

BARTŁOMIEJ RUDA, ANNA OKOŃ, MONIKA TRZĄSKOWSKA,
PIOTR SZYMAŃSKI, ZBIGNIEW J. DOLATOWSKI

WPLYW MIEJSCA POZYSKANIA DREWNA NA JAKOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO ZDROWOTNE KIEŁBAS WĘDZONYCH

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu miejsca pozyskania drewna na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz na jakość produktów mięsnych tradycyjnie wędzonych, badanych bezpośrednio po wyprodukowaniu i po 14 dniach przechowywania.

Materiałem doświadczalnym była modelowa kielbasa z mięsa wieprzowego, wędzona w tradycyjnej wędzarni w dwóch wariantach. W pierwszym wariantcie do wędzenia użyto drewna pozyskanego z terenów ekologicznych, natomiast w drugim – z terenów uprzemysłowionych. Oznaczenie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) wykonano za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją fluorescencyjną (HPLC-FLD). W badaniach określono również właściwości fizykochemiczne, sensoryczne oraz jakość mikrobiologiczną kielbas.

W badaniach wykazano, że stężenie benzo[a]pirenu oraz sumy 4WWA (benzo[a]pirenu, benzo[a]antracenu, benzo[b]fluorantenu i chryzenu) w kielbasie, bezpośrednio po wędzeniu drewnem pozyskanym z obszarów ekologicznych, nie przekraczało maksymalnych dopuszczalnych stężeń i wynosiło 0,97 µg/kg, a suma 4WWA – 8,05 µg/kg. Średnia zawartość benzo[a]pirenu w kielbasie wędzonej drewnem pozyskanym z terenów uprzemysłowionych, bezpośrednio po wyprodukowaniu, wynosiła natomiast 2,41 µg/kg, a suma 4WWA – 14,87 µg/kg. Produkt taki, według wytycznych Rozporządzenia Komisji Unii Europejskiej (UE) nr 835/2011, nie powinien być spożywany przez człowieka. Stwierdzono, że kielbasa wędzona drewnem ekologicznym charakteryzowała się istotnie niższym poziomem badanych związków po 14 dniach przechowywania i nie przekraczała dopuszczalnych zawartości. Po uwzględnieniu dopuszczalnego maksymalnego poziomu sumy 4WWA oraz benzo[a]pirenu w badanych kielbasach stwierdzono, że zawartość WWA w produktach mięsnych zależy od miejsca pozyskania drewna użytego podczas procesu wędzenia.

Słowa kluczowe: produkty mięsne, wędzenie tradycyjne, drewno, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), bezpieczeństwo zdrowotne

Mgr inż. B. Ruda, Zakład Mięсны „Jasiołka” w Dukli, ul. Nadbrzeźna 1, 38-450 Dukla, dr inż. A. Okoń, dr inż. P. Szymański, prof. dr hab. Z. J. Dolatowski, Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. W. Dąbrowskiego w Warszawie, ul. Jubilerska 4, dr hab. inż. M. Trzaskowska, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: ruda.bartlomiej@gmail.com

Wprowadzenie

Wędzenie jest specyficznym rodzajem obróbki cieplnej, w której żywność poddawana jest działaniu ciepła i związków chemicznych zawartych w dymie wędzarniczym. W wędzeniu tradycyjnym dym oraz ciepło wytwarzane są podczas pirolizy drewna w procesie żarowym [5]. Składniki termicznego rozkładu drewna dostają się na powierzchnię produktu poprzez unoszenie się z ciepłym powietrzem. Reagują one ze składnikami produktów żywnościowych, tworząc charakterystyczną barwę i nadając typowy smak oraz aromat. Dym zawiera ponad 8000 różnych substancji, a do najważniejszych z nich należą: fenole, karbonyle, kwasy organiczne, furany, alkohole, estry, laktony oraz węglowodory wielocykliczne [7]. Na ilość i skład dymu wędzarniczego wpływa kilka czynników, m.in. temperatura procesu pirolizy, wilgotność oraz gatunek drzew, z których pozyskano materiał do spalania, zawartość kory lub jej brak oraz metoda wytwarzania dymu [6, 7]. Oprócz substancji korzystnie wpływających na wygląd i walory sensoryczne produktu, podczas wędzenia powstają również substancje niepożądane. W procesie pirolizy drewna, zwłaszcza powyżej temp. 425 °C, powstają wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Wykrywalne ilości tych związków mogą powstawać już w temp. 400 °C, jednak większe stężenia najbardziej szkodliwych związków, w tym benzo[a]pirenu, obserwuje się podczas spalania drewna w temp. powyżej 500 °C. Istotne jest zatem kontrolowanie temperatury spalania w palenisku, jak również odpowiedni dobór drewna do procesu wędzenia [5].

