

Dr inż. Mariusz S. KUBIAK  
Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Wydział Mechaniczny  
Politechnika Koszalińska

Dr n. wet. inż. Magdalena POLAK-ŚLIWIŃSKA  
Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

## WYBRANE WYROBY MIĘSNE PODDANE PRZEMYSŁOWYM WARUNKOM WĘDZENIA A ZAWARTOŚĆ WWA®

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2013  
jako projekt rozwojowy nr N R12 0125 10

*W artykule przedstawione zostały wstępne wyniki badań oznaczeń wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA w wybranych wyrobach mięsnych poddanych przemysłowym warunkom wędzenia w zakładzie przetwórstwa mięsnego, w komorze wędzarniczej jednowózkowej elektrycznej model KWP-letz wyprodukowanej przez firmę PEK-MONT Sp. z o.o. Doświadczalne wyroby poddane zostały przemysłowemu wędzeniu w komorze wędzarniczej z zewnętrznym dymogeneratorem firmy PEK-MONT. Celem przeprowadzonej pracy badawczej było określenie poziomu zanieczyszczenia związkami z grupy WWA w wybranych wyrobach mięsnych poddanych przemysłowemu wędzeniu. Materiał do badań stanowiły pobrane próbki wyrobów mięsnych wędzonych (polędwice, ogonówki i boczek) po zakończonym procesie wędzenia i wychłodzeniu. Jakościowa i ilościowa analiza związków WWA została wykonana z wykorzystaniem chromatografii cieczowej z selektywnym detektorem (HPLC-FLD-DAD).*

### WSTĘP

W codziennym życiu organizm ludzki czy zwierzęcy jest wystawiony na działanie tysięcy substancji chemicznych, które mają oddziaływanie korzystne, ale wiele z nich może wpływać również negatywnie. Powszechność ich występowania w produktach rolno-spożywczych i żywności stwarza niebezpieczeństwo powstawania chorób cywilizacyjnych, do których należą również choroby nowotworowe [1, 2 4, 5, 13, 16, 26, 33, 40, 41].

Do niedawna w piśmiennictwie wyrażany był pogląd, że surowce pochodzenia zwierzęcego, jak mięso, tłuszcze zwierzęce, jaja i mleko, nie zawierają WWA. Jednak od kilkunastu lat publikowane prace poświęcone badaniom surowców zwierzęcych, pochodzących od zwierząt hodowlanych na terenach o zdefiniowanym poziomie skażenia środowiska przez policykliczne węglowodory aromatyczne wskazują na występowanie nieznacznych koncentracji WWA ( $0,01=0,05 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [31;33]. Podobne stężenia WWA stwierdzono w mleku i jajach [16;22;27;40]. Z dostępnego piśmiennictwa wynika, że mleko i produkty mleczne charakteryzują się bardzo niską zawartością WWA, a na ich poziom istotny wpływ mają warunki środowiskowe, sezon wypasu krów i rodzaj paszy [24,25;40;41].

Badania przeprowadzone przez amerykańskich i japońskich badaczy [9;15] potwierdzają możliwość przedostawania się WWA do organizmów zwierzęcych zarówno drogą oddechową, jak i poprzez paszę, a także możliwości gromadzenia WWA w tłuszczach tkankowych zwierząt i przedostawania się ich do tłuszczu mleka.

W badaniach amerykańskich zawartość WWA w mleku krów wypasanych na pastwiskach położonych wokół zakładów przemysłowych i dróg szybkiego ruchu była statystycznie istotnie wyższa, niż w mleku krów wypasanych na terenach

o niskiej zawartości WWA w środowisku (powietrze, gleba) [9, 22]. Stwierdzono istotną korelację dodatnią między zawartością tłuszczu w mleku a poziomem WWA, a zatem nośnikiem węglowodorów był tłuszcz mleka [9, 15, 22].

