

# APARATURA

## BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

### Ocena wpływu wybranych technik wędzenia i grillowania na poziom zanieczyszczenia produktów mięsnych wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi z uwzględnieniem wymagań prawa żywnościowego Unii Europejskiej

MARTA CIECIERSKA, MIECZYŚLAW W. OBIEDZIŃSKI, DOROTA DEREWIAKA,  
BEATA DRUŻYŃSKA, JOLANTA KOWALSKA, EWA MAJEWSKA

SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W WARSZAWIE, WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOSCI,  
KATEDRA BIOTECHNOLOGII, MIKROBIOLOGII I OCENY ŻYWNOSCI,  
ZAKŁAD OCENY JAKOŚCI ŻYWNOSCI

**Słowa kluczowe:** WWA, produkty mięsne, obróbka termiczna, prawo żywnościowe

#### STRESZCZENIE

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) mogą występować w żywności na skutek depozycji środowiskowej, jak również procesów termicznego utrwalania żywności i przygotowania jej do spożycia. Celem pracy było zbadanie wpływu wybranych technik wędzenia i grillowania na poziom zanieczyszczenia produktów mięsnych przez WWA w aspekcie aktualnych wymagań prawa żywnościowego Unii Europejskiej, zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) Nr 835/2011. W wyniku badań potwierdzono istotny wpływ zastosowanych technik wędzenia oraz grillowania na poziom zawartości WWA w wybranych grupach produktów. Uwzględniając maksymalny dopuszczalny poziom zawartości B[a]P oraz sumarycznej zawartości 4 ciężkich WWA (B[a]A, Chr, B[a]P i B[b]F) w produktach mięsnych wędzonych ustanowiony w Rozporządzeniu Komisji (UE) Nr 835/2011 wykazano, że wszystkie produkty niezależnie od zastosowanej metody wędzenia spełniały wymagania prawa żywnościowego Unii Europejskiej.

# Evaluation of the influence of selected methods of smoking and grilling on the meat products contamination level by polycyclic aromatic hydrocarbons in relation to the requirements of European Union food law

**Keywords:** PAHs, meat products, thermal processing, food law

## ABSTRACT

Occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in food can be a consequence of environmental deposition, but also the thermal treatment processes used in the preparation and manufacture of foods. The aim of this study was to investigate the influence of selected methods of smoking and grilling on the meat products contamination level by PAHs with reference to the current requirements of European Union food law, according to the Commission Regulation (UE) No. 835/2011. The obtained results proved a significant effect of the methods of smoking and grilling on the level of PAHs content in selected groups of products. Considering the maximum tolerable limit for B[a]P and the sum of 4 heavy PAHs (B[a]P, B[a]A, B[b]F, Chr) in smoked meat products stated in the Commission Regulation (UE) No. 835/2011, it was proved that all products fulfilled the European Union food law requirements, irrespectively of the smoking method applied.

## 1. WPROWADZENIE

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) stanowią jedną z największych i strukturalnie zróżnicowanych grup zanieczyszczeń chemicznych powszechnie występujących w środowisku oraz wykazujących genotoksyczne, mutagenne i kancerogenne właściwości [1, 2]. Obecnie według zalecenia Komisji Europejskiej z dnia 4 lutego 2005 [3] istnieje potrzeba badań nad poziomami benzo[a]pirenu oraz pozostałych związków należących do 15 WWA wytypowanych przez Komitet Naukowy ds. Żywności UE (KN UE), w szczególności w wybranych grupach produktów spożywczych określonych w Rozporządzeniu Komisji (UE) Nr 835/2011 z dnia 19 sierpnia 2011 r. [4]. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) Nr 835/2011 w produktach spożywczych oprócz poziomu zawartości benzo[a]pirenu powinna być monitorowana sumaryczna zawartość 4 ciężkich WWA (benzo[a]antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu oraz benzo[b]fluorantenu) z listy 15 WWA wg KN UE.

