

# PANorama



ODDZIAŁU POLSKIEJ AKADEMII NAUK  
W OLSZTYNIE I W BIAŁYMSTOKU

Nr 3 (33) 2025

[www.panorama.olsztyn.pan.pl](http://www.panorama.olsztyn.pan.pl)

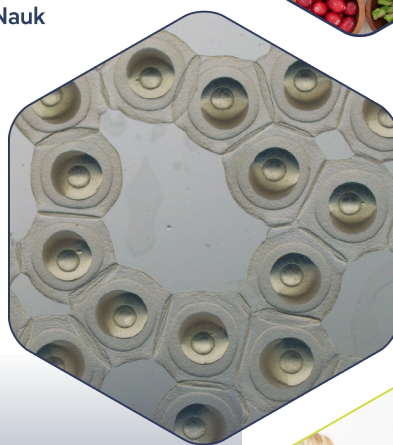
**Numer Specjalny:**

**InLife Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk**



## Life

Instytut Rozrodu Zwierząt  
i Badań Żywności  
Polskiej Akademii Nauk



**2**

Kolejny rozdział – nauka, która łączy życie, żywność i zdrowie

**4**

Czy ryby uratują świat?

**8**

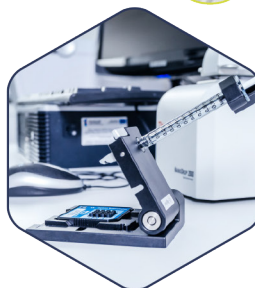
Bioaktywne składniki żywności: od biodostępności do funkcjonalności w profilaktyce chorób cywilizacyjnych

**12**

Nutrigenomika w opiece zdrowotnej: jak dieta kształtuje nasze geny i zdrowie przyszłych pokoleń

**15**

Popielno – żywe laboratorium bioróżnorodności, unikalne połączenie przyrody, nauki i edukacji





Dyrekcja Instytutu InLife: od lewej dyrektor Monika M. Kaczmarek, zastępca dyrektora ds. ogólnych Michał Żurek, zastępca dyrektora ds. naukowych Wiesław Wiczkowski

MONIKA M. KACZMAREK, WIESŁAW WICZKOWSKI, MICHAŁ ŻUREK

# Kolejny rozdział – nauka, która łączy życie, żywność i zdrowie

**Wchodząc w kolejny etap rozwoju, InLife Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk buduje swoją przyszłość na fundamencie wspólnoty, współpracy i odwagi. Łączymy naukę o życiu, żywności i zdrowiu, wierząc, że prawdziwa nauka zaczyna się tam, gdzie spotykają się ludzie i wspólne idee.**

Każdy Instytut ma swoje miejsce w historii, ale jego prawdziwą siłą są ludzie, którzy tę historię tworzą. W InLife Instytucie Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN od ponad trzech dekad spotykają się naukowcy, technicy, specjaliści i pracownicy administracji, których łączy wspólny cel – **zrozumieć procesy życiowe i uczynić życie zdrowszym.**

Zrodzony z połączenia badań nad rozrodem zwierząt i żywnością, Instytut wyrósł na unikalne centrum badań interdyscyplinarnych, skupiające ponad 20 zespołów naukowych. Dziś patrzymy na niego nie tylko jako na miejsce pracy, lecz przede wszystkim jako wspólnotę ludzi – przestrzeń, w której spotykają się biologia, technologia, medycyna, weterynaria, ży-

wienie i troska o zdrowie człowieka oraz dobrostan zwierząt.

Wchodząc w kolejny etap rozwoju, wspólnie opracowaliśmy misję na nowo – tak, by najlepiej oddawała to, kim jesteśmy dziś: zespołem działającym z myślą o człowieku, zwierzętach i środowisku.

**Naszą misją w InLife jest pogłębianie wiedzy i tworzenie innowacyjnych rozwiązań w obszarach żywności, zdrowia i rozrodu.** Łączymy interdyscyplinarne badania z dialogiem ze społeczeństwem, aby stawiać czoła globalnym wyzwaniom, wspierać dobrostan i zrównoważony rozwój.

Instytut wyrósł z pasji do nauki, która nie zatrzymuje się w granicach dziedzin. Badamy życie w jego najczystszej formie



**InLife: Misja i obszary badań**

– od pojedynczej komórki po złożone systemy biologiczne. Od mechanizmów programowania płodności i rozwoju, biotechnologie wspomaganego rozrodu, przez bioróżnorodność i mikrobiom, aż po innowacyjne produkty żywności funkcjonalnej i strategię zdrowego odżywiania – nasze badania pokazują, że nauka może łączyć świat przyrody i człowieka.

Współczesna nauka wymaga odwagi i otwartości. Nasze laboratoria specjalistyczne – od nowoczesnej Zwierzętarni, przez Laboratoria Analizy Komórek, Biologii Molekularnej i Spektrometrii Mas, po Mikrobiologiczne, Wirusologiczne, Sensoryczne oraz Biotechnik i Biotechnologii Rozrodu – tworzą przestrzeń, w której spotykają się badacze z różnych dziedzin oraz partnerzy ze środowisk akademickich, publicznych i przemysłowych. To właśnie tu powstają rozwiązania odpowiadające na wyzwania naszych czasów, np. zrównoważoną produkcję żywności, ochronę zdrowia reprodukcyjnego, rozwój biotechnologii prozdrowotnych i nowej generacji żywności funkcjonalnej.

W projektach takich jak NUTRITECH, SMART-FENG czy Pathways to Synergies współpracujemy z partnerami naukowymi i przemysłowymi z Polski i Europy, łącząc badania podstawowe z praktycznymi wdrożeniami, które realnie wpływają na zdrowie i jakość życia.