Rodzaj użytego drewna jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o jakości produktu wędzonego tradycyjnie. Właściwości i zawartość składników dymu uwarunkowane są gatunkiem i wilgotnością drewna [2]. W badaniach nad wpływem gatunku drewna na jakość i zawartość WWA w wędzonych wyrobach mięsnych Malarrut i Vangnai [10] zaobserwowali najmniejszą całkowitą zawartość WWA w kiełbasie wędzonej zrębkami akacjowymi. Produkty wędzone w taki sposób charakteryzowały się jednak niską jakością sensoryczną [10]. Zadowolające wyniki autorzy uzyskali po wędzeniu zrębkami miodli indyjskiej. Stwierdzili, że drewno to mogłoby być tanią alternatywą dla zrębków bukowych, gdyby występowało w naszym klimacie. Stumpe-Viksna i wsp. [26] porównali zawartość WWA w mięsie wędzonym dziesięcioma gatunkami drewna oraz węglem drzewnym. Największą ogólną zawartość WWA stwierdzili w mięsie wędzonym świerkiem, natomiast najmniejszą – w mięsie wędzonym drewnem z jabłoni oraz olchy. Wymienieni autorzy zaznaczyli, że wybór drewna do wędzenia jest jednym z parametrów krytycznych, niezbędnym w celu zmniejszenia zanieczyszczeń w produktach mięsnych. Vasilev i wsp. [27] dowiedli, że zawartość benzo[a]pirenu (BaP) i innych związków z grupy WWA zależy od typu produktu mięsnego, rodzaju użytej osłonki oraz od zawartości tłuszczu w badanym produkcie. Z kolei Bhuyan i wsp. [3] oraz Kubiak i Polak-Śliwińska [8] porównali wpływ metody wędzenia na zawartość WWA w produktach mięsnych. Wspólny wniosek z tych badań

jest taki, że w przemysłowej metodzie wędzenia powstaje mniej zanieczyszczeń, gdyż temperatura pirolizy może być kontrolowana, a do wytwarzania dymu wykorzystuje się zrębki wędzarnicze. W tradycyjnej metodzie wędzenia piroliza drewna polega na spalaniu szczap drewna w palenisku, proces jest spontaniczny i trudno go kontrolować. Można jedynie regulować dopływ powietrza do paleniska [3, 8]. Początkowo w przepisach Unii Europejskiej jako marker WWA przyjęto jedynie benzo[a]piren. Wykazano jednak, że jeden związek jako marker całej grupy WWA nie jest wystarczający, dlatego Rozporządzeniem nr 835/2011 wprowadzono kontrolę sumy benzo[a]pirenu, benzo[a]antracenu, benzo[b]fluorantenu i chryzenu jako wskaźnika zanieczyszczenia produktów mięsnych wędzonych związkami WWA [22]. Jednym z czynników wpływających na zawartość WWA w produktach mięsnych wędzonych tradycyjnie może być lokalizacja pozyskania drewna do wędzenia. Wieczorek i wsp. [29] w badaniach nad zawartością wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w pyłe PM₁₀ wykazali, po uwzględnieniu średniego stężenia pyłu PM₁₀ w powietrzu atmosferycznym, że średnioroczne stężenie BaP było 2,5-krotnie wyższe od przyjętego w Dyrektywie 2015/1480/WE poziomu, który wynosi 1 ng·m⁻³. Stwierdzili również, że maksymalne stężenia BaP w miastach wyniosły 7 ÷ 26 ng·m⁻³, natomiast na obszarach wiejskich – 2 ÷ 3 ng·m⁻³. Ze względu na różny stopień zanieczyszczenia surowca drzewnego miejsce pozyskania surowca może być ważnym elementem bezpieczeństwa w procesie wędzenia. W dostępnej literaturze krajowej brak jest jednak wyników badań nad wpływem miejsca pozyskania drewna na zawartość WWA w produktach mięsnych.

Celem pracy była ocena wpływu miejsca pozyskania drewna (z terenów ekologicznych i uprzemysłowionych) zastosowanego w procesie wędzenia tradycyjnego na zawartość WWA, cechy fizykochemiczne oraz jakość mikrobiologiczną i sensoryczną modelowej kiełbasy wędzonej.

Material i metody badań

Drewno użyte do badań pochodziło z dwóch miejsc: z terenów ekologicznych – zwane dalej drewnem ekologicznym oraz z terenów uprzemysłowionych – zwane dalej drewnem konwencjonalnym. Drewno ekologiczne pozyskano z lasów o prawidłowej gospodarce zgodnej ze standardami organizacji FSC (Forest Stewardship Council) oraz kryteriami i wskaźnikami normy zrównoważonej gospodarki leśnej (PEFC) z firmy MONROL Sp. z o.o. W obydwu wariantach zachowane zostały zbliżone warunki przygotowania drewna. Zostało ono ścięte w jednakowym okresie (na przełomie stycznia i lutego), a następnie podzielone na szczapy jednakowej wielkości, o długości ok. 30 cm i zbliżonej średnicy. Drewno było sezonowane i suszone na wolnym powietrzu w naturalnych warunkach przez 14 miesięcy. W każdym z wariantów użyto takiej sa-

mej ilości drewna dwóch gatunków: buka i olchy o wilgotności względnej wynoszącej $15 \div 18 \%$.

