Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w wędzonych produktach mięsnych i rybnych

ALICJA NIEWIADOWSKA, TOMASZ KILJANEK, STANISŁAW SEMENIUK,
KRZYSZTOF NIEMCZUK, JAN ŻMUDZKI

Zakład Farmakologii i Toksykologii, Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach,
Al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy

Otrzymano 22.07.2015

Zaakceptowano 15.01.2016

Niewiadowska A., Kiljanek T., Semeniuk S., Niemczuk K., Żmudzki J.

Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat and fish

Summary

The aim of the study was to assess the occurrence and to determine the concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in traditionally smoked meat and fish products of domestic production in relation to the amendment in the EU legislation. The determinations of benzo(a)pyrene (BaP), benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, and chrysene were carried out in 286 meat product samples, which included 161 sausage samples and 125 samples of other smoked meats (ham, loins, bacon, etc.) as well as 17 fish samples, using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS/MS).

The highest mean concentrations of PAH4 (sum of benzo(a)pyrene, benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, and chrysene) were determined in sausages – 21.0 µg/kg, including benzo(a)pyrene 2.6 µg/kg, lower in other meat products: PAH4 – 9.2 µg/kg and BaP 1.2 µg/kg, and lowest in fish: PAH4 – 2.0 µg/kg and BaP of 0.2 µg/kg. The maximum level (ML) for PAH4 (12 µg/kg) was exceeded in 30.8%, and ML for BaP (2.0 µg/kg) in 25.9% of smoked meat product samples. Evaluation of PAH levels in traditionally smoked sausages indicates differences in the concentrations of PAH4 depending on the smoking techniques and the type of wood used for smoking.

Keywords: PAHs, benzo(a)pyrene, smoked meat and fish products

Wśród zanieczyszczeń chemicznych środowiska i żywności szczególne zainteresowanie i uzasadniony niepokój budzą wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Stanowią one bardzo liczną grupę związków organicznych charakteryzujących się obecnością dwóch lub więcej sprzężonych pierścieni aromatycznych w cząsteczce. Wiele WWA, szczególnie ciężkich (zawierających 5 lub więcej pierścieni), to związki genotoksyczne i rakotwórcze (4, 5, 17, 18). Związki te obecne są w środowisku w wyniku naturalnych procesów zachodzących w przyrodzie oraz w wyniku działalności człowieka. Źródłem ich emisji jest proces niecałkowitego spalania lub pirolizy. Spośród wielu dróg narażenia człowieka na WWA najistotniejsze źródła to palenie tytoniu oraz żywność. Skażenie żywności może być spowodowane zanieczyszczeniem środowiska i migracją WWA do żywności z powietrza, gleby i wody oraz w wyniku przemysłowych i domowych metod przygotowywania żywności związanych z obróbką termiczną, tj. wędzenia, grillowania, smażenia i suszenia, podczas których produkty spalania mają bezpośredni kontakt z żywnością (4, 9).

W wyniku oceny naukowej międzynarodowych organizacji (IPCS WHO, SCF KE, JECFA FAO/WHO) od 2005 r. przepisy Unii Europejskiej limitowały poziom występowania benzo(a)pirenu (BaP), jako potencjalnego markera rakotwórczego działania i zanieczyszczenia żywności związkami z grupy WWA (12). W grudniu 2006 r. ukazało się Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy (ML) niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych z zaleceniem dalszych ocen i przeglądu wartości ML dla WWA. Maksymalny limit dla benzo(a)pirenu w żywności nie uległ zmianie i dla wędzonych produktów mięsnych i rybnych wynosił 5 µg/kg. W 2008 r. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) na podstawie analizy wyników około 10 000 badań monitoringowych żywności przekazanych z 18 krajów UE (bez Polski) oraz danych toksykologicznych dotyczących WWA wydał opinię, że sam benzo(a)piren nie jest wystarczającym wskaźnikiem ich obecności w żywności, a najbardziej odpowiednia do tego celu będzie suma 4 WWA, tj. benzo(a)pirenu, chryzenu, benzo(a)antracenu i benzo(b)fluorantenu

