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.

Pojęcie innowacyjnych produktów mlecznych coraz częściej łączone jest z dziedzinami biologii molekularnej i nowoczesnych technologii cyfrowych. Pogłębianie 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., Loor 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. Karbowiak M., Zielinska D. (2020). Postbiotyki - 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 Probiotykoterapia. 28-30.
14. Tsilingiri K., Rescigno M. (2013). Postbiotics: what else? Benefit Microbes.1, 4(1),101-107.
15. Zawistowska-Rojek A., Tyski S. (2018). Are probiotic really safe for humans? Polish Journal of Microbiology. 67(3), 251-258.



*dr inż. Anna Szosland-Fałtyn*
*Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego - Państwowy Instytut Badawczy*
*Zakład Jakości Żywności w Łodzi*


## Rolnictwo 4.0 w hodowli bydła mlecznego i mięsnego

# Smart farming

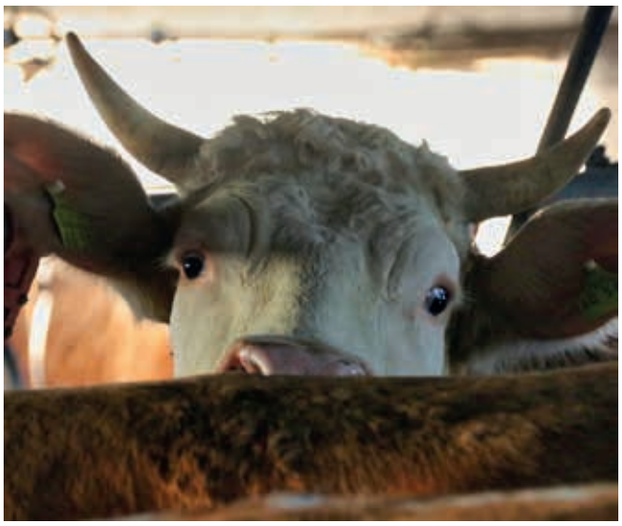
*Współczesna produkcja bydła mlecznego i mięsnego w coraz większym stopniu opiera się na wykorzystaniu systemów automatyzacji produkcji i zarządzania stadem, zaawansowanych metod analizy danych oraz systemów opartych o sztuczną inteligencję. Wynika to zarówno z rosnącego globalnego zapotrzebowania na żywność, jak i z konieczności spełnienia wymogów środowiskowych, dobrostanowych i ekonomicznych, określonych m.in. przez unijne i międzynarodowe strategie zrównoważonego rozwoju.*

Jak wskazuje FAO, aby sprostać potrzebom populacji, która do 2050 r. przekroczy 9,7 mld ludzi, produkcja rolnicza musi wzrosnąć o około 70%, co wymusza transformację modeli produkcyjnych w kierunku systemów wysokowydajnych, precyzyjnych i zoptymalizowanych energetycznie. W rezultacie w sektorze zwierzęcym rozwija się koncepcja tzw. rolnictwa 4.0, w którym technologie cyfrowe stają się integralną częścią praktyki hodowlanej.

Jednym z kluczowych obszarów tej transformacji jest Precision Livestock Farming (PLF), definiowane jako zautomatyzowane monitorowanie i zarządzanie produkcją zwierzęcą z wykorzystaniem czujników, wizji komputerowej, systemów akustycznych, Internetu Rzeczy (IoT) oraz algorytmów sztucznej inteligencji. Systemy PLF umożliwiają nie tylko ciągłe pozyskiwanie danych o aktywności, zdrowiu i kondycji zwierząt, ale również tworzą podstawy do modelowania predykcyjnego i wczesnego ostrzegania o zaburzeniach dobrostanu. PLF jest sposobem „przybliżenia zwierzęcia do hodowcy", oferując możliwość monitorowania jednostkowego w populacjach liczących setki lub tysiące osobników. Dane te, w odróżnieniu od obserwacji tradycyjnych, mają charakter ilościowy i wysokiej rozdzielczości czasowej.

