

Dr inż. Mariusz S. KUBIAK

Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

Mgr Paweł PISZCZ

Wydział Nauk Ścisłych, Akademia Podlaska, Siedlce

Dr inż. Piotr S. JANKOWSKI

McQuillan Envirocare Ltd. Laboratory Caulside Drive New Park Industrial Estate Antrim BT41 2DV Northern Ireland

ZANIECZYSZCZENIA Z GRUPY WWA - WYSTĘPOWANIE, CHARAKTERYSTYKA ORAZ METODY OZNACZANIA W ŻYWNOSCI I ŚRODOWISKU®

W artykule poruszono problem występowania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w środowisku i w żywności poddanej obróbce termicznej. W oparciu o doniesienia literaturowe przedstawiono ogólną charakterystykę budowy WWA oraz skutki oddziaływania tych zanieczyszczeń na organizm. W artykule przedstawiono również możliwości oznaczania związków grupy zanieczyszczeń wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA z wykorzystaniem technik chromatograficznych.

Celem pracy zaprezentowanej w artykule było przedstawienie zagadnień związanych z oddziaływaniem zanieczyszczeń z grupy WWA na żywność i środowisko oraz metody ich oznaczania.

WSTĘP

Człowiek współczesny, egzystując w złożonym makroekosystemie, poddawany jest działaniu jego czynników abiotycznych i biotycznych, częściowo będących wytworem działalności ludzkiej – technosfery, warunków społecznych – socjofery i kulturowych – noosfery. Czynniki te mogą mieć działanie negatywne na organizm ludzki, stąd są przedmiotem zarówno nauk medycznych, biologicznych, toksykologicznych, żywieniowych, a także badań ekologicznych i epidemiologicznych.

Zagadnienia związane ze skażeniem środowiska naturalnego oraz zanieczyszczeniami artykułów rolno-spożywczych wzbudzają zainteresowanie społeczeństwa już od kilku lat.

W związku ze wzrostem uprzemysłowienia w ciągu ostatnich kilku dekad, ilości związków chemicznych wprowadzanych do środowiska naturalnego przez człowieka są ogromne [23]. Szacuje się, że w środowisku występuje obecnie ponad 100 000 ksenobiotyków, które nie występowały w nim wcześniej [1, 21]. Zatem w codziennym życiu organizm ludzki jest narażony na działanie tysięcy substancji chemicznych, które są wytworem procesów naturalnych, jak również działalności człowieka. Niektóre z nich są korzystne dla zdrowia (na przykład główne składniki żywności), ale wiele innych może wpływać negatywnie, pogarszając jakość i bezpieczeństwo życia [8, 30].

Edukacja prowadzona w środkach masowego przekazu i dotycząca szczególnie zagrożenia zdrowia „związanego” ze spożyciem żywności skażonej mikrobiologicznie, czy chemicznie sprawiła, że w konsumenckiej ocenie artykułów rolno-spożywczych brane są pod uwagę nie tylko walory użytkowe, sensoryczne, higieniczne czy estetyczne, ale i zawartość substancji obcych w produkcie mogąca zagrażać bezpieczeństwu zdrowia [7].

Obecność ksenobiotyków nie oznacza problemów *per se* (sama w sobie), to jednak wiele z nich wykazuje właściwości toksyczne i negatywnie wpływa na organizmy żywe po ich wchłonięciu. Wykrywanie wysokiego poziomu związków pogarszających jakość życia w różnych elementach środowiska

pogłębia zakres prowadzonych badań nad ich dopuszczalnym stężeniem. Z uwagi na to, że zdrowie społeczeństwa jest największym dobrem, coraz większego znaczenia nabierają czasowo-przestrzenne badania monitoringowe poziomu kontaminantów zarówno w elementach środowiska jak i artykułach rolno-spożywczych oraz paszach dla zwierząt. Pozwalają one na ustalenie zarówno pochodzenia skażeń chemicznych, jak i ich przyczyn, co umożliwi skuteczne zapobieganie zagrożeniom bezpieczeństwa zdrowia konsumentów oraz zwierząt hodowlanych [30, 31].

Do związków tej grupy należą metale ciężkie, trwałe zanieczyszczenia organiczne; w tym węglowodory chloroorganiczne, dioksyny, polichlorowane bifenyle, a także wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Ostatnie z wymienionych mają charakter powszechny i antropogeny [9].

