

Laktoferyna jako składnik funkcjonalny w produktach spożywczych i suplementach diety

Jagoda Szafrńska, Maciej Nastaj
Zakład Technologii Mleczarstwa i Żywności Funkcjonalnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
e-mail: jagoda.szafranska@up.edu.pl, maciej.nastaj@up.edu.pl

Dynamiczny rozwój rynku żywności funkcjonalnej, suplementów diety oraz produktów specjalnego przeznaczenia żywieniowego doprowadził do wzrostu zainteresowania bioaktywnymi składnikami pochodzenia naturalnego. Jednym z najlepiej poznanych i często wykorzystywanych białek o właściwościach prozdrowotnych jest laktoferyna. Jej wysoka aktywność biologiczna, bezpieczeństwo stosowania oraz szerokie spektrum działania sprawiają, że znajduje ona coraz szersze zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym oraz mleczarskim [6].

Pozyskiwanie laktoferyny do celów przemysłowych

Laktoferyna bydlęca (bLF) wykorzystywana w produktach spożywczych i suplementach diety jest pozyskiwana z surowców mlecznych, a w praktyce przemysłowej izoluje się ją przede wszystkim z serwatki serowej (cheese whey/sweet whey) oraz z mleka odtłuszczonego (skimmed milk). Takie podejście jest istotne z technologicznego punktu widzenia, ponieważ umożliwia wykorzystanie strumieni surowcowych obecnych w zakładach mleczarskich i włączenie izolacji bLF do istniejących procesów frakcjonowania składników mleka [4]. W przypadku serwatki (w tym wariantu kwaśnego), podkreśla się również jej charakter „produktu ubocznego” powstającego w wytwarzaniu produktów fermentowanych, co sprzyja koncepcji zagospodarowania strumieni poprodukcyjnych poprzez odzysk frakcji białkowych o wysokiej wartości dodanej [12].

Proces przemysłowego pozyskiwania laktoferyny ma na celu wytworzenie preparatu o odpowiedniej czystości i jakości, dlatego stosuje się wieloetapowe strategie oczyszczania i koncentracji. Z perspektywy opisu technologii kluczowe jest to, że w dokumentacji EFSA wskazano typową sekwencję operacji: bLF izolowana z serwatki serowej lub mleka odtłuszczonego jest koncentrowana z użyciem metod opartych o wymianę jonową (ion exchange), a następnie poddawana krokom filtracji [4]. Taka konfiguracja procesu jest zbieżna z praktyką przemysłową frakcjonowania białek serwatkowych, gdzie operacje membranowe służą do zagęszczania i „porządkowania” strumienia białkowego, a etap selektywny (np. jonowymienny) umożliwia rozdział docelowego składnika od pozostałych frakcji. W rezultacie chromatografia jonowymienna (lub szerszej: procesy oparte na wymianie jonowej) jest opisywana jako rdzeń technologiczny izolacji bLF z typowych surowców mleczarskich [4].

W procesach przemysłowych pozyskiwania bydlęcej laktoferyny stosuje się operacje fizycznej separacji składników mleka oraz chromatografię jonowymienną. W opinii Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności opisano izolację laktoferyny z serwatki słodkiej lub mleka odtłuszczonego z wykorzystaniem chromatografii jonowymiennej, po której następują etapy demineralizacji oraz pasteryzacji. Cały proces określono jako oparty na technikach separacyjnych i obróbce cieplnej typowych dla przemysłu mleczarskiego [4].



W dokumentacji dotyczącej procesu technologicznego wskazano również, że pasteryzowane mleko odtłuszczone może być poddawane mikrofiltracji w celu ograniczenia obciążenia mikrobiologicznego oraz zawartości tłuszczu, a następnie białko jest izolowane metodą wymiany jonowej, po czym prowadzi się etapy ultrafiltracji oraz suszenie rozpyłowe [3]. Zastosowanie chromatografii jonowymiennej w skali większej niż laboratoryjna wykazano także w badaniach pilotażowych, w których laktoferyna była izolowana z serwatki kwaśnej; autorzy wskazali wysoki potencjał tej technologii do przetwarzania przemysłowego serwatki jako źródła laktoferyny [10].

Produkty spożywcze i suplementy z dodatkiem laktoferyny

Zastosowanie laktoferyny w produktach spożywczych dotyczy przede wszystkim wyrobów mlecznych oraz preparatów przeznaczonych do żywienia niemowląt. Jej obecność w mleku stanowi podstawę do technologicznego wykorzystania w żywności, w tym w mleku modyfikowanym oraz produktach wzbogacanych, co zostało szczegółowo omówione przez Legranda (2016). Autor wskazuje, że analiza laktoferyny jako składnika diety koncentruje się na jej bezpieczeństwie oraz potencjalnych skutkach wynikających ze spożycia w formie produktów żywnościowych [9].