W latach 60-tych i 70-tych ubiegłego stulecia większość prac związanych z występowaniem WWA w środowisku i żywności, koncentrowało się na oznaczaniu benzo[a]pirenu [40, 41]. W szczególności oznaczano go w produktach mięsnych i rybnych wędzonych lub pieczonych na rożnie, gdyż uznano je za najbardziej popularne produkty narażone na skażenie przez związki z grupy WWA. Już wówczas Suess [35] stwierdził, że węglowódor ten stanowi od 1 do 20 % kancerogennych WWA, mogących występować w produkcie i mających pośredni wpływ na zdrowie człowieka [31]. Nie ulega wątpliwości, że dostępne w tamtych latach techniki analityczne zmuszały badaczy do oznaczania ograniczonej liczby węglowodorów, co po części zauważalne jest również i dzisiaj. Związane jest to niekiedy z brakiem funduszy na zakup nowoczesnej aparatury czy odczynników potrzebnych w trakcie przeprowadzania analizy [8, 20].

Wędzenie, jako sposób utrwalania mięsa i ryb znany jest od bardzo dawna. Obecnie proces ten stosowany jest w dużym stopniu w celu nadawania produktom oczekiwanych przez konsumenta cech sensorycznych. Od dawna wiadomo było, że określone gatunki drewna stosowane do generowania dymu wędzarniczego nadawały bardziej pożądane cechy sensoryczne. W szczególności dotyczy to drewna drzew liściastych (buk, olcha, dąb, akacja). Wiadomo także, że istotny wpływ na tworzenie się WWA w dymie wędzarniczym odgrywa temperatura żarzenia drewna, a pośredni wpływ mają takie parametry generowania dymu, jak wilgotność drewna, stopień rozdrobnienia i dostęp tlenu oraz prędkość podawania oraz rozprzodzenia dymu w komorze [6, 28, 34].

Znaczący wkład w badaniach nad tworzeniem się WWA w dymie wędzarniczym i ich występowaniem w produktach wędzonych mieli polscy badacze: Tilgner i Daun, Sikorski, Obiedziński [28, 39]. Stwierdzono, że **generowanie dymu wędzarniczego w komorze wędzarniczej i bezpośrednie wędzenie dymem sprzyja wysokim poziomom zanieczyszczenia produktu przez WWA** [28, 34, 39]. Znaczące obniżenie zawartości w produkcie policyklicznych węglowodorów aromatycznych, w szczególności ciężkich węglowodorów, osiągnięto poprzez generowanie dymu poza komorą wędzarniczą i stosowanie kurtyn wodnych do usuwania cząstek stałych z fazy rozpraszającej dymu. Również **intensywność rozprowadzania (podawania) mieszaniny dymu (gęstość) w komorze wędzarniczej wpływa na kumulację związków z grupy WWA w wyrobie gotowym** [28, 34, 39].

**W czasie wędzenia węglowodory** mogą dyfundować w głąb produktu, **lecz w znacznym stopniu pozostają one w warstwie ususzki powierzchniowej**. W Niemieckim Federalnym Instytucie Badawczym Mięsa przeanalizowano wyniki badań (1978-2002) na zawartość benzo[a]pirenu w wędzonych produktach mięsnych i stwierdzono, że w 961 próbkach, 76 % miało zawartości benzo[a]pirenu poniżej 1 µg/kg, a w 24 % powyżej tej granicy. Od roku 1993, po wprowadzeniu w Niemczech ograniczenia dopuszczalnej zawartości benzo[a]pirenu w produktach wędzonych do poziomu 1 µg·kg<sup>-1</sup>, zaobserwowano tendencję obniżania benzo[a]pirenu w wędzonych produktach mięsnych. Wynosi ona obecnie średnio 0,1 ppb [12, 13, 14].