Celem artykułu jest prezentacja niekorzystnego oddziaływania zanieczyszczeń z grupy WWA na żywność i środowisko oraz metody ich oznaczania.

GŁÓWNE ŹRÓDŁA I CHARAKTERYSTYKA WWA

Głównym źródłem WWA są paliwa kopalniane – węgiel i ropa naftowa, z których są uwalniane. Powstają także w czasie wytwarzania energii w elektrowniach i elektrociepłowniach. Drugim istotnym źródłem emisji do atmosfery są gazy spalinywe transportu samochodowego, jak również dymy z kotłowni, urządzeń grzewczych i zakładów przemysłowych, w szczególności przemysłu ciężkiego, hut, koksowni i tym podobnych.

Policykliczne węglowodory występują w powietrzu w formie par lub skondensowane są na cząsteczkach pyłów. W zależności od warunków atmosferycznych mogą się przemieszczać na znaczne odległości od źródeł emisji i sprzyjać imisji WWA nawet na terenach słabo zindustrializowanych lub typowo rolniczych. Zazwyczaj cięższe wielopierścieniowe węglowodory (o masie cząsteczkowej powyżej 228 u) są przenoszone wraz z pyłami. Opadające z atmosfery pyły i kondensujące na powierzchni związki mogą zanieczyszczać surowce rolno-spożywcze, wodę i glebę [1, 30].

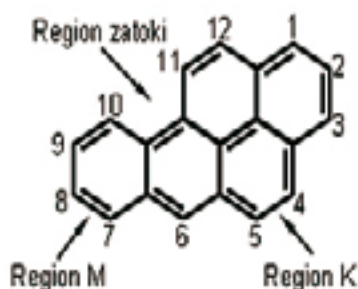
Wiele prac poświęcono badaniom charakterystyki profili emitowanych WWA i ich zmienności w zależności od źródeł emisji [12]. Niewątpliwie najbardziej istotnymi czynnikami moderującymi profil emisji WWA do środowiska są warunki atmosferyczne, a w szczególności termiczne ruchy powietrza [29]. Wśród węglowodorów zanieczyszczających atmosferę przeważają alifatyczne (nasycone i nienasycone) oraz aromatyczne, o małej masie cząsteczkowej [22]. Alkeny i dieny w zakresie temperatur 500–800°C typowych dla rozkładu termicznego (w szczególności w warunkach ograniczonego dostępu tlenu) mają tendencję do rodnikowej polimeryzacji, tworząc wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Uwolnione do atmosfery policykliczne węglowodory występują w postaci par lub ulegają adsorpcji na powierzchni pyłów: sadza i lotne popioły [16, 28].

Żywność i surowce rolne mogą być zanieczyszczone policyklicznymi węglowodorami nie tylko pochodzącymi ze środowiska produkcji rolnej, ale również w wyniku procesów termicznych utrwalania żywności i przygotowywania do spożycia. Wiadomo, że termiczne przygotowywanie posiłków oprócz nadania pożądanego smaku i aromatu, sprzyjać może tworzeniu się niepożądanych związków chemicznych, takich, jak m.in.: heterocykliczne aminy aromatyczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne czy akrylamid.

Znane od tysięcy lat procesy utrwalania żywności poprzez suszenie, wędzenie, pieczenie na ogniu czy też suszenie bezprzeponowe gazami spalinowymi, mogą zanieczyszczać produkty spożywcze znacznymi ilościami WWA [10, 11, 24].

Piśmiennictwo dotyczące obecności WWA w żywności jest bardzo bogate i obejmuje różnorodne aspekty występowania tych związków. Wykorzystując doniesienia literaturowe w Tabeli 1 przedstawiono źródła i przyczyny zanieczyszczenia przez WWA produktów rolno-spożywczych [16, 20, 21, 31].

Budowa przestrzenna wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych ma charakter planarny. Aktywność biologiczna przypisywana jest niektórym regionom i pozycjom atomów węgla w cząsteczce WWA. Odnosi się to w szczególności do regionu K (zewnątrzny narożnik pierścienia fenantrenowego) oraz regionu M (para przeciwstawnych atomów pierścieni antracenowych) a także usytuowania regionu „zatoki” (rys. 1.) [10, 11].