Szczególną grupą produktów spożywczych zawierających laktoferynę są mieszanki mleczne i preparaty do żywienia wcześniaków. Badania kliniczne, zestawione w przeglądzie systematycznym Pammi i Suresh (2020), dotyczyły doustnego podawania laktoferyny jako składnika żywienia enteralnego. Autorzy analizowali wpływ produktów wzbogacanych w laktoferynę na częstość występowania późnych zakażeń u wcześniaków oraz na inne istotne punkty końcowe, wskazując jednocześnie na brak jednoznacznych efektów w odniesieniu do martwiczego zapalenia jelit oraz śmiertelności całkowitej [11]. Laktoferyna jest również powszechnie stosowana jako składnik suplementów diety dostępnych w postaci kapsułek, tabletek oraz proszków do doustnego stosowania. Wyniki badań dotyczących doustnej suplementacji laktoferyną, wskazując na obserwowane ogólnoustrojowe efekty po jej spożyciu, stanowią podstawę do jej wykorzystania w preparatach suplementacyjnych [9]. Znaczenie laktoferyny, jako składnika suplementów diety, analizowano także w kontekście jej wpływu na mechanizmy odpowiedzi immunologicznej. Actor i współautorzy (2009) opisują jej rolę jako czynnika oddziałującego na różne elementy odpowiedzi immunologicznej, co jest wykorzystywane jako uzasadnienie jej obecności w suplementach diety przeznaczonych do doustnego stosowania [1]. W 2009 roku w badaniach przedklinicznych oceniano aktywność laktoferyny podawanej doustnie w obrębie przewodu pokarmowego. Autorzy wykazali, że preparaty zawierające laktoferynę wpływały na procesy zachodzące w błonie śluzowej jelita cienkiego, co stanowi podstawę do dalszych badań nad żywnością funkcjonalną i suplementami diety zawierającymi laktoferynę. Jednocześnie podkreślono, że wyniki te pochodzą z badań na modelach zwierzęcych i wymagają ostrożnej interpretacji w kontekście stosowania u ludzi [7].

W literaturze naukowej opisywane jest wykorzystanie laktoferyny także poza standardowymi preparatami mlecznymi i suplementami - szczególnie jako składnika dodawanego do jogurtów oraz produktów funkcjonalnych wzbogacanych tym białkiem. Produkty takie są proponowane jako żywność o modyfikowanym profilu funkcjonalnym, która ma potencjał oddziaływania na cechy mikrobiologiczne i sensoryczne finalnego wyrobu. Badania nad fortyfikacją jogurtów laktoferyną wykazały, że dodatek tego białka do mleka używanego do produkcji jogurtu nie wpływa znacząco na właściwości fizykochemiczne produktu oraz nie pogarsza akceptowalności sensorycznej konsumentów. W badaniach oceniających jogurty wzbogacane laktoferyną w ilości około 80 mg na 100 g produktu stwierdzono, że w warunkach przechowywania chłodniczego analiza parametrów takich jak tekstura i mikrobiologiczne właściwości nie różniła się istotnie pomiędzy jogurtami kontrolnymi i tymi z dodatkiem laktoferyny, a produkt fortyfikowany cechował się wysoką jakością sanitarną przez cały okres przechowywania [8]. W innych badaniach podkreślano, że jogurt jest dobrym nośnikiem tego składnika funkcjonalnego, a struktura molekularna laktoferyny pozostaje stabilna podczas fermentacji i działalności bakterii jogurtowych, pod warunkiem, że laktoferyna jest dodawana po pasteryzacji mleka [5].



Ponadto spożywanie jogurtów zawierających laktoferynę było analizowane w kontekście efektów zdrowotnych. W randomizowanym badaniu w populacji dzieci w wieku przedszkolnym wykazano, że regularne spożywanie jogurtu wzbogaconego w laktoferynę (około 100 mg dziennie) przez kilka tygodni wiązało się ze zmniejszeniem liczby absencji szkolnych z powodu wymiotów w trakcie sezonu infekcyjnego, co sugeruje, że takie produkty mogą wykazywać dodatkowe korzyści w obszarze łagodzenia niektórych objawów infekcji przewodu pokarmowego [13]. W literaturze naukowej wskazuje się również na postępujące zainteresowanie wykorzystaniem laktoferyny jako dodatku funkcjonalnego w różnych produktach spożywczych — nie tylko jogurtach, lecz także w innych fermentowanych produktach mlecznych i dietetycznych produktach funkcjonalnych. Laktoferyna jako składnik dodatkowy może wpływać korzystnie na mikrobiologiczne właściwości produktów oraz ich trwałość, a także na wzrost korzystnej flory bakteryjnej, co otwiera nowe kierunki w tworzeniu żywności funkcjonalnej odpowiadającej na rosnące oczekiwania konsumentów w zakresie zdrowego odżywiania[2].

