



WPLYW MODYFIKACJI KONSTRUKCJI DYSZ ZASILAJĄCYCH W KOMORZE WĘDZARNICZO-PARZELNICZEJ NA OBNIŻENIE ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW WWA W PRODUKTACH MIĘSNYCH¹

Mariusz S. Kubiak^{a*}, Włodzimierz Dolata^b

^a Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Politechnika Koszalińska

^b Zakład Inżynierii i Projektowania Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

* Adres do korespondencji: ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, e-mail: mariusz.kubiak@tu.koszalin.pl

INFORMACJE O ARTYKULE

Historia artykułu:

Wpłynął: październik 2013

Zrecenzowany: grudzień 2013

Zaakceptowany: styczeń 2014

Słowa kluczowe:

przetwory mięsne

wędzenie

WWA

komora wędzarnicza

konstrukcja dysz

STRESZCZENIE

Celem pracy było obniżenie zawartości związków z grupy WWA w przetworach mięsnych poddanych przemysłowym warunkom wędzenia w komorze przy zmianie konstrukcji dysz zasilających w mieszaninę dymu. Materiał do badań stanowiły próbki produktów mięsnych wędzonych o kształcie owalnym pobrane z dwóch komór wędzarniczych o różnej konstrukcji dysz zasilających i rozprawdzających mieszaninę dymu. Jakościową i ilościową analizę związków WWA wykonano techniką chromatografii cieczowej z selektywnym detektorem (HPLC-FLD-DAD). Badania nad zawartością i kumulacją związków z grupy WWA w przetworach mięsnych wędzonych z wykorzystaniem zmodyfikowanych dysz zasilających w porównaniu z klasycznym układem dysz wskazują jednoznacznie na korzystniejsze warunki rozprawdzenia mieszaniny dymu w komorze wędzarniczej ze względu na ich obniżony poziom.

Wstęp

Wędzenie jest to obróbka artykułów spożywczych, przede wszystkim mięsnych i rybnych, dymem uzyskiwanym podczas powolnego spalania drewna lub trocin. Zasadniczym celem tej obróbki jest nadanie produktom nowych właściwości smakowych i zwiększenie ich trwałości podczas przechowywania (Wilms, 2000; Jensen i in., 2004; Toldrá, 2010; Kubiak, 2012a, 2012b). Obróbka dymem z jednoczesnym częściowym podsuszeniem, szczególnie podczas wędzenia na zimno, jest jednym ze sposobów utrwalania (konserwowania) produktów. Najbardziej charakterystyczne cechy wędzonego produktu powstają przede wszystkim w rezultacie osadzania się dymu na powierzchni i przenikania go w głąb produktu. Składniki dymu barwią powierzchnię produktów na brązowy lub złocisty kolor,

¹ Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2013 jako projekt rozwojowy nr NR12 0125 10

nadając im charakterystyczny wygląd. Ponadto składniki dymu wpływają na specyficzny zapach i smak oraz zapewniają przeciwutleniający i bakteriobójczy efekt wędzenia (Tóth i Potthast, 1984; Toldrá, 2010). Na podstawie licznych doniesień z badań w dziedzinie chemicznej technologii drewna można przeprowadzić wiele analogii, pozwalających uzyskać dokładne wyobrażenie o chemizmie powstawania składników dymu wędzarniczego. Jednakże należy pamiętać, że jakość i skład dymu wędzarniczego zmienia się w zależności od warunków spalania i prowadzenia całego procesu wędzenia, w tym wykorzystania urządzeń i ich charakterystycznych konstrukcji (Bratzler i in., 1969; Tóth i Potthast, 1984). Ze względu na małe i średnie zakłady, gdzie produkcja ukierunkowana jest na zróżnicowane grupy produktów mięsnych, których wędzenie wymaga szybkiej zmiany parametrów realizacji procesu, wykorzystywane są jednowózkowe komory wędzarniczo-parzelnicze (PEK-MONT, 2010). Zarówno ilość powietrza dopływającego do strefy spalania i szybkość odprowadzania dymu, temperatura i stopień spalania oraz wilgotność użytego drewna mają wpływ na uzyskaną mieszaninę dymu, zwłaszcza w tego typu komorach. Mimo wielu czynników, które wpływają na intensywność barwy, kumulację związków zawartych w dymie, między innymi zanieczyszczeń, równomierność zabarwienia wędzonych produktów oraz ilość substancji szkodliwych zależy również od odpowiedniej konstrukcji dysz zasilających oraz kierunku ustawienia względem obrabianego produktu (Kubiak, 2012b; Kubiak i Jakubowski, 2013). Rozwój cywilizacyjny i technologiczny spowodował wzrost narażenia na związki szkodliwe, wynikające z technologii obróbki utrwalania i nadawania produktom specyficznych cech. Dlatego tak istotnym wydaje się poprawa parametrów, którymi można sterować. W przypadku komór wędzarniczych, między innymi poprzez dostosowanie konstrukcji dysz wlotowych (zasilających). Równomierność oraz intensywność przepływu mieszaniny dymu i powietrza w komorze wędzarniczej oraz pomiędzy zawieszonym produktem mięsnym pozwala na ograniczenie wad jakościowych oraz zmniejszenie stężenia zanieczyszczeń z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) (Kubiak 2012a).