Rys. 1. Budowa benzo[a]pirenu oraz miejsca regionów o biologicznej aktywności.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne stanowią grupę ksenobiotyków, spośród których wiele przejawia właściwości toksyczne, genotoksyczne, mutagenne i rakotwórcze [2, 20].

WWA zbudowane są z dwóch lub więcej skondensowanych pierścieni aromatycznych. Nie należą do związków o tak

Tabela 1. Źródła i przyczyny zanieczyszczenia żywności przez WWA [Larsson 1986; Jenkins 1996 et al.; Zakrzewski 1997; Larson 2002]

rodzaj skażenia	źródło	przenoszone przez	rodzaj żywności
środowisko egzogenne	przemysł, ogrzewanie, wytwarzanie energii, transport, spalanie odpadów, pożary lasów, wybuchy wulkanów, zanieczyszczenia pozostałościami paliw i/lub olejów mineralnych	powietrze, woda, gleba	warzywa, owoce, zboża, rośliny oleiste, ryby i inne owoce morza
środowisko endogenne	biosynteza w roślinach biosynteza mikroorganizmów	–	warzywa
zabiegi technologiczne egzogenne	wędzenie, pieczenie na ruszcie, grillowanie suszenie bezprzeponowe, palenie kawy, ekstrakcja rozpuszczalnikami, woski, parafiny stosowane do opakowań, oleje mineralne, preparaty uszczelniające do rur wodociągowych	dym, powietrze, rozpuszczalniki, woski parafinowe, smoły, paki	wędzona żywność, pieczona żywność, suszona żywność, palona kawa, oleje i tłuszcze roślinne, sery, woda pitna
obróbka żywności endogenna	wysokotemperaturowa obróbka żywności		żywność wstępnie przetworzona

wysokiej trwałości w środowisku, jak chlorowane węglowodory (dioksyny, furany i polichlorowane bifenyle). W obecności światła i tlenu ulegają reakcjom fotochemicznym z utworzeniem dioli, chinonów i aldehydów.

Wchłonięte przez organizm, wielopierścieniowe węglowodory, jako nierozpuszczalne w wodzie ulegają aktywacji metabolicznej koniecznej do detoksykacji. Celem tego procesu, aktywowanego mikrosomalnie, jest przeprowadzenie hydrofobowego ksenobiotyka w sprzyjające usunięciu z organizmu formy rozpuszczalne w wodzie [32]. Przemiany metaboliczne zachodzą na drodze utleniania przez mikrosomalny układ enzymatyczny – zapoczątkowany przez monoooksygenazę o mieszanej funkcji i sprzężanie metabolitów z glukuronianami lub siarczanami [32]. W procesie oksydacji ulegają one aktywacji metabolicznej, a reaktywne metabolity poprzez arylowy receptor Ah, mogą się łączyć z makrocząsteczkami komórkowymi DNA i białkami tworząc addukty. Uważa się, że właśnie powstawanie adduktów DNA-WWA może mieć charakter uszkodzeń promutagennych, a ilość powstałych adduktów białko-WWA może służyć przyżyciowym pomiarem ekspozycji na WWA [11, 25].

W wyniku nieprawidłowych procesów naprawczych lub błędnej replikacji, uszkodzenia DNA mogą prowadzić do trwałych zmian o charakterze mutacji, a te z kolei sprzyjają

inicjacji i progresji procesu nowotworowego. W trakcie tego procesu istnieje potencjalna możliwość tworzenia przez reaktywne formy polycyklicznych węglowodorów adduktów z makrocząsteczkami białkowymi, co również może prowadzić do oddziaływań genotoksycznych, a następnie mutacji [7].

Raport ekspertów Komitetu Naukowego ds. Zanieczyszczeń Żywności Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Żywności podkreśla konieczność zharmonizowania metod badania WWA w Unii Europejskiej z proponowaną listą US EPA genotoksycznych WWA, które powinny być przedmiotem dalszych badań krajów członkowskich Wspólnoty (Tabela 2) [26].