Za każdą ideą, odkryciem i osiągnięciem stoją ludzie – ich pasja, wiedza i odwaga myślenia. To właśnie oni są największą wartością InLife. Dziś w Instytucie pracuje **230 osób** – naukowców, techników, specjalistów, pracowników administracji i bli-

sko 30 doktorantów – którzy swoją pasją i zaangażowaniem budują reputację InLife w Polsce i za granicą. To dzięki nim nauka rozwijana w Olsztynie jest ambitna i odważnie przekracza granice poznania.

**Przed nami kolejny krok – wspólne wyznaczenie kierunków rozwoju Instytutu.** W nowych okolicznościach i z nowym zespołem u steru chcemy oprzeć strategię na tym, co stanowi o naszej sile: ludziach, ich wiedzy, zaangażowaniu i różnorodnych perspektywach. Wierzymy, że prawdziwy rozwój rodzi się ze współpracy i zaufania, a wspólnie tworzone decyzje mają największą trwałość.

Rozwijamy Instytut, w którym nauka idzie w parze z otwartością, współpracą i odpowiedzialnością społeczną. Tworzymy przyjazne i nowoczesne środowisko pracy, które wspiera rozwój kompetencji, sprzyja mobilności i zachęca do odwagi w myśleniu.

Sukces mierzymy nie liczbą grantów i publikacji, lecz tym, jak nauka wpływa na życie ludzi i świata wokół nas.

**InLife to miejsce, w którym można łączyć ambicję z poczuciem sensu. Bo nauka ma sens wtedy, gdy służy człowiekowi i światu.**

**Właśnie dlatego mówimy jednym głosem: nauka to życie.**

Monika M. Kaczmarek,  
Wiesław Wiczowski,  
Michał Żurek



Rafy koralowe zaskakują formami życia – ryby potrafią wyglądać zupełnie inaczej, niż się spodziewamy. Na zdjęciu ryba z rodziny Antennariidae, częsty gość japońskich raf koralowych

DANIEL ŻARSKI, MARIOLA DIETRICH, RADOSŁAW KAJETAN KOWALSKI

# Czy ryby uratują świat?

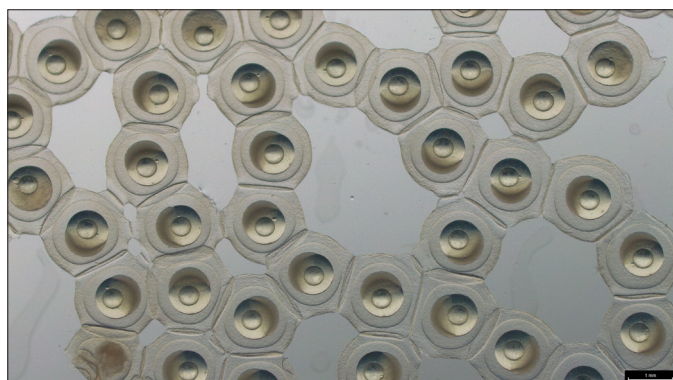
Ryby od wieków towarzyszą człowiekowi – jako pożywienie, element gospodarki i kultury. Dziś jednak ich znaczenie nabiera nowego wymiaru. W czasach globalnego kryzysu klimatycznego i żywnościowego to właśnie ryby mogą odegrać kluczową rolę w zapewnieniu białka miliardom ludzi. W 2022 roku światowe spożycie ryb osiągnęło rekordowy poziom – ponad 20 kilogramów na osobę rocznie, czyli ponad dwukrotnie więcej niż w latach 60. ubiegłego wieku. Po raz pierwszy w historii większa część ryb pochodziła z akwakultury niż z połowów dzikich – 94,4 miliona ton wobec 91 milionów. To przełom, który pokazuje, że ryby stają się filarem bezpieczeństwa żywnościowego i że to od sposobu ich hodowli zależy przyszłość produkcji żywności. Ten imponujący wzrost wskazuje na rosnącą nie tylko popularność ryb w diecie, ale także odpowiedzialność za sposób ich produkcji i wpływ na środowisko. I tu do gry wkracza nauka.

## AKWAKULTURA – SZANSA I WYZWANIE

Akwakultura nazywana jest coraz częściej „rolnictwem przyszłości”. Z jednej strony pozwala zmniejszyć presję na przełowione oceany i jeziora, oferuje bardziej zrównoważony i przyjazny dla klimatu sposób produkcji białka niż hodowla zwierząt lądowych i może stać się jednym z filarów bezpieczeństwa żywnościowego. Z drugiej, niesie ze sobą poważne wyzwania, takie jak spadek zdolności rozrodczej oraz jakości gamet. To właśnie od jakości rozrodu ryb hodowlanych zależą zdrowie i przeżywalność młodych ryb oraz stabilność całej produkcji hodowlanej. W Instytucie InLife badamy, co kryje się w gametach ryb, jak ryby się rozmnażają, co przekazują swojemu potomstwu oraz w jaki sposób wiedzę tę można przełożyć na praktyczne rozwiązania wspierające rozwój nowoczesnej i zrównoważonej akwakultury.



