



Biotechnologia w produktach mleczarskich – innowacje kształtujące przyszłość branży

dr inż. Anna Szosland-Fałtyn ✉ anna.szosland@ibprs.pl
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof.
Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Jakości Żywności w Łodzi

Streszczenie

Tradycyjne produkty mleczne od dawna cenione są za swoje właściwości odżywcze i prozdrowotne. Współcześnie, w dążeniu do zwiększenia efektywności, jakości oraz konkurencyjności, zakłady mleczarskie nieustannie poszukują innowacyjnych technologii, produktów i procesów wytwórczych.

Innowacje te obejmują m.in. modernizację linii produkcyjnych, rozwój nowych produktów o podwyższonych walorach odżywczych, unikalnym smaku czy też produktów hybrydowych, łączących zrównoważone składniki roślinne z tradycyjnymi recepturami mleczarskimi. Coraz większe znaczenie zyskuje także zastosowanie sztucznej inteligencji, automatyzacji i cyfryzacji w całym łańcuchu produkcyjnym – od upraw roślin na paszę, poprzez przetwórstwo, logistykę i sprzedaż, aż po działania proekologiczne. Te ostatnie obejmują m.in. gospodarkę odpadami i energią w celu ograniczenia śladu węglowego i wodnego.

W artykule omówiono aktualne trendy biotechnologiczne kształtujące przyszłość branży mleczarskiej. Przytoczono przykłady innowacji mleczarskich stanowiących element profilaktyki i wspomagania leczenia chorób cywilizacyjnych, a także sposób na długowieczność, zdrowe starzenie się, poprawę odporności oraz utrzymanie prawidłowego mikrobiomu jelitowego. Wspomniano również o produktach spersonalizowanych, opracowywanych na podstawie danych biometrycznych i dostosowanych do indywidualnych potrzeb żywieniowych współczesnego społeczeństwa.

Wstęp

Mleko i produkty mleczne, będące istotnym składnikiem diety dla ponad sześciu miliardów ludzi na całym świecie (Pluta i in., 2022), odgrywają również ważną rolę w gospodarce Polski, która należy do czołowych producentów mleka i jego przetworów w Europie. Średnie krajowe spożycie tego surowca uwzględniające także mleko przeznaczone na przetwory wynosi ok. 276 l/rok/osobę (Karaczun i Walczak, 2023).

Przemysł mleczarski stoi obecnie przed dużymi wyzwaniami, ze względu na rosnące wymagania konsumentów, którzy poszukują alternatyw, aby rozwiązać takie problemy, jak alergie na mleko, nietolerancja laktozy, mniejsze spożycie produktów pochodzenia zwierzęcego i negatywny wpływ na środowisko. W odpowiedzi na to obserwuje się rosnący trend w kierunku spożycia produktów roślinnych. Pojawia się szeroka gama napojów, na bazie soi, migdałów, kokosa,

owsa, grochu, ryżu, oferujących unikalne profile odżywcze i właściwości sensoryczne (Mäkinen i in., 2016). Często jednak takie wyroby charakteryzują się niską zawartością białka, nieprzyjemnym posmakiem i obniżoną zdolnością emulgującą ze względu na obecność skrobi. Dlatego też wprowadza się analogowe produkty hybrydowe zawierające oprócz białek mleka białka roślinne, bądź produkty otrzymywane przez fermentację precyzyjną, wykorzystującą różne mikroorganizmy jako „fabryki komórek” do produkcji wysokiej jakości funkcjonalnych składników żywności, takich jak białka zwierzęce, lipidy, węglowodany, witaminy, aromaty itp., z wysoką wydajnością i czystością (Palatzi i in., 2024). Technika ta jednak na chwilę obecną budzi obawy etyczne ze względu na zależność od manipulacji genetycznej, często w przypadku produktów nierodzimych. Ponadto substytuty wyrobów mlecznych otrzymywane bez użycia zwierząt, produkowane bez udziału krów, mogą wpływać na inne aspekty, takie jak źródła utrzymania rolników, jakość żywności (pod względem konsystencji i naturalności) oraz czynniki środowiskowe (użytkowanie gruntów i klimat) (Kühl i in., 2024).