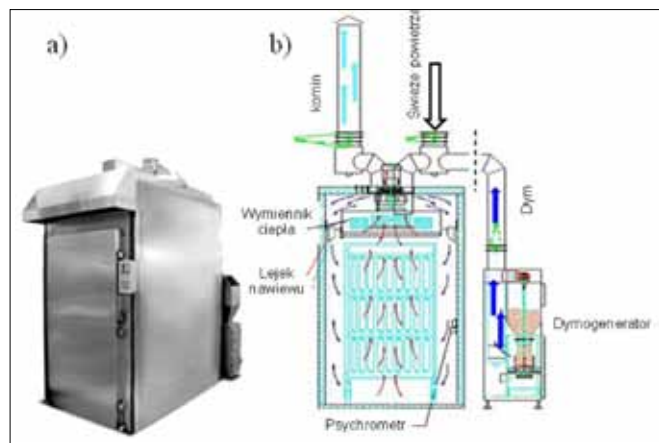
Przedstawiane wyniki dociekań naukowych dotyczących powstających podczas wytwarzania dymu wędzarniczego WWA i ich występowania w produktach wędzonych przyczyniły się w dużej mierze do modernizacji komór wędzarniczych stosowanych w przemyśle mięsny i rybny. Alternatywą wędzenia przetworów mięsnych i innych produktów żywnościowych stał się preparat dymu wędzarniczego otrzymywany podczas kontrolowanej pirolizy i oczyszczenia z większości związków z grupy WWA. Umożliwiło to obniżenie poziomów występowania benzo[a]pirenu w gotowym produkcie do poziomu poniżej 1 ppb [29]. Z drugiej strony, od szeregu lat obserwuje się zainteresowanie konsumentów wyrobami tradycyjnymi, regionalnymi, które w swojej specyfice obróbki wędzenia niekiedy wprowadzają większy poziom związków WWA.

**Można wnioskować, że na stopień skażenia będą miały wpływ głównie nawyki kulinarne, w tym stopień uwędzenia, jak i zawartość tłuszczu w surowcu oraz zanieczyszczenia powszechnie występujące w środowisku** [23, 30, 36, 38].

**Celem artykułu jest prezentacja uzyskanych wyników badań z oznaczeń policyklicznych węglowodorów aromatycznych (WWA) w wybranych wyrobach mięsnych poddanych przemysłowemu warunkom wędzenia.**

## MATERIAŁ I METODY

Podjęto wstępne badania w realizacji projektu rozwojowego NR12 0125 10 dla oznaczenia zawartości związków z grupy WWA w wybranych wyrobach wędzonych wykorzystując komorę jednowózkową elektryczną model KWP-1etz z zewnętrznym dymogeneratorem (rys. 1) [42], produkowaną przez firmę PEK-MONT Sp. z o.o. z Bielska.



**Rys. 1.** Komora wędzarnicza jednowózkowa typu KWP-1etz, firmy PEK-MONT: a) widok ogólny; b) schemat technologiczny komory wędzarniczej.

**Źródło:** <[www.pek-mont.pl](http://www.pek-mont.pl)>.

Proces wędzenia był przeprowadzony według programu wędzarniczego, który jest realizowany dla tych wyrobów w warunkach przemysłowych z wykorzystaniem zrębek wędzarniczych w jednym z Zakładów Przetwórstwa Mięsnego I. Z. Grabowsky. Przeprowadzany proces wędzenia (zastosowane parametry) był powtarzalny we wszystkich partiach pobieranych prób do analiz, ponieważ wykorzystano te same zrębki wędzarnicze oraz dymogeneratory zewnętrzny.

Użyta komora miała typową konstrukcję bez wprowadzania modyfikacji, które są w zamyśle badawczym, realizowanego projektu rozwojowego NR12 0125 10 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w latach 2010-2013. Przeprowadzone badania są wstępnymi badaniami nad kumulacją związków WWA w wybranych wyrobach wędzonych poddanych przemysłowemu warunkom wędzenia. W ramach współpracy między jednostkami badawczo-naukowymi przy analizach uczestniczyła dr n. wet. inż. Polak-Śliwińska z Katedry Towaroznawstwa i Badań Żywności na Wydziale Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