(4). W Rozporządzeniu Komisji UE nr 835/2011 wprowadzono limity dla benzo(a)pirenu (5,0 µg/kg) oraz nowe kryterium oceny poziomu WWA w żywności – sumę benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(a)pirenu i chryzenu (suma 4 WWA – 30,0 µg/kg) dla wędzonych produktów mięsnych i produktów rybołówstwa (z wyjątkami) obowiązujące od 1 września 2012 r. (13). Po dwóch latach limity te zostają obniżone do, odpowiednio, 2,0 µg/kg (BaP) oraz 12,0 µg/kg (suma 4 WWA). Po przedstawieniu dowodów, dla 12 państw członkowskich (w tym Polski) ustanowiono odstępstwo od stosowania obniżonych limitów w tradycyjnie wędzonych produktach mięsnych na okres 3 lat, pod warunkiem produkcji i wprowadzania tych produktów wyłącznie na rynek krajowy oraz spełnienia obowiązujących wcześniej limitów (tj. BaP 5,0 µg/kg i suma 4 WWA 30,0 µg/kg) (11, 15).

Celem badań była aktualna ocena występowania i zawartości WWA (benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(a)pirenu i chryzenu) w tradycyjnie wędzonych produktach mięsnych i rybnych produkcji krajowej w odniesieniu do zmiany wymagań w ustawodawstwie Unii Europejskiej.

Materiał i metody

Obiektem badań były wędzone tradycyjnie produkty mięsne i produkty rybne pobrane w ramach monitoringu GIW przez przedstawicieli Inspekcji Weterynaryjnej w okresie od lutego do kwietnia 2014 r. oraz projektu MRiRW realizowanego przez Centrum Doradztwa Rolniczego Oddział

w Radomiu w okresie od czerwca do sierpnia 2014 r. Próbkę do badań pobierane były w zakładach przetwórczych, zgodnie z zasadami określonymi w Rozporządzeniu 836/2011 dotyczącym m.in. metod pobierania próbek do celów urzędowej kontroli poziomów benzo(a)pirenu w środkach spożywczych i dostarczane wraz ze świadectwem pochodzenia i opisem procesu wędzenia danego produktu (14). Łącznie otrzymano z terenu całego kraju 286 próbek produktów mięsnych, w tym 161 próbek kiełbas i 125 próbek wędzonek (szynki, polędwice, boczki i inne) oraz 17 próbek ryb (tab. 1).

Badania wykonano zgodnie z opracowaną i zwalidowaną w Zakładzie Farmakologii i Toksykologii procedurą badawczą oznaczania zawartości benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(a)pirenu i chryzenu (certyfikat akredytacji PCA Nr AB 485). Związki WWA ekstrahowano z próbek wędlin i ryb za pomocą acetonitrylu. Ekstrakty oczyszczano techniką ekstrakcji do fazy stałej w kolumnienkach wypełnionych polimerem z nadrukiem cząsteczkowym (MI SPE, kolumnienki AFFINILUTE MIP PAH). Końcowe ekstrakty analizowano w chromatografii gazowej z kolumną kapilarną i detektorem mas typu potrójny kwadrupol (TQ). Analizę jakościową wykonywano w oparciu o obecność charakterystycznych dla danego analitu jonów produktów powstałych po fragmentacji jonów prekursorów. Analizę ilościową wykonywano w oparciu o porównanie stosunku pola powierzchni jonu produktu powstałego po fragmentacji jonu prekursora natywnego WWA do jonu produktu powstałego po fragmentacji jonu prekursora znakowanego izotopowo WWA-D₁₂ i poprzez odniesienie tej wartości do krzywej kalibracyjnej.

Tab. 1. Wykaz badanych produktów mięsnych wędzonych metodami tradycyjnymi oraz przekroczenia limitów WWA w województwach kraju