Biotyki w mleczarstwie, czyli czym są probiotyki, symbiotyki, postbiotyki, gerobiotyki

Ponad wszelką wątpliwość, jednymi z najstarszych organizmów, które zasiedlają Ziemię od co najmniej 3,5 miliarda lat, są bakterie [1]. Postęp w metodach identyfikacji molekularnej, który nastąpił dopiero w późnych latach XX wieku, zrewolucjonizował wiedzę na temat drobnoustrojów żyjących w różnych niszach ekologicznych. Obecnie wiadomo, że jednym z najbardziej zróżnicowanych gatunkowo ekosystemów na Ziemi jest ludzka mikrobiota jelitowa, której zrównoważony stan nazywany eubiozą jest odpowiedzialny za homeostazę całego organizmu i utrzymanie zdrowia. Liczba mikroorganizmów jelitowych człowieka wynosi ok. 100 bilionów komórek i jest blisko 10-krotnie większa niż liczba komórek naszego organizmu (Krakowiak i Nowak, 2015). Odpowiednie kształtowanie się jej składu już od narodzin stanowi istotny czynnik determinujący prawidłowe funkcjonowanie organizmu (Gałęcka i in., 2018). Innowacyjne produkty mleczarskie zawierające w swoim składzie biotyki stwarzają duże możliwości w utrzymaniu prawidłowej mikrobioty jelitowej, profilaktyce i leczeniu chorób cywilizacyjnych, wspieraniu zdrowego starzenia się, czy poprawie odporności i sposobie na długowieczność.

Probiotyki, zgodnie z ustawą z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia, zaliczane są do środków



spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego, a konsumenci co roku przyjmują 20 bilionów dawek tychże preparatów. Fakt ten sprawia, że temat ich bezpieczeństwa jest niezwykle istotny i powinien być stale kontrolowany. Probiotykami są żywe mikroorganizmy (bakterie, drożdże, pleśnie), które po podaniu pojedynczo lub w połączeniu, w odpowiedniej ilości min 10⁶ jtk/g przynoszą potwierdzone korzyści zdrowotne dla organizmu człowieka. Powinny być bezpieczne dla ludzi i zwierząt, czyli posiadać status GRAS (z ang. Generally Recognized As Safe). W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania probiotykoterapią. Jej dobroczynny wpływ na regulację wielu procesów w organizmie człowieka jest faktem niezaprzeczalnym. Liczne badania kliniczne, wykazały prozdrowotny efekt probiotyków w przypadku schorzeń układu pokarmowego (np. w syndromie jelita drażliwego, biegunkach, zapaleniu jelit), przy terapii zakażeń bakteryjnych czy w leczeniu takich chorób jak: alergie, otyłość, cukrzyca typu drugiego, insulinooporność. Ponadto, odgrywają istotną rolę w stymulacji układu odpornościowego. Pozytywne działanie probiotyków wynika głównie z ich interakcji z mikrobiomem jelit człowieka (Zawistowska-Rojek i Tyski, 2018). Korzystne efekty ich zastosowania są bezpośrednim następstwem odtworzenia prawidłowej mikrobioty jelitowej, przywrócenia prawidłowej funkcji bariery jelitowej oraz modulującego wpływu na mechanizmy immunologiczne i zapalne. Brak jest, wspólnego dla wszystkich probiotyków, mechanizmu działania, gdyż jest ono swoiste i charakterystyczne dla danego szczepu (Łoniewski, 2021).

Jednym z nowszych trendów, pojawiających się w branży mleczarskiej od kilku lat, jest koncepcja postbiotyków. Zgodnie z definicją najczęściej przywoływaną w literaturze opracowaną przez Tsilingiri i Rescigno należą tu metabolity probiotyków bądź uwolnione ich cząsteczki, które w sposób bezpośredni lub pośredni korzystnie oddziałują na gospodarza (Tsilingiri i Rescigno, 2013). Nieaktywne produkty metabolizmu probiotycznych bakterii, takie jak kwasy organiczne, peptydy czy polisacharydy są stabilne, bezpieczne i łatwiejsze do zastosowania niż żywe kultury bakterii, dzięki czemu mogą wzbogacać produkty mleczne, poprawiając ich funkcje zdrowotne i trwałość (Karbowski i Zielińska, 2020). Wprowadzenie postbiotyków do produktów mleczarskich, takich jak jogurty czy sery, może wspierać układ odpornościowy konsumentów, a także wpływać na poprawę mikroflory jelitowej, co ma znaczenie w profilaktyce chorób przewodu pokarmowego. Najczęściej wymienianymi przewagami postbiotyków w porównaniu z żywymi bakteriami są:

- ▶ brak ryzyka translokacji bakterii ze światła jelita do krwi u osób wrażliwych oraz z obniżoną odpornością,
- ▶ brak szans na nabycie i przeniesienie genów oporności na antybiotyki,
- ▶ łatwość w produkcji, ekstrakcji, standaryzacji, transporcie i przechowywaniu,
- ▶ dostępność w czystej postaci (Karbowski i Zielińska, 2020).