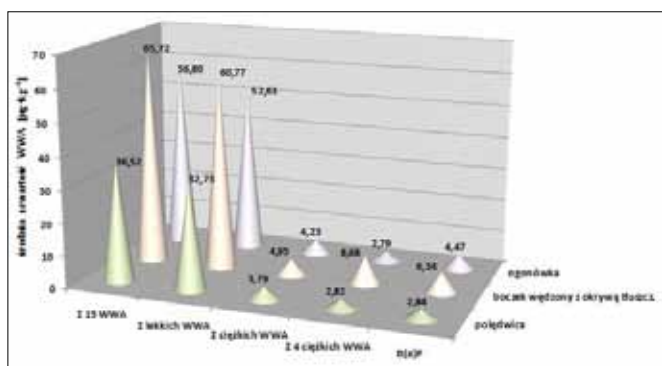
Materiał do badań stanowiły wybrane wyroby mięsne wędzone z grupy wędzonki: połówce (n=34), ogonówki (n=34) i boczek (n=34) pobrane z asortymentu oferowanego przez jeden z zakładów przetwórstwa mięsnego w regionie zachodniopomorskim, którego dzienna produkcja wszystkich wyrobów jest na poziomie 20 ton. Wyroby poddane przemysłowemu wędzeniu w komorze wędzarniczej z zewnętrznym dymogeneratorem firmy PEK-MONT.

Pobierano próbki z części zewnętrznej każdego wyrobu do głębokości 2,5 cm, a następnie poddawano rozdrobieniu. Metodyka badań obejmowała ekstrakcję tłuszczu z pobranych próbek, oczyszczanie ekstraktu od związków interferujących przy wykorzystaniu chromatografii preparatywnej. Jakościowa i ilościowa analiza związków WWA została wykonana z wykorzystaniem chromatografii cieczowej z selektywnym detektorem (HPLC-FLD-DAD). Przygotowaną próbkę poddano rozdzielaniu metodą chromatografii żelowej przepływowej z wykorzystaniem żelu na bazie polimeru styrenodiwinylobenzenu Bio-Beads S-X3 [3, 7, 10, 21, 38]. Uzyskany ekstrakt rozpuszczono w 1 cm<sup>3</sup> uprzednio przygotowanej mieszaniny i nanoszono na kolumnę chromatografu cieczowego. Rozdział chromatograficzny przebiegał w warunkach: przepływu 0,8 cm<sup>3</sup>/min, faza ruchoma-mieszanina cykloheksan/octan etylu (50/50, v/v), detektor UV-VIS, długość fali 254 nm.

Zebrana frakcja WWA po zateżeniu do objętości 1 cm<sup>3</sup> poddana została analizie z wykorzystaniem wysokosprawnej chromatografii cieczowej na aparacie Shimadzu HPLC. Sam rozdział prowadzony był z wykorzystaniem kolumny chromatograficznej Supelcosil LC-PAH 250x4,6 mm, o wypełnieniu 5 μm (Supelco Sigma). Termostatowanie kolumny przeprowadzone było w temperaturze 30°C, przy przepływie 1,0 cm<sup>3</sup>/min przy zastosowaniu programu gradientowego fazy ruchomej woda/acetonitryl (30/70, v/v) a następnie acetonitrylu (100%). Warunki detekcji: detektor diodowy-254 nm, detektor fluorescencyjny przy zmiennym nastawieniu wzbudzeniu i emisji (Ex/Em): 270/420, 270/500, 270/470 nm [3;10;21;38]. Analiza była przeprowadzona z zastosowaniem standardów zewnętrznych (mieszanina 15 WWA wg KN UE – PAH-Mix 183, Dr Ehrenstorfer GmbH Analytical-Standards). Metoda była walidowana i spełniała wymagania stawiane przez prawo żywnościowe UE dla metod analitycznych w zakresie oznaczania 15 WWA w produktach spożywczych.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Dla zobrazowania wyników uzyskanych z przeprowadzonych analiz przedstawiono na rysunku 2 oraz w tabeli 1 średnie sumaryczne zawartości 15 WWA, Σ lekkich WWA, Σ ciężkich WWA oraz B(a)P wg listy KN UE w produktach wędzonych poddanych przemysłowym warunkom wędzenia. Przedstawiono je również w formie wykresu.