Gamety ryb, zwłaszcza ikra (na zdjęciu ikra sandacza), są nośnikiem wielu istotnych informacji molekularnych, które kształtują jakość potomstwa



Badania prowadzone w naszym Instytucie wymagają kontroli nad całym procesem rozrodczym ryb, a efektywna inkubacja zarodków jest kluczowym etapem badań (na zdjęciu zarodki okonia na wczesnym etapie rozwoju)

## ROZRÓD RYB – OD TEGO WSZYSTKO SIĘ ZACZYNA

Rozród to fundament akwakultury. Jakość gamet — ikry i plemników — przesądza o przeżywalności i zdrowiu kolejnych pokoleń. W gametach kryją się nie tylko geny, lecz także „pakiety informacyjne”: RNA, białka, lipidy i metabolity, które determinują pierwsze etapy rozwoju embrionu, odporność na choroby i zdolność adaptacji do stresów środowiskowych. Badania proteomiczne i metabolomiczne gamet ryb ważnych gospodarczo (karp, pstrąg, okoń) oraz zagrożonych wyginięciem (jesiotr syberyjski) pozwoliły na identyfikację setek molekuł warunkujących ruchliwość plemników, zdolność zapłodnienia i przeżywalność potomstwa. Częsteczki te mogą służyć jako markery jakości gamet, wspierając selekcję osobników o wysokim potencjale hodowlanym.

## RYBY JAKO WAŻNY MODEL BADAWCZY W BIOLOGII ROZRODU

Ryby są wyjątkowym modelem do badań biologicznych nad rozrodczością oraz dziedziczeniem cech, również w kontekście ewolucyjnym. Charakteryzują się dużą płodnością, ogromną

różnorodnością gatunkową, a rozwój zarodkowy wielu gatunków przebiega pozaustrojowo, co pozwala szczegółowo analizować kolejne etapy rozwoju. Gamety są bardzo wrażliwe na warunki środowiska, w jakich żyją organizmy. Zmiany w dostępności pokarmu, stres związany z konkurencją czy drapieżnikami, a także wpływ czynników klimatycznych mogą pozostawiać trwałe „ślady” w komórkach rozrodczych. Ślady te nie zmieniają samego DNA, lecz kształtują profil epigenetyczny oraz molekularny gamet, które warunkują to, jak u potomstwa będą działać ich geny. Dlatego gamety stanowią doskonały materiał do badań nad dziedziczeniem pozagenetycznym, w którym potomstwo przejmuje cechy nie tylko zapisane w DNA, ale również te związane z obecnością cząsteczek RNA, białek czy lipidów w gametach. W ten sposób można lepiej zrozumieć, jak środowisko i warunki życia rodziców wpływają na kondycję i jakość kolejnych pokoleń – co nabiera szczególnego znaczenia w obliczu dynamicznych zmian klimatu. Pozwala to lepiej rozumieć mechanizmy decydujące o jakości gamet, skuteczności zapłodnienia i rozwoju embrionów, co w praktyce otwiera drogę do tworzenia ryb odpornych na choroby i zmiany klimatyczne oraz opracowywania korzystnych hybryd hodowlanych.

## PRAKTYCZNE ZNACZENIE NASZYCH BADAŃ

Badania prowadzone w Instytucie znalazły bezpośrednie zastosowanie w praktyce hodowlanej. Opracowaliśmy metodę pneumatycznego pozyskiwania ikry ryb łososiowatych – mniej inwazyjną i bezpieczniejszą zarówno dla ryb, jak i dla hodowców. Wyznaczyliśmy też standardy przechowywania nasienia, zarówno w krótkim okresie, jak i w postaci nasienia kriokonserwanego. Dzięki tym technikom możliwe jest przeprowadzanie krzyżowań i selekcji hodowlanej bez konieczności idealnego



Codzienny monitoring raf koralowych jest kluczowy, by lepiej zrozumieć ich zmienność oraz wpływ zmian klimatu i wybrać optymalny moment na pobieranie próbek do badań

dopasowania terminów rozrodu samców i samic. Ponadto, dzięki temu stało się możliwe długotrwałe zabezpieczanie materiału genetycznego gatunków cennych i zagrożonych, takich jak pstrągi, jesiotry czy okonie, a także tych wykazujących pożądane cechy adaptacyjne do warunków hodowlanych (szybkie tempo wzrostu, odporność, płodność) – tak, by móc przekazywać je kolejnym pokoleniom. Kolejnym efektem naszych badań jest optymalizacja metod sztucznego rozrodu ryb okoniowatych, które wdrożono w wielu krajach Europy, ułatwiając planowanie oraz efektywne zarządzanie intensywną, a zarazem zrównoważoną hodowlą tych ryb.

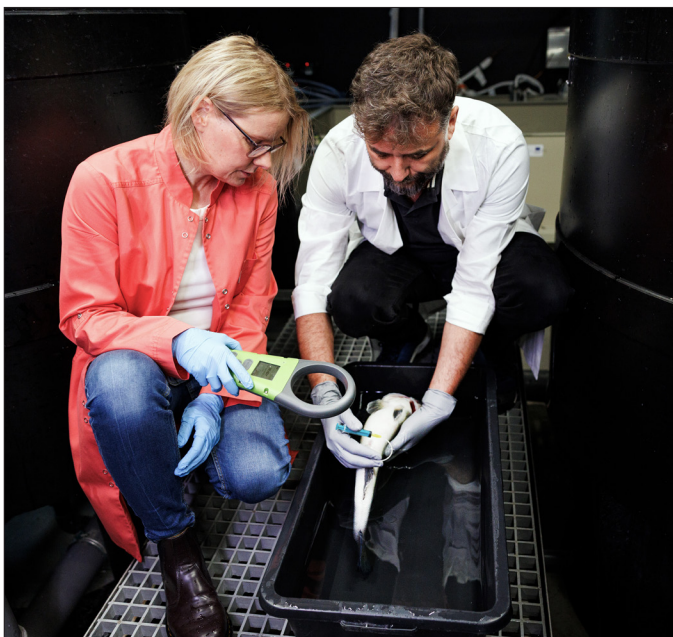
#### **JAKOŚĆ POTOMSTWA A SUKCES HODOWLANY**