Jedną z fundamentalnych technologii wykorzystywanych w sektorze bydła są systemy identyfikacji elektronicznej oparte na technologii RFID (Radio Frequency Identification). Transpondery, umieszczane w kolczykach lub implantowane podskórnie, pozwalają na automatyczne identyfikowanie zwierząt w systemach żywienia, ważenia, doju oraz selekcji. RFID umożliwia również precyzyjne zbieranie danych produkcyjnych i zdrowotnych, co jest kluczowe dla prowadzenia dokładnych analiz genetycznych i zarządczych. Zastosowanie RFID zwiększa też możliwości automatyzacji obór, m.in. dzięki integracji z robotami udojowymi, stacjami paszowymi czy bramkami sortującymi, co wspiera efektywność produkcji oraz ogranicza nakład pracy ludzkiej.

Kolejną grupą technologii szeroko stosowanych w produkcji bydła są akcelerometry, czyli czujniki rejestrujące przyspieszenie w trzech osiach. Wysoka czułość tych urządzeń (nawet do 0,0004 g) umożliwia analizę aktywności dobowej, zachowań związanych z pobieraniem paszy, zachowań rujowych, a także wykrywanie zaburzeń lokomocji, będących wczesnym sygnałem kulawizn. Nowoczesne systemy analityczne, oparte na akcelerometrach, integrują dane w czasie rzeczywistym, a algorytmy uczenia maszynowego identyfikują zmiany odchylające się od normy, pozwalając na wczesną diagnostykę problemów metabolicznych lub środowiskowych. Badania potwierdzają, że skuteczność wykrywania rui za pomocą akcelerometrów przekracza 90%, przewyższając efektywność tradycyjnej obserwacji wizualnej, zwłaszcza w oborach wolnostanowiskowych i stadach wielkotowarowych.



Znaczącą rolę w precyzyjnej produkcji zwierzęcej odgrywają również systemy wizyjne, bazujące na kamerach RGB, kamerach 3D oraz technologiach LiDAR. Systemy te pozwalają na nieinwazyjne monitorowanie parametrów zoometrycznych, ocenę kondycji BCS, analizę chodu oraz detekcję kulawizn. Algorytmy detekcji obiektów, takie jak YOLO, charakteryzują się szybkim przetwarzaniem obrazu, co umożliwia analizę w czasie rzeczywistym. Rozwiązania te eliminują potrzebę stałego zakładania sensorów na zwierzęta, redukując stres oraz ryzyko uszkodzeń urządzeń. Opracowywane są również modele wykrywania wycieleń, oparte na analizie pozy, zmianach zachowania czy podwyższonej aktywności ruchowej w okresie okołoporodowym.

Niezwykle ważną grupą rozwiązań są sensory wewnętrzne, takie jak bolusy żwaczowe, służące do monitorowania pH, temperatury, motoryki oraz warunków fermentacyjnych w żwaczu. Dane te umożliwiają wczesne rozpoznanie kwasicy lub zasadowicy, ocenę ryzyka ketozy, a także monitorowanie ogólnego stanu metabolicznego krowy. Ponieważ okres połogu jest najbardziej krytycznym etapem produkcji mlecznej, szybka identyfikacja odchyleń metabolicznych ma kluczowe znaczenie dla ograniczania strat produkcyjnych oraz poprawy wskaźników zdrowotnych stada. Choć bolusy mają ograniczony czas działania ze względu na zasilanie, ich rola jako narzędzia diagnostycznego stale rośnie, a postęp technologiczny umożliwia tworzenie coraz bardziej energooszczędnych rozwiązań.

