

*Marta Ciecierska, Małgorzata Teodorska<sup>1)</sup>, Krzysztof Dasiewicz<sup>1)</sup>,  
Mieczysław Obiedziński*

## ZAWARTOŚĆ WIELOPIERŚCIENIOWYCH WĘGLOWODORÓW AROMATYCZNYCH ORAZ ICH ZALEŻNOŚCI W PRODUKTACH MIĘSNYCH WĘDZONYCH<sup>\*)</sup>

Zakład Oceny Jakości Żywności Wydziału Nauk o Żywności  
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. *M. Obiedziński*

<sup>1)</sup> Zakład Technologii Mięsa Wydziału Nauk o Żywności  
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. *M. Słowiński*

*Przeprowadzono badania zawartości 15 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (wg listy Komitetu Naukowego ds. Żywności UE) w wybranych 4 grupach produktów mięsnych wędzonych. W żadnym z wariantów próbek nie stwierdzono aby zawartość B[a]P przekroczyła maksymalny dopuszczalny limit 5 µg/kg, ustanowiony dla grupy produktów mięsnych wędzonych w Rozporządzeniu Komisji UE nr 1881/2006.*

Hasła kluczowe: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), benzo[a]piren, analiza korelacji, produkty mięsne wędzone.

Key words: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), benzo[a]pyrene, correlation analysis, smoked meat products.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA, poliareny) stanowią prawdopodobnie największą wszechobecną w środowisku oraz najbardziej strukturalnie zróżnicowaną grupę zanieczyszczeń chemicznych. Mogą zanieczyszczać żywność nie tylko poprzez depozycję środowiskową, ale również w trakcie procesów obróbki termicznej. Powszechnie uważa się, że zanieczyszczenie produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego przez WWA jest przede wszystkim konsekwencją stosowanych zabiegów przetwórczych oraz sposobów przygotowania tej żywności do spożycia. Do procesów, które istotnie przyczyniają się do wysokich poziomów zanieczyszczeń policyklicznymi węglowodorami, zalicza się głównie wędzenie, jak również pieczenie na rożnie, czy też grillowanie (1, 2, 3, 4, 5, 6). Już w czasach starożytnych wędzenie stało się popularnym zabiegiem utrwalania żywności. Początkowo stosowane było głównie w celu przedłużenia trwałości produktu, częściowo poprzez jego wysuszenie, a także poprzez działanie antybakteryjne wytworzonych składników dymu, a więc przede wszystkim fenoli. Obecnie proces wędzenia ma na celu przede wszystkim uzyskanie określonej, pożądanej jakości

---

<sup>\*)</sup> Praca finansowana ze środków grantu KBN nr 501 0928 00 29.

sensorycznej w ocenie konsumenta, zatem przedłużenie trwałości produktu odgrywa rolę drugorzędną, jednakże wciąż istotną. Niewątpliwie wytwarzanie dymu wędzarniczego jest przykładem procesu niepełnego spalania, z którym jednoznacznie utożsamiany jest proces powstawania WWA (1, 4, 7).

W ostatnich latach w badaniach żywności najczęściej podejmowano się oznaczania 16 WWA wg listy EPA (Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska) (8). Jednakże 4 grudnia 2002 r. Komitet Naukowy ds. Żywności Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Żywności Unii Europejskiej w opinii na temat WWA przedstawił listę 15 WWA – bardziej potencjalnie rakotwórczych i toksycznych związków od 16 WWA wg EPA (7). Obecnie zgodnie z zaleceniem Komisji UE z dnia 4 lutego 2005 r. istnieje zatem potrzeba badań nad poziomami benzo[a]pirenu oraz pozostałych 14 ciężkich poliarenow (wg listy Komitetu Naukowego ds. Żywności UE) o stwierdzonym działaniu kancerogennym, mutagennym oraz genotoksycznym, w wybranych grupach produktów spożywczych określonych w Rozporządzeniu Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. (9). Szczególnie celowym wydaje się badanie poziomu tych związków w produktach mięsnych wędzonych, bowiem mogą one stanowić istotne źródło pobrania poliarenow. W wyżej wymienionym rozporządzeniu określona jest również najwyższa dopuszczalna zawartość benzo[a]pirenu, a więc tzw. wskaźnikowego węglowodoru, która dla grupy produktów mięsnych wędzonych wynosi 5 µg/kg produktu. W ostatnim raporcie Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) z 29 czerwca 2007 r. oraz opinii Panelu ds. Zanieczyszczeń Żywności EFSA z 9 czerwca 2008 r. stwierdzono jednakże, iż benzo[a]piren jest często słabym – nieadekwatnym wskaźnikiem występowania innych, zwłaszcza ciężkich węglowodorów w produktach żywnościowych (10, 11).