Badamy również, jaką rolę odgrywa niegenetyczny przekaz rodzicielski i jak wpływa na dalszy rozwój potomstwa. To pytania fundamentalne, a jednocześnie o dużym znaczeniu praktycznym. Zrozumienie, jak kształtują się jakość gamet i ich profil molekularny oraz jakie czynniki ją warunkują, pozwala zarówno lepiej poznać mechanizmy dziedziczenia, jak i opracowywać rozwiązania wspierające hodowlę ryb. Przykładowo, ostatnie badania naszych naukowców wykazały, że niektóre za-

biegi hodowlane, takie jak manipulacje na plemnikach, mogą determinować rozwój układu wzroku u okonia, wskazując jednoznacznie, że to właśnie samiec ma duży wpływ na zdolność potomstwa do odbierania bodźców wzrokowych. Wiedza ta z kolei wyraźnie wskazuje, że selekcja samców okonia mogłaby być oparta na ich zdolności do poprawnego odbierania i przetwarzania bodźców wzrokowych, a być może też tych, za które odpowiedzialne są inne zmysły.

#### **OD RYB DO RAF**

Doświadczenia zdobyte w badaniach nad kriokonserwacją gamet ryb otworzyły nowe możliwości w obszarze ochrony zagrożonych ekosystemów. Jednym z siedlisk morskich najbardziej narażonych na skutki zmian klimatycznych są rafy koralowe – niezwykle różnorodne, a zarazem wyjątkowo wrażliwe. W naszym Instytucie prowadzone są pionierskie prace nad kriokonserwacją nasienia koralowców. Celem tych badań jest stworzenie banków genetycznych, które w przyszłości mogą posłużyć do odbudowy populacji w przypadku degradacji naturalnych siedlisk. Równolegle analizujemy możliwość uzyskania linii koralowców bardziej odpornych na stres środo-



*Okoń, nad rozrodem którego prowadzone są badania w naszym Instytucie, stał się ważnym gatunkiem modelowym dla słodkowodnej akwakultury (zdjęcie wykonane u partnera InLife – w Instytucie Rybactwa Śródlądowego PIB, Olsztyn)*



*Innowacyjne badania nad biologią rozrodu ryb wymagają dużego nakładu pracy, wiedzy i doświadczenia (zdjęcie wykonane u partnera InLife – w Instytucie Rybactwa Śródlądowego PIB, Olsztyn)*

wiskowy, w tym na podwyższoną temperaturę i zakwaszenie oceanów. Dzięki temu nasze laboratorium łączy badania nad rybami i koralowcami, skupiając się na przyszłości akwakultury, ochronie oceanów i praktycznych rozwiązaniach wspierających bioróżnorodność.

### **DLACZEGO TO MA ZNACZENIE?**

Badania prowadzone w naszym Instytucie łączą dwa wymiary: poznawczy i praktyczny. Z jednej strony odpowiadają na fundamentalne pytania biologii rozrodu – co warunkuje jakość gamet, jak rodzice wpływają na swoje potomstwo, jak działają mechanizmy niegenetycznego dziedziczenia i jakie cząsteczki decydują o sukcesie rozwojowym potomstwa. Z drugiej – pozwalają tworzyć rozwiązania stosowane w hodowlach w Polsce i Europie, zwiększając stabilność i efektywność akwakultury. To właśnie ta podwójna wartość sprawia, że nasze badania mają znaczenie zarówno dla rozwoju nauki na światowym poziomie, jak i dla bezpieczeństwa żywnościowego i ochrony środowiska. Warto również podkreślić, że osiągnięcia te nie byłyby możliwe bez efektywnej i długookresowej współpracy, zarówno w Polsce, jak i poza nią. Nasi naukowcy współpracują z najważniej-

szymi ośrodkami naukowymi oraz hodowlanymi, co pozwala na poszerzenie repertuaru niezbędnych kompetencji, jak i nadaje badaniom wymiar praktyczny. Ponadto, taka ścisła współpraca umożliwia wzajemny dostęp do unikalnej infrastruktury badawczej, co przekłada się na jej lepsze wykorzystanie i podejmowanie ambitnych wyzwań naukowych w tym obszarze.

### **RYBY SAME NIE URATUJĄ ŚWIATA**

Nasze badania pokazują, jak nauka może wspierać praktykę hodowlaną i ochronę ekosystemów. Dzięki tej pracy możliwe jest tworzenie zdrowszych i bardziej odpornych populacji ryb, rozwijanie nowoczesnej akwakultury odpornej na zmiany klimatyczne i antropopresję oraz poszerzanie wiedzy o podstawowych mechanizmach biologicznych. To połączenie nauki i praktyki sprawia, że ryby stają się ważnym elementem odpowiedzi na wyzwania współczesności – od bezpieczeństwa żywnościowego po ochronę bioróżnorodności.

dr hab. Daniel Źarski,  
prof. dr hab. Mariola Dietrich,  
dr hab. inż. Radosław Kajetan Kowalski



In  
Life

Związki bioaktywne obecne w żywności pochodzenia roślinnego nabierają szczególnego znaczenia w obliczu narastającej skali chorób cywilizacyjnych, takich jak cukrzyca typu 2 i alergie.