Spośród procesów obróbki termicznej, które istotnie przyczyniają się do wysokich poziomów zanieczyszczenia policyklicznymi węglowodarami, wymienia się głównie wędzenie oraz pieczenie na rożnie, czy też grillowanie [1, 2, 5, 6]. Wytwarzanie dymu wędzarniczego jest przykładem procesu niepełnego spalania, z którym jednoznacznie utożsamiany jest proces powstawania

WWA [1, 2, 7]. Zanieczyszczenie produktów grillowanych jest natomiast wynikiem procesu pirolizy tłuszczów skapujących wprost do ognia lub na rozżarzone węgle. W literaturze wskazuje się również na możliwość tworzenia się WWA wskutek termicznego rozkładu białek oraz węglowodanów zawartych w żywności [2, 7, 8]. Doniesienia naukowe potwierdzają wpływ metod obróbki termicznej na poziom zawartości WWA w produktach finalnych, jednakże dotychczas w tego typu badaniach podejmowano się przede wszystkim oznaczania mniej toksycznych związków, a więc 16 WWA z tzw. listy EPA (United States Environmental Protection Agency).

Uwzględniając powyższe, stosownie do aktualnych wymagań prawnych w zakresie oznaczania WWA regulowanych Rozporządzeniem Komisji (UE) Nr 835/2011, celem pracy było zbadanie wpływu wybranych technik wędzenia oraz grillowania na poziom zanieczyszczenia produktów mięsnych przez 15 WWA (wytypowanych do badań przez Komitet Naukowy ds. Żywności UE), w tym przez benzo[a]piren oraz sumę 4 ciężkich, wskaźnikowych WWA.

## 2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły cztery grupy produktów mięsnych wędzonych – szynki, polędwice parzone, polędwice nieparzone oraz kiełbasy średniorozdrobnione, pochodzące z jed-

nego z podwarszawskich zakładów mięsnych. W celu oszacowania wpływu metody wędzenia na poziom zanieczyszczenia przez WWA, produkty poddano wędzeniu tzw. metodą przemysłową oraz tradycyjną. Wędzenie metodą przemysłową przeprowadzono w komorze wędzarniczej z zewnętrznym dymogeneratorem (firmy Lutetia), natomiast wędzenie metodą tradycyjną w specjalnie skonstruowanych piecach wędzarniczych na wzór starych komór z paleniskiem. W celu zbadania dyfuzji WWA do wnętrza produktów analizowano zawartość WWA zarówno na powierzchni (0,5-centymetrowa część zewnętrzna wraz ze skórką) oraz w części wewnętrznej, środkowej produktów.

Materiał badawczy stanowiły również dwie grupy produktów mięsnych wieprzowych – polędwice parzone oraz schaby karkowe (pochodzące z jednego z podwarszawskich zakładów mięsnych), które zostały poddane grillowaniu. W celu oszacowania wpływu rodzaju grilla na poziom zanieczyszczenia powyższych produktów przez WWA, zastosowano następujące typy grilla: gazowy, węglowy bez tacki i z tacką oraz elektryczny. Badaniom poddano po trzy próbki każdego rodzaju asortymentu, a każdą z trzech próbek tego samego rodzaju analizowano w trzech powtórzeniach.

Oznaczenie WWA w analizowanych produktach wykonano według metodyki szczegółowo opisanej w innych pracach Ciecierskiej i Obiedzińskiego [9, 10]. Zastosowana metodyka obejmowała ekstrakcję tłuszczu, następnie oczyszczenie ekstraktu od związków interferujących przy wykorzystaniu chromatografii preparatywnej (GPC) oraz jakościowe i ilościowe oznaczenie związków techniką chromatografii cieczowej z selektywnymi detektorami: fluorescencyjnym oraz diodowym (HPLC-FLD/DAD).