Ciekawym zastosowaniem postbiotyków w diecie człowieka jest *Akkermansia muciniphila* nazywana potocznie strażniczką kilogramów i zdrowych jelit. Jest to Gram-ujemna bakteria należąca do nowej generacji probiotyków. Ze względu na jej wysokie wymagania środowiskowe, znacząco podnoszące koszty produkcji probiotyku, wprowadzono ją na rynek w formie postbiotyku. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) 07 lipca 2021 r. zatwierdził bezpieczeństwo paste-

ryzowanej formy *A. muciniphila*, w dawce nie przekraczającej 3,4 x 10¹⁰ komórek/na dzień w żywności specjalnego przeznaczenia czy suplementach diety (Cani i in. 2022; Staniak, 2023).

Gerobiotyki – czyli pozytywna rola bakterii fermentacji mlekowej w spowalnianiu starzenia

Gerobiotyk jest stosunkowo nowym pojęciem powstałym w celu zdefiniowania tych specyficznych szczepów probiotycznych, które są w stanie ograniczyć fizjologiczne procesy starzenia. Termin ten obejmuje nie tylko żywe drobnoustroje probiotyczne, ale także ich pochodne takie jak: postbiotyki i paraprobiotyki, które wprowadzane do mlecznych produktów są w stanie: korzystnie osłabić podstawowe mechanizmy pojawiające się w podeszłym wieku, ograniczając fizjologiczne procesy starzenia, a tym samym wydłużając żywotność żywiciela. Badania naukowe sugerują, że bakterie fermentacji mlekowej mogą wykazywać właściwości gerobiotyczne poprzez:

- ▶ modulację układu odpornościowego,
- ▶ poprawę dysbiozy jelit,
- ▶ modulację metabolizmu aminokwasów,
- ▶ redukcję stanów zapalnych,
- ▶ pozytywny wpływ na oś jelito-mózg, przekładając się na poprawę funkcji kognitywnych i ochronę przed demencją,
- ▶ wpływ na metabolizm i funkcjonowanie mitochondriów,
- ▶ ochronę przed stresem oksydacyjnym (Mahamud i in. 2025).

Genomika żywieniowa – nowe DNA mleczarstwa

W ciągu ostatnich lat nastąpił znaczny rozwój wysoko-przepustowych technik molekularnych, takich jak genomika, transkryptomika, proteomika, otwierających nowe możliwości w mleczarstwie. Dzięki tym postępom powstała nowa dyscyplina naukowa nutrigenomika badająca wpływ składników diety na ekspresję genów, wykraczając poza podstawowy efekt odżywczy. Nutrigenomika analizuje związki między dietą a genami, identyfikuje mechanizmy, poprzez które żywność i sposób żywienia w tym bioaktywne składniki żywności tzw. cząsteczki sygnałowe wpływają na stan zdrowia oraz rozwój chorób cywilizacyjnych poprzez zmianę ekspresji lub struktury genów (Bionaz i in., 2015). Znaczne zróżnicowanie odziedziczonego genomu w populacji ludzkiej wpływa na biodostępność i metabolizm składników odżywczych. W kontekście innowacji w mleczarstwie nutrigenomika umożliwia:

- ▶ projektowanie produktów mlecznych o spersonalizowanym składzie, dopasowanych do indywidualnych potrzeb genetycznych konsumentów,
- ▶ identyfikację mechanizmów, dzięki którym bioaktywne składniki mleka działają jako cząsteczki sygnałowe, wpływając na zdrowie i profilaktykę chorób cywilizacyjnych,
- ▶ optymalizację biodostępności składników odżywczych, uwzględniając różnice genetyczne między populacjami, co pozwala na lepsze dopasowanie produktów do potrzeb różnych grup konsumentów.

Wprowadzenie genomiki żywieniowej do mleczarstwa stwarza potencjał do tworzenia nowej generacji produktów mlecznych – zdrowotnych, funkcjonalnych i personalizowanych, odpowiadających współczesnym wymaganiom konsumentów i wyzwaniom zdrowotnym społeczeństwa.

