie na drodze reakcji wymiennej, jak to ma miejsce w metodzie Olsena. Prowadząc ekstrakcję amoniaku roztworem soli w środowisku obojętnym otrzymuje się wyniki o bardzo dobrej zgodności, ale dużo niższe niż w metodzie Olsena, z tego względu nie stosowano tej metody w dalszych badaniach. Lepsza zgodność wyników otrzymanych dla ekstraktów glebowych, w porównaniu ze zgodnością wyników, otrzymanych podczas destylacji zawiesiny glebowej, wskazuje na wyeliminowanie w znacznym stopniu w ekstraktach glebowych wpływu czynników przeszkadzających, jakimi są nietrwałe związki azotowe. Metodą miareczkową otrzymywano wyniki wyższe niż kolorymetryczną stosowaną do tych samych próbek gleb lub ekstraktów glebowych. Spowodowane to jest tym, że w objętości destylatu (ok. 150 ml) zmiana barwy wskaźnika nie jest wyraźna i wywołana jest nieco mniejszą ilością ługu, niż to ma miejsce w miareczkowanych roztworach kwasów o mniejszej objętości. Zwiększa to wynik analizy.

b. Część druga

W drugiej części pracy porównano wyniki oznaczania amoniaku różnymi metodami w ekstraktach glebowych otrzymanych metodą Olsena. Oprócz metody destylacyjnej stosowanej poprzednio do ekstraktów glebowych wprowadzono metodę bromianometryczną, która została już szczegółowo omówiona. Nadmiar bromu pozostały po utlenieniu amoniaku, oznaczano arsenometrycznie z zastosowaniem wskaźnika indygo-karminu.

Próby oznaczania amoniaku tą metodą w roztworach soli amonowych o znanych stężeniach wykazały, że wyniki mogą przewyższać do 9% rzeczywistą zawartość amoniaku. Błąd ten spowodowany jest stosowanym wskaźnikiem indygo-karminem. Przeprowadzono próby oznaczeń z innymi wskaźnikami, jak: oranż metylowy oraz roztwór jodku i skrobię. Wskaźniki te jednak nie zmniejszyły błędu oznaczenia. Jak podaje piśmiennictwo błąd ten nie występuje przy stosowaniu żółcieni chinolinowej. Wyniki metody bromianometrycznej wykazują dobrą zgodność i są powtarzalne. Są one wyższe od wyników otrzymanych podczas destylacji zawiesiny glebowej i dla gleb o zawartości amoniaku 2—3 mg $\text{NnH}_4/100$ g gleby są zbliżone do wyników metody kolorymetrycznej, zastosowanej do destylatów, otrzymywanych z wyciągów glebowych, sporządzonych metodą Olsena. Ze względu na lepszą zgodność wyników metoda bromianometryczna jest odpowiedniejsza do oznaczania amoniaku w glebach zanieczyszczonych niż metoda miareczkowa. Metoda bromianometryczna ma ponadto tę zaletę, że jest stosowana do wycią-

гów glebowych bez ich uprzedniej destylacji. Z tego względu jest ona wygodna do stosowania w analizach seryjnych — oznaczenie amoniaku można przeprowadzić w kilku próbkach gleb w ciągu 1 dnia i nie ma konieczności ich przechowywania w stanie świeżym przez dłuższy czas.

Dla gleb o zawartości amoniaku do 3 mg $\text{NNH}_4/100$ g gleby dobrą zgodność wyników daje również metoda kolorymetryczna, stosowana do wyciągów glebowych. Dla zilustrowania omówionych wyników otrzymanych różnymi metodami w tabeli I podano zawartości azotu amonowego dla kilku różnych rodzajów gleb, wybranych spośród gleb przebadanych.

WNIOSKI

Na podstawie otrzymanych wyników można zaproponować jako metodę standartową wydzielania amoniaku z gleby, ekstrakcję 2-n roztworem K_2SO_4 przy $\text{pH} = 1,5 - 2$ oraz oznaczanie amoniaku w destylatach otrzymanych z ekstraktów metodą kolorymetryczną z zastosowaniem odczynnika Nesslera. Dla gleb o zawartości amoniaku powyżej 3 mg/100 g gleby polecić można metodę bromianometryczną, zastosowaną do ekstraktów glebowych, otrzymanych omówioną wyżej metodą.