Wykazano, że lepszym wskaźnikiem może być oznaczenie zawartości 4 ciężkich węglowodorów (z listy 15 WWA wg KN UE), w tym benzo[a]antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu oraz benzo[b]fluorantenu. Biorąc powyższe pod uwagę celem przedstawionych badań było oszacowanie poziomu zanieczyszczenia wybranych produktów mięsnych wędzonych przez 15 ciężkich WWA, jak również określenie stopnia korelacji pomiędzy poziomem zawartości B[a]P oraz sumy 4 ciężkich WWA a sumaryczną zawartością 15 WWA w badanych produktach.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły cztery grupy produktów mięsnych wędzonych – szynki, polędwice parzone, polędwice nieparzone oraz kielbasy średnio-rozdrobnione, pochodzące z jednego z podwarszawskich zakładów mięsnych. Wędzenie przeprowadzono tzw. metodą przemysłową – w komorze wędzarniczej z zewnętrznym dymogeneratorem (firmy Lutetia). Dla zbadania dyfuzji WWA do wnętrza produktów analizowano zawartość WWA na powierzchni (0,5 cm część zewnętrzna wraz ze skórką) oraz części środkowej, wewnętrznej produktów. Badaniom poddano po trzy próbki każdego rodzaju asortymentu, a każdą z trzech próbek tego samego rodzaju analizowano w trzech powtórzeniach.

Zastosowana metodyka badań obejmowała ekstrakcję tłuszczu z badanej próbki, następnie oczyszczenie ekstraktu od związków interferujących przy wykorzystaniu