Naważkę produktu (10-15 g) zalewano 100 ml mieszaniny heksan: aceton (60:40, v/v) oraz umieszczano w łaźni ultradźwiękowej (30 min). Uzyskany ekstrakt, po przefiltrowaniu, zagęszczano do kropli rozpuszczalnika, a następnie rozpuszczano w mieszaninie cykloheksan: octan etylu (50:50, v/v). W celu oddzielenia frakcji WWA od związków interferujących zastosowano kolumnę do chromatografii żelowej TSK Gel G1000HXL, 300 x 7,8 mm, 5 µm. Do rozdziału wprowadzano 1 ml uprzednio przygotowanej mieszaniny. Rozdział prowadzono metodą izokratyczną przy przepływie 0,8 ml/min, a fazę ruchomą stanowiła mieszanina cyklo-

heksan: octan etylu (50:50, v/v). Zebraną frakcję WWA, po zagęszczeniu oraz rozpuszczeniu w 1 ml 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 x 3 mm, 5 µm firmy WITKO – Baker. Temp. termostataowania kolumny wynosiła 30°C. Analizy wykonywano metodą gradientową przy przepływie 0,5 ml/min, stosując mieszaninę acetonitryl: woda (50:50, v/v) (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, że stosowana metoda oznaczania 15 WWA techniką HPLC-FLD/DAD, oprócz spełnienia wszystkich wymagań prawa żywnościowego Unii Europejskiej stawianych metodom analitycznym w zakresie oznaczania benzo[a]pirenu w produktach spożywczych, wykazuje również zadowalające wartości parametrów walidacyjnych dla pozostałych 14 WWA.

W celu zbadania wpływu metody wędzenia oraz grillowania na zawartość WWA w produktach finalnych wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 7.1. Wykonano ocenę istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi sumarycznej zawartości 15 WWA w analizowanych produktach mięsnych wędzonych przy zastosowaniu dwóch technik wędzenia oraz produktach grillowanych przy użyciu czterech typów grilla stosując test Tukeya przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

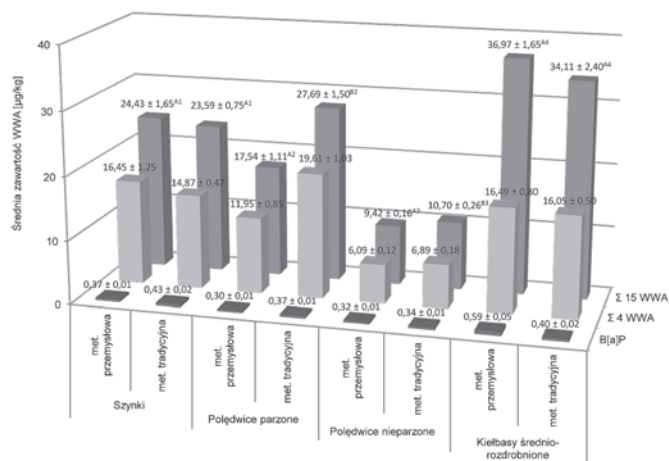
### 3. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

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 w produktach

mięsnych wędzonych metodą przemysłową oraz tradycyjną w przypadku części zewnętrznej produktów jak i wewnętrznej przedstawiono odpowiednio na Rysunku 1 i Rysunku 2.

W szynkach wędzonych metodą przemysłową sumaryczna zawartość WWA w części zewnętrznej była równa  $24,43 \pm 1,65 \mu\text{g}/\text{kg}$ , natomiast w części wewnętrznej  $2,78 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Przy zastosowaniu tradycyjnej metody wędzenia całkowity poziom zanieczyszczenia zewnętrznej części szynki wynosił  $23,59 \pm 0,75 \mu\text{g}/\text{kg}$ , podczas gdy w części wewnętrznej tego asortymentu zawartość  $\Sigma 15$  WWA była równa  $3,26 \pm 0,11 \mu\text{g}/\text{kg}$  (Rys. 1 oraz 2). Przeprowadzona analiza statystyczna w przypadku poziomu sumarycznego zanieczyszczenia 15 WWA części zewnętrznej szynki nie wykazała istotnej różnicy pomiędzy metodą przemysłową a tradycyjną (Rys. 1). Części wewnętrzne szynki wędzonych metodą tradycyjną wykazały natomiast statystycznie wyższą zawartość  $\Sigma 15$  WWA w stosunku do wędzonych przemysłowo (Rys. 2).