Województwo	Liczba próbek	Kiełbasy				Liczba próbek	Wędzonki			
		Benzo(a)piren, wyniki > ML, n (%)		Suma 4 WWA wyniki > ML, n (%)			Benzo(a)piren, wyniki > ML, n (%)		Suma 4 WWA wyniki > ML, n (%)	
		> 2 µg/kg	> 5 µg/kg	> 12 µg/kg	> 30 µg/kg		> 2 µg/kg	> 5 µg/kg	> 12 µg/kg	> 30 µg/kg
Dolnośląskie	3	1 (33,3)		2 (66,6)		3	1 (33,3)		1 (33,3)	
Kujawsko-pomorskie	1					2				
Lubelskie	11	8 (72,7)	2 (18,2)	8 (72,7)	2 (18,2)	11	1 (9,1)			
Lubuskie	5			1 (20,0)		1				
Łódzkie	13	3 (23,1)		3 (23,1)		8				
Małopolskie	31	18 (58,1)	7 (22,6)	20 (64,5)	9 (29,0)	14	4 (28,6)		5 (35,7)	
Mazowieckie	11	3 (27,3)		4 (36,4)		25				
Opolskie	8	1 (12,5)		2 (25,0)		4				
Podkarpackie	28	12 (42,8)	2 (7,1)	18 (64,3)	8 (28,6)	14	4 (28,6)	2 (14,3)	5 (35,7)	2 (14,3)
Podlaskie	6	2 (33,3)		2 (33,3)		13	1 (7,7)		1 (7,7)	
Pomorskie	7	4 (57,1)		4 (57,1)		2				
Śląskie	16	4 (25,0)		4 (25,0)		10	2 (20,0)		2 (20,0)	1 (10,0)
Świętokrzyskie	13	3 (23,1)		4 (30,8)	1 (7,7)	8	1 (12,5)	1 (12,5)	1 (12,5)	1 (12,5)
Warmińsko-mazurskie	2					4				
Wielkopolskie	5	1 (20,0)		1 (20,0)		4				
Zachodniopomorskie	1					2				
Razem – kraj	161	60 (37,3)	11 (6,8)	73 (45,3)	20 (12,4)	125	14 (11,2)	3 (2,4)	15 (12,0)	4 (3,2)

Parametry wyznaczone w procesie walidacji (odzysk, powtarzalność i odtwarzalność – wartości RSD i HORRAT, niepewność) potwierdziły, że stosowana metoda spełnia wszystkie wymagania prawa żywnościowego Unii Europejskiej stawiane metodom analiz do celów urzędowej kontroli (14). Granica oznaczalności (LOQ) badanych związków wynosiła 0,5 µg/kg.

Laboratorium regularnie uczestniczy w programach badań biegłości organizowanych przez FAPAS oraz Laboratorium Referencyjne Unii Europejskiej (EURL-PAHs, JRC, IRMM, Belgia). Wyniki tych badań potwierdziły, że laboratorium dostarcza wiarygodnych wyników (tzn. wskaźniki Z między -2 a +2).

Wyniki i omówienie

Obecność WWA wykryto w 91,3% badanych próbek wędzonych produktów mięsnych. Benzo(a)piren (BaP) występował w 73,8% próbek, benzo(b)fluoranten (BbF) w 71,7%, a benzo(a)antracen (BaA) i chryzen (Ch) w 89,9% próbek. Tylko w 25 próbkach (11 kiełbas i 14 wędzonek) nie wykryto WWA w stężeniach powyżej granicy oznaczalności. WWA występowały częściej w kiełbasach niż w wędzonkach. W tkankach ryb wędzonych WWA występowały w 70,6% próbek.

Wyniki oznaczeń zawartości WWA (BaP, BbF, BaA, Ch i suma 4 WWA) w badanych produktach zestawiono w tab. 2. Najwyższe średnie stężenia sumy 4 WWA oznaczono w kiełbasach – 21,0 µg/kg, w tym benzo(a)piren 2,6 µg/kg, niższe w wędzonkach: suma 4 WWA – 9,2 µg/kg i benzo(a)piren 1,2 µg/kg i najniższe w rybach: suma 4 WWA – 2,0 µg/kg i benzo(a)-

piren 0,2 µg/kg. Średnie stężenia i mediany badanych WWA w kiełbasach były ponad 2 razy wyższe niż w wędzonkach. W oznaczonej sumie 4 WWA w produktach mięsnych udział chryzenu wynosił 40,5%, benzo(a)antracenu 36,7%, benzo(b)fluorantenu 10,8% i benzo(a)pirenu tylko 12,6%. Udział ten był prawie identyczny zarówno w kiełbasach, jak i wędzonkach.

