

JOANNA STADNIK

AMINY BIOGENNE W WYROBACH MIĘSNYCH SUROWO DOJRZEWAJĄCYCH

Streszczenie

Aminy biogenne są naturalnymi składnikami surowców roślinnych i zwierzęcych, w których występują w stężeniach niestanowiących zagrożenia dla zdrowia człowieka. Ich podwyższona zawartość w produktach spożywczych jest wynikiem aktywności enzymów endogennych lub mikrobiologicznej dekarboksylacji aminokwasów, która zachodzi podczas kontrolowanej lub spontanicznej fermentacji, przetwarzania, przechowywania i dystrybucji. Wyroby mięsne surowo dojrzewające charakteryzują się dużą zmiennością występowania amin biogennych. Na powstawanie tych związków wpływają: jakość surowca, warunki higieniczne podczas jego przetwarzania oraz czynniki technologiczne, takie jak: temperatura, pH, aktywność wody, zawartość NaCl i potencjał redoks. Występowaniu amin biogennych w wyrobach mięsnych surowo dojrzewających można zapobiegać poprzez wykorzystanie w procesie fermentacji kultur starterowych niewykazujących zdolności do ich tworzenia. Probiotyczne szczepy bakterii fermentacji mlekowej, dzięki hamowaniu rozwoju mikroflory niepożądanej i związanej z tym redukcji zawartości amin biogennych, przyczyniają się do poprawy bezpieczeństwa zdrowotnego wyrobów mięsnych surowo dojrzewających.

Słowa kluczowe: aminy biogenne, surowo dojrzewające wyroby mięsne, probiotyki

Wprowadzenie

Aminy biogenne to grupa aktywnych biologicznie zasad organicznych o małych masach cząsteczkowych powszechnie występujących w roślinach, organizmach zwierzęcych oraz w mikroorganizmach. Uczestniczą one w syntezie białek, hormonów, alkaloidów i kwasów nukleinowych, wpływają na replikację DNA i przepuszczalność błon komórkowych. Ponadto biorą udział w regulacji temperatury ciała, ciśnienia tętniczego krwi i aktywności mózgu. Z jednej strony są niezbędne do wzrostu i utrzymania żywotności komórek oraz prawidłowego przebiegu wielu procesów metabolicznych, z drugiej zaś mogą wykazywać działanie toksyczne, a niektóre z nich nawet rakotwórcze, jako prekursorzy kancerogennych N-nitrozwiązków [18, 20, 23].

Dr inż. J. Stadnik, Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin

Celem pracy było przedstawienie aktualnego stanu wiedzy w zakresie ogólnej charakterystyki amin biogennych, czynników warunkujących ich tworzenie w surowo dojrzewających wyrobach mięsnych oraz wykorzystania kultur starterowych, w tym szczepów probiotycznych, jako metody zapobiegania ich występowaniu.

Aminy biogenne - charakterystyka ogólna

Aminy biogenne powstają w wyniku dekarboksylacji aminokwasów obojętnych i zasadowych. Aminy lotne (m.in. β -fenyloetyloamina) powstają także podczas redukcyjnego aminowania lub transaminacji aldehydów i ketonów [20, 27, 38, 40].

Ze względu na budowę chemiczną wyróżnia się aminy o strukturze alifatycznej (agmatyna, kadaweryna, putrescyna, spermidyna, spermina), aromatycznej (β -fenyloetyloamina, tyramina) oraz heterocyklicznej (histamina, tryptamina). Klasyfikacja ze względu na liczbę grup aminowych obejmuje podział na: monoaminy (β -fenyloetyloamina, tyramina), diaminy (histamina, kadaweryna, putrescyna, tryptamina) oraz poliaminy (agmatyna, spermidyna, spermina) [18, 20].

Nazwy amin biogennych tworzone są na podstawie nazw aminokwasów będących ich prekursorami. I tak: histamina powstaje w wyniku usunięcia grupy α -karboksylowej z histydyny, tyramina – z tyrozyny, β -fenyloetyloamina - z fenyloalaniny, tryptamina – z tryptofanu. Prekursorem kadaweryny jest lizyna, agmatyny – arginina, zaś putrescyny – ornityna [20].

Aminy biogenne, obecne w żywności jako naturalne składniki surowców roślinnych i zwierzęcych, występują w niskim stężeniu i nie stanowią zagrożenia dla zdrowia człowieka. Ich podwyższona zawartość w produktach spożywczych jest wynikiem aktywności enzymów endogennych zawartych w surowcach użytych do ich produkcji lub mikrobiologicznej dekarboksylacji aminokwasów zachodzącej podczas kontrolowanej lub spontanicznej fermentacji, przetwarzania, przechowywania i dystrybucji [40].