W częściach zewnętrznych połówkach parzonych, wędzonych w komorze z zewnętrznym dymogeneratorem (met. przemysłowa) sumaryczna zawartość 15 WWA wynosiła  $17,54 \pm 1,11 \mu\text{g}/\text{kg}$ . W przypadku wędzenia tradycyjnego, a więc dy-



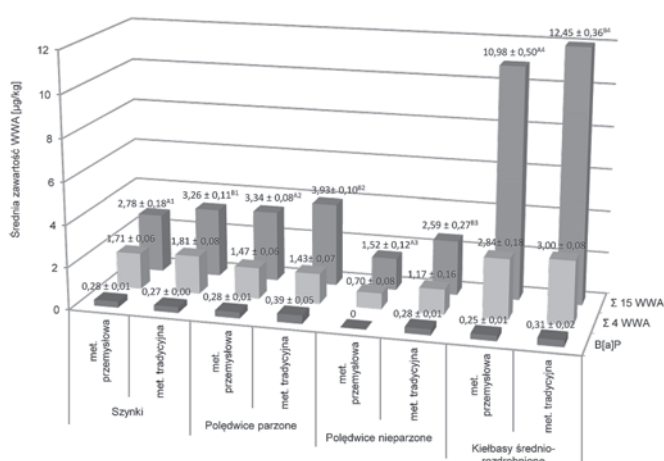
**Rysunek 1** Średnia zawartość WWA w części zewnętrznej produktów mięsnych wędzonych zależnie od metody wędzenia [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ].

Opis oznaczeń: A1, B1; A2, B2; A4, B4 – wartości średnie oznaczone innymi literami przy tej samej cyfrze (czyli w ramach jednego z 4 porównań sumarycznej zawartości 15 WWA zależnie od metody wędzenia) oznaczają statystycznie istotną różnicę między średnimi na poziomie  $\alpha = 0,05$

**Figure 1** Mean content of PAHs in external part of smoked meat products depending on the smoking method [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]

mem generowanym bezpośrednio w komorze wędzarniczej, kształtowała się ona na istotnie statystycznie wyższym poziomie –  $27,69 \pm 1,50 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Sumaryczny poziom zanieczyszczenia części wewnętrznych połówców wędzonych metodą przemysłową wynosił  $3,34 \pm 0,08 \mu\text{g}/\text{kg}$ , natomiast przy zastosowaniu tradycyjnej metody osiągnął istotnie wyższą wartość  $3,93 \pm 0,10 \mu\text{g}/\text{kg}$  (Rys. 1 oraz 2).

W grupie połówców nieparzonych części zewnętrzne wędzone metodą przemysłową wykazały istotnie statystycznie niższą sumaryczną zawartość 15 WWA ( $9,42 \pm 0,16 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) w porównaniu do metody tradycyjnej ( $10,70 \pm 0,26 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). W przypadku części wewnętrznych połówców również metoda przemysłowego wędzenia skutkowała statystycznie istotnie niższym poziomem zawartości 15 WWA ( $1,52 \pm 0,12 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) od metody tradycyjnej ( $2,59 \pm 0,27 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) (Rys. 1 oraz 2). Analizując zanieczyszczenie kielbas wędzonych stwierdzono, że średnia zawartość  $\Sigma 15$  WWA w ich częściach zewnętrznych wędzonych techniką przemysłową wynosiła  $36,97 \pm 1,65 \mu\text{g}/\text{kg}$ , natomiast w przypadku wędzenia tradycyjnego osiągnęła nieistotnie statystycznie niższą wartość –  $34,11 \pm 2,40 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Sumaryczna zawartość 15 WWA w warstwach środkowych kielbas wynosiła



**Rysunek 2** Średnia zawartość WWA w części wewnętrznej produktów mięsnych wędzonych zależnie od metody wędzenia [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ].