Wyniki badań i przekroczenia limitów WWA z podziałem na kiełbasy i wędzonki oraz region produkcji zestawiono w tab. 1. Zawartość benzo(a)pirenu w wędzonych produktach mięsnych przekraczała limit 2,0 µg/kg w 25,9% próbek, w tym 11,2% wędzonek i 37,3% kiełbas. Limit BaP 5,0 µg/kg został przekroczony w 4,9% próbek, w tym w 3 próbkach wędzonek i 11 próbkach kiełbas. Zestawienie zgodności z limitami sumy 4 WWA wypada jeszcze mniej korzystnie. W 30,8% produktów mięsnych zawartość sumy 4 WWA przekraczała limit 12 µg/kg, w tym w 12% wędzonek i 45,3% kiełbas. Limit sumy 4 WWA wynoszący 30,0 µg/kg został przekroczony w 8,4% próbek, w tym w 4 próbkach wędzonek i 20 próbkach kiełbas. Z terenu województw małopolskiego i podkarpackiego, na terenie których najwięcej zakładów wytwarza produkty wędzone tradycyjnie, otrzymano ponad 30% wszystkich badanych próbek. W kiełbasach z tych województw limit sumy 4 WWA wynoszący 30,0 µg/kg został przekroczony w około 30% próbek, a limit 12 µg/kg aż w 64% próbek. W wędzonych rybach nie stwierdzono przekroczeń limitów WWA. Wszystkie wyniki badań przy ocenie niezgodności z limitami interpretowano uwzględniając niepewność rozszerzoną (14).

Tab. 2. Występowanie i zawartość benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu i benzo(a)pirenu w wędzonych produktach mięsnych oraz wędzonych rybach

Produkty	Benzo(a)antracen BaA	Chryzen Ch	Benzo(b)fluoranten BbF	Benzo(a)piren BaP	Suma 4 WWA
Kiełbasy (n = 161)					
Wyniki > LOQ, %	91,3	91,9	77,0	78,3	93,2
Średnia, µg/kg	7,7	8,5	2,3	2,6	21,0
Mediana, µg/kg	4,8	5,4	1,5	1,6	13,3
Maks., µg/kg	91,8	100,5	32,6	33,2	258,1
95-Percentyl, µg/kg	23,3	27,0	6,7	8,2	62,1
Wędzonki (n = 125)					
Wyniki > LOQ, %	88,0	87,2	64,8	68,0	88,8
Średnia, µg/kg	3,3	3,7	1,0	1,2	9,2
Mediana, µg/kg	2,2	2,3	0,7	0,8	6,1
Maks., µg/kg	25,2	24,4	9,9	11,7	70,0
95-Percentyl, µg/kg	11,5	12,9	3,2	3,5	31,3
Ryby (n = 17)					
Wyniki > LOQ, %	47,1	70,6	17,6	29,4	70,6
Średnia, µg/kg	0,7	0,9	0,1	0,2	2,0
Mediana, µg/kg	0	0,5	0	0	0,6
Maks., µg/kg	4,4	5,4	1,0	1,3	12,1
95-Percentyl, µg/kg	2,8	3,6	0,9	1,1	8,5

Objaśnienia: n – liczba badanych próbek; LOQ – 0,5 µg/kg

W wielu krajach prowadzi się badania urzędowe i monitoringowe zawartości WWA w żywności (2, 6, 8, 10, 19). Porównanie uzyskanych wyników z wynikami badań innych autorów utrudnia fakt, że autorzy stosują różne metody analityczne, a wyniki badań prezentowane są w zróżnicowany sposób: jako suma 16, 13, 8, 4 kancerogennych związków z grupy WWA lub tylko benzo(a)piren, który jest najczęściej badany (2, 8, 10, 19). Wśród 8438 próbek wędzonych produktów mięsnych badanych w ramach monitoringu od 1994 r. do 2005 r. na Słowacji, przekroczenia limitu BaP (5 µg/kg) wykryto w 33 próbkach (średnia 1,02 µg/kg, maksymalny wynik 700 µg/kg w wędzonej kiełbasie). W 1061 próbkach ryb i produktów rybnych przekro-

czenia tego limitu dotyczyły 12,1% produktów (2). W Estonii, w 11 (3,4%) próbkach produktów mięsnych spośród 322 zbadanych w okresie od 2001 r. do 2005 r., wykryto BaP w stężeniach przekraczających limit 5 $\mu\text{g/kg}$ (8). Aktualne badania 128 łotewskich wędzonych produktów mięsnych wykazały, że w 14,1% produktów stężenia BaP przekraczają 2 $\mu\text{g/kg}$ (średnia 2,4 $\mu\text{g/kg}$), a w 21,1% stężenia sumy 4 WWA są wyższe niż 12 $\mu\text{g/kg}$ (średnia 6,4 $\mu\text{g/kg}$) (10). W odniesieniu do krajowego wędzonego mięsa i produktów mięsnych wędzonych dostępne dane literaturowe nie pozwalają na ocenę poziomów WWA w tej grupie żywności w Polsce, bowiem dane te pochodzą z badań części zewnętrznej i wewnętrznej produktu, a nie z całości, dodatkowo badane próbki często pochodziły tylko od jednego producenta (1, 7).