Czynnikami warunkującymi powstawanie amin biogennych w żywności jest obecność prekursorów, tj. wolnych aminokwasów oraz mikroorganizmów wykazujących zdolność biosyntezy enzymów katalizujących ich dekarboksylację. Ich tworzenie zależy również od warunków umożliwiających wzrost mikroorganizmów i biosyntezę dekarboksylaz oraz od warunków mających korzystny wpływ na aktywność dekarboksylaz [1, 40]. Wolne aminokwasy są naturalnymi składnikami żywności lub uwalniane są w wyniku reakcji proteolizy. Zatem wysoka zawartość białka oraz obecność w żywności szczepów bakterii charakteryzujących się wysoką aktywnością enzymów proteolitycznych są czynnikami zwiększającymi ryzyko powstawania amin biogennych [20].

Pomimo że zdolność do dekarboksylacji aminokwasów nie jest powszechna wśród bakterii, wiele gatunków należących do rodzajów: *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Kocuria*, *Listeria*, *Micrococcus*, *Photobacterium*,

Plesiomonas, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shewanella*, *Shigella*, *Staphylococcus* oraz bakterii kwasu mlekowego z rodzaju *Carnobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Pediococcus* i *Streptococcus*, jest zdolnych do dekarboksylacji jednego lub więcej aminokwasów [20, 40, 45]. Nie wszystkie szczepy tego samego gatunku wykazują zdolność do wytwarzania amin biogenych [11]. Mikroorganizmy wytwarzające dekarboksylazy aminokwasów mogą stanowić naturalną mikroflorę surowców spożywczych, przeniknąć do żywności w wyniku jej zanieczyszczenia w trakcie produkcji lub przechowywania bądź też zostać celowo wprowadzone, jako kultury starterowe w produkcji żywności fermentowanej [20, 40].

Metabolizm amin biogenych w organizmie

Aminy biogenne, pobrane w niewielkiej ilości z pożywieniem, są szybko metabolizowane w przewodzie pokarmowym do mniej aktywnych fizjologicznie produktów. Enzymami biorącymi udział w procesie detoksykacji amin w organizmie są monoaminooksydaza (MAO, EC 1.4.3.4), diaminooksydaza (DAO, EC 1.4.3.6) oraz poliaminooksydaza (PAO, EC 1.5.3.11). Zdolność do detoksykacji jest znacząco zróżnicowana indywidualnie i zależy od stanu zdrowia, a w przypadku osób uczulonych lub przyjmujących leki będące inhibitorami wymienionych enzymów, jak również w wyniku spożycia znacznych ilości amin biogenych, proces detoksykacji zostaje spowolniony, a nawet zahamowany, co prowadzi do zatrucia [28]. Alkohol i aldehyd octowy mogą potęgować toksyczne działanie amin, gdyż wspomagają ich transport przez ściany jelit. Ponadto szacuje się, że około 20 % Europejczyków regularnie przyjmuje leki antydepresyjne z grupy inhibitorów MAO [36].

Zawartość amin biogenych jako wskaźnik jakości mięsa

Duża zawartość białka i wolnych aminokwasów decyduje o tym, że mięso i produkty mięsne stanowią korzystne środowisko dla wzrostu i rozwoju bakterii, które mogą wytwarzać aminy biogenne [5, 18, 27, 36]. Związkami naturalnie występującymi w świeżym mięsie są poliaminy: spermina i spermidyna. Zawartość sperminy wynosi od 20 do 60 mg/kg, poziom spermidyny rzadko przekracza 10 mg/kg [18]. Podczas przechowywania mięsa wzrasta w nim poziom histaminy, kadaweryny, putrescyny i tyraminy, zawartość sperminy nieznacznie zmniejsza się, zaś stężenie spermidyny utrzymuje się na niezmiennym poziomie [17, 19, 36]. Obecność w mięsie amin biogenych niebędących jego naturalnymi składnikami świadczy o nieprzestrzeganiu warunków higienicznych podczas jego pozyskiwania i przetwarzania, a w konsekwencji o obecności licznych niepożądanych bakterii. W tym celu do oceny świeżości mięsa i jego przydatności do spożycia można wykorzystać indeks BAI (*ang. Biogenic Amines Index*), stanowiący sumę zawartości histaminy, kadaweryny, putrescyny i tyraminy. Wartość indeksu BAI świeżego mięsa nie przekracza 5 mg/kg. W mięsie nadającym