Przedmiotem badań była cienka kiełbasa wieprzowa, której skład surowcowy stanowiły: szynka – 39 %, karkówka – 20 %, łopatka – 20 %, słonina – 19 % oraz przyprawy – 2 %. Surowców mięsnych nie peklowano. Rozdrabniano je w wilku przy użyciu siatki o średnicy oczek 3 mm (łopatka) oraz 5 mm (pozostałe surowce), następnie mieszano razem z przyprawami. Przygotowanym farszem nadziewano naturalne osłonki wieprzowe o średnicy $26 \div 28$ mm. Modelową kiełbasę wieprzową wytworzono i poddano wędzeniu w Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu w specjalnie skonstruowanej wędzarni tradycyjnej, w której jest możliwość sterowania parametrami procesu obróbki cieplnej i wędzenia. Proces obróbki cieplnej rozpoczynano od suszenia w temp. $45 \text{ }^\circ\text{C}$, w ciągu 50 min. Wędzenie właściwe prowadzono w tradycyjnej wędzarni z bocznym paleniskiem, opalanej drewnem olchy. Trwało ono 30 min i podczas tego etapu temperatura w palenisku nie przekraczała $100 \text{ }^\circ\text{C}$, a wewnątrz komory utrzymywała się w granicach $40 \div 45 \text{ }^\circ\text{C}$. Następnie przeprowadzono pieczenie, które trwało 120 min, używano w nim szczap buka. W trakcie pieczenia temperatura w palenisku utrzymywała się na poziomie $300 \div 350 \text{ }^\circ\text{C}$, przy czym zaobserwowano kilkuminutowy skok temperatury powyżej $400 \text{ }^\circ\text{C}$, jednak nie przekraczała ona $450 \text{ }^\circ\text{C}$. Wewnątrz komory temperatura stopniowo wzrastała i po 90 min osiągnęła $100 \text{ }^\circ\text{C}$, utrzymując się na tym poziomie do końca procesu. W pierwszym wariantcie badawczym drewno używane do obróbki cieplnej pochodziło z terenów ekologicznych, natomiast w drugim – z terenów uprzemysłowionych. Po zakończeniu procesu obróbki termicznej i schłodzeniu produktów pobierano próby do badań według Rozporządzenia Komisji (WE) nr 836/2011 [24]. Następnie kiełbasy pakowano próżniowo w woreczki barierowe PA/PE $70 \text{ }\mu\text{m}$ i przechowywano 14 dni w temp. $5 \text{ }^\circ\text{C}$, po czym ponownie wykonywano oznaczenia.

W próbkach oznaczano zawartość benzo[a]pirenu, benzo[a]antracenu, benzo[b]fluorantenu i chryzenu za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją fluorescencyjną (HPLC-FLD). Ocena sensoryczna została przeprowadzona za pomocą metody ilościowej analizy opisowej – QDA, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 13299:2016 [13], przez 10-osobowy przeszkolony zespół oceniających. Ocena mikrobiologiczna polegała na oznaczeniu ogólnej liczby mikroorganizmów tlenowych zgodnie z normą PN-EN ISO 4833:2004 [14], liczby bakterii fermentacji mlekowej według PN-ISO 15214:2002 [17] i wykrywaniu obecności *Listeria monocytogenes* zgodnie z normą PN-EN ISO 11290-1:2017-07 [12] oraz *Salmonella* sp. według PN-EN ISO 6579-1:2017-04 [20]. W próbkach oznaczano również: potencjał oksydacyjno-redukcyjny (ORP) metodą, którą opisali Nam i Ahn [11] oraz kwasowość ogólną zgodnie z PN-ISO 2917:2001 [19]. Próbki do oznaczania ORP i pH przygotowywano poprzez homogenizowanie 10 g rozdrobnionego produktu zmiesz-

nego z 50 cm³ wody destylowanej. Pomiar pH wykonywano przy użyciu pH-metru cyfrowego (Mettler Toledo, Greifensee, Szwajcaria) i elektrody InLab Cool (Seven Compact S220, Mettler Toledo, Greifensee, Szwajcaria), natomiast potencjał oksydacyjno-redukcyjny określano przy użyciu elektrody InLab Redox Pro z zastosowaniem cyfrowego pH-konduktometru (Seven Compact S220, Mettler Toledo, Greifensee, Szwajcaria). Oznaczano podstawowy skład chemiczny produktów:

- zawartość tłuszczu wolnego za pomocą ekstrakcji techniką Soxhleta według PN-ISO 1444:2000 [16],
- zawartość chlorków metodą potencjometryczną według PN-ISO 1841-2:2002 [18],
- zawartość wody metodą ekstrakcyjną według PN-ISO 1442:2000 [15],
- zawartość białka metodą Kjeldahla.

Przeprowadzono statystyczną analizę wyników. Obliczono wartości średnie oraz odchylenia standardowe. Otrzymane wyniki poddano jednoczynnikowej oraz dwuczynnikowej (czas przechowywania i rodzaj użytego drewna) analizie wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi określano testem Tukeya przy $p < 0,05$. Obliczenia wykonano w programie Statistica 13.0 (StatSoft Polska, Kraków).

Wyniki i dyskusja

Parametry obróbki cieplnej kielbas (temperatura paleniska, temperatura komory i czas procesu) były zbliżone i nie miały wpływu na ich wydajność, a tym samym na zawartość poszczególnych składników odżywczych. Zawartość białka w badanych kielbasach wynosiła ok. 19 %, tłuszczu – ok. 25 %, wody – ok. 52 %, a chlorku sodu – ok. 1,9 % (tab. 1).

Wykazano statystycznie istotny ($p < 0,05$) wpływ miejsca pozyskania drewna na kwasowość kielbas wędzonych (tab. 1). Próbkę kielbasy wędzonej drewnem ekologicznym charakteryzowała się istotnie niższą wartością pH (5,75) w porównaniu z próbką wędzoną drewnem konwencjonalnym (5,84). Dolata [4] dowiódł wpływu gatunków drewna, z którego wytworzono dym wędzarniczy, na wartość pH wyprodukowanych kielbas, zaobserwował również istotną różnicę pod względem zawartości fenoli w gotowym wyrobie wędzonym różnymi gatunkami drewna. Można więc wnioskować, że skład drewna istotnie wpływa na wartość pH kielbas wędzonych.