М. Марцишевска-Шоплик

СПРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ОБОЗНАЧЕНИЯ АММИАКА В ПОЧВЕ

Содержание

Сравнивали метод выделения аммиака из почвы: путем дестилляции почвенной эмульсии и экстрагирования почвы растворами различных солей.

Из исследованных методов только экстрагирование из почвы аммиака 2-н раствором сернистого калия подкисленного до $\text{pH} = 1,5 - 2$ позволяет на выделение аммиака из почвы.

В дальнейшем сравнили следующие методы обозначения аммиака в кислых водных почвенных вытяжках: колориметрический и объемный применяемых к дестилатам полученных из кислых почвенных экстрактов, а также метод броматометрический применяемый непосредственно к экстрактам без их предварительной дестилляции.

Точные и сходные результаты при меньшей затрате труда получили применяя броматометрический метод и поэтому его рекомендуют для серийных аналитических работ.

М. Marciszewska-Szoplik

COMPARISON OF FEW METHODS FOR THE DETERMINATION OF AMMONIA IN THE SOIL

Summary

The method for ammonia separation from the soil based on the distillation from soil suspension has been compared with the methods based on the extraction of the soil with different salt solutions. From the methods in consideration only

the extraction with 2-N potassium sulphate at pH region from 1.5 to 2.0 gives the quantitative separation of ammonia from the soil. In the next step the methods for ammonia determination in acidic soil extracts have been compared as follows: the colorimetric and the volumetric method as applied to distillates from acidic extracts and the bromatometric method as applied to the extract directly without distillation.

The bromatometric method is considered to be the best for routine analyses as it gives reproducible results and it is much easier than distillation methods.

PIŚMIENNICTWO

1. Bremner J. M., Shaw K.: The Journal of Agricultural Science, 44, 152, 1954. —
2. Bremner J. M., Shaw K.: The Journal of Agricultural Science, 46, 320, 1956. —
3. Chlebnikow N. I.: Sanitarnoe issledownie poczwy naseleennyh mest, Moskwa 1951. —
4. Conway E.: Microdiffusion analysis and volumetric error, London 1947. —
5. Grover K. C., Mehrotra R. C.: Fresenius Zeitschrift f. Analytische Chemie, 160, 4, 1958. —
6. Jackson M. L.: Soil chemical analysis, 1958. —
7. Just J., Hermanowicz W.: Fizyczne i chemiczne badanie wody do picia i potrzeb gospodarczych, Warszawa 1955. —
8. Keller A., Szabo Ch.: Szekeres-Fresenius Zeitschrift f. Analytische Chemie, 157, 13, 1957. —
9. Lapin L.: Poczwowiedenje, 4, 1957. —
10. Methods of chemical analysis as applied to sewage and sewage effluents, London 1956.
11. Piper C.: Analiza gleby i roślin, Warszawa 1957. —
12. Schmidt G. E.: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt — Universität, 5, 1957/58. —
13. Szekeres L.: Fresenius Zeitschrift f. Analytische Chemie, 160, 3, 1958.

OKÓLNİK W SPRAWIE BARWNIKÓW I PIGMENTÓW DO MAS PLASTYCZNYCH I OPAKOWAŃ (wyjątki). Ann. Fals. Expert. Chim., 53, 58, 1960.

Najwyższa Rada Higieny we Francji ustaliła listę substancji, które w ograniczonych i ściśle określonych ilościach mogą znajdować się w pigmentach i barwnikach, przeznaczonych do barwienia mas plastycznych oraz opakowań do artykułów żywności.

Zawartość zanieczyszczeń mineralnych w barwnikach i pigmentach nie powinna przekraczać: 1. ołów — 0,01%; 2. arsen — 0,005%; 3. rtęć — 0,005% rozp. w 0,1n HCl; 4. kadm — 0,10% rozp. w 0,1n HCl; 5. cynk — 0,20% rozp. w 0,1n HCl; 6. selen — 0,01% rozp. w 0,1n HCl; 7. bar — 0,01% rozp. w 0,1n HCl.

Zawartość amin aromatycznych nie powinna być wyższa niż 0,05%.

Służewska