się do spożycia, ale wykazującym początkowe objawy psucia, suma zawartości histaminy, kadaweryny, putrescyny i tyraminy wynosi od 5 do 20 mg/kg. Wartość indeksu BAI pomiędzy 20 a 50 mg/kg świadczy o niskiej jakości mięsa, a powyżej 50 mg/kg – o jego zepsuciu [19]. Określanie jakości na podstawie indeksu BAI jest przydatne w odniesieniu do mięsa świeżego i produktów poddawanych obróbce cieplnej. Jego zastosowanie do oceny jakości wyrobów mięsnych surowo dojrzewających jest ograniczone. W posługiwaniu się indeksem BAI do oceny czystości mikrobiologicznej mięsa należy zachować ostrożność, gdyż nie wszystkie drobnoustroje stanowiące niepożądaną mikroflorę wykazują zdolność do dekarboksylacji wolnych aminokwasów. Dlatego niska zawartość amin biogennych nie zawsze jest równoznaczna z dobrą jakością mikrobiologiczną [36].

Czynniki wpływające na tworzenie amin biogennych w wyrobach mięsnych surowo dojrzewających

Zawartość amin biogennych w surowo dojrzewających wyrobach mięsnych była przedmiotem szeregu prac badawczych, z których większość dotyczy kielbas [5, 6, 8, 16, 23, 24, 25, 27, 40, 42]. Wyroby te charakteryzują się dużą zmiennością występowania amin biogennych. W badaniach dotyczących zawartości amin biogennych w hiszpańskich kielbasach fermentowanych (chorizo, fuet, sobrasada i salsichon) najwyższe stężenie osiągnęła tyramina – średnio 200 mg/kg, w niektórych próbach jej zawartość przekraczała 600 mg/kg. Poziom putrescyny w niektórych kielbasach był również znaczący i wynosił nawet 450 mg/kg. W niektórych kielbasach typu chorizo i salsichon zawartość kadaweryny sięgała 600 mg/kg, lecz jej średnie stężenie było niższe i wynosiło ok. 20 mg/kg. Zawartość β -fenyloetyloaminy i tryptaminy na poziomie powyżej 50 mg/kg została stwierdzona tylko w kilku kielbasach. W niektórych przebadanych próbkach kielbas typu chorizo i fuet wykryto także niebezpieczny dla zdrowia poziom histaminy (300 mg/kg) [40]. Liczni autorzy [15, 23, 24] wskazują, że na powstawanie tych związków wpływa wiele czynników, spośród których jakość surowca, warunki higieniczne podczas jego przetwarzania oraz czynniki technologiczne, takie jak: temperatura, pH, aktywność wody, zawartość NaCl i potencjał redoks odgrywają istotną rolę w tworzeniu amin biogennych.

Jakość surowca stanowi najistotniejszy czynnik wpływający na zawartość amin biogennych w wyrobach surowo dojrzewających [7]. W surowcu o niskiej jakości, charakteryzującym się dużą populacją enterobakterii została stwierdzona duża zawartość diamin, w szczególności kadaweryny [5].

Wartość pH jest kluczowym czynnikiem wpływającym na powstawanie amin biogennych, gdyż aktywność dekarboksylaz aminokwasów, uzależniona od kwasowości środowiska, jest najsilniejsza w środowisku o pH 4,0 - 5,5 [41]. Ponad 80 lat temu Koessler i wsp. [21] stwierdzili, że wytwarzanie amin biogennych przez bakterie sta-

nowi fizjologiczny mechanizm neutralizacji kwaśnego środowiska. Autorzy cytowani przez Suzziego i Gardiniego [cyt. za 40] stwierdzili dodatnią korelację pomiędzy zawartością amin biogennych a obniżeniem pH wywołanym fermentacją mlekową w kiełbasach dojrzewających. Jak wskazują Yoshinaga i Frank [44], tworzenie amin biogennych uzależnione jest raczej od natężenia wzrostu bakterii wytwarzających enzymy dekarboksylujące niż od warunków ich tworzenia jako takich. Tworzeniu amin biogennych może zapobiegać szybkie i znaczące obniżenie pH wywołane przez kultury starterowe bakterii niewytwarzających enzymów dekarboksylujących. Jest to związane z szybką dominacją mikroflory starterowej w procesie fermentacji nad mikroflorą niestarterową i niepożądaną, w szczególności z rodziny *Enterobacteriaceae*, cechującą się zwykle wysoką zdolnością do produkcji amin biogennych [6, 27]. Ponadto dominacja kultur starterowych bakterii fermentacji mlekowej nad mikroflorą niestarterową podczas dojrzewania i przechowywania produktów zapobiega dalszemu wytwarzaniu amin biogennych [40].