Podsumowanie

Pojęcie innowacyjnych produktów mlecznych coraz częściej łącone jest z dziedzinami biologii molekularnej i nowoczesnych technologii cyfrowych. Poglębianie wiedzy w zakresie niedoborów składników odżywczych, a także w płaszczyźnie pożywienie-genom umożliwia precyzyjne sterowanie ekspresją genów i adaptacyjne dopasowywanie formuł do potrzeb konsumentów. Dzięki zaawansowanym analizom biometrycznym oraz integracji danych z noszonych urządzeń (np. sensorów glukozy, zegarków monitorujących dietę), innowacyjne produkty mleczne mogą odpowiadać na zróżnicowane potrzeby różnych grup wiekowych, wspierać funkcje życiowe takie jak sen i regeneracja, a także redukować stres u osób aktywnych fizycznie. Wskazuje się na możliwość dopasowywania receptur do wyników testów DNA lub biomarkerów (np. metabolizmu tłuszczów, aminokwasów, wrażliwości na kofeinę). Koncepcja ta uwzględnia zarówno cechy dziedziczne, jak i nabyte, zależnie od etapu życia, preferencji żywieniowych i stanu zdrowia, a w rezultacie może stać się narzędziem terapeutycznym zgodnym z odwieczną mądrością Hipokratesa.■

Literatura

1. Bionaz M., Osorio J., Loo J.J. (2015). Triennial Lactation Symposium: Nutrigenomics in dairy cows: Nutrients, transcription factors, and techniques. *Journal of Animal Science*, 93(12), 5531-5553.
2. Cani P.D., Depommier C., Derrien M., Everard A., de Vos W.M. (2022). *Akkermansia muciniphila*: paradigm for next-generation beneficial microorganisms. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 19, 625-37.
3. Gałęcka M., Basińska A., Bartnicka A. (2018). Znaczenie mikrobioty jelitowej w kształtowaniu zdrowia człowieka- implikacje w praktyce lekarza rodzinnego. *Forum Medycyny Rodzinnej*, 12(2), 50-59.
4. Karaczun Z., Walczak J. (2023). Sytuacja mleczarstwa w Polsce w kontekście aktualnych wyzwań zdrowotnych i środowiskowych, *Związek Polskich Przetwórców Mleka. Raport*, Warszawa, 08, 1-73.
5. Karbownik M., Zielinska D. (2020). Probiotyki - właściwości, zastosowanie i wpływ na zdrowie człowieka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 27, 2(123), 22-37.
6. Krakowiak O., Nowak R. (2015). Mikroflora przewodu pokarmowego człowieka-znaczenie, rozwój, modyfikacje. *Postępy Fitoterapii*, 3, 193-200.
7. Kühl S., Schäfer A., Kircher C., Mehlhose C. (2024). Beyond the cow: Consumer perceptions and information impact on acceptance of precision fermentation-produced cheese in Germany. *Future Foods*, 10, 100411.
8. Łoniewski I. (2021). Probiotyki- jakość to skuteczność. *Forum Medycyny Rodzinnej*, 15(3), 97-102.
9. Mahamud A., Tanvir I.A., Kabir M.E., Samonty I., Chowdhury A. H., Rahman M.A. (2025). Gerobiotics: Exploring the Potential and limitations of repurposing probiotics in addressing aging hallmarks and chronic diseases. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*.
10. Mäkinen O.E., Wanhalinna V., Zannini E., Arendt E.K. (2015). Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339-349.
11. Palatzidi A., Nikoloudaki O., Torreiro M.G., Matteucci C., Ferrentino G., Scampicchio M.M., Di Cagno R., Gobbetti M. (2024). Novel formulations for developing fresh hybrid cheese analogues utilizing fungal-fermented brewery side-stream flours. *Current Research Food Science* 30, 9, 100829.
12. Pluta A.S., Garbowska M., Stasiak-Różańska L., Berthold-Pluta A. (2022). Bioaktywne peptydy z białek mleka. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 207-216.
13. Staniak N. (2023). Pasteryzowana *Akkermansia muciniphila* MucT- nowa era probiotykoterapii. *Układ Trawienny i Probiotyko-terapia*. 28-30.
14. Tsilingiri K., Rescigno M. (2013). Postbiotics: what else? *Benefit Microbes*, 1, 4(1), 101-107.