BARTOSZ FOTSCHKI, ANNA OGRODOWCZYK, RÓŻA ALEKSANDROWICZ, LIDIA MARKIEWICZ,  
MAREK STRĄCZKOWSKI, BARBARA WRÓBLEWSKA, ADAM JURGOŃSKI,  
JERZY JUŚKIEWICZ, WIESŁAW WICZKOWSKI

# Bioaktywne składniki żywności: od biodostępności do funkcjonalności w profilaktyce chorób cywilizacyjnych

Jeszcze do niedawna żywność traktowano głównie jako źródło energii oraz podstawowych składników odżywczych. Dziś wiadomo już, że zawiera ona także liczne związki bioaktywne, które mogą oddziaływać na organizm na poziomie molekularnym i komórkowym. Polifenole, kwasy tłuszczowe omega-3,  $\beta$ -glukany, bioaktywne peptydy czy karotenoidy to tylko część bogatego repertuaru substancji, których działanie wykracza poza klasyczne odżywianie. Ich znaczenie jest coraz większe w obliczu narastającej skali chorób cywilizacyjnych, takich jak otyłość, cukrzyca typu 2, choroby sercowo-naczyniowe, alergia

czy nowotwory. Zrozumienie mechanizmu funkcjonowania składników bioaktywnych wymaga prześledzenia ich drogi od spożycia do rzeczywistego działania w organizmie, co określa się jako przejście od biodostępności do funkcjonalności. Właśnie nad tym zagadnieniem od wielu lat pracują zespoły badawcze z InLife Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk, które łączą wiedzę z zakresu biologii, chemii żywności i medycyny translacyjnej.

Badania prowadzone w Instytucie pozwalają zrozumieć, w jaki sposób bioaktywne składniki pochodzenia roślinnego



Technologia mikroprzepływów stosowana w badaniach profilaktyki chorób metabolicznych.



Elektroforeza jako kluczowa technika w odkrywaniu mechanizmów działania związków bioaktywnych.

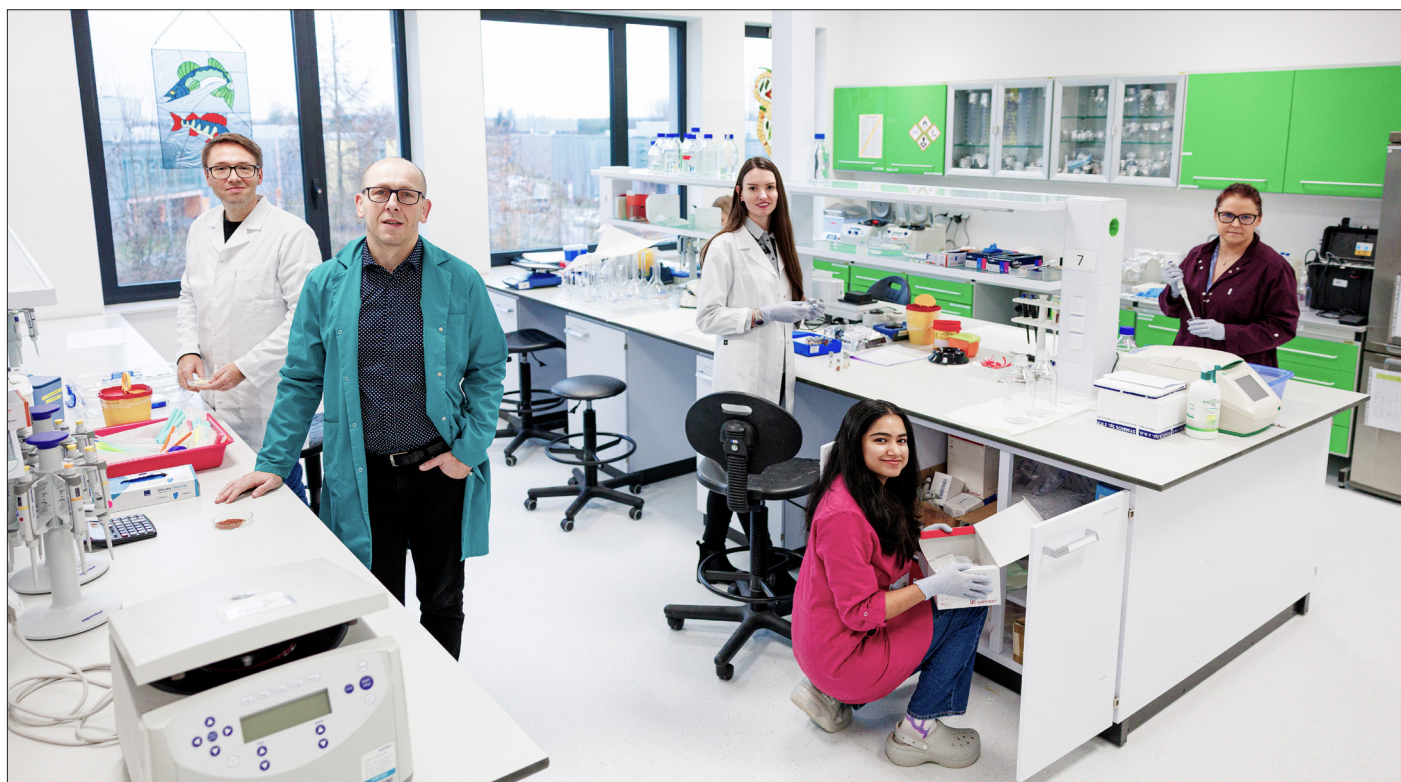
i zwierzęcego oddziałują z mikrobiotą jelitową, jak są metabolizowane w przewodzie pokarmowym oraz jakie mechanizmy molekularne odpowiadają za ich prozdrowotne działanie. Dzięki wykorzystaniu nowoczesnych modeli *in vitro* i *in vivo*, a także technik omicznych, naukowcy z Olsztyna przyczyniają się do odkrywania nowych zależności między dietą a zdrowiem człowieka i zwierząt, tworząc podstawy dla rozwoju żywności funkcjonalnej nowej generacji.