Tabela 2. Porównanie WWA rekomendowanych do badań przez EPA i Komitet Naukowy UE i ich potencjalnej kancerogenności

EPA		KN UE	
nazwa	kancero-genność	nazwa	kancero-genność
Naftalen	-	Benzo(a)antracen	++
Acenaften	-	Chryzen	+
Acenaftylen	-	5-metylochryzen	++
Fluoren	-	Cyklopenta(c,d)piren	+
Fenantren	-	Benzo(b)fluoranten	+
Antracen	-	Benzo(j)fluoranten	+
Fluoranten	-	Benzo(k)fluoranten	++
Piren	-	Benzo(a)piren	+++
Benzo(a)antracen	++	Inenol(1,2,3-c,d)piren	++
Chryzen	+	Dwubenzo(a,h)antracen	+++
Benzo(b)fluoranten	+	Benzo(g,h,i)perylene	+
Benzo(k)fluoranten	++	Dibenzo(a,e)piren	++++
Benzo(a)piren	+++	Dibenzo(a,h)piren	++++
Inenol(1,2,3-c,d)piren	++	Dibenzo(a,i)piren	++++
Dwubenzo(a,h)antracen	+++	Dibenzo(a,l)piren	+++++
Benzo(g,h,i)perylene	+		

Pobranie WWA z żywnością w Polsce od kilku lat szacowano na podstawie oznaczeń tych związków w produktach żywnościowych w oparciu o dane zaczerpnięte z zagranicznych opracowań m.in. Agency for Toxic Substances and Disease Registry - Public Health Statement (1990), Polycyclic aromatic hydrocarbons. Ponieważ w raportach UE, które ukazały się w latach 2004 i 2008 finansowanych ze środków Wspólnoty Europejskiej nie zostały zaprezentowane poziomy tych związków w żywności oraz w środowisku na terenie Polski [2, 22, 27] istnieje konieczność określenia poziomu WWA w poszczególnych surowcach rolno-spożywczych.

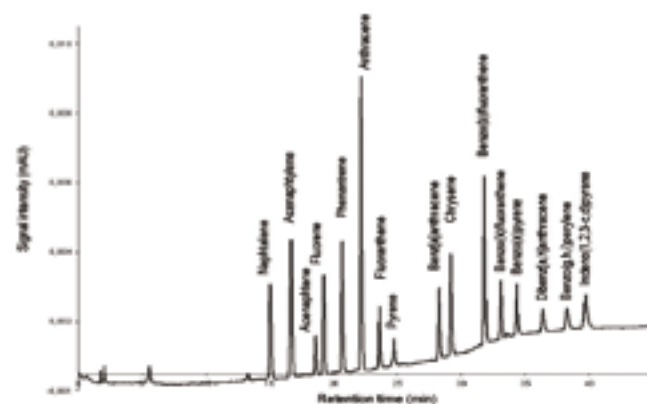
ANALIZA I TECHNIKI OZNACZANIA WWA

Obecnie wyzwaniem poznawczym są coraz bardziej szczegółowe metody wykrywania i rozpoznania składu oraz zawartości WWA w żywności, jak również w środowisku. Opisywane w literaturze badania jednoznacznie wskazują na

żywność jako źródło, a układ pokarmowy na główną drogę pobrania i ekspozycji człowieka na tę grupę związków. Wiedza na temat pochodzenia i kumulacji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w żywności w czasie prowadzonych operacji technologicznych obróbki surowców żywnościowych jest nieodzowna dla analizy i oceny zagrożeń czy podatności na nie, a więc i bezpieczeństwa zarówno żywności, jak i konsumenta [7].

Przegląd metod analitycznych oznaczania WWA z ostatnich 50 lat jednoznacznie wskazuje, że największy wpływ na ich rozwój miał postęp w dziedzinie metod separacyjnych i specjacji WWA, a w szczególności chromatografii.

W początkowym okresie badań nad WWA w środowisku i żywności koncentrowano się na oznaczaniu benzo[a]pirenu (B[a]P), najlepiej poznanego wówczas węglowodoru, i traktowaniu go jako wskaźnika występowania innych kancerogennych węglowodorów [14, 15]. Tendencja traktowania tego węglowodoru, jako wskaźnikowego została utrzymana w pracach poświęconych opracowaniu współczynników równoważnej toksyczności i stanowi swoisty pomost między badaniami ubiegłego stulecia a realizowanymi w dobie współczesnej. W badaniach WWA w środowisku, istotnym ograniczeniem były dostępne techniki analityczne, a w szczególności techniki separacji i rozdziału WWA. Stosowano chromatografię bibulową, a później cienkowarstwową i kolumnową. Od szeregu lat stosuje się w badaniach policyklicznych węglowodorów koncepcję analizy 16 związków WWA zaproponowanych przez amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (rys. 2.) [13, 15].