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Przetwórstwo mięsa w małej skali – wybrane aspekty jakości i bezpieczeństwa

dr inż. Piotr Szymański

✉ piotr.szymanski@ibprs.pl

Instytut Biotechnologii Przemysłu
Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława
Dąbrowskiego – Państwowy Instytut
Badawczy – Zakład Technologii
Mięsa i Tłuszczu w Warszawie

Wstęp

Główny ciężar zapewnienia bezpieczeństwa żywności spoczywa na jej wytwórcy. Niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa czy skali prowadzonej produkcji producent ma obowiązek wdrożyć takie rozwiązania, które zagwarantują, że wytwarzana żywność będzie bezpieczna oraz zgodna z aktualnymi regulacjami prawa żywnościowego właściwymi dla danej kategorii produktów. Przetwórstwo mięsa na niewielką skalę stanowi wyzwanie. Małe przetwórnice nie dysponują zasobami personalnymi, lokalowymi czy technologicznymi porównywalnymi z dużymi przedsiębiorstwami przemysłowymi, podczas gdy wymagania dotyczące jakości i bezpieczeństwa produktów pozostają w dużej mierze jednakowe dla wszystkich. Podstawowe etapy w przetwarzaniu mięsa, w zależności od asortymentu, to rozbiór i wykrawanie, peklowanie/solenie, nastrzykiwanie i masowanie, rozdrabnianie, mieszanie, nadziewanie/formowanie, wędzenie, obróbka cieplna lub dojrzewanie oraz konfekcjonowanie. Na każdym z tych etapów wytwórca musi przestrzegać odpowiednich zasad higieny oraz postępowania technologicznego zgodnego z dobrą praktyką higieniczną i produkcyjną. Czynniki wpływające na jakość i bezpieczeństwo produkcji wędlin można podzielić na trzy główne obszary: tj. jakość i bezpieczeństwo surowca, prawidłowe przeprowadzenie procesów technologicznych oraz utrzymanie wysokiego poziomu higieny na każdym etapie produkcji. W artykule omówiono wybrane zagadnienia związane z procesami technologicznymi stosowanymi w przetwarzaniu mięsa.



Surowiec mięsny i tłuszczowy

Mięso i tłuszcz wykorzystywane do produkcji wędlin powinny pochodzić z półtuszy, które zostały pozytywnie ocenione przez właściwe służby kontrolne i dopuszczone do spożycia bez zastrzeżeń. Do wytwarzania kielbas stosuje się zarówno mięso chłodzone, jak i mrożone; jednak to drugie, zwłaszcza przy nieprawidłowym rozmrażaniu, może charakteryzować się gorszą zdolnością wiązania wody oraz mniejszą trwałością podczas przechowywania. Jeżeli rozmrażamy mięso, pamiętajmy, aby przeprowadzać ten proces w temperaturze chłodniczej, tak aby zachować odpowiednią jakość mikrobiologiczną i przydatność technologiczną. Mięso długo przechowywane w stanie zamrożonym może powodować niekorzystne cechy sensoryczne w produkcie gotowym, w tym specyficzny, niepożądany posmak jelki, szczególnie wyczuwalny w produkcie spożywanym po podgrzaniu. Surowiec mięsny musi spełniać odpowiednie wymagania higieniczne i technologiczne. Mięso powinno być prawidłowo wychłodzone, a jego temperatura nie może przekraczać 7°C, ponieważ parametr ten ma kluczowe znaczenie dla jakości mikrobiologicznej oraz bezpieczeństwa gotowego produktu. Zapach mięsa powinien być charakterystyczny dla danego gatunku lub neutralny; wszelkie nuty świadczące o początkach psucia czy obce aromaty dyskwalifikują surowiec. Po 24 godzinach od uboju mięso wieprzowe powinno osiągać pH na poziomie 5,6–6,0. Choć nie jest to wartość bezwzględnie wykluczająca z produkcji kielbas, odstępstwa od normy obniżają właściwości technologiczne surowca, co wymaga ograniczenia jego udziału w farszu. W przypadku wędzonek unikajmy stosowania elementów (schab, mięśnie szynkowe) obarczonych wadą PSE (jasne, miękkie, wodniste) lub DFD (ciemne, suche, twarde), ponieważ negatywnie wpłynie to na jakość gotowego wyrobu (wydajność, przekrój, wybarwienie). Takie mięso lepiej zagospodarować w produkcji kielbas.