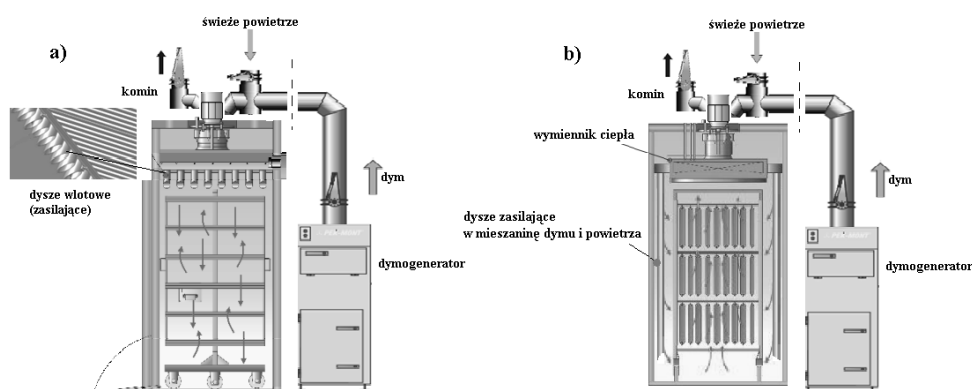
Cel pracy

Celem pracy było obniżenie zawartości związków z grupy WWA w przetworach mięsnych, poddanych przemysłowym warunkom wędzenia przy zmianie konstrukcji dysz zasilających w mieszaninę dymu.

Material i metody

Cały proces technologiczny przygotowania surowca oraz wędzenia realizowano w warunkach przemysłowych w zakładzie przetwórstwa mięsa I. Z. Grabowsky Sp. j. w Ościecinie. Proces wędzenia był przeprowadzony w jednowózkowej komorze typu KWP-1et firmy Pek-Mont Sp. z o.o. (rys. 1a, b) o wewnętrznych wymiarach gabarytowych części roboczej: długość – 1440 mm; szerokość – 1200 mm; wysokość – 2950 mm, o klasycznej i zmienionej długości dysz zasilających w mieszaninę dymu i ją rozprowadzających.

Warianty konstrukcji dysz zasilających i rozpraszających mieszaninę dymu w komorze: bazowy (klasyczny układ dysz) – konstrukcja dysz bez modyfikacji (rys. 1a) oraz proponowana zmiana konstrukcji rozmieszczenia dysz zasilających polegająca na wydłużeniu wszystkich dysz 100 mm powyżej poziomu podłogi komory po obu stronach komory (rys. 1b). Wariant o zmodyfikowanej konstrukcji został wprowadzony jako układ przeciwny do dysz zasilających (wlotowych) w mieszaninę dymu i powietrza w komorze o klasycznym układzie. Zmiana polegała na podawaniu mieszaniny dymu: w komorze o klasycznym układzie dysz od góry, a w proponowanym rozwiązaniu od dołu.



Rysunek 1. Schemat graficzny jednowózkowej komory wędzarniczo-parzelniczej typ KWP-1et: a) klasyczny układ dysz wlotowych-zasilających; b) zmodyfikowana konstrukcja dysz zasilających (www.pekmont.pl)

Figure 1. Graphic schematic representation of one-trolley smoke and cooking chamber KWP-1et type: a) classic input nozzles system-supplying; b) modified structure of supplying nozzles (www.pekmont.pl)

Warunki prowadzonego procesu wędzenia dla przetworów zostały dostosowane i ujęte w programie wędzenia. Obejmowały one poszczególne etapy całej obróbki wędzarniczej (tabela 1).