**Rys. 2.** Średnie sumaryczne zawartości WWA w wybranych wyrobach mięsnych poddanych przemysłowym warunkom wędzenia (μg·kg<sup>-1</sup>).

**Źródło:** Badania własne.

Najwyższe poziomy koncentracji Σ 15 WWA w całej grupie wędzonek stwierdzono odpowiednio: w boczku 65,72 μg·kg<sup>-1</sup> i ogonówkach 56,80 μg·kg<sup>-1</sup>. Najniższe wartości uzyskano w polędwicach (36,52 μg·kg<sup>-1</sup>).

Zauważyć należy, że zawartość ciężkich i lekkich WWA w wybranych wyrobach wędzonych wykazywała podobne

zależności, co może wskazywać na zależność od zawartości tłuszczu w surowcu, który istotnie wpływa na kumulację tych związków. Najniższe wartości oznaczanych lekkich i ciężkich węglowodorów odnotowano dla polędwic, które odznaczały się najmniejszą zawartością tkanki tłuszczowej. Średnia wartość sumaryczna lekkich WWA dla polędwicy wynosiła 32,73 μg·kg<sup>-1</sup> i stanowiła niemal połowę średniej wartości, jaka została oznaczona dla pozostałych dwóch wyrobów wędzonych.

Zawartość B(a)P różniła się we wszystkich wędzonkach poddanych analizie i mieściła się w przedziale między 2,84 μg·kg<sup>-1</sup> a 6,34 μg·kg<sup>-1</sup>. Biorąc pod uwagę wymagania niemieckie dotyczące dopuszczalnej zawartości WWA, w tym B(a)P w produktach wędzonych (limit do 1,0 μg·kg<sup>-1</sup>) badane produkty w niniejszej pracy znacznie przekraczały wskazany poziom. Określony w Rozporządzeniu Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 [32] dopuszczalny maksymalny limit B(a)P (5,00 μg·kg<sup>-1</sup>) został jedynie przekroczony w boczku wędzonym z okrywą tłuszczową, co potwierdza dane literaturowe wskazujące na większą kumulację wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w tkance tłuszczowej.

W całej badanej grupie wędzonek stwierdzono dosyć wysoki udział lekkich węglowodorów w stosunku do Σ 15 WWA tj. 89,6 % dla polędwic oraz 92,6 % dla pozostałych wyrobów poddanych analizie. Natomiast zawartość 4 ciężkich węglowodorów stanowiła od 7,7 % do 13,2 % sumy 15 WWA, i również w tym przypadku została potwierdzona zależność między zawartością tłuszczu w surowcu a poziomem koncentracji ciężkich węglowodorów.

Technologiczne uwarunkowania związane z parametrami przeprowadzanego procesu wędzenia: czas i temperatura; jak również rodzaj surowca drzewnego (o różnej strukturze) do wytwarzania dymu: zrębki wędzarnicze, klocki, wióry; oraz zróżnicowany dostęp tlenu, mają znaczący wpływ na koncentrację związków z grupy WWA i są przedstawiane w wielu publikacjach [6, 34, 37]. Wymienione czynniki i wiele innych związanych z samą konstrukcją komory i dymogeneratora oraz prędkością przepływu mieszaniny dymu i powietrza [11, 18, 19], mają niewątpliwie wpływ na uzyskane wyniki poziomu koncentracji WWA w produktach wędzonych [17, 34].