Z danych opublikowanych przez EFSA dotyczących oceny wyników WWA przekazanych z 18 krajów UE wynika, że obecność benzo(a)pirenu stwierdzono w 47,3% spośród prawie 10 000 przebadanych próbek z 15 kategorii żywności, a 95% wyników nie przekraczało stężenia 3,6 $\mu\text{g/kg}$ (4). W próbkach wędzonego mięsa i produktów mięsnych BaP występował w 46,5% spośród ponad 1500 zbadanych próbek, średnie stężenie wynosiło 0,75 $\mu\text{g/kg}$, a 95% wyników nie przekraczało poziomu 2,2 $\mu\text{g/kg}$. Jedynie 2,8% zbadanych próbek przekroczyło limit wynoszący 5 $\mu\text{g/kg}$. Nowy limit zawartości benzo(a)pirenu (2 $\mu\text{g/kg}$) przekroczony zostałby w przypadku 5,3% próbek. W odniesieniu do sumy 4 WWA, dla których obowiązujący limit wynosi 30 $\mu\text{g/kg}$, średnie stężenie kształtowało się na poziomie 1,2 $\mu\text{g/kg}$. Dominujący około 40% udział w oznaczonej sumie 4 WWA pochodził od chryzenu, natomiast udział benzo(a)pirenu wynosił jedynie około 15%. W próbkach wędzonych ryb i produktów rybołówstwa 47,5% spośród około 1000 zbadanych próbek zawierało benzo(a)piren. Średnie stężenie kształtowało się na poziomie 0,8 $\mu\text{g/kg}$, a 95% wyników nie przekraczało poziomu 2,3 $\mu\text{g/kg}$. Jedynie 2,7% wyników przekroczyło limit wynoszący 5 $\mu\text{g/kg}$. Nowy limit stężenia BaP (2 $\mu\text{g/kg}$) przekroczony zostałby w 5,2% próbek. W przypadku sumy 4 WWA, dla których obowiązujący limit podobnie jak w przypadku wędzonego mięsa wynosi 30 $\mu\text{g/kg}$, średnie stężenie wynosiło 1,9 $\mu\text{g/kg}$. Udział procentowy poszczególnych składowych w sumie 4 WWA był niemal identyczny, jak w przypadku mięsa wędzonego.

Obecność WWA w produktach pochodzenia zwierzęcego poddanych procesowi wędzenia jest wynikiem samego procesu i warunków jego prowadzenia. Jeżeli proces wędzenia nie jest odpowiednio kontrolowany, może prowadzić do znacznego zanieczyszczenia żywności. Krytycznymi parametrami są: temperatura, czas, rodzaj

drewna, typ kontroli nad dymem (naturalne spalanie lub generatory), wilgotność oraz sama konstrukcja i rodzaj wędzarni.

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że najwyższe stężenia WWA i najwyższy odsetek przekroczeń limitów WWA występują w próbkach kielbas. Podjęto próbę analizy wpływu poszczególnych parametrów wędzenia dla tej grupy produktów w oparciu o wyniki zawartości sumy 4 WWA. Najczęściej stosowaną przy produkcji kielbas osłonką jest osłonka naturalna. Odsetek kielbas spełniających limity zawartości sumy 4 WWA w przypadku zastosowania sztucznej osłonki jest wyższy, ale osłonka tego typu stosowana była tylko w około 10% badanych próbek.