Po 14 dniach chłodniczego przechowywania wyższą kwasowością charakteryzowała się próbka KK (5,61) niż próbka KE (5,70). Węsierska [28] zaobserwowała znaczący wzrost pH w kielbasach homogenizowanych po 14 dniach przechowywania. Bezpośrednio po wyprodukowaniu kielbas wartość pH wynosiła 5,95, natomiast po 14 dniach przechowywania w temp. 4 - 6 °C wzrosła do pH 6,7 [28].

Tabela 1. Wartości parametru pH, potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) oraz podstawowego składu chemicznego kielbas wędzonych bezpośrednio po wyprodukowaniu oraz po 14 dniach przechowywania

Table 1. Values of pH parameter, oxidation-reduction potential (ORP) and basic chemical composition of smoked sausages directly after production and after 14 days of storage

| Parametr Parameter | Próba / Sample | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | KK | | KE | |
| | 0 dni / 0 days | 14 dni / 14 days | 0 dni / 0 days | 14 dni / 14 days |
| pH | 5,84 ^{bb} ± 0,00 | 5,61 ^{aa} ± 0,01 | 5,75 ^{aa} ± 0,01 | 5,70 ^{bb} ± 0,02 |
| ORP | 306,00 ^{ab} ± 0,36 | 391,20 ^{ba} ± 1,67 | 316,00 ^{ba} ± 1,62 | 373,40 ^{ab} ± 3,59 |
| Zawartość wody Water content [%] | 52,00 ^{aa} ± 0,60 | | 52,05 ^{aa} ± 0,15 | |
| Zawartość białka Protein content [%] | 19,25 ^{aa} ± 0,15 | | 18,25 ^{aa} ± 0,05 | |
| Zawartość tłuszczu Fat content [%] | 24,75 ^{aa} ± 0,65 | | 25,55 ^{aa} ± 0,75 | |
| Zawartość NaCl NaCl content [%] | 1,80 ^{aa} ± 0,00 | | 1,93 ^{aa} ± 0,00 | |

Objaśnienia / Explanatory notes:

KK – kielbasa wędzona drewnem konwencjonalnym (pochodzącym z terenów uprzemysłowionych) / sausage smoked with conventional wood (derived from industrialized areas), KE – kielbasa wędzona drewnem ekologicznym (pochodzącym z terenów ekologicznych) / sausage smoked with ecological wood (derived from ecological areas). W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; a, b – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie ze względu na rodzaj produktu ($p < 0,05$) / mean values in rows denoted by different small letters differ statistically significantly due to the type of product ($p < 0,05$); A, B – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi dużymi literami różnią się statystycznie istotnie ze względu na czas przechowywania ($p < 0,05$) / mean values in rows denoted by different capital letters differ statistically significantly due to the storage time ($p < 0,05$).

Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (ORP) w mięsie zależy od stężenia obecnych w nim utleniaczy i reduktorów. Im więcej w mięsie jest utleniaczy, tym większe są wartości ORP, a gdy przeważa stężenie reduktorów – wartości ORP są mniejsze. Obecność endo- i egzogennych reduktorów w mięsie odgrywa znaczącą rolę w przekształcaniu formy utlenionej mioglobiny (metmioglobiny) w formę zredukowaną. W badaniach ORP wykonanych bezpośrednio po wyprodukowaniu kielbas wykazano, że próba KE osiągnęła istotnie ($p < 0,05$) wyższą wartość potencjału redox (316,0 mV) w porównaniu z próbą KK (306,0 mV). Po 14 dniach chłodniczego przechowywania stwierdzono istotny wzrost wartości ORP w badanych wyrobach. Obserwowano istotnie niższą wartość potencjału redox w próbce KE (373,40 mV) w porównaniu z próbą KK (391,20 mV) – tab. 1.

Po przeanalizowaniu jakości mikrobiologicznej kielbas, w produkcie wędzonym drewnem konwencjonalnym stwierdzono statystycznie istotnie większą ogólną liczbę

drobnoustrojów w porównaniu z kielbasą wędzoną drewnem ekologicznym ($p < 0,05$). Liczba bakterii fermentacji mlekowej (LAB) bezpośrednio po wytworzeniu w obydwu rodzajach kielbas kształtowała się na zbliżonym poziomie $2,7 \div 2,8 \log \text{ jtk/g}$ ($p > 0,05$). Czas przechowywania nie wpłynął istotnie na zmianę liczby grup mikroorganizmów ($p > 0,05$) z wyjątkiem LAB w kielbasie wędzonej drewnem konwencjonalnym, w której zaobserwowano zmniejszenie populacji tych mikroorganizmów ($p < 0,05$). W żadnej z badanych próbek nie stwierdzono natomiast obecności bakterii chorobotwórczych, takich jak *Listeria monocytogenes* czy *Salmonella* sp. (tab. 2).