Do ograniczenia poziomu koncentracji WWA do minimum dopuszczalnego limitu zawartości w produktach mięsnych wędzonych określonego np. w Niemczech, jest zalecane zastosowanie preparatów dymu wędzarniczego. Preparaty wędzarnicze są w znacznym stopniu pozbawione związków z grupy WWA. Jednak należy pamiętać, że wyroby poddane tradycyjnemu wędzeniu stanowią grupę produktów, które w znacznym stopniu pożądane są przez konsumentów ze

**Tabela 1.** Średnie sumaryczne zawartości WWA w wybranych wyrobach mięsnych poddanych przemysłowym warunkom wędzenia (μg·kg<sup>-1</sup>) (badania własne)

wyroby wędzone	Σ 15 WWA	Σ lekkich WWA	Σ ciężkich WWA	Σ 4 ciężkich WWA	B(a)P
polędwica	36,52±5,42*	32,73±6,28*	3,79±1,06*	2,82±0,54*	2,84±0,54*
boczek wędzony z okrywą tłuszczową	65,72±5,47***	60,77±4,43***	4,95±0,56**	8,68±0,76**	6,34±1,67***
ogonówka	56,80±9,12**	52,61±9,41**	4,23±1,45**	2,79±0,52*	4,47±0,78**

wartości oznaczone (\*\*\*) (\*\*) i (\*) różnią się statystycznie istotnie na poziomie α=0,05  
Σ WWA wg listy KN UE [31]



względu na walory smakowe, uzyskiwane podczas procesu wędzenia tradycyjnego. Dlatego należy szukać innych rozwiązań, które pozwolą na przeprowadzenie tradycyjnego wędzenia a jednocześnie stworzą możliwość obniżenia kumulacji związków z grupy WWA w wyrobach wędzonych bez względu na stopień otłuszczenia. Prowadzone badania w ramach projektu rozwojowego przez Zespół Politechniki Koszalińskiej stwarzają możliwość wskazania realnych rozwiązań w konstrukcji samej komory wędzarniczej bez zmiany parametrów nastawczych procesu wędzenia. Założenia ujęte w projekcie mają przyczynić się do ograniczenia wad jakościowych, m.in. niedowędzenia czy przewędzenia, które to mają znaczący wpływ na zawartość WWA.

## PODSUMOWANIE

Największe poziomy zawartości  $\Sigma$  15 WWA odnotowane zostały dla boczaków wędzonych ( $65,72 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) w porównaniu do pozostałych wyrobów poddanych wędzeniu w warunkach przemysłowych. Najmniejszym udziałem  $\Sigma$  15 WWA odznaczały się połówki ( $36,52 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Średnie sumaryczne 4 ciężkich węglowodorów, które zostały oznaczone w próbkach stanowiły od 7,7 % do 13,2 % co potwierdza dane literaturowe o wpływie zawartości tkanki tłuszczowej surowca na kumulację związków z grupy WWA, zwłaszcza ciężkich.

Należy zatem szukać rozwiązań pozwalających zachować walory wędzenia tradycyjnego przeprowadzanego w warunkach przemysłowych, które będą minimalizować koncentrację związków z grupy WWA w wyrobach wędzonych uwzględniając również zróżnicowanie surowca (skład tkankowy).

Założenia w realizowanym projekcie nr N R12 0125 10 przez Zespół Politechniki Koszalińskiej w kooperacji z Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu oraz kluczowymi partnerami: firma PEK-MONT i ZPM I. Z. Grabowscy, pozwalają na podjęcie szeregu prób i możliwości rozwiązania wielu problemów związanych z wędzeniem tradycyjnym i ograniczeniem zanieczyszczeń wynikających z samego procesu w warunkach realnych.

**Autorzy dziękują za merytoryczną pomoc firmie PEK-MONT Sp. z o.o. Bielsk koło Płocka i ZPM I. Z. Grabowscy Sp. j. Ościęcín koło Gryfic za współpracę oraz udostępnienie zaplecza technicznego i surowcowego przy realizacji projektu rozwojowego nr NR12 0125 10.**