Wśród metod tradycyjnego wędzenia najczęstszym sposobem generowania dymu, stosowanym w 66% przypadków, było palenisko usytuowane bezpośrednio pod wędzonym produktem, w którym spalane są szczapy drewna. Metodę wędzenia pośredniego z dymogeneratorem, czyli palenisko opalane szczapami drewna, oddalone od wędzonego produktu kanałem dolotowym, stosowano w 19% przypadków. Dymogenerator żarowy producenci stosowali jedynie w około 15% wędzonych kielbas. W odniesieniu do stwierdzanych poziomów zawartości sumy 4 WWA w zależności od sposobu generowania dymu należy stwierdzić, iż najkorzystniejsze parametry, tj. wartość średnia, mediana i 95-percentyl, dotyczą metody wędzenia z użyciem dymogeneratora żarowego z zastosowaniem zrębków wędzarniczych (ryc. 1). Szczególnie wysokie, niebezpieczne stężenia WWA stwierdzono w przypadku bezpośredniego wędzenia kielbas. Średnia, mediana zawartości WWA i odsetek próbek przekraczających limity w przypadku metody bezpośredniej i pośredniej z paleniskiem tradycyjnym jest zbliżona. W około 54% kielbas zawartość sumy 4 WWA przekraczała limit 12 $\mu\text{g/kg}$ i w 14% limit 30 $\mu\text{g/kg}$. Dymogenerator żarowy dzięki automatycznemu sterowaniu procesem wędzenia zapewnił wysoką zgodność (87% próbek) zawartości WWA z limitami.

Ryc. 1. Zawartość sumy 4 WWA w kielbasach w zależności od metody wędzenia

Do wędzenia używa się drewna z drzew liściastych, bez kory, o wilgotności poniżej 25%, najczęściej bukowego, grabu, olchy, dębu, akacji, jabłoni, gruszy i klonu, jako drewna w kawałkach, zrębków wędzarniczych oraz trocin. Rodzaj użytego drewna ma wpływ na kolor i aromat produktu. Nie stosuje się natomiast drewna z drzew iglastych, ponieważ zawiera ono duże ilości związków żywicznych, które wpływają na gorzkawy smak wędzonych produktów, ich nieprzyjemny zapach oraz z powodu dużych ilości sadzy powstających podczas procesu palenia (3).

Dla badanych kielbas przeanalizowano zawartość WWA w zależności od rodzaju drewna użytego do wędzenia. Najczęściej stosowanym drewnem było drewno olchowe, bowiem producenci zastosowali ten rodzaj drewna w 40% przypadków. Mieszaninę drewna olchowego i bukowego do generowania dymu stosowano w 20% produktów. Najmniej stosowanym drewnem było drewno bukowe (15%) i dębowe (11%). Profile przedstawiające zarówno średnią, medianę, 95-percentyl, jak i maksymalną zawartość sumy 4 WWA w zależności od zastosowanego drewna wskazują na największą przydatność w tym zakresie drewna dębowego (ryc. 2). Drewnem pozwalającym na uzyskanie kielbas z zawartością sumy 4 WWA w największym stopniu zgodną z limitami są dębina i buczyna, tylko, odpowiednio, w 11% i 15% próbek wykrywano przekroczenia tych limitów. Szczególnie niekorzystnie wypada mieszanina różnych innych gatunków drewna, której zastosowanie w trakcie wędzenia prowadzi do zanieczyszczenia produktu; w 62% próbek wykrywano przekroczenia limitów.

Badania innych autorów potwierdzają, że używanie do wędzenia drewna dębowego, olchowego lub bukowego, zwłaszcza w kombinacji z odpowiednio dobraną temperaturą procesu i czasem jego trwania, pozwala na uzyskanie produktów względnie nisko zanieczyszczonych związkami WWA, a dodatek jałowca (np. do olchy) lub stosowanie świerku zwiększa zawartość WWA w wędzonych produktach nawet kilkakrotnie (4, 16).

Kluczowymi parametrami procesu wędzenia są temperatura i czas wędzenia. W opisie procesu do otrzymanych do badań kielbas podano czas wędzenia, ale temperatura w komorze często była określana opisowo jako wędzenie ciepłe lub na gorąco. Należy podkreślić, że kluczowym elementem wpływającym na zwiększenie zawartości WWA w kielbasie jest maksymalna temperatura w komorze, a nie czas wędzenia. Im wyższa jest temperatura dymu, tym proces wędzenia jest krótszy, ale zawartość WWA jest wyższa. W kwestii określenia temperatury dymu i temperatury komory, które gwarantowałyby spełnienie limitów zawartości WWA w produktach mięsnych, zbyt mało jest danych.