Tabela 2. Jakość mikrobiologiczna kielbas wędzonych bezpośrednio po wyprodukowaniu oraz po 14 dniach przechowywania

Table 2. Microbiological quality of smoked sausages directly after production and after 14 days of storage

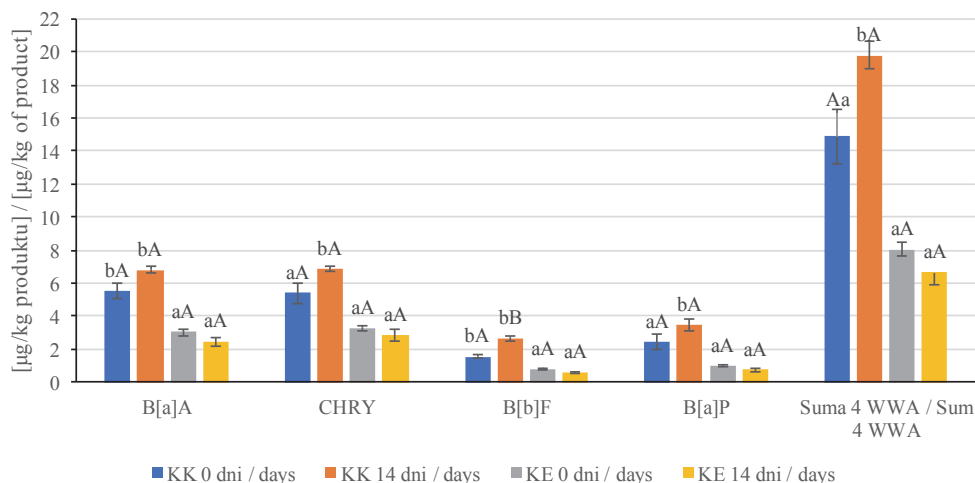
| Próba Sample | Liczba komórek [log jtk/g] Number of cells [log cfu/g] | | | | Bakterie obecne/nieobecne w 25 g produktu Bacteria present/absent in 25 g of product | | | |
|-----------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | OLD | | LAB | | <i>Listeria</i> | | <i>Salmonella</i> | |
| | 0 dni 0 days | 14 dni 14 days | 0 dni 0 days | 14 dni 14 days | 0 dni 0 days | 14 dni 14 days | 0 dni 0 days | 14 dni 14 days |
| KK | 5,98 ^{aA} | 6,09 ^{aA} | 2,74 ^{aA} | 2,54 ^{aB} | nb | nb | nb | nb |
| KE | 5,05 ^{bA} | 5,09 ^{bA} | 2,85 ^{aA} | 2,93 ^{bA} | nb | nb | nb | nb |

Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli prób jak pod tab. 1. / Meanings of sample symbols as in Tab. 1. OLD – ogólna liczba drobnoustrojów / total viable number of microorganisms, LAB – bakterie fermentacji mlekowej / lactic acid bacteria, nb – nieobecne / absent; a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie ze względu na rodzaj produktu ($p < 0,05$) / mean values in columns denoted by different small letters differ statistically significantly due to the type of product ($p < 0,05$); A, B – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi dużymi literami różnią się statystycznie istotnie ze względu na czas przechowywania ($p < 0,05$) / mean values in rows denoted by different capital letters differ statistically significantly due to the storage time ($p < 0,05$).

W ocenie poziomu WWA stwierdzono, że zawartość benzo[a]pirenu w kielbasach wędzonych drewnem konwencjonalnym była istotnie większa ($p < 0,05$) niż w produktach wędzonych drewnem ekologicznym. Tendencję tę zaobserwowano w kielbasach zarówno po ich wyprodukowaniu, jak i po przechowywaniu. W próbce wędzonej drewnem pochodzącym z terenów ekologicznych nie stwierdzono większej zawartości benzo[a]pirenu, benzo[a]antracenu, chryzenu, benzo[b]fluorantenu oraz sumy 4WWA od najwyższych dopuszczalnych poziomów tych zanieczyszczeń, które zgodnie z Rozporządzeniem WE Nr 855/2011 [22] wynoszą w przypadku benzo[a]pirenu $2 \mu\text{g/kg}$, a sumy 4WWA – $12 \mu\text{g/kg}$. Średnią zawartość poszczególnych badanych węglowodorów policyklicznych oraz sumy 4WWA przedstawiono na rys. 1. Bezpośrednio po wyprodukowaniu średnia zawartość benzo[a]pirenu w kielbasie wędzonej drewnem ekologicznym była o połowę mniejsza niż przewiduje obowiązująca norma, natomiast

w kielbasie wędzonej drewnem pochodzącym z terenów uprzemysłowionych (tzw. drewnem konwencjonalnym) wynosiła 2,41 $\mu\text{g}/\text{kg}$, czyli była na granicy najwyższego dopuszczalnego poziomu. Z kolei suma 4WWA w tym drugim wyrobie wynosiła 14,87 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i nieznacznie przekraczała ustalony najwyższy dopuszczalny poziom tych związków. W pierwszym okresie badań kielbasa wędzona drewnem konwencjonalnym charakteryzowała się największą zawartością benzo[a]antracenu – 5,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$, nieznacznie mniejszą chryzenu – 5,415 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i zawierała najmniej benzo[b]fluorantenu – 1,55 $\mu\text{g}/\text{kg}$. W kielbasie wędzonej drewnem konwencjonalnym po 14 dniach przechowywania zawartość benzo[a]pirenu i sumy 4WWA wynosiły odpowiednio [$\mu\text{g}/\text{kg}$]: 3,47 i 19,79. Różnice zawartości WWA po wyprodukowaniu kielbas i po ich przechowywaniu mogą być spowodowane tym, że próbki do badań bezpośrednio po produkcji oraz po przechowywaniu były pobierane losowo z całkowitej partii produkcyjnej.