Tłuszcz również musi być odpowiedniej jakości – jego barwa powinna być naturalna, biała, z lekko kremowym, różowym lub jasnoszarym odcieniem. Żółta barwa może wskazywać na postępujące procesy utleniania, często związane z długotrwałym przechowywaniem w zamrożeniu. Konsystencja tłuszczu powinna odpowiadać jego pochodzeniu anatomicznemu (np. tłuszcz twardy ze słoniny lub miękki z okolic pachwiny). Surowiec mięsny powinien być wolny od odłamków kości oraz innych zanieczyszczeń. Warto zwrócić uwagę na obecność twardych elementów, takich jak ścięgna czy chrząstki, które mogą znaleźć się w mięsie na skutek niewłaściwego doczyszczania lub złej klasyfikacji mięsa drobnego. Ścięgna i chrząstki w gotowym wyrobie będą odczuwalne podczas konsumpcji, co spowoduje ogólne obniżenie jakości produktu.

Dobór surowca mięsnego i tłuszczowego należy uzależnić od rodzaju produktu, jaki zamierzamy wytworzyć. Jego właściwości technologiczne wynikają z zawartości tkanki mięśniowej, łącznej oraz tłuszczowej, a także z umiejscowienia tłuszczu w półtuszy. Asortyment (kielbasy, wędzonki lub produkty podrobowe) określa, jaki rodzaj surowca podstawowego użyjemy (mięso drobne, całe elementy zasadnicze – schab, boczki, karczki lub surowce podrobowe) i jakie etapy technologicznego przetworzenia zastosujemy.

Bezpieczne peklowanie mięsa

Peklowanie mięsa to kluczowy proces technologiczny w przetwarzaniu mięsa. Polega on na traktowaniu mięsa peklosolą, czyli mieszaniną soli i azotynu sodu w ściśle określonych proporcjach (NaCl – 99,4%, NaNO₂ – 0,6%). Azotyny zawarte w peklosoli stabilizują kolor przetworzonego mięsa, powodują

pożądane zmiany smaku i zapachu peklowanych produktów mięsnych, wykazują działanie przeciwtleniające oraz przeciwdrobnoustrojowe, w tym również hamują wzrost *Clostridium botulinum*. Do produktów surowych dojrzewających dozwolone jest stosowanie mieszaniny azotanowej również w ściśle określonych proporcjach. W przypadku całych elementów zasadniczych stosowane jest także peklowanie w roztworze wodnym (solance). W produkcji konwencjonalnej stosuje się dodatek peklosoli na poziomie 1,6–2,2% w stosunku do mięsa, w zależności od wsadu surowcowego i wydajności produktu gotowego. Peklowanie mięsa drobnego przeprowadza się w temperaturze 2–4°C przez 24–48 h. Proces peklowania „na mokro” elementów zasadniczych na wędzonki (karczki, boczki, schab) może trwać od kilku godzin przy zastosowaniu nastrzyku domięśniowego i masowania lub kilkanaście dni, jeżeli elementy peklujemy w solance bez stosowania nastrzyku mięśni.

Niezależnie od korzyści wynikających ze stosowania azotynów wiadomo, że związki te mogą być prekursorami rakotwórczych nitrozoamin (NAs) zarówno w produktach mięsnych, jak i w organizmie człowieka. W najnowszym raporcie Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) dotyczącym ponownej oceny azotynów jako dodatków do żywności stwierdzono, że obowiązujące limity ich stosowania nie powodują przekroczenia dopuszczalnej dziennej dawki (ADI) i zapewniają odpowiednią ochronę zdrowia konsumentów. Niemniej, biorąc pod uwagę całkowitą ilość azotynów, łącznie z zanieczyszczeniami obecnymi w żywności, uzyskane wyniki budzą niepokój, ponieważ ADI może zostać przekroczona w przypadku niektórych grup wiekowych populacji. Mówimy tutaj o szerszym problemie zanieczyszczenia środowiska azotynami i azotanami. Źródło tych związków pochodzące z produktów mięsnych stanowi tylko niewielki ułamek spożywanych przez człowieka z żywnością. Przepisy prawa ściśle limitują stosowanie azotynów w żywności, a kolejne aktualizacje przepisów wprowadzają nowe, ostrzejsze wymagania.

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami obowiązującymi od 9 października 2025 roku (rozporządzenie Komisji UE 2023/2108) wejściowy (w trakcie procesu) poziom dodatku azotynów wynosi 80 mg/kg (wyrażone jako jon NO₂⁻) w przypadku produktów mięsnych poddawanych obróbce cieplnej (niesterylizowanych) i 55 mg/kg (wyrażone jako jon NO₂⁻) w przypadku produktów sterylizowanych. Dodatkowo jest obecnie limit maksymalnej pozostałości azotynów w produkcie gotowym, który wynosi 45 mg/kg w przypadku produktów mięsnych poddawanych obróbce cieplnej (niesterylizowanych) oraz 25 mg/kg (wyrażone jako jon NO₂⁻) w przypadku produktów sterylizowanych. W praktyce przetwórczej regulowanie ilości dodatku azotynów realizujemy poprzez odpowiednie dawkowanie peklosoli. Przy konieczności redukcji ilości wprowadzanego azotynu, część peklosoli możemy zastąpić solą spożywczą w recepturze wędlin, tak aby zachować pożądaną słoność.