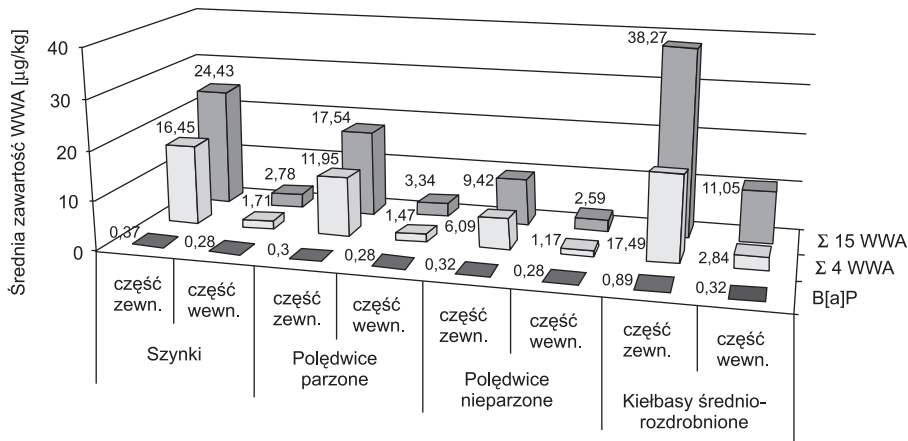
chromatografii preparatywnej (GPC) oraz jakościowe i ilościowe oznaczenie związków techniką chromatografii cieczowej z selektywnymi detektorami (HPLC-FLD/DAD). W tym celu naważkę produktu (10–15 g) zalewano 100 cm<sup>3</sup> mieszaniny heksan/acetan (60/40, v/v) oraz umieszczano w łaźni ultradźwiękowej (30 min.) w celu ekstrakcji tłuszczu oraz hydrofobowych WWA z matrycy żywnościowej. Uzyskany ekstrakt po przefiltrowaniu zagęszczano do kropli rozpuszczalnika przy wykorzystaniu wyparki obrotowej *Büchi*. Następnie w celu oczyszczenia ekstraktu od związków interferujących i izolacji WWA zagęszczony filtrat rozpuszczano w mieszaninie cykloheksan/ octan etylu (50/50, v/v) i poddawano rozdzielaniu metodą chromatografii preparatywnej (GPC) przy użyciu kolumny żelowej Bio-Beads S-X3 330 × 10 mm. Do rozdzielania wprowadzano 1 cm<sup>3</sup> uprzednio przygotowanej mieszaniny, a rozdział prowadzono metodą izokratyczną przy przepływie 0,8 cm<sup>3</sup>/min. Fazę ruchomą stanowiła mieszanina cykloheksan/octan etylu (50/50, v/v). Zastosowano detektor UV-VIS, dł. fali 254 nm. Zebraną frakcję WWA po zagęszczeniu oraz rozpuszczeniu w 1 cm<sup>3</sup> acetonitrylu poddano analizie metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej przy zastosowaniu aparatu HPLC Shimadzu 2010, składającego się z pompy LC-10ATVP, detektora diodowego SPD-M10AVP, detektora fluorescencyjnego RF-10AXL, degazera DGU-14A, autosamplera SIL-10ADVP oraz kontrolera SCL-10AVP, współpracującego z systemem do zbierania i przetwarzania danych LabSolution 2.1. Rozdział prowadzono z zastosowaniem kolumny chromatograficznej BAKERBOND PAH-16Plus 250 × 3 mm, 5 μm firmy WITKO – Baker. Temperatura termostatowania kolumny wynosiła 30°C. Analizy wykonywano metodą gradientową przy przepływie 0,5 cm<sup>3</sup>/min., stosując mieszaninę acetonitryl/woda, 70/30 (A) oraz acetonitryl (B). Zastosowane warunki detekcji: detektor diodowy – 254 nm; detektor fluorescencyjny – zmienne nastawienia wzbudzenia i emisji (Ex/Em): 270/420, 270/500, 270/470 nm.

Analizę jakościowo-ilościową wykonano metodą standardów zewnętrznych, które stanowiły mieszaninę 15 WWA wg KN UE (PAH-Mix 183, Dr. *Ehrenstorfer*). Na podstawie wyznaczonych parametrów walidacyjnych potwierdzono, iż stosowana metoda oznaczania 15 WWA techniką HPLC-FLD/DAD, oprócz spełnienia wszystkich wymagań prawa żywnościowego Unii Europejskiej stawianym metodom analitycznym w zakresie oznaczania benzo[a]pirenu w produktach spożywczych, wykazuje również zadowalające wartości parametrów walidacyjnych dla pozostałych 14 WWA.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Średnie sumaryczne zawartości 15 WWA (wg listy KN UE, czyli począwszy od cyklopenta[c,d]pirenu do dibenzo[a,h]pirenu), 4 WWA (benzo[a]antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu oraz benzo[b]fluorantenu) oraz benzo[a]pirenu oznaczone w czterech grupach produktów mięsnych wędzonych przedstawiono na ryc. 1. Dla każdego produktu został przedstawiony zarówno poziom zanieczyszczenia jego części zewnętrznej jak i wewnętrznej.

W grupie badanych produktów mięsnych wędzonych profile jakościowe zawartości WWA były do siebie zbliżone. Spośród 15 analizowanych WWA większą ilość



Ryc. 1. Średnia zawartość WWA w produktach mięsnych wędzonych [µg/kg].