Opis oznaczeń: A1, B1; A2, B2; A4, B4 – wartości średnie oznaczone innymi literami przy tej samej cyfrze (czyli w ramach jednego z 4 porównań sumarycznej zawartości 15 WWA zależnie od metody wędzenia) oznaczają statystycznie istotną różnicę między średnimi na poziomie  $\alpha = 0,05$

**Figure 2** Mean content of PAHs in internal part of smoked meat products depending on the smoking method [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]

10,98 ± 0,50 µg/kg przy technice wędzenia z zewnętrznym generatorem dymu, natomiast 12,45 ± 0,36 µg/kg przy tradycyjnym wędzeniu, a więc dymem generowanym bezpośrednio w komorze wędzarniczej. W przypadku warstw wewnętrznych kiełbas metoda tradycyjna przyczyniła się zatem do istotnie statystycznie wyższego poziomu zanieczyszczenia policyklicznymi węglowodorami.

W przypadku wszystkich analizowanych produktów mięsnych wędzonych zarówno w sposób tradycyjny, jak i przemysłowy analiza statystyczna potwierdziła, że zawartość sumy 15 WWA w części środkowej produktów była istotnie statystycznie niższa w porównaniu do części zewnętrznej tego samego asortymentu. Pozwala to stwierdzić, że penetracja WWA do wnętrza produktu nie zachodzi intensywnie, zatem zdjęcie osłonki lub warstwy powierzchniowej znacząco obniża zawartość sumy 15 WWA. Analogiczne wnioski na temat niskiego stopnia penetracji WWA do wnętrza wędzonych produktów mięsnych stwierdzono również w badaniach Jiry i wsp. [6].

Niezależnie od zastosowanej metody wędzenia, zawartość benzo[a]pirenu w produktach mięsnych zarówno w częściach zewnętrznych, jak i wewnętrznych była istotnie niższa (wynosząc od 0 do 0,59 µg/kg) od dopuszczalnego maksymalnego limitu 5 µg/kg (obowiązującego do 31.08.2014 r.), ustanowionego dla grupy produktów mięsnych wędzonych w Rozporządzeniu Komisji (UE) Nr 835/2011 [4] (Rys. 1 i 2). W rozporządzeniu tym ustalono również najwyższy dopuszczalny poziom sumy 4 ciężkich WWA (benzo[a]antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu oraz benzo[b]fluorantenu), który w przypadku produktów mięsnych wędzonych wynosi 30,0 µg/kg (obowiązuje począwszy od 01.09.2012 r. do 31.08.2014 r.). Średnia zawartość Σ 4 WWA w analizowanych produktach mięsnych nie przekroczyła zatem dopuszczalnego limitu 30,0 µg/kg, bowiem w częściach wewnętrznych wahała się w zakresie od 0,70 do 3,00 µg/kg, natomiast w częściach zewnętrznych od 6,09 do 19,61 µg/kg (Rys. 1 i 2).

W raporcie EFSA z 29 czerwca 2007 roku [11], sporządzonym na podstawie badań przeprowadzonych w 14 krajach Unii Europejskiej, dotyczących poziomów występowania WWA, ze szczególnym uwzględnieniem benzo[a]pirenu, odnotowano, że w produktach mięsnych wędzonych średnia zawartość tego związku wynosiła 0,13 µg/kg

i jednocześnie tylko 0,4% próbek przekroczyło dopuszczalny limit 5 µg B[a]P/kg.