Kierunki rozwoju i znaczenie przemysłowe

Dalszy rozwój zastosowań laktoferyny w przemyśle spożywczym i suplementacyjnym koncentruje się na zwiększaniu stabilności tego białka w trakcie procesów technologicznych oraz przechowywania produktów, co warunkuje zachowanie jego aktywności biologicznej. W literaturze podkreśla się potrzebę opracowywania rozwiązań technologicznych ograniczających degradację laktoferyny oraz umożliwiających jej skuteczne wykorzystanie jako składnika żywności funkcjonalnej i suplementów diety [9].

Istotnym kierunkiem rozwoju jest również poprawa biodostępności laktoferyny po spożyciu. Skuteczność biologiczna tego składnika zależy nie tylko od jego obecności w produkcie, lecz także od zdolności do oddziaływania na mechanizmy odpornościowe organizmu po podaniu doustnym. Z tego względu dalsze badania koncentrują się na określeniu warunków, w których laktoferyna może pełnić funkcję modulatora odpowiedzi immunologicznej w sposób powtarzalny i bezpieczny [9,1].

Znaczenie przemysłowe laktoferyny wiąże się także z koniecznością standaryzacji surowca oraz ujednoczenia metod oceny jakości i aktywności biologicznej preparatów stosowanych w żywności i suplementach. W publikacjach przeglądowych zwraca się uwagę na różnice pomiędzy preparatami laktoferyny wynikające z pochodzenia surowca oraz zastosowanych metod produkcji, co może wpływać na ich funkcjonalność i bezpieczeństwo stosowania [1].

Z perspektywy dalszego rozwoju przemysłowego kluczowe znaczenie ma integracja badań podstawowych, technologicznych i aplikacyjnych, co pozwoli na pełniejsze wykorzystanie potencjału laktoferyny jako bioaktywnego składnika nowoczesnych produktów żywnościowych oraz suplementów diety [9,1].

Bibliografia

1. Actor J.K., Hwang S.A., Krusel M.L. (2009). Lactoferrin as a natural immune modulator. *Current Pharmaceutical Design*, 15(17), 1956–1973.
2. Demir R., Sarıtaş S., Bechelany M., Karav S. (2025). Lactoferrin: Properties and potential uses in the food industry. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(4), 1404.
3. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2012). *EFSA Journal*, 10(5), 2701
4. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2012). Scientific Opinion on the safety of bovine lactoferrin as a novel food ingredient. *EFSA Journal*, 10(7), 2811.
5. Franco I., Castillo E., Pérez M.D., Calvo M., Sánchez L. (2010). Effect of bovine lactoferrin addition to milk in yogurt manufacturing. *Journal of Dairy Science*, 93(10), 4480-4489.
6. Giansanti F., Panella G., Leboffe L., Antonini G. (2016). Lactoferrin from milk: nutraceutical and pharmacological properties. *Pharmaceuticals*, 9(4), 61.
7. Iigo M., Shimamura Y., Matsuda H., Kurashige K., Takeda Y., Koda H., Hayashi S., Suzuki M., Kato M., Tanaka T. (2009). Oral administration of bovine lactoferrin activates transcription factor NF- κ B through toll-like receptor 4 in the small intestine of mice. *Cytokine*, 46(2), 255-261.



8. Jańczuk A., Brodziak A., Król J., Czernecki T. (2023). Properties of yoghurt fortified in lactoferrin with effect of storage time. *Animals*, 13(10), 1610.
9. Legrand D. (2012) Lactoferrin, a key molecule in immune and inflammatory processes. *Biochemistry and Cell Biology*. 90(3), 252–268.
10. Matijašić B.B., Oberčkal J., Mohar Lorbeg P., Paveljšek D., Skale N., Kolenc B., Gruden Š., Poklar Ulrih N., Kete M., Zupančič Justin M. (2020). Characterisation of lactoferrin isolated from acid whey using pilot-scale monolithic ion-exchange chromatography. *Processes*, 8(7), 804.
11. Pammi M., Suresh G. (2020). Enteral lactoferrin supplementation for prevention of sepsis and necrotizing enterocolitis in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3:CD007137.
12. Panariello L., Passannanti F., Budelli A., Boccia F., D’Avino S., Tufariello M., De Angelis M., Rizzello C. G. (2020). Recovery of Lactoferrin from Acid Whey by Ion-Exchange Chromatography. *Processes*, 8(9), 1033.
13. Tsukahara T., Fujimori A., Misawa Y., Oda H., Yamauchi K., Abe F., Nomiya T. (2020). The preventive effect of lactoferrin-containing yogurt on gastroenteritis in nursery school children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2534.