Efektywność procesu peklowania zależy od wielu czynników środowiska, warunków przeprowadzenia procesu technologicznego i właściwości mięsa. W celu poprawy efektywności peklowania mięsa, tj. zdynamizowania reakcji nitrozowania barwników hemowych mięsa, ograniczenia pozostałości resztkowych azotynów i azotanów w wyrobie oraz zapewnienie stabilnej barwy produktu gotowego, należy stosować substancje wspomagające proces. Do najczęściej stosowanych należą: kwas askorbinowy lub/i izoaskorbinowy, askorbinian sodu lub/i izoaskorbinian sodu, kwas cytrynowy i jego sole, kwas mlekowy, mleczan sodu, glukono-delta-lakton, kwas octowy i jego sole, cukry (redukujące), naturalne przeciwutleniacze (np. zielona herbata).

Bezpieczne wędzenie

Wędzenie jest specyficznym rodzajem obróbki cieplnej, podczas której produkt żywnościowy poddawany jest oddziaływaniu ciepła oraz związków chemicznych zawartych w dymie wędzarniczym. Dym wędzarniczy to mieszanina gazów, pary wodnej i drobnych cząstek stałych, które powstają podczas spalania drewna. W wyniku tego procesu produkty żywnościowe uzyskują specyficzny smak, zapach i zabarwienie powierzchni. Dym ma również właściwości powierzchniowo konserwujące, dlatego wędzenie wpływa na trwałość produktu. Skład dymu wędzarniczego jest bardzo złożony. Szacuje się, że może zawierać od 300 do nawet ponad 1000 różnych związków chemicznych. Oprócz związków pożądaných technologicznie występują także takie, które są niepożądane ze względów zdrowotnych. Do tej grupy należą wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), które przedostają się do wędzonego produktu. Obecnie obowiązują przepisy regulujące limity zawartości następujących WWA: benzo(a)piren oraz suma 4 WWA – benzo(a)piren, chryzen, benzo(a)antracen i benzo(b)fluoranten. Prowadzenie wędzenia w taki sposób, aby zawartość WWA w produkcie pozostała na dopuszczalnym poziomie i pozwalała uznać produkt za bezpieczny, wymaga stałej kontroli procesu.

Ilość WWA w dymie i produkcie zależy o szeregu czynników, m.in. budowy wędzarni, rodzaju drewna i jego obrobienia, dostępu tlenu oraz temperatury żarzenia drewna, czy zawartością tłuszczu w produkcie. Jeżeli rozpatrujemy konstrukcję wędzarni to kluczowe jest, aby wędzony produkt nie miał bezpośredniej styczności z żarzącymi się szczapami drewna/zrębkami. Tak więc wędzarnie z paleniskiem bezpośrednim umieszczonym pod produktem nie są dobrym rozwiązaniem, lepiej zastosować wędzarnie z tzw. paleniskiem pośrednim (odsuniętym). Powinniśmy zadbać, aby w trakcie wędzenia drewno się żarzyło, a nie paliło, możemy ten proces kontrolować dostępem powietrza (uchylanie/zamykanie drzwiczek do paleniska). Istotnym elementem jest również przygotowanie półproduktu do wędzenia poprzez obsuszenie. Powierzchnia kielbas i wędzonek przed procesem wędzenia powinna być sucha. Suchość powierzchni zapewni, że cząsteczki dymu kumulować będą się na powierzchni produktu, a nie wnikać do środka. Należy stosować odpowiedni rodzaj drewna do wędzenia, najlepiej buk, olsza, ewentualnie dodatek dębu. Drewno do wędzenia powinno być okorowane i charakteryzować się odpowiednią wilgotnością (nie może być mokre, ale również nie może być przesuszone, ponieważ będzie łatwo ulegać samozapłonowi). WWA to związki rozpuszczalne w tłuszczach, dlatego produkty o wysokiej zawartości tłuszczu mogą wykazywać ich wyższą koncentrację. Na końcowy efekt wędzenia ma wpływ wiele elementów, tj. rodzaj drewna, budowa wędzarni, swoiste cechy wędzonego produktu, czas, intensywność dymu oraz jego temperatura.