Temperatura ma znaczący wpływ na tworzenie amin biogennych. Wielu autorów wykazało, że ich zawartość wzrasta wraz ze wzrostem temperatury i wydłużeniem czasu przechowywania [15, 17, 20]. Poprzez bezpośredni związek z kinetyką wzrostu mikroflory produktów fermentowanych i związaną z nią aktywnością enzymów proteolitycznych i dekarboksylujących, temperatura może mieć również odwrotny wpływ na tworzenie amin biogennych [40]. Maijala i wsp. [27] wykazali, że wpływ temperatury na tworzenie amin biogennych jest uzależniony od rodzaju użytej kultury starterowej. Wyższa, optymalna dla wzrostu kultur starterowych, temperatura fermentacji (24 °C) umożliwiała ich rozwój i dominację nad mikroflorą niestarterową, hamując w ten sposób wytwarzanie amin biogennych. Dlatego, dokonując wyboru kultury starterowej, należy uwzględnić nie tylko obecność w niej bakterii niewytwarzających enzymów dekarboksylujących, lecz również ich zdolność wzrostu w warunkach temperaturowych przewidzianych dla danego procesu.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na zawartość amin biogennych w wyrobach surowo dojrzewających jest potencjał oksydoredukcyjny. Jego wpływ na aktywność bakteryjnych dekarboksylaz jest niejednoznaczny. W warunkach beztlenowych *Enterobacter cloacae* wytwarza o połowę mniej putrescyny w porównaniu z warunkami tlenowymi. Synteza kadaweryny przez *Klebsiella pneumoniae* w warunkach beztlenowych zostaje znacząco ograniczona, lecz drobnoustrój ten nabywa wówczas zdolności do syntezy putrescyny. Z drugiej strony wykazano, że obniżenie potencjału oksydoredukcyjnego stymuluje produkcję histaminy. W obecności tlenu aktywność dekarboksylazy histydyny ulega znacznemu ograniczeniu [17, 20].

Stwierdzono również zależność pomiędzy zawartością amin biogennych a średnicą batonów kiełbas surowo dojrzewających. Średnica batonów determinuje warunki rozwoju mikroorganizmów, np. w wyrobach o większej średnicy, zawartość soli jest

zwykle mniejsza zaś aktywność wody wyższa niż w kielbasach o mniejszej średnicy. W kielbasach o większej średnicy poziom zawartości tyraminy i putrescyny był większy w porównaniu z produktami o mniejszej średnicy. W próbkach pochodzących z centralnej części batonów stwierdzono większą zawartość amin biogennych w porównaniu z próbkami pobranymi z brzegów [36, 40].

Istotny wpływ na tworzenie amin biogennych mają substancje chemiczne stosowane podczas produkcji surowo dojrzewających wyrobów mięsnych. Inhibicyjny wpływ NaCl na tworzenie amin biogennych wykazano m.in. w badaniach przeprowadzonych przez Gardiniego i wsp. [15], dotyczących efektów interakcyjnych pomiędzy pH, temperaturą a stężeniem NaCl (1 %, 3 % i 6 %) i ich wpływem na tworzenie amin biogennych. Tempo wytwarzania amin biogennych przez szczep *Enterococcus faecalis* E37 znacząco malało wraz ze wzrostem stężenia soli. Dodatek cukru stanowiącego pożywkę dla bakterii wchodzących w skład kultur starterowych do kielbas wspomaga ich wzrost i umożliwia dominację nad mikroflorą niestarterową. Bover-Cid i wsp. [8] wykazali większą zawartość amin biogennych w próbach bez dodatku cukru. W przypadku tyraminy i kadaweryny wzrost ten był najbardziej widoczny. Ich zawartość w próbach bez dodatku cukru była dwukrotnie większa.

Wykorzystanie kultur starterowych w zapobieganiu występowania amin biogennych

Występowaniu amin biogennych w wyrobach mięsnych surowo dojrzewających można zapobiegać poprzez wykorzystanie w procesie fermentacji kultur starterowych niewykazujących zdolności do ich tworzenia [29, 40]. Ich użycie może zredukować poziom amin biogennych poprzez szybką i znaczną redukcję wartości pH oraz skuteczną i szybką dominację mikroflory starterowej nad mikroflorą niestarterową, cechującą się zwykle wysoką zdolnością do produkcji amin biogennych [2, 40, 45].