Wyniki poziomów zawartości WWA w produktach wędzonych, które były dotychczas publikowane w doniesieniach naukowych i dotyczyły przede wszystkim zawartości 16 WWA z listy EPA lub samego benzo[a]pirenu, były zróżnicowane w bardzo szerokich granicach. Główną przyczyną takich rozbieżności są przede wszystkim różnice w technice wędzenia. Zastosowanie bezpośredniego lub pośredniego wędzenia, rodzaj generatora dymu, dostęp tlenu, temperatura i czas wędzenia oraz rodzaj i struktura drewna mogą przyczynić się do znacznego zróżnicowania uzyskiwanych wyników badań [2, 12]. Analogiczne metody wędzenia do podjętych w tej pracy stosowali Djinoć i wsp. [12] celem zbadania poziomu zanieczyszczenia szyniek wołowych oraz wieprzowych pochodzących z Serbii. Średnia sumaryczna zawartość 16 WWA (w tym 15 WWA z listy KN UE) w szynkach wołowych w przypadku zastosowania wędzenia tradycyjnego oraz nowoczesnych komór (z zewnętrznym generatorem dymu) była równa odpowiednio 3,9 µg/kg oraz 1,9 µg/kg, natomiast w szynkach wieprzowych wynosiła odpowiednio 4,9 µg/kg oraz 4,2 µg/kg. Wyniki te świadczące o wpływie techniki wędzenia na poziom WWA zostały potwierdzone również w niniejszej pracy. Šimko [13] stwierdził, że technologicznie właściwie przeprowadzony proces wędzenia skutkuje niskim poziomem zanieczyszczenia produktów wędzonych. Wniosek ten potwierdzają również poniższe badania, jak i badania Jiry [14], w wyniku których odnotowano, że średnia zawartość benzo[a]pirenu, Σ 4 WWA oraz Σ 15 WWA (z listy KN UE) w wędzonych produktach mięsnych pobranych do badań z rynku niemieckiego wynosiła odpowiednio 0,05, 0,39 oraz 0,66 µg/kg.

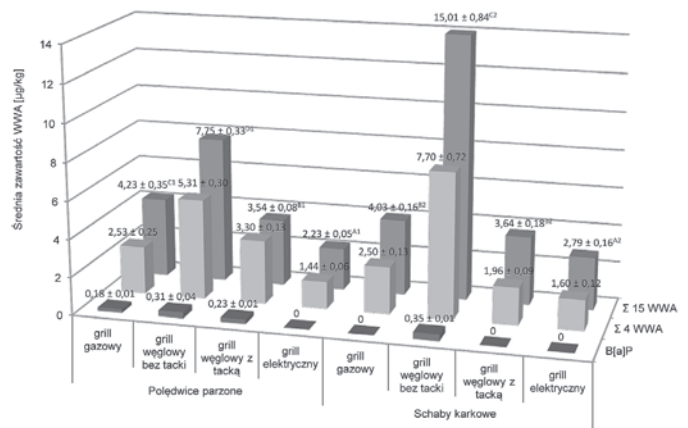
Średnie zawartości WWA w produktach mięsnych grillowanych zależnie od metody grillowania przedstawiono na Rysunku 3. W grupie polędwic wieprzowych (parzonych) istotnie statystycznie najwyższy poziom zanieczyszczenia 15 WWA (7,75 ± 0,33 µg/kg) stwierdzono w przypadku polędwic opiekanych na grillu węglowym bez tacki. Istotnie niższy poziom Σ 15 WWA odnotowano przy zastosowaniu grilla gazowego oraz węglowego z tacką (odpowiednio 4,23 ± 0,35 µg/kg oraz 3,54 ± 0,08 µg/kg). Statystycznie najniższy poziom zanieczyszczenia stwierdzono w wyniku użycia grilla elektrycznego (2,23 ± 0,05 µg/kg).

W przypadku grillowanych schabów karkowych najwyższy poziom zanieczyszczenia 15 WWA, równy  $15,01 \pm 0,84 \mu\text{g}/\text{kg}$ , stwierdzono przy użyciu grilla węglowego bez tacki. Istotnie niższe poziomy odnotowano w przypadku grilla gazowego oraz grilla węglowego z tacką, odpowiednio  $4,03 \pm 0,16 \mu\text{g}/\text{kg}$  oraz  $3,64 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Statystycznie najniższym poziomem zanieczyszczenia charakteryzowały się karkówki grillowane elektrycznie, w przypadku których zawartość  $\Sigma 15$  WWA była równa  $2,79 \pm 0,16 \mu\text{g}/\text{kg}$  (Rys. 3).