Fig. 1. Mean content of PAHs in smoked meat products [µg/kg].

związków wykryto w częściach zewnętrznych badanych produktów mięsnych, natomiast mniej poliarenowo oznaczono w częściach wewnętrznych tych samych asortymentów.

W wędzonych szynkach sumaryczna zawartość 15 WWA w części zewnętrznej była równa ok. 24,43 µg/kg, natomiast w części wewnętrznej 2,78 µg/kg. Zawartość benzo[a]pirenu osiągnęła poziom średnio 0,37 µg/kg oraz 0,28 µg/kg odpowiednio w części zewnętrznej oraz wewnętrznej tego produktu.

W badaniach przeprowadzonych przez Jirę (12) dotyczących zanieczyszczenia szynki wędzonych poliarenami stwierdzono zbliżone zawartości wybranych poliarenów do tych odnotowanych w niniejszej pracy, a oznaczonych w przypadku wewnętrznych części szynki. Poziom zanieczyszczenia wędzonych szynki przez 16 WWA z listy EPA, czyli Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska, był przedmiotem badań przeprowadzonych przez Jankowskiego (13). Średnia zawartość tych samych związków, które były również badane przez Jirę, była także zbliżona do wyników badań uzyskanych w ramach niniejszej pracy.

W grupie połędwic parzonych sumaryczny poziom zawartości 15 WWA w ich częściach zewnętrznych wynosił ok. 17,54 µg/kg, natomiast zawartość benzo[a]pirenu była równa 0,30 µg/kg. Całkowity poziom zanieczyszczenia środkowych warstw tych połędwic wynosił 3,34 µg/kg, podczas gdy zawartość benzo[a]pirenu w tych częściach produktu była równa 0,28 µg/kg.

Spośród wszystkich analizowanych produktów mięsnych wędzonych, połędwice nieparzone odznaczały się najniższym poziomem zanieczyszczenia poliarenami. Warstwy zewnętrzne tego produktu wykazały sumaryczną zawartość 15 WWA równą odpowiednio 9,42 µg/kg, natomiast zawartość benzo[a]pirenu w tych częściach wynosiła 0,32 µg/kg. W warstwach wewnętrznych tego asortymentu stwierdzono 2,59 µg/kg sumarycznej zawartości poliarenów, zaś zawartość benzo[a]pirenu w tej części produktu osiągnęła poziom 0,28 µg/kg.

Zanieczyszczenie połędwic nieparzonych policyklicznymi węglowodorami stanowiło również przedmiot zainteresowania innego polskiego badacza. Jednoznacz-

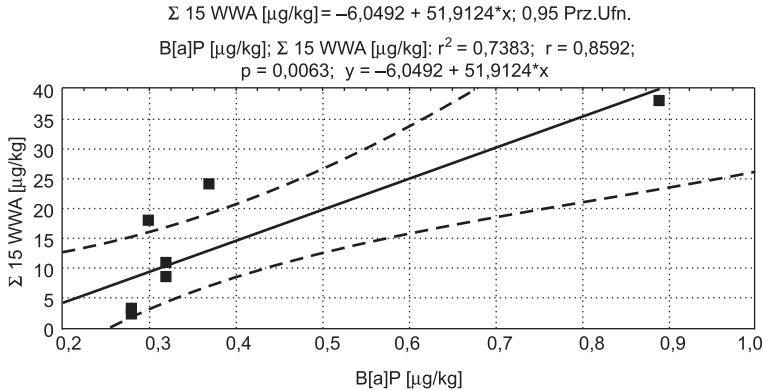
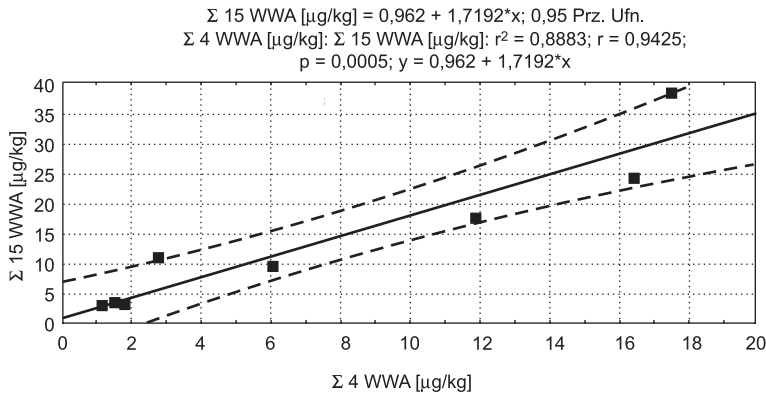
nie można stwierdzić, że wyniki zawartości benzo[a]pirenu w poledwicach niepażonych uzyskane w niniejszej pracy są bardzo zbliżone do odnotowanych w pracy *Jankowskiego* (13).