W Europie do produkcji wędlin surowo dojrzewających używa się głównie szczepionek z kulturami bakterii *Lactobacillus sakei* i *Lactobacillus curvatus*. Z uwagi na fakt, że większość szczepów *L. curvatus* wykazuje zdolność do wytwarzania amin biogennych, bardziej wskazane jest wykorzystywanie szczepów *L. sakei*, u których nie stwierdzono występowania enzymów katalizujących dekarboksylację aminokwasów [2, 22, 35]. Wyselekcjonowane szczepy *L. sakei* przyczyniły się do znacznego zredukowania zawartości amin biogennych w kielbasach fermentowanych [7, 16]. Zastosowanie szczepu *L. sakei* CTC494 w produkcji kielbasy dojrzewającej spowodowało redukcję lub nawet zahamowanie wytwarzania amin biogennych podczas fermentacji [7].

Dodatek komercyjnej kultury starterowej *Lactobacillus plantarum* BCC 9546 do tajlandzkiej kielbasy nham przyczynił się do znaczącej redukcji zawartości histaminy, kadaweryny, putrescyny i tyraminy [42]. Wielu autorów cytowanych przez Lu i wsp.

[cyt. za 25] oraz González-Fernández i wsp. [cyt. za 16] potwierdziło skuteczność stosowania kultur starterowych bakterii niewytwarzających amin biogennych w zapobieganiu ich występowaniu w fermentowanych produktach mięsnych. Ci sami autorzy przytaczają również wyniki badań świadczące o braku skuteczności takiego działania. Przyczyn tych rozbieżności należy upatrywać w jakości surowca użytego do badań. Zanieczyszczenie mięsa bakteriami w wyniku nieprzestrzegania higieny podczas jego pozyskiwania i przetwarzania ogranicza skuteczność kultur starterowych w zapobieganiu powstawania amin biogennych [7].

Wykorzystanie kultur starterowych wykazujących aktywność oksydaz aminowych może przyczynić się do dalszej redukcji zawartości amin biogennych w produktach surowo dojrzewających. Działanie takie potwierdzono w badaniach z wykorzystaniem szczepów *Lactobacillus plantarum* i *Lactobacillus casei* [13].

Aminy biogenne w probiotycznych wyrobach mięsnych

Wraz z dynamicznym rozwojem rynku żywności funkcjonalnej pojawiły się propozycje wykorzystania probiotycznych kultur starterowych w przetwórstwie mięsa [3, 4, 10, 26]. Według definicji FAO/WHO probiotyki to żywe mikroorganizmy, które podawane w odpowiednich ilościach wywierają korzystne skutki zdrowotne [14]. Badania kliniczne potwierdzają korzystne działanie probiotyków w schorzeniach układu pokarmowego (syndrom jelita drażliwego, zapalenie jelit, biegunki) oraz w schorzeniach alergicznych (atopowe zapalenie skóry). Najsilniejsze dowody oddziaływania probiotyków na zdrowie człowieka wskazują na zwiększanie odporności organizmu (immunomodulacja) [32].

Obok pozytywnego oddziaływania na organizm człowieka ważnym aspektem wykorzystania probiotyków w produkcji surowo dojrzewających wyrobów mięsnych jest możliwość hamowania rozwoju niepożądanego mikroflory cechującej się zwykle wysoką zdolnością do produkcji amin biogennych. Poprzez wytwarzanie szeregu metabolitów o właściwościach bakteriostatycznych i bakteriobójczych (m.in. kwasu mlekowego, kwasu mrówkowego, etanolu oraz bakteriocyn) wspomagających działanie mieszanki peklującej, bakterie probiotyczne mogą przyczyniać się do zahamowania rozwoju mikroflory zanieczyszczającej i patogennej (m.in. *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*) w surowo dojrzewających wyrobach mięsnych [2, 43, 45]. Podejmowane do tej pory próby otrzymania produktów mięsnych w wyniku kontrolowanej fermentacji prowadzonej przez wyselekcjonowane szczepy bakterii o udowodnionych cechach probiotycznych dotyczyły jedynie kielbas [33, 34, 37].

Istotne kryterium selekcji probiotycznych szczepów drobnoustrojów do produkcji wyrobów mięsnych powinien stanowić ich brak zdolności do wytwarzania amin biogennych [2, 11]. Badania modelowe z wykorzystaniem probiotycznych szczepów bak-

terii kwasu mlekowego wykazały, że szczepy *Lactobacillus casei* (TISTR 389) i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (TISTR 895) mają zdolność wytwarzania amin biogennych. Cechy tej nie stwierdzono u testowanych szczepów *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus plantarum* [11]. W badaniach Ruiz-Moyano i wsp. [37] wykazano, że wybrane szczepy *Lactobacillus reuteri* i *Lactobacillus fermentum* wyselekcjonowane z różnych źródeł, jako potencjalne probiotyki, zastosowane w kielbasach dojrzewających, nie wytwarzają amin biogennych i mają zdolność inaktywacji niektórych patogenów w badaniach *in vitro*.