W grillowanych polędwicach benzo[a]piren stwierdzono przy zastosowaniu trzech typów grilla, z wyjątkiem grilla elektrycznego, jednak poziomy jego zawartości były bardzo niskie (od  $0,18$  do  $0,31 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). W schabach karkowych związek ten wykryto jedynie przy opiekaniu grillem węglowym bez tacki, a poziom jego koncentracji był również bardzo niski ( $0,35 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Średnia zawartość  $\Sigma 4$  ciężkich WWA w produktach grillowanych była również względnie niska. W przypadku polędwic kształtowała się w zakresie od  $1,44$  do  $5,31 \mu\text{g}/\text{kg}$ , natomiast w schabach od  $1,60$  do  $7,70 \mu\text{g}/\text{kg}$ , przy czym najwyższe wartości dotyczyły użycia grilla węglowego bez tacki, a najniższe grilla elektrycznego (Rys. 3).

Inne doniesienia naukowe również potwierdziły wpływ rodzaju grilla na poziom zanieczyszczenia produktów przez WWA, jednakże dotyczyły one poziomu zanieczyszczenia przez 16 WWA wg listy EPA lub samym benzo[a]pirenem [1, 8, 15, 16]. W badaniach Jankowskiego [16] najniższy poziom zawartości 16 WWA z listy EPA odnotowano również w produktach mięsnych grillowanych elektrycznie, a najwyższy w produktach z grilla węglowego. Analogiczne wyniki opublikowano w raporcie Departamentu Higieny Żywności i Środowiska w Hongkongu [17], według którego produkty grillowane na grillu węglowym bez tacki odznaczały się istotnie wyższym poziomem skażenia WWA od produktów opiekanych przy użyciu grilla gazowego i elektrycznego.

Podsumowując, przedstawione w niniejszej pracy wyniki badań potwierdzają wpływ zastosowanych technik wędzenia i grillowania na poziom zanieczyszczenia produktów mięsnych przez WWA. Pobranie WWA z produktami wędzonymi czy grillowanymi można zawsze ograniczyć poprzez odpowiedni dobór metody obróbki, jak również odrzucenie warstwy powierzchniowej produktów, zwłaszcza skórki, gdyż WWA są zdeponowane głównie na tych częściach produk-



**Rysunek 3** Średnia zawartość WWA w produktach mięsnych grillowanych zależnie od metody grillowania [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]. Opis oznaczeń: A1, B1, C1, D1; A2, B2, C2, D2 – wartości średnie oznaczone innymi literami przy tej samej cyfrze (czyli w ramach jednego z 2 porównań sumarycznej zawartości 15 WWA zależnie od metody grillowania) oznaczają statystycznie istotną różnicę między średnimi na poziomie  $\alpha = 0,05$

**Figure 3** Mean content of PAHs in grilled meat products depending on the grilling method [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]

tów, co potwierdzono również w niniejszej pracy. Analizowane produkty mięsne zarówno wędzone, jak i grillowane, cechował względnie niski poziom sumarycznego zanieczyszczenia poliarenamami. Niezwykle istotnym wydaje się zatem potwierdzenie, że niezależnie od zastosowanej metody obróbki produkty mięsne spełniały zaostrome wymagania prawne określone w Rozporządzeniu Komisji (UE) Nr 835/2011, co nie zwalnia producentów, z uwagi na potencjalne zagrożenie zdrowia toksycznymi związkami, z obowiązku starannego nadzoru produktów mięsnych.