Plan badań obejmował 16 cykli wędzarniczych dla każdej z komór wędzarniczo-parzelniczych (klasyczny układ dysz i zmodyfikowany). Pobieranie próbek z każdego cyklu wędzarniczego wykonano w sposób kopertowy ($n=19$). Pobrane próbki z wyrobów wędzonych w sposób kopertowy (każdorazowo po procesie wędzenia) rozdrobniono, ujednolicono i poddano analizie chromatograficznej na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Przygotowanie próbek polegało na zdjęciu osłonki kolagenowej, która została również poddana analizie na zawartość WWA. Następnie pobrane zostały próbki warstwy zewnętrznej do 1 cm z batonów oraz warstwy wewnętrznej. Wszystkie próbki zostały uśrednione i poddane liofilizacji, co ułatwiło dalsze postępowanie analityczne.

Tabela 1

Etapy i parametry procesu wędzenia

Table 1

Stages and parameters of smoking process

Etapy procesu wędzenia	Czas (min.)	Temperatura batonu (°C)	Temperatura w komorze wędzarniczej (°C)
Suszenie	60	36,5	60
Wędzenie	50-60	48	60
Wietrzenie	2	-	60
Parzenie		72	75
Suszenie	>100	-	60

Suszenie batonów do uzyskania określonej masy

Źródło: www.grabowscy.pl

Procedura analityczna do oznaczania związków z grupy WWA obejmowała wykorzystanie chromatografii cieczowej wyposażonej w detektor fluorymetryczny. Do izolowania WWA z matrycy stałej wykorzystano przyspieszoną ekstrakcję rozpuszczaniem (ASE) oraz oczyszczanie i wzbogacanie za pomocą ekstrakcji do fazy stałej (SPE) na żelu krzemionkowym. Aparaturę analityczną stanowił chromatograf cieczowy firmy Agilent Technologies wyposażony w poczwórną pompę, system odgazowywania fazy ruchomej, detektor diodowy (DAD) (model 1100) oraz podajnik automatyczny, termostat do podajnika, termostat do kolumn i detektor fluorymetryczny (FL) (Infinity 1260). Do zbierania i przetwarzania danych wykorzystano oprogramowanie ChemStation B.04.03. Rozdzielanie analitów przeprowadzono na kolumnie chromatograficznej PAH BakerBond (nr serii G320Y010, nr partii 993967-902) o wymiarach 250 x 3 mm średnica ziarna 5 µm) z przedkolumną. Do izolowania WWA z próbek stałych wykorzystano przyspieszoną ekstrakcję rozpuszczalnikami w aparacie Dionex ASE300. Procedurę analityczną (izolowanie, oczyszczanie i wzbogacanie WWA z próbek) poddano walidacji (dokładność, precyzja dozowania i metody, liniowość, granica wykrywalności (LOD) i oznaczalności (LOQ)).

Wyniki zostały zestawione i poddane obliczeniom statystycznym (średnia, odchylenie standardowe, granica błędów pomiarowego), wykorzystując program Statistica® 2012 oraz Microsoft Excel 2010.

Wyniki badań

Z przeprowadzonych badań wynika, że średnia zawartość oznaczanych 15 WWA oraz sumy 15WWA, 8WWA, 4WWA i BaP w produktach wędzonych była zróżnicowana ze względu na układ dysz.

W komorze o klasycznym układzie konstrukcji dysz zawartość związków WWA dla wsadu o kształcie geometrycznym owalnym, poddanego procesowi wędzenia była na wyższym poziomie we wszystkich pobranych próbkach (osłonce, części zewnętrznej, wewnętrznej) w porównaniu z wyrobami pobranymi z komory, gdzie zastosowano proponowany wariant rozwiązania konstrukcyjnego dysz (tab. 2). Suma oznaczanych 4WWA (BaP, CHR, BaA, BbF) i 8WWA (BaP, CHR, BaA, BbF, BkF, BgP, DhA, IcP) oraz obec-

ność BaP uległa zmniejszeniu w wyrobach pobranych z komory o zmodyfikowanej konstrukcji dysz zasilających. Nieznaczne różnice zostały jedynie zaobserwowane w zawartości BaP dla osłonek, zarówno przy klasycznym układzie dysz, jak i zmodyfikowanym.