Sprzyjające warunki do rozwoju probiotyków w surowo dojrzewających wyrobach mięsnych są wynikiem braku obróbki cieplnej, co ma gwarantować przeżywalność tych drobnoustrojów i sprzyjać zachowaniu ich specyficznych właściwości w przewodzie pokarmowym człowieka [22, 43]. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że zastosowanie bakterii probiotycznych do produkcji surowo dojrzewających wyrobów mięsnych napotyka szereg problemów natury technologicznej i mikrobiologicznej. Wiele bakterii probiotycznych nie jest w stanie zasiedlić środowiska, jakie stwarzają kielbasy surowe, a negatywny wpływ środowiska farszu mięsnego na ich żywotność związany jest z wrażliwością wielu z nich na wysokie stężenie soli, które w gotowym produkcie może sięgać 15 % oraz niskie pH (4,6-5,1) i obniżoną aktywność wody (0,85-0,86), wywołane procesami fermentacji i suszenia charakterystycznymi dla tej grupy przetworów mięsnych. W produkcji wyrobów mięsnych nie ma technologicznych możliwości zmniejszenia początkowego poziomu drobnoustrojów naturalnie występujących w surowcu tak, jak jest to możliwe np. w mleku [2, 9, 12].

W Polsce jedynym ośrodkiem zajmującym się tą problematyką jest Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, której pracownicy we współpracy z Zakładem Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie opracowali technologię produkcji wyrobów dojrzewających z udziałem bakterii probiotycznych. W połędwiach wieprzowych wyprodukowanych z udziałem szczepów bakterii probiotycznych *Lactobacillus casei* ŁOCK 0900 i *Lactobacillus casei* ŁOCK 0908 nastąpił pożądaný rozwój bakterii wystarczający do uznania tych produktów za probiotyczne [30]. Otrzymane produkty charakteryzowały się również korzystnymi walorami zapachowo-smakowymi [31]. Nie stwierdzono w nich zawartości histaminy i spermidyny. Zawartość sperminy malała, zaś kadaweryny i tryptaminy zwiększała się wraz z upływem okresu przechowywania. Ich poziom nie przekraczał jednak sugerowanych toksycznych limitów [39].

Podsumowanie

Wykorzystanie probiotycznych szczepów bakterii fermentacji mlekowej do produkcji wyrobów mięsnych surowo dojrzewających może korzystnie wpływać na ich skład i wskaźniki higieniczne i równocześnie nie powodować ujemnego wpływu na cechy sensoryczne wyrobu – bez konieczności zmiany technologii jego produkcji. Hamowanie rozwoju mikroflory niepożądaną i związana z tym redukcja zawartości amin biogennych przyczyniają się do poprawy bezpieczeństwa zdrowotnego produktów mięsnych surowo dojrzewających.

Literatura

- [1] Alberto M.R., Arena M.E., Manca de Nadra M.C.: A comparative survey of two analytical methods for identification and quantification of biogenic amines. *Food Control*, 2002, **13** (2), 125-129.
- [2] Ammor M.S., Mayo B.: Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Sci.*, 2007, **76** (1), 138-146.
- [3] Arihara K.: Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci.*, 2006, **74** (1), 219-229.
- [4] Aro Aro J.M., Nyam-Osor P., Tsuji K., Shimada K., Fukushima M., Sekikawa M.: The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages. *Food Chem.*, 2010, **119** (1), 279-285.
- [5] Bover-Cid S., Miguelez-Arrizado M.J., Latorre Moratalla L.L., Vidal Carou M.C.: Freezing of meat raw materials affects tyramine and diamine accumulation in spontaneously fermented sausages. *Meat Sci.*, 2006, **72** (1), 62-68.
- [6] Bover-Cid S., Hugas M., Izquierdo-Pulido M., Vidal-Carou M.C.: Amino acid-decarboxylase activity of bacteria isolated from fermented pork sausages. *Int. J. Food Microbiol.*, 2001, **66** (3), 185-189.
- [7] Bover-Cid S., Izquierdo-Pulido M., Vidal-Carou M.C.: Effectiveness of a *Lactobacillus sakei* starter culture in the reduction of biogenic amine accumulation as a function of the raw material quality. *J. Food Protect.*, 2001, **64** (3), 367-373.
- [8] Bover-Cid S., Izquierdo-Pulido M., Vidal-Carou M.C.: Changes in biogenic amine and polyamine content in slightly fermented sausages manufactured with and without sugar. *Meat Sci.*, 2001, **57** (2), 215-221.
- [9] Cegiełka A., Masłowska K.A.: Możliwości zastosowania bakterii probiotycznych w przetwórstwie mięsa. *Med. Wet.*, 2009, **65** (11), 735-738.
- [10] De Vuyst L., Falony G., Leroy F.: Probiotics in fermented sausages. *Meat Sci.*, 2008, **80** (1), 75-78.
- [11] Deepika Priyadarshani W.M., Rakshit S.K.: Screening selected strains of probiotic lactic acid bacteria for their ability to produce biogenic amines (histamine and tyramine). *Int. J. Food Sci. Tech.*, 2011, **46** (10), 2062-2069.
- [12] Dolatowski Z.J., Kołożyn-Krajewska D.: Probiotyki w produkcji wyrobów mięsnych. *Gosp. Mięs.*, 2011, **4**, 14-21.
- [13] Fadda S., Vignolo G., Oliver, G.: Tyramine degradation and tyramine/histamine production by lactic acid bacteria and *Kocuria* strains. *Biotechnol. Lett.*, 2001, **23** (24), 2015-2019.
- [14] FAO: Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. London, Ontario, Kanada, April 30 and May 1, 2002. [dostęp: 15.02.2012.]. Dostępny w Internecie: http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/probiotics2/en/