Biodostępność oznacza, że dany składnik musi najpierw uwolnić się z produktu spożywczego, zostać wchłonięty w przewodzie pokarmowym, a następnie rozprowadzony po organizmie. Nie zawsze jednak obecność bioaktywnego związku w żywności oznacza, że zadziała on w naszym organizmie – wiele zależy od tego, czy zostanie przekształcony w aktywną formę i czy dotrze tam, gdzie jest potrzebny. Co ciekawe, niektóre składniki mogą działać już w samym przewodzie pokarmowym, np. jako przeciwutleniacze, nawet jeśli nie zostaną wchłonięte. Wówczas działają na organizm człowieka, między innymi poprzez wpływ na skład i liczebność mikrobioty przewodu pokarmowego.

Na biodostępność wpływa wiele czynników – od składu posiłku i struktury chemicznej związków, przez interakcje między jego składnikami, po indywidualne cechy organizmu, takie jak mikrobiota, predyspozycje metaboliczne czy zaburzenia funkcjonowania przewodu pokarmowego. Przykładowo,

elagotaniny z malin i truskawek po bakteryjnej transformacji w urolityny w jelicie grubym zyskują silne właściwości przeciwnzapalne i antyoksydacyjne, korzystnie wpływające na funkcjonowanie naszego organizmu. Również biodostępność antocyjanów, czyli naturalnych barwników roślinnych (np. z aronii czy kapusty czerwonej) o silnym działaniu biologicznym, zależy m.in. od procesu fermentacji i wysycenia mechanizmów wchłaniania po ich spożyciu. Kwercetyna jest przykładem tego, jak struktura chemiczna związku oraz matryca żywnościowa wpływają na jego biodostępność i bioaktywność. Jej naturalnym źródłem jest np. cebula, w której występuje zarówno w formie rozpuszczalnego w tłuszczach aglikonu wykazującego większy potencjał do wchłaniania, jak i w postaci glukozydowych pochodnych o właściwościach hydrofilowych charakteryzujących się mniejszym wchłanianiem.

Dopiero po przejściu etapu wchłaniania można mówić o bezpośredniej bioaktywności, czyli wpływie substancji na procesy biologiczne w organizmie. Badania wskazują, że wiele związków działa efektywniej nie w izolacji, lecz w synergii z innymi metabolitami, często pochodzącymi z przemian bakteryjnych. Takie interakcje tłumaczą, dlaczego dieta bogata w błonnik czy polifenole (np. antocyjany) wpływa na zdrowie metaboliczne i sercowo-naczyniowe, a także może wspierać prewencję nowotworów. Co więcej, coraz częściej podkreśla się znaczenie bioaktywnych składników w procesach starze-



Naukowcy InLife śledzą wzajemne oddziaływania składników żywności po ich spożyciu, np. w przewodzie pokarmowym, gdzie, poprzez wpływ na mikrobiotę, mogą zmieniać swoją dostępność i aktywność biologiczną.

nia, gdzie resweratrol, kwercetyna, antocyjany czy kurkumina oddziałują na mechanizmy stresu oksydacyjnego i autofagii, otwierając perspektywy w zakresie spowalniania rozwoju chorób neurodegeneracyjnych. Jednocześnie wciąż istnieją liczne bariery w praktycznym wykorzystaniu tej wiedzy. Należą do nich duże zróżnicowanie indywidualnych odpowiedzi na różnorodne bioaktywne składniki i/lub ich grupy, brak pełnej standaryzacji badań klinicznych oraz ograniczona stabilność wielu związków podczas przetwarzania i przechowywania żywności. Dlatego tak istotne stają się nowe technologie zwiększające biodostępność i stabilność, a także rozwój badań z zakresu nutrigenomiki, metagenomiki i metabolomiki, które pozwalają na coraz bardziej spersonalizowane podejście do diety i prewencji chorób.

Kolejnym ważnym obszarem wymagającym pogłębienia wiedzy w kontekście biodostępności i funkcjonalności bioaktywnych składników w diecie jest ich interakcja z matrycą żywności. Suplementacja diety, wzbogacanie produktów, a także włączanie nowych, alternatywnych źródeł składników odżywczych i bioaktywnych stanowi nie tylko szansę, ale również wyzwanie w obszarze bezpieczeństwa żywności, tym samym wymaga ciągłych pogłębionych badań. Z jednej strony substancje bioaktywne oraz ich interakcje z matrycą mogą zwiększać

prozdrowotne właściwości produktu, z drugiej zaś tworzące się nowe kompleksy, zwłaszcza białkowe/peptydowe, mogą zmieniać immunoreaktywność produktu, a nawet decydować o jego alergenicności.

Alergia pokarmowa pozostaje schorzeniem, dla którego wciąż nie opracowano skutecznego leczenia. W związku z tym intensywnie poszukuje się nowoczesnych technologii umożliwiających produkcję żywności o obniżonej immunoreaktywności. Jedną z obiecujących metod jest hydroliza białek, prowadząca do uzyskania peptydów o niskiej immunogenności, pozyskiwanych z różnych źródeł, w tym zwierzęcych, roślinnych oraz mikrobiologicznych. Peptydy uzyskane w trakcie hydrolizy, w tym także mikrobiologicznej, mogą wykazywać szerokie spektrum właściwości prozdrowotnych. Dlatego istotne stają się właściwe metody testowania wpływu tych związków na układ immunologiczny w złożonych modelach badawczych – *in vitro*, *in vivo*, *ex vivo* oraz *in silico*. Takie podejście pozwala szczegółowo poznać mechanizmy ich działania na poziomie komórkowym i molekularnym. Przykładem interakcji białkowego komponentu z substancjami bioaktywnymi mogą być kompleksy białek i peptydów mlecznych z polifenolami owoców jagodowych, które zwiększają biodostępność i stabilność antocyjanów. Ponadto analizy dokowania testowanych kom-



Zaawansowana aparatura laboratoryjna InLife wspiera badania nad składem i funkcjonalnością związków bioaktywnych.