Rys. 2. Chromatogram 16 WWA.

Rozwój metodyki badań nad zawartością WWA miał charakter prekursorski w rozwoju analizy śladowej w żywności. Metody oznaczania wielopierścieniowych węglowodorów w różnorodnych matrycach żywności zostały omówione w szeregu prac przeglądowych, a matryce żywnościowe z punktu widzenia analitycznego charakteryzują się bardzo wysokim stopniem trudności w porównaniu ze środowiskowymi (woda, osady, gleba), [4, 5, 6, 23]. Homocykliczne WWA zazwyczaj występują w żywności w ilościach od 10^{-6} do 10^{-9} g w kilogramie produktu (od 1 do 100 ppb, part per bilion, część na miliard), stąd też każda z matryc żywnościowych wymaga odrębnych sposobów ich oczyszczania i wzbogacania [9, 21]. Przegląd piśmiennictwa dotyczącego wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych dostarcza wiele informacji na temat stopnia skomplikowania złożonych mieszanin WWA, które są rozpowszechnione w środowisku i występują w żywności. W matrycach żywnościowych, będących w istocie mozaiką środowisk, lipofilne WWA występują nie tylko w nie-

polarnej części matrycy, ale również przenikają do komórek w wyniku gradientu stężeń. Z tych względów do uwolnienia WWA konieczne jest stosowanie hydrolizy, zazwyczaj w środowisku alkalicznym. Alternatywną metodą wyodrębniania, choć jeszcze rzadko stosowaną, jest ekstrakcja płynem w stanie nadkrytycznym, zazwyczaj modyfikowanym ditlenkiem węgla. Inną możliwością jest stosowanie przyspieszonej ekstrakcji w wyższej temperaturze – bliskiej temperatury wrzenia rozpuszczalnika. W przyszłości metody te mogą stać się konkurencyjnymi w stosunku do tradycyjnej ekstrakcji rozpuszczalnikami organicznymi, które obecnie są stosowane głównie do desorpcji WWA z próbek stałych.

Inną metodą intensywnie rozwijaną w ostatnich latach jest zastosowanie membran półprzepuszczalnych do selektywnego wyodrębnienia związków chemicznych o określonym zakresie mas cząsteczkowych z próbek żywności o wysokiej zawartości tłuszczów oraz dyspersyjnej chromatografii na fazie stałej. Rozdziały wyodrębnionych WWA dla ilościowej ich analizy dokonywane są technikami wysokorozdzielczej chromatografii gazowej (HRGC) na kolumnach kapilarnych z fazą niepolarną lub przy zastosowaniu wysokociśnieniowej chromatografii cieczowej (HPLC). Zaletą chromatografii gazowej jest jej wysoka rozdzielczość, co jest istotne z punktu widzenia liczby występujących węglowodorów, a także możliwości połączenia chromatografii gazowej ze spektrometrią mas i zastosowanie selektywnej detekcji. Wadą zaś są ograniczenia w analizie trudno lotnych, sześć-, siedmiopierścieniowych WWA, których włączenie do badań WWA ostatnio się postuluje. HPLC pomimo niższej rozdzielczości w porównaniu z HRGC pozostaje alternatywą dla chromatografii gazowej. Wspomniana niedogodność jej zastosowania jest rekompensowana selektywnością i wykrywalnością badanych węglowodorów przy zastosowaniu detektora fluorescencyjnego oraz możliwością analizy ciężkich węglowodorów aromatycznych. Wymienione cechy analizy HPLC pozwalają znacząco zmniejszyć naważki analityczne do oznaczeń WWA w porównaniu z HRGC, co ma duże znaczenie praktyczne i ekonomiczne, w szczególności dla badań przeglądowych [3, 17, 18, 19]. W przypadku analiz WWA obserwuje się tendencję do robotyzacji postępowania analitycznego, w szczególności do oznaczeń WWA w środowisku lub jednorodnej matrycy. Opiera się ono o stosowanie technik skojarzonych – połączenie ekstrakcji na fazie stałej z oczyszczeniem techniką chromatografii kolumnowej/żelowej i końcowego rozdziału techniką chromatografii gazowej i/lub cieczowej. Innym ważnym kierunkiem rozwojowym w analizie WWA w środowisku i żywności są opracowywane sensory immunoenzymatyczne do badań przeglądowych obecności wybranych węglowodorów. Ich zastosowanie, w przypadku stwierdzenia obecności węglowodorów, wymaga jednak badań potwierdzających technikami HRGC lub HPLC. Powszechnie stosowaną techniką do identyfikacji WWA są techniki sprzężone, w szczególności chromatograficzne ze spektrometrią mas. Postęp w zakresie tych prac wynika z rozwoju tych technik i dostępności komercyjnej. Dotyczy to przede wszystkim takich technik jak wielowymiarowa chromatografia gazowa w sprzężeniu ze spektrometrią masową, wielokrotną spektrometrią mas oraz sprzężenia HPLC z MS czy spektrometrią rezonansu jądrowego [17, 19, 27].