Tabela 2

Zawartość WWA w produktach mięsnych poddanych przemysłowym warunkom wędzenia w komorze o klasycznym i zmodyfikowanym układzie dysz zasilających

Table 2

PNA content in meat products subject to industrial conditions of smoking in a chamber with a classic and modified system of supplying nozzles

WWA ng/g Produktu	Produkt o centrum geometrycznym batonu – owal					
	klasyczny układ dysz			zmodyfikowany układ dysz		
	osłonka	warstwa zewnątrzna	warstwa wewnętrzna	osłonka	warstwa zewnątrzna	warstwa wewnętrzna
Naftalen	47,53	39,68	25,35	45,03	34,25	25,02
Benzo(a)antracen	23,23	20,47	10,66	26,12	19,23	9,68
Chryzen	81,86	79,24	12,18	22,01	18,32	9,22
Acenaften	227,58	186,59	158,07	212,07	176,87	124,27
Fluoren	112,3	67,36	34,55	115,42	68,18	33,73
Benzo(b)fluoranten	53,58	38,12	19,73	26,98	7,03	5,16
Benzo(k)fluoranten	7,96	6,23	nw	7,34	4,23	nw
Benzo(a)piren	11,22	5,37	3,83	10,94	4,04	1,42
Dibenzo(a,h)antracen	nw	nw	nw	nw	nw	nw
Antracen	93,41	16,30	nw	90,78	17,69	nw
Benzo(g,h,i,)perylene	4,58	nw	nw	4,73	nw	nw
Indeno(1,2,3-c,d)piren	1,02	nw	nw	0,97	nw	nw
Fenantren	10,52	nw	nw	3,15	nw	nw
Fluoranten	84,35	nw	nw	86,18	nw	nw
Piren	nw	nw	nw	nw	nw	nw
Suma 15 WWA	759,14	459,36	264,37	651,72	349,84	208,50
Suma 8 WWA	183,45	149,43	46,40	99,09	52,85	25,48
Suma 4 WWA	169,89	143,20	46,40	86,05	48,62	25,48

nw - nie wykryto

Zatem w komorze, gdzie zastosowano proponowane rozwiązanie modyfikacji konstrukcji dysz, wartości związków WWA w produktach wędzonych znacznie się różniły od wartości uzyskanych dla produktów z komory o klasycznej konstrukcji dysz. Ich poziom znacząco obniżył się, co świadczy o mniejszej kumulacji związków WWA wynikającej z obiegu mieszaniny dymu w komorze i osadzaniu się ich na produkcie. Mimo że mieszanina dymu i powietrza miała te same parametry, to sposób podawania a następnie „obmywania” produktu dymem i osadzania się związków zawartych w nim, miał istotne znaczenie.

Prace wykonane w zakresie optymalizacji procesu wędzenia wskazały kolejny istotny aspekt związany z czynnikiem propagacji mieszaniny dymu i możliwości obniżenia kumulacji związków z grupy WWA przez modyfikację dysz zasilających.

Proponowane rozwiązanie konstrukcyjne układu dysz zasilających i rozprzodających mieszaninę dymu wewnątrz komory wędzarniczej były korzystniejsze ze względu na war-

tości uzyskane z analizy WWA dla sumy 15, 8 i 4 WWA w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla produktów z komory o klasycznym układzie dysz.

Klasyczny układ konstrukcji dysz zasilających wpływał na zwiększoną kumulację związków WWA w odróżnieniu do proponowanej modyfikacji, gdzie poziom związków WWA w przetworach znacząco się obniżył.

Przetwory mięsne, wędzone w komorze o zmodyfikowanej konstrukcji dysz zasilających, odznaczały się niższą zawartością związków WWA o 35-55% we wszystkich próbach poddanych analizie (osłonka, warstwa zewnętrzna i wewnętrzna), względem przetworów z komory o klasycznej konstrukcji i układzie dysz zasilających. Wskazuje to na realną możliwość obniżenia zawartości WWA w przetworach mięsnych poddanych wędzeniu. Odpowiednie dostosowanie i regulacja długości dysz zasilających oraz kształt ułożenia względem siebie po obydwu ścianach bocznych komory pozwoli uzyskać produkt o wymaganych dopuszczalnych limitach związków szkodliwych z grupy WWA. Po weryfikacji eksperymentalnej, jaka została wykonana, można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że takie rozwiązania powinny zapobiec również wadom jakościowym zarówno niedowędzenia, jak i przewędzenia przetworów mięsnych. Wspomniana weryfikacja, przeprowadzona w warunkach przemysłowych, potwierdza celowość wprowadzania zmian konstrukcyjnych, dzięki którym można będzie uzyskać produkt końcowy o wymaganym standardzie pod kątem obniżenia zanieczyszczeń (WWA) wynikających z procesu wędzenia.