Od surowca do wyniku - przygotowanie próbek to pierwszy krok do zrozumienia, jak bioaktywne składniki wpływają na zdrowie konsumenta

pleksów wskazują, że kompleksy białkowo-polifenolowe mogą uniemożliwiać wiązanie się swoistych przeciwciał IgE, produkowanych w początkowej fazie uczulenia chroniąc przed wystąpieniem reakcji alergicznej. Testowanie takich właściwości przed interwencją żywieniową jest niezbędne z perspektywy bezpieczeństwa żywności.

Na szczególną uwagę zasługuje profilaktyka otyłości i cukrzycy typu 2. W tym obszarze kluczową rolę odgrywają bioaktywne składniki żywności. Wśród nich szczególne miejsce zajmują polifenole, błonnik pokarmowy (np.  $\beta$ -glukany) oraz nienasycone kwasy tłuszczowe. Polifenole wpływają na metabolizm glukozy poprzez poprawę wrażliwości tkanek na insulinę, hamowanie enzymów trawiennych i ochronę komórek  $\beta$  trzustki, które produkują insulinę. Badania epidemiologiczne wykazują, że osoby spożywające więcej produktów bogatych w polifenole (np. jagody, zieloną herbatę, gorzką czekoladę) mają niższe ryzyko rozwoju cukrzycy typu 2. Druga grupa bioaktywnych składników –  $\beta$ -glukany – poprawiają wrażliwość na insulinę w wyniku spowalniania wchłaniania glukozy w jelitach i obniżenia poziomu insuliny po posiłku. Przy regularnym stosowaniu poprawiają profil glikemii na czczo. Ich regularne spożycie może wspierać profilaktykę i leczenie stanu przedcukrzycowego oraz cukrzycy typu 2, zwłaszcza w połączeniu ze zdrową dietą i aktywnością fizyczną. Natomiast nienasycone kwasy tłuszczowe wspomagają spalanie tłuszczu trzewnego (odkładającego się wokół narządów), wpływają korzystnie na profil lipidowy, obniżając poziom „złego” cholesterolu (LDL) i triglicerydów, oraz regulują hormo-

ny sytości i głodu, np. leptynę i grelinę, co pomaga kontrolować apetyt. Kwasy tłuszczowe omega-3 wykazują dodatkowo działanie przeciwzapalne, co jest istotne, ponieważ przewlekły stan zapalny towarzyszy zarówno otyłości, jak i cukrzycy typu 2. Zarówno polifenole, jak i nienasycone kwasy tłuszczowe mają udowodnione działanie wspomagające redukcję masy ciała i zmniejszające ryzyko cukrzycy typu 2. Włączenie ich do codziennej diety – poprzez naturalne, nieprzetworzone produkty – może być jednym z najprostszych i najskuteczniejszych sposobów na poprawę zdrowia i jakości życia.

Bioaktywne składniki żywności stanowią dziś jeden z najciekawszych obszarów badań bezpośrednio powiązanych ze zdrowiem człowieka. Ich potencjał w prewencji chorób cywilizacyjnych jest ogromny, jednak droga od biodostępności do funkcjonalności pozostaje złożona i wymaga uwzględnienia wielu czynników biologicznych i technologicznych. Przyszłość należy do podejścia spersonalizowanego, które pozwoli lepiej dopasować interwencje dietetyczne do indywidualnych potrzeb. Zrozumienie i wykorzystanie potencjału bioaktywnych składników może stać się jednym z kluczowych narzędzi w walce z chorobami cywilizacyjnymi i poprawie jakości życia w starzejących się społeczeństwach.

dr hab. Bartosz Fotschki, dr Anna Ogrodowczyk,  
mgr Róża Aleksandrowicz, dr Lidia Markiewicz,  
prof. dr hab. Marek Strączkowski,  
prof. dr hab. Barbara Wróblewska, dr hab. Adam Jurgoński,  
prof. dr hab. inż. Jerzy Juśkiewicz, prof. dr hab. inż. Wiesław Wiczkowski



Mleko matki odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu zdrowia potomstwa przez całe życie

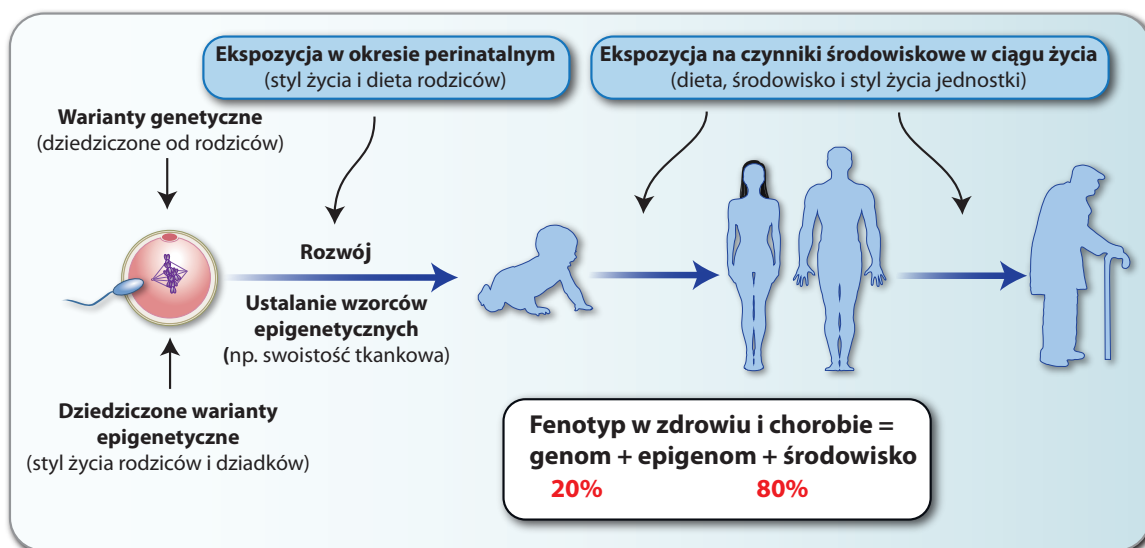
MONIKA M. KACZMAREK, CARSTEN CARLBERG  
JULIA JAROSŁAWSKA-MISZKIEWICZ, PIOTR KACZYŃSKI