## LITERATURA:

- [1] **ADONIS M., GIL L. 2000.** *Polycyclic aromatic hydrocarbons level and mutagenicity of inhalable particulate matter in Santiago.* Chile, Inhalation Toxicology, 12 (12), 1173-1183.
- [2] **ATSDR 1990.** Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement. Polycyclic aromatic hydrocarbons. Atlanta.
- [3] **CIECIERSKA M., TEODORSKA M., DASIEWICZ K., OBIEDZIŃSKI M. W. 2010.** *Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz ich zależności w produktach mięsnych wędzonych.* Bromatologia Chemia Toksykologia, T.XLIII, 93-100.
- [4] **CREASER C., PURCHASE R. 1991.** *Food Contaminants Sources and Surveillance.* The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- [5] **DUTKIEWICZ T. 1998.** *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym.* Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- [6] **DUDA Z. 2011.** *Wędzenie.* Kalendarz Mięśny, Nr 1.
- [7] **FERNANDEZ P., PORTE C., BARCELÓ D., BAYONA J. M., ALBAIGÉS I. 1988.** *Selective Enrichment Procedures for the determination of Polychlorinated Biphenyls and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Environmental Samples* Journal of Chromatography, 456, 155-164.
- [8] **GARCIA FALCON M. S., GONZALES AMIGO S., LAGE YUSTY M. A., LOPEZ DE ALDA VILLAIZAN M. J., SIMAL LOZANO J. 1996.** *Enrichment of benzo(a)pyrene in smoked food products and determination by high-performance liquid chromatography-fluorescence detection.* Journal of Chromatography, 753, 207-215.
- [9] **GROVA N., FEIDT C., CILEPINEAU C., LAURENT C., LAFARGUE P. E., HACHIM A., RYCHEN G. 2002.** *Detection of polycyclic hydrocarbon levels in milk collected near potential contamination sources.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 8, 4639-4642.
- [10] **HORÁK T., JURKOVÁ M., ČULÍK J., ČEJKA P., KELLNER V. 2007.** *Use of gel permeation chromatography for the determination of the important groups of organic pollutants in malting barley and malt.* Ecological Chemistry and Engineering, T 14, no S2, 207-214.
- [11] **JAKUBOWSKI M., KUBIAK M. S., DIAKUN J. 2010.** *Analiza symulacyjna przepływu występującego w wypełnionej wsadem komorze wędzarniczej jednowózkowej.* Inżynieria i Aparatura Chemiczna, (1), 1-2.
- [12] **JIRA W., DIJNOVIC J. 2008.** *PAK in kaltgeraucherten serbische Fleischerzeugnissen.* Fleischwirtschaft, 5, 114-120.
- [13] **JIRA W., ZIEGENHALS K., SPEER K. 2006.** *PAK in geräucherten Fleischerzeugnissen. Untersuchungen nach den neuen EU-Anforderungen.* Fleischwirtschaft, 86 (10), 103-106.
- [14] **JIRA W. 2003.** *Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe in geräucherten Fleischerzeugnissen und Rauchkondensaten.* Die Fleischwirtschaft, 3, 160-162.
- [15] **KISHIKAWA N., WADA M., KURODA N., AKIYAMA S., NAKASHIMA K. 2003.** *Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in milk samples by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection.* Journal of Chromatography B, 789, 257-264.
- [16] **KLIMASZEWSKA K. 1999.** *Właściwości, występowanie i przemiany wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w środowisku naturalnym.* Żywność, Żywnienie a Zdrowie, 8, 363-376.
- [17] **KOSTYRA E. 2005.** *Dym wędzarniczy i preparat dymu wędzarniczego. Skład, właściwości, zastosowanie.* Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, T 5, nr 2, 48-50.
- [18] **KUBIAK M. S., JAKUBOWSKI M. 2010a.** *Analiza symulacyjna rozkładu prędkości przepływu nośnika dymu*