Ostatnią grupę analizowanych produktów mięsnych wędzonych stanowiły kiełbasy średnio-rozdrobnione. Średnia sumaryczna zawartość 15 WWA oraz zawartość benzo[a]pirenu w częściach zewnętrznych kiełbas kształtowała się na poziomie 38,27  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i 0,89  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . W przypadku części wewnętrznych kiełbas zawartość sumy 15 poliarenowych wynosiła 11,05  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , natomiast zawartość benzo[a]pirenu osiągnęła wartość 0,32  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . W porównaniu do pozostałych analizowanych grup produktów mięsnych, w przypadku kiełbas, zaobserwowano najmniejszą, aczkolwiek również statystycznie istotną różnicę pomiędzy poziomem skażenia części zewnętrznych i wewnętrznych. Jedynie w owym przypadku, ze względu na małą średnicę produktu, potwierdzono zatem, że stopień dyfuzji WWA do wnętrza kiełbas jest znaczący.

Problematyka zanieczyszczenia kiełbas wędzonych poliarenamy była także przedmiotem badań *Jiry* (12), w ramach których analizowano zawartość kilku ciężkich WWA. Zanieczyszczeniem kiełbas 16 policyklicznymi węglowodorami z listy EPA zajmował się również *Jankowski* (13). Wyniki wyżej nadmienionych badań są jak najbardziej zbliżone do prezentowanych w niniejszej pracy, w szczególności dotyczących części wewnętrznych kiełbas wędzonych metodą przemysłową.

Niezależnie od analizowanej grupy produktów oraz ich części – zewnętrznej czy też wewnętrznej, zawartość benzo[a]pirenu była istotnie niższa od dopuszczalnego maksymalnego limitu 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , ustanowionego dla grupy produktów mięsnych wędzonych w Rozporządzeniu Komisji (WE) Nr 1881/2006 (8). Według *Šimko* (14) technologicznie właściwie przeprowadzony proces wędzenia (w komorach z tzw. zewnętrznym generatorem dymu) przyczynia się do względnie niskiego poziomu zanieczyszczenia produktów wędzonych, w tym ciężkimi poliarenamy. Jednakże publikowane w doniesieniach naukowych wyniki poziomów zawartości WWA w produktach wędzonych bywają zróżnicowane w bardzo szerokich granicach. Główną przyczyną takich rozbieżności są przede wszystkim różnice w technice wędzenia. Rodzaj i struktura drewna, zastosowanie bezpośredniego lub pośredniego wędzenia, rodzaj generatora dymu, dostęp tlenu, temperatura i czas wędzenia – wszystkie te czynniki niewątpliwie mogą przyczyniać się do rozbieżności uzyskiwanych wyników.