Obróbka cieplna wędlin – znaczenie, metody i kontrola procesu

Obróbka cieplna jest jednym z kluczowych etapów technologicznych w produkcji wędlin. Stosuje się ją zarówno w celu utrwalenia produktu, jak i nadania mu odpowiednich cech sensorycznych, tj. właściwej tekstury, charakterystycznego smaku i zapachu. Poddanie mięsa działaniu wysokiej temperatury umożliwia również wydłużenie trwałości poprzez inaktywację drobnoustrojów, zarówno saprofitycznych, jak i pato-

gennych oraz dezaktywację enzymów odpowiedzialnych za psucie surowca. W praktyce zakładów mięsnych parametry obróbki cieplnej dobiera się indywidualnie do rodzaju asortymentu, wielkości batonów, ich składu oraz oczekiwanej jakości końcowej. W produkcji kielbas oraz większości tradycyjnych wędlin stosuje się trzy podstawowe metody obróbki cieplnej:

- Parzenie – realizowane w wodzie lub parze wodnej o temperaturze 70–95°C. Jest to najczęściej stosowana metoda utrwalania, która pozwala na równomierne ogrzewanie produktu i dobre wnikanie ciepła.
- Gotowanie – prowadzone w wodzie w temperaturze 90–100°C.
- Pieczenie – odbywa się w suchym, gorącym powietrzu lub w gorącym dymie, co dodatkowo wpływa na barwę, smak i stopień wysuszenia powierzchni wyrobu. Metoda ta nadaje wyrobom pożądaną aromat i bardziej zwartą strukturę (większy ubytek wody w trakcie procesu).

Z perspektywy bezpieczeństwa mikrobiologicznego kluczowe jest doprowadzenie do wnętrza produktu takiej ilości ciepła, która zagwarantuje jego stabilność mikrobiologiczną.

W praktyce oznacza to konieczność osiągnięcia w centrum geometrycznym batonu temperatury co najmniej 70–72°C dla produktów wytwarzanych z mięsa. W przypadku produktów podrobowych wymagana minimalna temperatura wewnątrz jest wyższa. Ważne jest regularne monitorowanie temperatury za pomocą sprawdzonych termometrów igłowych, unikanie niekontrolowanych wahań temperatury w komorze oraz dbanie o równomierne rozmieszczenie batonów, aby nie utrudniać przepływu ciepła. Po zakończeniu obróbki cieplnej niezwykle istotne jest szybkie obniżenie temperatury produktu, aby zapobiec rozwojowi mikroorganizmów oraz ograniczyć niekorzystne zmiany jakościowe. Wędliny po obróbce cieplnej schładza się pod natryskiem zimnej wody do temperatury 20–30°C, a następnie kieruje do chłodni, gdzie ich temperatura wewnętrzna powinna zostać obniżona najlepiej do 4–6°C. Takie postępowanie gwarantuje dobrą jakość, bezpieczeństwo i trwałość produktu.■

Literatura

1. Pisula A., Pospiech E. *Mięso – Podstawy nauki i technologii*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2011.
2. Szymański P. *Perspektywy stosowania azotynów i azotanów w przetwórstwie mięsa*. *Gospodarka Mięсна*, 2018, 12.
3. Szymański P., Kołożyn-Krajewska D. *Efektywność szczepu bakterii *Staphylococcus carnosus* atcc-51365 w zakresie redukcji azotanów(v) w środowisku mięsnym*. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 2014, 4/95, 148–159.
4. Szymański P. *Aktualne problemy dotyczące stosowania azotynów w przetwórstwie mięsa w aspekcie zmian prawa żywnościowego*. *Gospodarka Mięсна*, 2016, 9, 24–28.
5. Szymański P. *Unijny wykaz dodatków do żywności – nowe przepisy dla branży mięsnej*. *Gospodarka Mięсна*, 2013, 2, 24–27.
6. Szymański P., Borys A. *Skażenie WWA mięsa i wędlin – nowe regulacje prawne*. *Przemysł Spożywczy*, 2012, 12, 32–35.
7. Szymański P. *Obowiązujące wymagania Unii Europejskiej w zakresie higieny i bezpieczeństwa żywności ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu mięsnego*. *Gospodarka Mięсна*, 2006, 9.
8. Szymański P. *Nowe wymagania Unii Europejskiej dotyczące stosowania azotynów i azotanów w przetwórstwie mięsa*. *Gospodarka Mięсна*, 2025, 09, 28–32.