- w komorze wędzarniczej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, nr 546, 201-206.
- [19] **KUBIAK M. S., JAKUBOWSKI M. 2010b.** *Model symulacyjny warunków przepływu w komorze wędzarniczej.* Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, nr 1, 55-57.
- [20] **KUBIAK M.S., PISZCZ P., JANKOWSKI P.S. 2010.** *Zanieczyszczenia z grupy WWA – występowanie, charakterystyka oraz metody oznaczania w żywności i środowisku.* Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, nr 2, 93-97.
- [21] **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.
- [22] **LIJNSKY W. 1991.** *The formation and occurrence of polynuclear aromatic hydrocarbons associated with food.* Mutation Research, 259, 252-261.
- [23] **LIZHONG Z., JING W. 2003.** *Sources and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons in kitchen air, China.* Chemosphere, 50, 611-618.
- [24] **MATTER L. 1997.** *Food and environmental analysis by capillary gas chromatography.* Wyd. Huthig Verlag Heidelberg, 75-117.
- [25] **MEADOR, J. P., SOMMERS F.C., YLITALO G. M., SLOAN C. A. 2006.** *Altered growth and related physiological responses in juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) from dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).* Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 63, 2364-2376.
- [26] **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.
- [27] **OBIEDZIŃSKI M. 1985.** *Wybrane zagadnienia zanieczyszczenia żywności wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA).* Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 39, 660-676.
- [28] **OBIEDZIŃSKI M. W. 1977.** *Wpływ warunków żarzenia drewna na zawartość benzo[a]pirenu w dymie drzewnym.* Rozprawa doktorska, Warszawa.
- [29] **POTTHAST K. 1978.** *The problem of 3,4-benzopyrene in smoked meat products.* Die Fleischwirtschaft, 1, 38-40.
- [30] **PEI-FEN W., TAI-AN C., LI-FANG W., CHIA-SHIUNG C., YING-CHIN K. 1998.** *Nitro-polycyclic aromatic hydrocarbon contents of fumes from heated cooking oils and prevention of mutagenicity by catechin.* Mutation Research, 403, 29-34.
- [31] **REGULATION 108/2005 OF THE EU COMMISSION.** Commission Recommendation 2005/108/EC of 4 February 2005 On the further investigation into the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in certain foods. Official Journal of the European Union, L 34/3.
- [32] **ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006:** Ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych, Dz. Urz. UE L 364/5.
- [33] **Scf-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.
- [34] **SIKORSKI Z. E. 2004.** *Traditional smoking.* in Jensen W.K., Devine C., Dikeman K. (Eds.): Encyclopedia of meat sciences. 1265-1277. Elsevier.
- [35] **SUESS M. J. 1976.** *The environmental load and cycle of PAHs.* The Science of the Total Environment, 60, 239-350.
- [36] **SIEGMANN K., SATTLER K. 1996.** *Aerosol from cooking oil, a possible health hazard.* Journal Aerosol Science, 27, sup. 1, 5493-5494.
- [37] **ŠIMKO P. 202.** *Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives.* Journal of Chromatography B, 770, 3-18.
- [38] **TAI-AN C., PEI-FEN W., YING-CHIN K. 1999.** *Identification of carcinogens in cooking oil fumes.* Environmental Research, 18-22.
- [39] **TILGNER D. J., DAUN H. 1969.** *Polycyclic aromatic hydrocarbons (polynuclears) in smoked foods.* Residue Review, 24, 19-41.
- [40] **WALTER C. H., HOPKIN S. P., SIBLY R. M., PEAKALL D. B. 2002.** *Podstawy ekotoksykologii.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [41] **ZAKRZEWSKI S. F.:** *Podstawy toksykologii środowiska.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 114.
- [42] <www.pek-mont.pl>.

## SELECTED MEAT PRODUCTS SUBJECT TO MANUFACTURING SMOKING CONDITIONS AND CONTENT OF PAH

### SUMMARY

*In the thesis there were shown preliminary results of the research concerning the analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in selected meat products subject to manufacturing smoking conditions in a meat processing factory, in a single-track, electric smoking chamber, KWP-letz model, produced by PEK-MONT Plc. Meat products were subject to manufacturing smoking in a smoking chamber with a PEK-MONT smoke generator.*

*The aim of the thesis was to determine the level of PAH compounds contamination in selected meat products subject to manufacturing curing. Research material accounted for samples taken from smoked meat products (lion, oxtail and bacon) after the smoking process and cooling. Quality and quantity analysis of PAH compounds was made with the use of the liquid chromatography with a selective detector (HPLC-FLD-DAD).*