- [15] Gardini F., Martuscelli M., Caruso M.C., Galgano F., Crudele M.A., Favati F., Guerzoni M.E., Suzzi G.: Effects of pH, temperature and NaCl concentration on the growth kinetics, proteolytic activity and biogenic amine production of *Enterococcus faecalis*. Int. J. Food Microbiol., 2001, **64** (1-2), 105-117.
- [16] González-Fernández C., Santos E.M., Jaime I., Rovira J.: Influence of starter cultures and sugar concentrations on biogenic amine contents in *chorizo* dry sausage. Food Microbiol., 2003, **20** (3), 275-284.
- [17] Halász A., Baráth A., Simon-Sarkadi L., Holzapfel W.: Biogenic amines and their production by microorganisms in food. Trends Food Sci. Tech., 1994, **5** (2), 42-49.
- [18] Hernández-Jover T., Izquierdo-Pulido M., Veciana-Nogués M.T., Mariné-Font A., Vidal-Carou M.C.: Biogenic amine and polyamine contents in meat and meat products. J. Agric. Food Chem., 1997, **45** (6), 2098-2102.
- [19] Hernández-Jover T., Izquierdo-Pulido M., Veciana-Nogués M.T., Vidal-Crou M.C.: Biogenic amine sources in cooked cured shoulder pork. J. Agric. Food Chem., 1996, **44** (10), 3097-3101.
- [20] Karovičová J., Kohajdová Z.: Biogenic amines in food. Chem. Pap., 2005, **59** (1), 70-79.
- [21] Koessler K.K., Hanke M.T., Sheppard M.S.: Production of histamine, tyramine, brochospartic and arteriospartic substance in blood broth by pure cultures of microorganisms. J. Infec. Dis., 1928, **43** (5), 363-377.
- [22] Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z.J.: Probiotics in fermented meat products. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2009, **8** (2), 61-74.
- [23] Komprda T., Smělá D., Pechová P., Kalhotka L., Štencl J., Klejduš B.: Effect of starter culture, spice mix and storage time and temperature on biogenic amine content of dry fermented sausages. Meat Sci., 2004, **67** (4), 607-616.
- [24] Latorre-Moratalla M.L., Veciana-Nogués T., Bover-Cid S., Garriga M., Aymerich T., Zanardi E., Ianieri A., Fraqueza M.J., Patarata L., Drosinos E.H., Lauková A., Talon R., Vidal-Carou M.C.: Biogenic amines in traditional fermented sausages produced in selected European countries. Food Chem., 2008, **107** (2), 912-921.
- [25] Lu S., Xu X., Zhou G., Zhu Z., Meng Y., Sun Y.: Effect of starter cultures on microbial ecosystem and biogenic amines in fermented sausage. Food Control, 2010, **21** (4), 444-449.
- [26] Lücke F.-K.: Utilization of microbes to process and preserve meat. Meat Sci., 2000, **56** (2), 105-115.
- [27] Maijala R., Nurmi E., Fischer A.: Influence of processing temperature on the formation of biogenic amines in dry sausages. Meat Sci., 1995, **39** (1), 9-22.
- [28] McCabe-Sellers B.J., Staggs C.G., Bogle M.L.: Tyramine in foods and monoamine oxidase inhibitor drugs: A crossroad where medicine, nutrition, pharmacy, and food industry converge. J. Food Compos. Anal., 2006, **19** (suppl), S58-S65.
- [29] Naila A., Flint S., Fletcher G., Bremer P., Meerdink G.: Control of biogenic amines in food-existing and emerging approaches. J. Food Sci., 2010, **75** (7), R139-R150.
- [30] Neffe K., Kołożyn-Krajewska D.: Możliwości zastosowania bakterii probiotycznych w dojrzewających produktach mięsnych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **5** (72), 167-177.
- [31] Neffe-Skocińska K., Gierekiewicz M., Kołożyn-Krajewska D.: Optymalizacja warunków procesu fermentacji polędwic surowo dojrzewających z dodatkiem bakterii probiotycznych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, **6** (79), 36-46.
- [32] Nowak A., Śliżewska K., Libudzisz Z., Socha J.: Probiotyki – efekty zdrowotne. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **4** (71), 20-36.
- [33] Papamanoli E., Tzanetakis N., Litopoulou-Tzanetaki E., Kotzekidou P.: Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Greek dry-fermented sausage in respect of their technological and probiotic properties. Meat Sci., 2003, **65** (2), 859-867.
- [34] Pennacchia C., Vaughan E.E., Villani F.: Potential probiotic *Lactobacillus* strains from fermented sausages: Further investigations on their probiotic properties. Meat Sci., 2006, **73** (1), 90-101.