W celu sprawdzenia czy w przypadku produktów mięsnych wędzonych oznaczenie zawartości 4 ciężkich węglowodorów (z listy 15 WWA wg KN UE) jest lepszym wskaźnikiem występowania innych, zwłaszcza ciężkich poliarenowych w porównaniu do oznaczenia tylko zawartości benzo[a]pirenu, przeprowadzono analizy korelacji Pearsona pomiędzy zawartością B[a]P oraz sumaryczną zawartością 4 WWA a sumaryczną zawartością 15 WWA w analizowanych produktach. Wyniki tychże analiz uzyskane przy zastosowaniu oprogramowania statystycznego Statistica 7.1. zobrazowano na ryc. 2, 3. Na ich podstawie jednoznacznie stwierdzono, iż współczynnik korelacji  $\Sigma$  4 WWA do  $\Sigma$  15 WWA ( $r = 0,94$ ) jest istotnie wyższy od współczynnika korelacji B[a]P do  $\Sigma$  15 WWA ( $r = 0,86$ ). Współczynnik determinacji, będący podstawowym miernikiem jakości dopasowania modelu liniowego był również wyższy w przypadku zależności sumarycznej zawartości 15 WWA od 4 WWA ( $r^2 = 0,89$ ) w porównaniu do zależności  $\Sigma$  15 WWA od B[a]P

Ryc. 2. Krzywa korelacji zawartości B[a]P oraz  $\Sigma 15$  WWA.Fig. 2. Correlation curve for the content of B[a]P and  $\Sigma 15$  PAHs.Ryc. 3. Krzywa korelacji zawartości  $\Sigma 4$  WWA oraz  $\Sigma 15$  WWA.Fig. 3. Correlation curve for the content of  $\Sigma 4$  PAHs and  $\Sigma 15$  PAHs.

( $r^2 = 0,74$ ). Wykazano zatem, iż oznaczenie zawartości 4 ciężkich węglowodorów (w tym benzo[a]antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu oraz benzo[b]fluorantenu) jest lepszym wskaźnikiem obecności pozostałych WWA w analizowanych produktach w stosunku do benzo[a]pirenu.

Wyniki badań jednoznacznie wykazały, iż dla wszystkich produktów sumaryczna zawartość 15 WWA, jak również opisanych powyżej 4 reprezentatywnych WWA w części środkowej produktów była istotnie statystycznie niższa w porównaniu do części zewnętrznej tego samego asortymentu. Wyniki tychże badań wskazują wobec tego, iż penetracja WWA do wnętrza produktu nie zachodzi intensywnie, tak więc zdjęcie osłonki lub warstwy powierzchniowej znacząco obniża zawartość sumy 15 WWA czy też 4 WWA. Badacze niemieccy również potwierdzili, iż w czasie wędzenia węglowodory mogą dyfundować do warstw wewnętrznych produktu, jednakże większość z nich pozostaje w warstwach zewnętrznych, w szczególności

skórce (3, 12). Uważa się ponadto, że potencjalnie wysoki poziom zanieczyszczenia produktów wędzonych przez WWA można obniżyć poprzez zastąpienie wciąż stosowanych tradycyjnych metod wędzenia, w których dym wytwarzany jest bezpośrednio w komorze wędzarniczej, metodami nowoczesnymi, a więc w komorach z tzw. zewnętrznym generatorem dymu oraz przy zastosowaniu kurtyn wodnych w celu usunięcia cząsteczek stałych z fazy rozpraszającej dymu. Alternatywną metodą obniżenia poziomów występowania WWA, w tym benzo[a]pirenu, czy też pozostałych ciężkich węglowodorów w produktach wędzonych może być niewątpliwie zastosowanie preparatów dymu wędzarniczego, w znacznym stopniu pozbawionych tych związków.

## WNIOSKI

1. Zawartość benzo[a]pirenu we wszystkich badanych produktach była istotnie niższa od dopuszczalnego maksymalnego limitu 5 µg/kg regulowanego prawem żywnościowym Unii Europejskiej.
2. Oznaczenie zawartości 4 ciężkich WWA (w tym benzo[a]antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu oraz benzo[b]fluorantenu) jest lepszym wskaźnikiem obecności pozostałych węglowodorów w analizowanych produktach w stosunku do benzo[a]pirenu – związku uważanego do niedawna za idealnego reprezentanta innych poliarenow.
3. W przypadku wszystkich produktów mięsnych wędzonych poziom zanieczyszczenia części wewnętrznej produktów przez 15 WWA czy również 4 WWA był istotnie statystycznie niższy w porównaniu do części zewnętrznej tego asortymentu, zatem zdjęcie osłonki lub warstwy powierzchniowej produktu wędzonego znacząco obniża zawartość ciężkich poliarenow z listy 15 WWA (wg Komitetu Naukowego Unii Europejskiej).