PODSUMOWANIE

We współczesnym społeczeństwie wzrasta zainteresowanie żywieniem jako sposobem zapewnienia zdrowia. Przedmiotem zainteresowania naukowców są badania mające na celu uzyskanie produktów żywnościowych o optymalnych cechach jakościowych, w szczególności produktów bezpiecznych dla zdrowia konsumenta. Osiągnięciu tego celu służą badania nad występowaniem, powstawaniem i oddziaływaniem substancji niepożądanych, w tym także WWA, zarówno w środowisku człowieka, jak i w żywności. Wykorzystanie najnowszych technik chromatograficznych pozwala na monitorowanie poziomu zanieczyszczeń występujących w próbkach środowiskowych, surowcach rolno-spożywczych oraz produktach żywnościowych po obróbce termicznej. Pozwoli to na uzupełnienie kolejnych raportów UE o doniesienia związane z oznaczonym poziomem WWA w próbkach środowiskowych i żywnościowych, dając możliwości w skali UE bilansowania zagrożeń (społeczeństw Europejskich) wynikających z zanieczyszczenia środowiska i żywności.

LITERATURA:

- [1] **ADONIS M., GIL L. 2000.** *Polycyclic aromatic hydrocarbons level and mutagenicity of inhalable particulate matter in Santiago, Chile.* Inhalation Toxicology, vol. 12, no. 12, 1173-1183.
- [2] **AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). 1990.** Public Health Statement. *Polycyclic aromatic hydrocarbons.* Atlanta.
- [3] **ANALIZA CHROMATOGRAFICZNA. 2001.** *Oznaczanie zawartości WWA.* Procedura analityczna IPMiT, Warszawa.
- [4] **CIEMNIAK A., PROTASOWICKI M. 2002.** *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w mięsnych i drobiowych artykułach spożywczych.* Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 30, 121-125.
- [5] **CIEMNIAK A. 2004.** *Oznaczanie zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w olejach jadalnych metodą GC-MS.* Bromatologia i Chemia Toksykologiczna., 37, 19-24.
- [6] **CIEMNIAK A. 2005.** *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w herbatach zielonych i owocowych.* Roczniki Państwowej Zakładu Higieny, 56(4), 317-322.
- [7] **CODEx COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS (CCFAC). 2005.** *Discussion paper on polycyclic aromatic hydrocarbons contamination.* 37th Session, The Hague, the Netherlands.
- [8] **DUTKIEWICZ T. 1988.** *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym.* Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- [9] **FAZIO T., WHITE R. H., HOWARD J. W. 1973.** *Collaborative study of multicomponent method for polycyclic aromatic hydrocarbons in foods.* Journal of the AOAC, vol. 56, no. 1, 68-70.
- [10] **GUILLEN M. D., SOPELANA P. 1997.** *Polycyclic aromatic hydrocarbons in diverse foods.* Reviews on Environmental Health, vol. 12, 133-146.
- [11] **GUILLEN M. D., SOPELANA P. 1999.** *Polycyclic aromatic hydrocarbons in diverse foods.* Food Safety: contamination and Toxins. Ed. D'Mello J. P. F., 175-198.