- [35] Pereira C.I., Crespo M.T., Romao M.V.: Evidence for proteolytic activity and biogenic amines production in *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus homohiochii*. Int. J. Food Microbiol., 2001, **68** (3), 211-216.
- [36] Ruiz-Capillas C., Jiménez-Colmenero F.: Biogenic amines in meat and meat products. Crit. Rev. Food Sci., 2004, **44** (7/8), 489-499.
- [37] Ruiz-Moyano S., Martín A., Benito M.J., Casquete R., Serradilla M.J., Córdoba M.G.: Safety and functional aspects of pre-selected lactobacilli for probiotic use in Iberian dry-fermented sausages. Meat Sci., 2009, **83** (3), 460-467.
- [38] Smith T.A.: Amines in food. Food Chem., 1980, **6**, 169-200.
- [39] Stadnik J., Dolatowski Z.J.: Biogenic amines content during extended ageing of dry-cured pork loins inoculated with probiotics. Meat Sci. 2012, doi:10.1016/j.meatsci.2012.02.022.
- [40] Suzzi G., Gardini F.: Biogenic amines in dry fermented sausages: a review. Int. J. Food Microbiol., 2003, **88** (1), 41-54.
- [41] Teodorovic V., Buncic S., Smiljanic D.: A study of factors influencing histamine production in meat. Fleischwirtschaft, 1994, **74** (2), 170-172.
- [42] Tosukhowong A., Visessanguan W., Pumpuang L., Tepkasikul P., Panya A., Valyasevi R.: Biogenic amine formation in Nham, a Thai fermented sausage, and the reduction by commercial starter culture, *Lactobacillus plantarum* BCC 9546. Food Chem., 2011, **129** (3), 846-853.
- [43] Työppönen S., Petaja E., Mattila-Sandholm T.: Bioprotectives and probiotics for dry sausages. Int. J. Food Microbiol., 2003, **83** (3), 233-244.
- [44] Yoshinaga D.H., Frank H.A.: Histamine-producing bacteria in decomposing skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). Appl. Environ. Microbiol., 1982, **44** (2), 447-452.
- [45] Ziarno M., Zaręba D.: Charakterystyka komercyjnych kultur startowych stosowanych w przetwórstwie mięsa. Med. Wet. 2008, **64** (9), 1078-1082.

BIOGENIC AMINES IN DRY CURED MEAT PRODUCTS

S u m m a r y

Biogenic amines are natural components of animal and plant raw materials where they are present at concentrations appearing non-harmful to human health. Their increased content in foods results from the activity of endogenous enzymes or from the microbial decarboxylation of amino acids during the controlled or spontaneous fermentation, processing, storage, and distribution. The dry cured meat products are characterized by a high variability in the content of biogenic amines. The formation of those compounds is impacted by the following: quality of raw material, hygienic conditions during the processing of raw material, and technological factors such as temperature, pH, water activity, NaCl content, and redox potential. It is possible to prevent the occurrence of biogenic amines in dry cured meat products by the application of starter cultures during the processing, which do not show the ability to form those biogenic amines. Probiotic strains of lactic acid bacteria contribute to the improvement of health safety of dry cured meat products since they inhibit the growth of adverse microflora and the reduction of biogenic amines content associated therewith.

Key words: biogenic amines, dry cured meat products, probiotics ☒