M. Ciecierska, M. Teodorska, K. Dasiewicz, M. Obiedziński

### POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON CONTENTS AND THEIR RELATIONS IN SMOKED MEAT PRODUCTS

#### Summary

The objective of this study was to determine content of 15 PAHs in 4 groups of commercial smoked meat products (ham, cooked cured loin, raw cured loin and medium-ground sausage). An important issue was to define the degree of correlation between content of benzo[a]pyrene, or total of 4 heavy PAHs and the total content of all 15 PAHs in analysed products. The methodology applied in our study comprised the steps of fat extraction, PAHs isolation using GPC, and qualitative-quantitative determination of the compounds by HPLC-FLD/DAD. In all studied products, benzo[a]pyrene content was significantly lower than the maximum admissible limit of 5 µg/kg specified for smoked meat products in EU Commission Regulation No.1881/2006. Furthermore, the study revealed that determination of 4 PAHs (benzo[a]anthracene, chrysene, benzo[a]pyrene and benzo[b]fluoranthene) is a more reliable indicator of PAHs to be found in analysed products than determination of benzo[a]pyrene alone, as indicated by higher correlation and determination coefficients for the relation between 4 PAHs and 15 PAHs contents. Moreover, for every analysed product, it was statistically confirmed that inner parts had a significantly lower level of 15 PAHs contamination as well as lower total content of 4 heavy PAHs than the outer parts of the same foodstuff.

## PIŚMIENNICTWO

1. Codex Committee on Food Additives and Contaminants (CCFAC): Discussion paper on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) contamination. Thirty-seventh Session. The Hague, the Netherlands, 25-29 April 2005. – 2. *Guillen M.D., Sopolana P.*: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in diverse foods. *Rev. Environ. Health.*, 1997; 12: 133–146. – 3. *Jira W., Ziegenhals K., Speer K.*: Values don't justify high maximum levels. PAH in smoked meat products according to the new EU standards. *J. Meat Prod. and Meat Proc.*, 2006; 4: 11-17. – 4. *Philips D.H.*: Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutat. Res.*, 1999; 443: 139-147. – 5. *Tamakawa K.*: Pesticide, veterinary and other residues in food, Watson D.H., Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2004; 19: 473-518. – 6. *Yurchenko S., Mölder U.*: The determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish by gas chromatography mass spectrometry with positive-ion chemical ionization. *J. Food Compos. Anal.*, 2005; 18: 857-869. – 7. Scientific Committee on Food: Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of polycyclic aromatic hydrocarbons in food. SCF/CNTM/PAH/29 Final 4 December 2002. – 8. EPA/5401/1-86/013, 1984. – 9. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. *Dz. U. L* 364/5. – 10. European Food Safety Authority: Findings of the EFSA data collection on polycyclic aromatic hydrocarbons in food. A report from the Unit of Data Collection and Exposure on Request from the European Commission. EFSA/DATEX/002, 29 June 2007.
11. European Food Safety Authority: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain Adopted on 9 June 2008. *The EFSA Journal*, 2008; 724: 1-114. – 12. *Jira W.*: A GC/MS method for the determination of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in smoked meat products and liquid smokes. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004; 218: 208-212. – 13. *Jankowski P.S.*: Analiza zanieczyszczenia wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi wybranych grup artykułów rolno-spożywczych. Rozprawa doktorska. Warszawa, 2004. – 14. *Šimko P.*: Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *J. Chromatogr. B*, 2002; 770: 3-18.

Adres: 02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159 C.