#### 4. WNIOSKI

1. Metoda tradycyjnego wędzenia wpłynęła na istotnie statystycznie wyższy poziom zanieczyszczenia produktów mięsnych w porównaniu do metody przemysłowej, co potwierdzono w przypadku większości analizowanych wariantów produktów mięsnych.
2. Niezależnie od zastosowanej techniki obróbki zawartości benzo[a]pirenu oraz sumy 4 ciężkich WWA we wszystkich analizowanych produktach mięsnych wędzonych były istotnie niższe od dopuszczalnych maksymalnych limitów  $5 \mu\text{g}/\text{kg}$  i  $30 \mu\text{g}/\text{kg}$  regulowanych Rozporządzeniem Komisji (UE) Nr 835/2011.

3. W grupie produktów grillowanych najwyższy poziom skażenia WWA stwierdzono przy użyciu grilla węglowego bez tacki, natomiast najniższy w produktach grillowanych elektrycznie.
4. Pobranie WWA z produktami wędzonymi czy grillowanymi można ograniczyć poprzez do-

bór odpowiedniej techniki obróbki, jak również odrzucenie warstwy powierzchniowej produktu, zwłaszcza skórki, na której WWA są w największym stopniu zdeponowane.

## LITERATURA

- [1] Codex Committee on Food Additives and Contaminants (CCFAC), Discussion paper on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contamination, Thirty-seventh Session, The Hague, the Netherlands, 25-29 April 2005.
- [2] Scientific Committee on Food (SCF), Polycyclic aromatic hydrocarbons – Occurrence in foods, dietary exposure and health effects, Report No. SCF/CS/CNTM/PAH/29 Add1 Final, 4 December 2002, [http://ec.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out154\\_en.pdf](http://ec.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out154_en.pdf)
- [3] Commission Recommendation (EC) No. 108/2005 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, 2005.
- [4] Commission Regulation (EU) No. 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No. 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs, Official Journal of the European Union, L 215/4, 2011.
- [5] Alomirah H., Al-Zenki S., Al-Hooti S., Zaghloul S., Sawaya W., Ahmed N., et al., Concentrations and dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from grilled and smoked foods, Food Control, 22(12), 2011, 2028-2035.
- [6] 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 Production and Meat Processing, 4, 2006, 11-17.
- [7] Philips D. H., Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet Mutat. Res., 443, 1999, 139-147.
- [8] Mottier P., Parisod V., Tureski R. J., Quantitative determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in barbecued meat sausages by gas chromatography coupled to mass spectrometry, J. Agric. Food Chem., 48, 2000, 1160-1166.
- [9] Ciecierska M., Obiedziński M., Polycyclic aromatic hydrocarbons in infant formulae, follow-on formulae and baby foods available in the Polish market, Food Control, 21(8), 2010, 1166-1172.
- [10] Ciecierska M., Obiedziński M., Polycyclic aromatic hydrocarbons in the bakery chain, Food Chem., 141(1), 2013, 1-9.
- [11] European Food Safety Authority (EFSA), 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, 29 June 2007, EFSA/DATEX/002, <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/33r.pdf>.
- [12] Djinovic J., Popovic A., Jira W., Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in traditional and industrial smoked beef and pork ham from Serbia, Eur. Food Res. Technol., 227, 2008, 1191-1198.
- [13] Šimko P., Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives, J. Chromatogr. B, 770, 2002, 3-18.

- [14] Jira W., Polycyclic aromatic hydrocarbons in German smoked meat products, *Eur. Food Res. Technol.*, 230, 2010, 447-455.
- [15] Chen B. H., Analysis, formation and inhibition of polycyclic aromatic hydrocarbons in foods: An overview, *J. Food and Drug Analysis*, 5(1), 1997, 25-42.
- [16] Jankowski P. S., Analiza zanieczyszczenia wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi wybranych grup artykułów rolno-spożywczych, Rozprawa doktorska, Warszawa, 2004.
- [17] Food and Environmental Hygiene Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Polycyclic aromatic hydrocarbons in barbecued meat. Risk Assessment Studies, Report No. 14, July 2004, [www.cfs.gov.hk/english/programme/programme\\_rafs/ programme\\_rafs\\_fc\\_01\\_06\\_pah.html](http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/programme_rafs_fc_01_06_pah.html)