Automatyzacja w gospodarstwach bydła obejmuje również systemy robotyczne odpowiedzialne za przygotowywanie i zadawanie TMR, podgarnianie paszy oraz utrzymanie higieny obory. Roboty żywieniowe, takie jak Lely Vector, umożliwiają precyzyjne dawkowanie i powtarzalność mieszanek, co wpływa na stabilność

fermentacji żwacza oraz poprawę wykorzystania paszy. Automaty podgarniające paszę zwiększają częstotliwość pobierania, zmniejszając konkurencję przy stole paszowym. Integracja tych systemów z czujnikami środowiskowymi i bazami danych umożliwia optymalizację pracy obory oraz ograniczenie strat wynikających z błędów w zarządzaniu.

Podsumowując, nowe technologie w produkcji bydła mlecznego i mięsnego stanowią fundament nowoczesnych, zrównoważonych systemów hodowlanych. Integracja danych z czujników, kamer, robotów i systemów identyfikacji elektronicznej tworzy środowisko, w którym możliwe jest prowadzenie produkcji opartej na wiedzy, monitorowaniu i modelowaniu predykcyjnym. Rozwój sztucznej inteligencji, dużych zbiorów danych oraz Internetu Rzeczy wskazuje, że przyszłość hodowli zmierza w kierunku systemów autonomicznych, zdolnych do samodzielnego wykrywania problemów oraz generowania rekomendacji, poprawiających efektywność, zdrowotność i dobrostan zwierząt. Technologiczna transformacja sektora bydła jest zatem nie tylko odpowiedzią na globalne wyzwania żywnościowe, ale również warunkiem utrzymania konkurencyjności gospodarstw w warunkach postępującej cyfryzacji rolnictwa.

*dr inż. Grzegorz Grodkowski*
*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027
Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich+
PODR Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Lubaniu
Dofinansowane przez Unię Europejską

Artykuł opracowany w ramach operacji „Forum Bydła Mlecznego i Mięsnego". Operacja została zrealizowana przez Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Lubaniu.
Operacja dofinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 – Schemat II Pomocy Technicznej WPR 2023-2027 – Wsparcie operacji realizowanych w ramach KSOW+.
Instytucja Zarządzająca Planem Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi

# Zima w gospodarstwie

*Zmieniające się pory roku wymuszają na hodowcy dostosowanie budynków i swojego działania tak, aby być możliwie najlepiej przygotowanym na nadejście zimy. Wraz ze zmianami klimatu zimy stają się coraz łagodniejsze i, oprócz epizodów mrozu z wysokimi warstwami zalegającego śniegu, mamy do czynienia ze wszechobecnym błotem.*

Karmienie zwierząt i dbanie o otoczenie pryzm jest bardzo ważne. W okresie z dużą liczbą opadów szybko tworzy się błoto zarówno w otoczeniu pryzm, jak i przy wjeździe do obór. Podczas wybierania i załadunku materiału z pryzmy należy dbać o pozostawienie równej ściany. Co prawda nie będzie tu tak widoczny efekt wtórnej fermentacji, jak miałoby to miejsce latem, jednak pozostawienie nierównej ściany z wieloma wgłębieniami i nierównościami może prowadzić do wnikania wód opadowych i spadku jakości paszy kosztem wzrostu jej masy. Drugim aspektem jest nabieranie materiału z pryzmy bez resztek słomy i ziemi ze spodu pryzmy. Zanieczyszczona ziemią pasza ma negatywny wpływ na funkcjonowanie układu pokarmowego przeżuwaczy, a raz zjedzona ziemia czy piach pozostaje w żołądku krowy do końca jej życia. W skutkach da to objawy w postaci biegunek i obniżonej produkcji mleka. Warto zwrócić również uwagę, że wjeżdżając na stół paszowy, wwozimy na kołach błoto, które należy zmieść i zebrać, aby nie zanieczyścić paszy.

Do sporządzania TMR-u i karmienia zwierząt trzeba używać słomy wysokiej jakości. Słoma z takim przeznaczeniem powinna być składowana pod wiatą lub pod przykryciem z flizu. Pogodnie zebrana i przechowana pod dachem słoma to idealny dodatek strukturalny TMR-u.