- [12] HIS-HSIEN Y., SOON-ONN L., LIEN-TE H., HUNG-JUNT H., TZE-WEN C. 2002. *Profiles of PAH emission from steel and iron industries*. Chemosphere, vol. 28, 1061–1074.
- [13] IARC MONOGRAPHS, VOL. 83/2009, www.monographs.iarc.fr/2009.
- [14] IARC, INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. 1983. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of the chemical to humans. Polynuclear aromatic compounds*. Part 1. Chemical, environmental and experimental data. Lyon France, 32.
- [15] IARC, INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. 1973. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of the chemical to man. Certain polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic compounds*. Lyon France, 2.
- [16] JENKINS B. M., JONEM A. D., TURN S. Q., WILLIAMS R. B. 1996. *Emission factors for polycyclic aromatic hydrocarbons from biomass burning*. Environmental Science and Technology, vol. 30, no. 8, 2462–2469.
- [17] JIRA W., DIJNOVIC J. 2008. *PAK in kaltgeraucherten serbische Fleischerzeugnissen*. Fleischwirtschaft, no. 5, 114–120.
- [18] JIRA W. 2004. *A GC/MS method for the determination of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and liquid smokes*. European Food Research and Technology, vol. 218, 208–212.
- [19] JIRA, W., ZIEGENHALS, K., SPEER, K. 2006. *PAK in geräucherten Fleischerzeugnissen. Untersuchungen nach den neuen EU-Anforderungen*. Fleischwirtschaft, no. 86(10), 103–106.
- [20] LARSEN J.C., MEYLAND I., OLSEN M., TRITSCHER A. 2005. *Polycyclic aromatic hydrocarbons*. Summary and conclusions of the sixty-fourth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). JECFA/64/SC, 32–38.
- [21] LARSSON B. 1986. *Polycyclic aromatic hydrocarbons in Swedish foods. Aspects on analysis, occurrence and intake*. Praca doktorska. Uppsala.
- [22] MITRA S., RAY B. 1995. *Patterns and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives in indoor air*. Atmospheric Environment, vol. 29, no. 22, 3345–3356.
- [23] OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Katalog. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- [24] POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN FOOD. 2008. *Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain (Question N° EFSA-Q 2007-136)*. The European Food Safety Authority Journal, vol. 724, 1–114.
- [25] SCHOKET B. 1999. *DNA damage in humans exposed to environmental and dietary polycyclic aromatic hydrocarbons*. Mutation Research, vol. 424, 143–153.
- [26] SCIENTIFIC COMMITTEE ON FOOD. *Opinion of the Scientific Committee on Food on the risk to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food*. SCF/CNTM/ PAH/29 Final 4 December 2002.
- [27] SIMKO P. 2002. *Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavoring food additives*. Journal of Chromatography B, vol. 770, 3–18.
- [28] SIMONEIT B. R. 2002. *Review – Biomass burning – a review of organic tracers for smoke from incomplete combustion*. Applied Geochemistry, vol. 17, 129–162.
- [29] WAGROWSKI D. M., HITEM R. A. 1997. *Polycyclic aromatic hydrocarbon accumulation in urban, suburban, and rural vegetation*. Environmental Science and Technology, vol. 31, no. 1, 279–282.
- [30] WALTER C. H., HOPKIN S. P., SIBLY R. M., PEAKALL D.B. 2002. *Podstawy ekotoksykologii*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [31] ZAKRZEWSKI S. F. 1997. *Podstawy toksykologii środowiska*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 114.
- [32] ZASADOWSKI A., WYSOKI A. 2002. *Niektóre aspekty toksycznego działania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA)*. Roczniki PZH, vol. 53, no. 1, 33–45.

PAH'S POLLUTION GROUP OCCURRENCE, CHARACTERISTICS AND METHODS FOR THE DETERMINATION IN FOOD AND ENVIRONMENT

SUMMARY

The paper raised the problem was the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the environment and heat treated foodstuffs. Presents the background literature, general characteristics of the construction of PAH and the effect on the body after entering into it. The article also includes the possibility of determining the union group of pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons using chromatographic techniques. The aim is to present issues related to the impact of pollutants from the PAHs group on food and environment, and methods for their determination.