Objaśnienia / Explanatory notes:

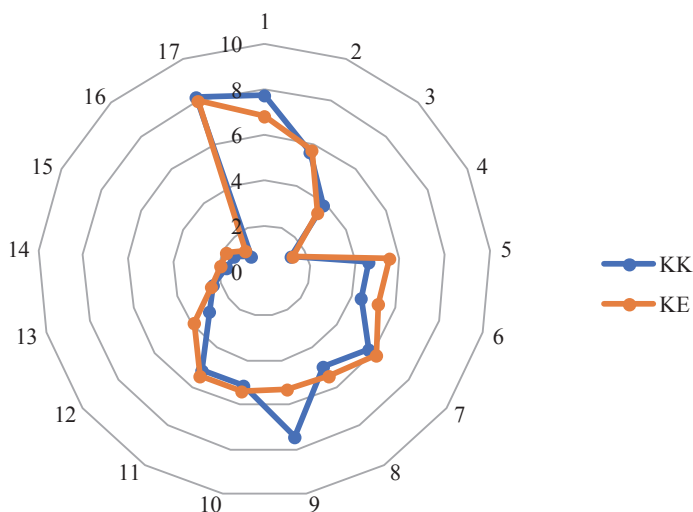
Objaśnienia symboli prób jak pod tab. 1. / Meanings of sample symbols as in Tab. 1. B[a]A – benzo[a]antracen / benzo[a]anthracene, CHRY – chryzen / chrysene, B[b]F – benzo[b]fluoranten / benzo[b]fluoranthene, B[a]P – benzo[a]piren / benzo[a]pyrene. Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments); a, b – wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie ze względu na rodzaj produktu ($p < 0,05$) / mean values denoted by different small letters differ statistically significantly due to the type of product ($p < 0,05$); A, B – wartości średnie oznaczone różnymi dużymi literami różnią się statystycznie istotnie ze względu na czas przechowywania ($p < 0,05$) / mean values denoted by different capital letters differ statistically significantly due to the storage time ($p < 0,05$).

Rys. 1. Średnia zawartość WWA w kielbasach wędzonych drewnem ekologicznym i konwencjonalnym po wyprodukowaniu oraz po 14 dniach przechowywania

Fig. 1. Average PAH content in sausages smoked with ecological and traditional wood after production and after 14 days of storage

W badaniach WWA w kielbasach wędzonych tradycyjnie Stanisławek i wsp. [25] otrzymali zawartość benzo[a]pirenu w przedziale $1,2 \div 5 \mu\text{g/kg}$. Zaobserwowali również, że poziom skażenia związkami WWA kielbas wędzonych tradycyjnie jest znacznie wyższy od wartości dopuszczalnych i należałoby podjąć działania w kierunku zmniejszenia ich zawartości w produktach mięsnych [25]. Kubiak [9] natomiast badał produkty wędzone zrębkami bukowymi w warunkach przemysłowych, w komorze elektrycznej z dymogeneratorem żarowym i wykazał, że średnia zawartość benzo[a]pirenu zależała od rodzaju kielbasy i wynosiła $3,91 \div 4,12 \mu\text{g/kg}$. Produkty te spełniały dawne normy zawartości benzo[a]pirenu (do $5 \mu\text{g/kg}$), a obecnie nie odpowiadają obowiązującemu dopuszczalnemu poziomowi ustalonemu w Rozporządzeniu Komisji (UE) Nr 835/2011 (do $2 \mu\text{g/kg}$) [9, 22].

W wyniku przeprowadzonej analizy sensorycznej kielbas wędzonych dwoma rodzajami drewna stwierdzono porównywalną, wysoką jakość ogólną, która wynosiła średnio 8 j.u. bezpośrednio po ich wyprodukowaniu (rys. 2).



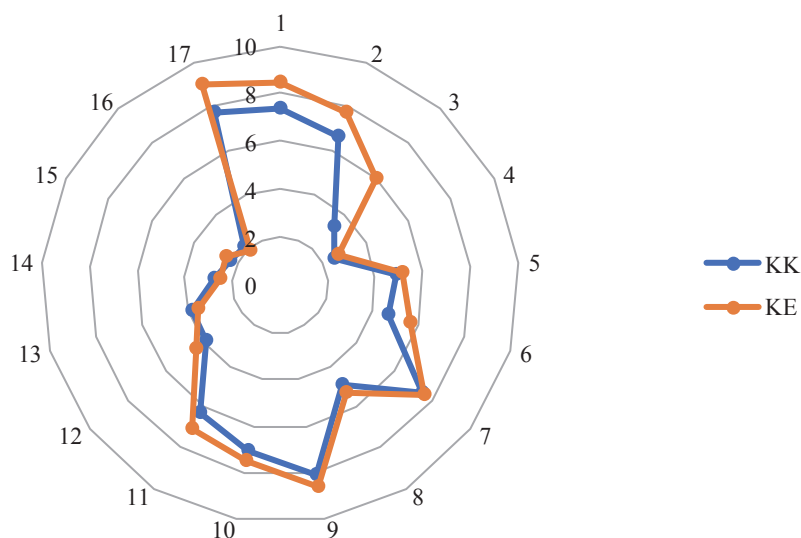
Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli prób jak pod tab. 1. / Meanings of sample symbols as in Tab. 1. Cechy / Features: 1 – zapach wędzonego mięsa / smell of smoked meat, 2 – zapach suszonego mięsa / smell of dried meat, 3 – zapach ostry / spicy smell, 4 – zapach inny / other smell, 5 – ton barwy / shade of colour, 6 – jednolitość barwy / uniformity of colour, 7 – soczystość / juiciness, 8 – rozdrobnienie / granularity, 9 – smak wędzonego mięsa / flavour of smoked meat, 10 – smak suszonego mięsa / flavour of dried meat, 11 – smak słony / salty flavour, 12 – smak ostry / spicy flavour, 13 – smak kwaśny / sour flavour, 14 – smak gorzki / bitter flavour, 15 – smak przechowalniczy / storage flavour, 16 – smak inny / other flavour, 17 – jakość ogólna / overall quality; n = 16; Skala / Scale: 0 - 10 jednostek umownych [j.u.] / 0 - 10 conventional units [c.u.].