W publikacjach zagranicznych nie ma prac związanych ze zmianą elementów konstrukcji komory wędzarniczej, w tym dysz zasilających (wlotowych). Dlatego zagadnienie związane z modyfikacją dysz zasilających w komorze wędzarniczej stawia wiele nowych pytań w dalszych badaniach, które pozwolą na wprowadzenie zmian w wielomodułowych komorach wędzarniczych. Przypuszczalnie w wielu przypadkach takie rozwiązania mogą również wpłynąć na higienę produkcji, jak i efektywne wykorzystanie mieszaniny dymu podczas wędzenia właściwego. Zatem uzyskane informacje dotyczące wpływu zmiany konstrukcji elementów komory (dysz zasilających) stanowią kolejny czynnik, który powinien być brany pod uwagę podczas procesu wędzenia.

Wnioski

1. Zawartość WWA w przetworach mięsnych z komory wędzarniczej o klasycznym układzie oraz konstrukcji dysz zasilających była przekraczająca dopuszczalne limity związków WWA wedle rozporządzenia Komisji UE.
2. Zaprezentowany wariant modyfikacji dysz zasilających korzystnie wpłynął na warunki przepływu mieszaniny w komorze wędzarniczej, co skutkowało obniżeniem kumulacji związków WWA w przetworach mięsnych.
3. Zmiana konstrukcji dysz zasilających rozpraszających mieszaninę dymu w połączeniu z możliwością wprowadzenia zmian w parametrach procesu wędzenia, pozwoli w wielu zakładach na spełnienie wytycznych dla dopuszczalnych poziomów WWA w produktach mięsnych wędzonych.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania Firmie PEK-MONT Sp. z o.o. w Bielsku k. Płocka za cenne merytoryczne wskazówki w trakcie opracowywania zagadnienia związanego z możliwością wprowadzania zmian w konstrukcji komór wędzarniczych. Podziękowania autorzy kierują również dla Zakładu Przetwórstwa Mięsnego I.Z Grabowscy Sp. j., gdzie prowadzone były badania w warunkach rzeczywistych, przemysłowych pozwalające na weryfikację wyników.

Literatura

- Bratzler, L.J.; Spooner, M.E.; Weatherspoon, J.B.; Maxey, J.A. (1969). Smoke flavor as related to phenol, carbonyl and acid content of bologna. *Journal of Food Science*, 34, 144-148.
- Jensen, W.K.; Devine, C.; Dikeman, K. (red.). (2004). *Encyclopedia of meat sciences*. London: Elsevier, 1265-1277.
- Kubiak, M.S. (2012a). Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne stosowane w komorach wędzarniczo-parzelniczych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 40, 83-86.
- Kubiak, M.S. (2012b). Analiza poziomu zanieczyszczeń WWA w wybranych wyrobach mięsnych poddanych przemysłowym warunkom wędzenia. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 4, 1264-1270.
- Kubiak, M.S.; Jakubowski, M. (2013). CFD simulations as a supporting tool of process and construction optimization in food industry production practice: the case study of a single truck smoking chamber. *Italian Journal Food Science*, 25(3), 251-254.
- PEK-MONT Sp. z o.o. (2010). Materiały wewnętrzne firmy (www.pekmont.pl).
- Strona internetowa: <http://www.grabowscy.pl> materiały wewnętrzne zakładu (2010-2014).
- Toldrá, F. (red.). (2010). *Handbook of Meat Processing*. Oxford, UK, Wiley-Blackwell, 231-245.
- Tóth, L.; Potthast, K. (1984). Chemical Aspects of the Smoking of Meat and Meat Products. *Advances in Food Research*, 29, 87-158.
- Wilms, M. (2000). The developing of modern smokehouses – Ecological and economical aspects. *Fleischwirtschaft International*, 4, 8-13.

EFFECTS OF MODIFICATIONS OF THE POWER NOZZLES STRUCTURE IN THE SMOKE-DRYING CHAMBER ON THE REDUCTION OF PAH COMPOUNDS CONTENT IN MEAT PRODUCTS

Abstract. The objective of the study was reduction of PAHs compounds content in meat products subjected to industrial conditions of smoking in the chamber when changing the feed nozzle structure in a mixture of smoke. Smoked meat products of geometrical form of an oval taken from two primary smoke chambers of different structure of supply nozzles and nozzles diffusing the smoke mixture constituted material samples. Qualitative and quantitative analysis of PAHs was carried out with the use of liquid chromatography with a selective detector (HPLC-FLD-DAD). Research on the content and compounds of PAH group in meat products, smoked with the use of a modified feed nozzle compared to a traditional system of nozzles, indicate clearly on more favorable conditions for distribution of a mixture of smoke in the smoking chamber due to their reduced level.

Key words: meat products, smoking, PAH, smoke chamber, nozzle structure