Ryc. 2. Zawartość sumy 4 WWA w kielbasach w zależności od rodzaju drewna używanego do wędzenia

Podsumowując należy stwierdzić, że krytyczne elementy wpływające na podwyższanie zawartości WWA w różnych produktach mięsnych wędzonych tradycyjnie to: metody wędzenia, rodzaj drewna i temperatura. Dalsze badania nad wpływem poszczególnych parametrów wędzenia na zawartość WWA w żywności pochodzenia zwierzęcego powinny być kontynuowane. Proces wędzenia tradycyjnego jest procesem złożonym, w którym kluczową rolę odgrywa kombinacja wszystkich omówionych powyżej parametrów wędzenia. Uzyskany trzyletni okres odstępstwa od stosowania obniżonych najwyższych dopuszczalnych poziomów WWA dla tej szczególnej grupy produktów powinien być wykorzystany na doskonalenie procesu wędzenia i wprowadzenie dobrych praktyk wędzarniczych w połączeniu z bieżącymi badaniami zawartości WWA w tych produktach.

Piśmiennictwo

1. Ciecierska M., Obiedziński M.: Zawartość wielopierścieniowych węglodorów aromatycznych w produktach mięsnych wędzonych oznaczona metodą GC-MS. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2012, 45, 402-407.
2. Dobriková E., Světlíková A.: Occurrence of benzo[a]pyrene in some foods of animal origin in the Slovak Republic. *J. Food Nutr. Res.* 2007, 46, 181-185.
3. Dolatowski Z., Niewiadowska A., Kiljanek T., Borzęcka M., Semeniuk S., Żmudzi J.: Poradnik dobrego wędzenia. *CDR Radom* 2014, s. 1-68.
4. EFSA. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. *The EFSA Journal* 2008, 724, 1-114.
5. IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. Lyon, France 2010, vol. 92.
6. Jira W.: Polycyclic aromatic hydrocarbons in German smoked meat products. *Eur. Food Res. Technol.* 2010, 230, 447-455.
7. Kubiak M., Polak M., Siekierko U.: Zawartość B(a)P w rynkowych przetworach mięsnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2011, 3, 120-129.
8. Reinik M., Tamme T., Roasto M., Juhkam K., Tenno T., Kiis A.: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in meat products and estimated PAH intake by children and the general population in Estonia. *Food Addit. Contam. April* 2007, 24, 429-437.
9. Rose M., Holland J., Dowding A., Petch S., White S., Fernandes A., Mortimer D.: Investigation into the formation of PAHs in foods prepared in the home to determine the effects of frying, grilling, barbecuing, toasting and roasting. *Food Chem. Toxicol.* 2015, 78, 1-9.

10. *Rozentale I., Stumpe-Viksna I., Zacs D., Siksa I., Melngaitis A., Bartkevics V.*: Assessment of dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons from smoked meat products produced in Latvia. *Food Control* 2015, 54, 16-22.
11. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1327/2014 z dnia 12 grudnia 2014 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w mięsie wędzonym tradycyjnie i produktach mięsnych wędzonych tradycyjnie oraz w rybach i produktach rybactwa wędzonych tradycyjnie. Dz. U. L 358 z 13.12.2014, s. 13.
12. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Dz. U. L 364 z 20.12.2012, s. 5.
13. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 835/2011 z dnia 19 sierpnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 odnośnie do najwyższych dopuszczalnych poziomów wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w środkach spożywczych. Dz. U. L 215 z 20.08.2011, s. 4.
14. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 836/2011 z dnia 19 sierpnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie Komisji (WE) nr 333/2007 ustanawiające metody pobierania próbek i metody analiz do celów urzędowej kontroli poziomów ołowiu, kadmu, rtęci, cyny nieorganicznej, 3-MCPD i benzo[a]pirenu w środkach spożywczych. Dz. U. L 215 z 20.08.2011, s. 9.
15. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 15 grudnia 2014 r. w sprawie wymagań weterynaryjnych przy produkcji produktów mięsnych wędzonych w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA). Dz. U. poz. 1845.
16. *Stumpe-Viksna I., Bartkevics V., Kukare A., Morozovs A.*: Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. *Food Chem.* 2008, 110, 794-797.
17. WHO/IPCS (World Health Organization – International Programme on Chemical Safety). Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Health Criteria* 202. WHO, Geneva, Switzerland 1998.
18. WHO, Environmental Health Criteria. Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. WHO Geneva 2003, 202.
19. *Wretling S., Eriksson A., Eskhult G. A., Larsson B.*: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Swedish smoked meat and fish. *J. Food Compos. Anal.* 2010, 23, 264-272.

Adres autora: dr hab. Alicja Niewiadowska, Al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy; e-mail: niewiado@piwet.pulawy.pl