Rys. 2. Wyniki analizy sensorycznej kielbas wędzonych drewnem konwencjonalnym i ekologicznym po wyprodukowaniu

Fig. 2. Results of sensory analysis of sausages smoked with ecological and traditional wood after production

Bezpośrednio po wyprodukowaniu w kiełbasie wędzonej drewnem konwencjonalnym bardziej intensywny był zapach i smak wędzonego mięsa niż w kiełbasie wędzonej drewnem ekologicznym ($p < 0,05$). Natomiast większą jednolitością barwy charakteryzowały się kiełbasy wędzone drewnem ekologicznym, podobnie ton barwy był istotnie różny od próby KK ($p < 0,05$). Intensywność smaku wędzonego mięsa próby KK wynosiła ok. 8 j.u. i różniła się statystycznie istotnie od próby KE (rys. 2).



Objaśnienia jak pod rys. 2. / Explanatory notes as in Fig. 2.

Rys. 3. Wyniki analizy sensorycznej kiełbas wędzonych drewnem konwencjonalnym i ekologicznym po 14 dniach przechowywania

Fig. 3. Results of sensory analysis of sausages smoked with ecological and traditional wood after 14 days of storage

Przechowywanie badanych kiełbas przez 14 dni w warunkach chłodniczych istotnie wpłynęło na intensywność wybranych wyróżników jakości sensorycznej ($p < 0,05$). Zaobserwowano zwiększenie intensywności zapachu wędzonego i suszonego mięsa oraz zapachu ostrego próby KE w porównaniu z próbą KK ($p < 0,05$). Ponadto intensywność smaku wędzonego i suszonego mięsa, smaku słonego i ostrego były większe w próbie KE ($p < 0,05$). Jakość ogólna kiełbasy wędzonej drewnem ekologicznym została oceniona na blisko 9 j.u. ($p < 0,05$), co świadczy o bardzo dobrym zharmonizowaniu wyróżników sensorycznych tego produktu (rys. 3).

Wnioski

1. Zawartość benzo[a]pirenu oraz sumy 4 WWA w kiełbasie wędzonej drewnem ekologicznym była istotnie mniejsza niż w kiełbasie wędzonej drewnem konwencjonalnym.
2. Jakość mikrobiologiczna kiełbas wędzonych drewnem konwencjonalnym i ekologicznym była dobra. Po 14 dniach przechowywania nie stwierdzono istotnego wzrostu liczby bakterii tlenowych. Nie stwierdzono obecności bakterii patogenych *Listeria monocytogenes* i *Salmonella* sp.
3. Wartości pH, ORP oraz wyróżniki jakości sensorycznej świadczą o istotnym wpływie miejsca pozyskania drewna użytego do wędzenia na ukształtowanie jakości badanych produktów bezpośrednio po ich wyprodukowaniu, jak i po przechowywaniu.
4. Miejsce pozyskania drewna wpływało na wskaźniki bezpieczeństwa zdrowotnego i właściwości fizykochemiczne oraz sensoryczne produktu mięsnego w procesie wędzenia tradycyjnego. Produkty wędzone drewnem pozyskanym z terenów ekologicznych zawierały mniej WWA.

Badania wykonano w ramach projektu badawczego Nr HOR.re.027.1.2018 finansowanego przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Literatura

- [1] Ahn D.U., Nam K.C., Lee E.J.: Lipid oxidation and flavor. *Appl. Muscle Biology Meat Sci.*, 2009, 12, 227-246.
- [2] Bagnowska A., Mostowski R., Trzęsowska A., Krala L.: Techniczne, technologiczne i zdrowotne aspekty wędzenia mięs. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria*, 2011, 10 (1-2), 33-40.
- [3] Bhuyan D., Das A., Laskas S.K., Bora D.P., Tamuli S., Hazarika M.: Effect of different smoking methods on the quality of pork sausages. *Veter. World*, 2018, 11 (12), 1712-1719.
- [4] Dolata W., Piątek M., Piasecki M.: Wpływ rodzaju zrębków wędzarniczych na wybrane cechy jakościowe kiełbasy węgierskiej. *Inżynieria Rolnicza*, 2007, 5 (93), 69-74.
- [5] Dolatowski Z.J.: Tradycyjne wędzenie wyrobów mięsnych, Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu, Radom 2015.
- [6] Klawitter E., Bafia N.: Wybór metody wytwarzania dymu a ochrona środowiska i jakość wędzonego produktu. *Gospodarka Mięsna*, 2006, 6, 16-20.
- [7] Kołakowski E. (Red.): *Technologia wędzenia żywności*. PWRiL, Warszawa 2012.
- [8] Kubiak M., Polak-Śliwińska M.: The level of chosen polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in meat products smoked by using an industrial and a traditional method. *Pol. J. Natur. Sci.*, 2015, 30 (2), 137-147.
- [9] Kubiak M.S.: Poziom koncentracji zanieczyszczeń z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w wybranych wyrobach mięsnych poddanych tradycyjnemu wędzeniu. *Nauka Przyr. Technol.*, 2012, 6 (2), #18.

- [10] Malarut J., Vangnai K.: Influence of wood types on quality and carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) of smoked sausages. *Food Control*, 2018, 85, 98-106.
- [11] Nam K.C., Ahn D.U.: Effects of ascorbic acid and antioxidants on the color of irradiated ground beef. *J. Food Sci.*, 2003, 68 (5), 1686-1690.
- [12] PN-EN ISO 11290-1:2017-07. Mikrobiologia łańcucha żywnościowego. Horyzontalna metoda wykrywania i oznaczania liczby *Listeria monocytogenes* i innych *Listeria* spp. Cz. 1: Metoda wykrywania.
- [13] PN-EN ISO 13299:2016. Analiza sensoryczna. Metodyka. Ogólne wytyczne ustalania profilu sensorycznego.
- [14] PN-EN ISO 4833:2004. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów. Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.
- [15] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody (metoda odwoławcza).
- [16] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- [17] PN-ISO 15214:2002. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.
- [18] PN-ISO 1841-2:2002. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości chlorków. Cz. 2. Metoda potencjonometryczna.
- [19] PN-ISO 2917:2001. Mięso i przetwory mięsne. Pomiar pH (metoda odwoławcza).
- [20] PN-EN ISO 6579-1:2017-04. Mikrobiologia łańcucha żywnościowego. Horyzontalna metoda wykrywania, oznaczania liczby i serotypowania *Salmonella*. Cz. 1: Wykrywanie *Salmonella* spp.
- [21] 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 rybołówstwa wędzonych tradycyjnie. *Dz. U. L* 358, ss. 13-14, z 13.12.2014.
- [22] 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, ss. 4-8, z 20.08.2011.
- [23] 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, ss. 5-24, z 20.12.2006.
- [24] Rozporządzenie Komisji (WE) 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, ss. 9-16, z 20.08.2011.
- [25] Stanisławek M., Miarka D., Ciecierska M., Kowalska J., Majewska E.: Rola Inspekcji Weterynaryjnej w zapewnieniu bezpieczeństwa żywności na przykładzie weryfikacji zawartości WWA. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2016, XLIX (3), 407-411.
- [26] 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.
- [27] Vasilev D., Glisic M., Jankovic J., Dimitrijevic M., Karabasil N., Suvajdzic B., Teodorovic V.: Perspectives in production of functional meat products. *IOP Conf. Series: Earth Environ. Sci.*, 2017, 85, #012033.
- [28] Węsierska E.: Trwałość mikrobiologiczna homogenizowanych kiełbas drobiowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 6 (55), 295-303.
- [29] Wieczorek J., Wieczorek Z., Mozolewski W., Pomianowski J.: Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM₁₀. *Inż. Ap. Chem.*, 2011, 50 (2), 26-27.

EFFECT OF WOOD HARVESTING SITE ON QUALITY AND HEALTH SECURITY OF SMOKED SAUSAGES

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the effect of wood harvesting site on the content of polycyclic aromatic hydrocarbons and the quality of traditionally smoked meat products tested directly after production and after 14 days of storage.

The research material was a model pork sausage smoked in two variants, in a traditional smokehouse. In the first variant the wood used for smoking was harvested from ecological areas, while in the second – from industrialized areas. The PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) were determined by a high performance liquid chromatography with fluorescence detection (HPLC-FLD). There were also determined physicochemical and sensory properties along with the microbiological quality of sausages.

In the research studies there was shown that the concentration of benzo[a]pyrene and the sum of 4PAHs (benzo[a]pyrene, benzo[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, chrysene) in the sausage, immediately after smoking with wood from ecological areas, did not exceed the maximum allowable concentrations and was 0.97 µg/kg, and the sum of 4 PAHs was 8.05 µg/kg. The average content of benzo[a]pyrene in the sausage, immediately after smoking with wood harvested from industrialized areas, was 2.41 µg/kg and the sum of 4PAHs was 14.87 µg/kg. According to the guidelines of the Commission Regulation of the European Union (EU) No 835/2011, such a product should not be consumed by people. It was found that the sausage smoked with ecological wood was characterised by a significantly lower level of the compounds analysed after 14 days of storage and did not exceed the permissible concentrations. Taking into account the maximum permissible level of the sum of 4PAHs and benzo[a]pyrene in the tested sausages, it has been confirmed that the PAH content in meat products depends on the site of harvesting the wood used during the smoking process.

Key words: meat products, traditional smoking, wood, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), health security ☒