# Nutrigenomika w opiece zdrowotnej: jak dieta kształtuje nasze geny i zdrowie przyszłych pokoleń

Dieta to coś więcej niż tylko źródło energii. Każdy posiłek dostarcza informacji, które nasz organizm „odczytuje” na poziomie genów. Nutrigenomika bada, w jaki sposób składniki odżywcze mogą wpływać na ekspresję genów, włączając lub wyłączając określone programy genetyczne. To z kolei kształtuje naszą odporność, metabolizm, a nawet zdrowie przyszłych pokoleń<sup>1</sup>. W InLife Instytucie Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk zagadnienia te zgłębiają dwa zespoły badawcze: Zespół Nutrigenomiki oraz Zespół Programowania Płodności i Rozwoju. Ich badania pokazują, że to, co jemy dziś, nie tylko wpływa na nasze zdrowie, ale także naszych dzieci i wnuków.

## JAK JEDZENIE „ROZMAWIA” Z GENAMI – ZESPÓŁ NUTRIGENOMIKI

Komórki są wyposażone w swoiste „anteny”, które odbierają sygnały z pożywienia. Należą do nich m.in. receptory jądrowe – białka, które wiążą witaminy i lipidy, a następnie aktywują lub wyciszają setki genów. Klasycznym przykładem jest receptor witaminy D: gdy połączy się z aktywną formą hormonu, współpracuje z enzymami modyfikującymi chromatynę, otwierając lub zamykając dostęp do DNA. W ten sposób reguluje odporność i metabolizm<sup>2</sup>. To pokazuje, że pożywienie nie tylko dostarcza energii – ono „stroji” naszą biologię, wpływając na to, jak działają nasze geny.



Jak geny, epigenetyka i środowisko kształtują nasze zdrowie przez całe życie

Epigenetyka dodaje kolejną warstwę regulacji. Chemiczne „znaczniki” na DNA i białkach histonowych decydują, które geny pozostaną aktywne. Kwas foliowy i inne witaminy z grupy B dostarczają grup metylowych niezbędnych do metylacji DNA – dlatego suplementacja kwasu foliowego przed ciążą chroni rozwijający się płód przed wadami cewy nerwowej. Z kolei polifenole pochodzące z roślin mogą hamować ekspresję genów prozapalnych, co pomaga w walce z przewlekłym stanem zapalnym. Energia pochodząca z pożywienia jest również kluczowa dla prawidłowego funkcjonowania układu odpornościowego, ponieważ komórki odpornościowe potrzebują jej do skutecznego działania. Dodatkowo, regulatory epigenetyczne, takie jak witamina D, wpływają na rozwój i funkcjonowanie układu odpornościowego, szczególnie podczas procesu tworzenia się komórek krwi (hematopoezy). Choć z wiekiem spada elastyczność metaboliczna, enzymy wykrywające sygnały metaboliczne nadal interpretują wskazówki płynące z diety. Właściwe wzorce żywieniowe, które utrzymują równowagę energetyczną, ograniczają przewlekły stan zapalny i wspierają sprawność immunologiczną, mogą skracać okres choroby i wydłużać lata zdrowego życia<sup>3</sup>. To również tłumaczy, dlaczego dwie osoby mogą różnie reagować na tę samą dietę – genetyka i epigenetyka zależna od metabolizmu wpływają na interpretację sygnałów żywieniowych przez organizm.

## NAJCZEŚNIEJSZE ETAPY ŻYCIA – ZESPÓŁ PROGRAMOWANIA PŁODNOŚCI I ROZWOJU

Rozród jest możliwy tylko w optymalnych warunkach. W naturze wiele gatunków rozmnaża się sezonowo, dostosowując płodność do okresów obfitości zasobów. U ludzi silny stres lub niedożywienie mogą zatrzymać owulację, jak w przypadku anoreksji. Te przykłady pokazują, jak ściśle zdolność rozrodcza jest powiązana z równowagą energetyczną i odżywianiem.

Dieta matki lub ojca może pozostawić trwały ślad w komórkach rozrodczych, zarodku i łożysku, wpływając na zdrowie potomstwa. Nasze badania pokazują, że dieta ketogeniczna u samic zmienia strukturę oocytów i dystrybucję mitochondriów – „elektrowni” komórek – co może wpływać na płodność. Natomiast dieta wysokotłuszczowa zaburza produkcję hormonów jajnikowych. Odbyna się to z udziałem leptyny wydzielanej przez tkankę tłuszczową i szlak Nodal, obniżając płodność myszy<sup>4</sup>. Z kolei diety redukcyjne – zarówno zbilansowane, jak i ketogeniczne – modyfikują profil hormonów regulujących procesy rozrodcze u kobiet z nadwagą<sup>5</sup>. Dieta ojcowska również ma znaczenie: może zmieniać ładunek epigenetyczny plemników, przeprogramowując metabolizm i ekspresję genów w łożysku, co zwiększa ryzyko chorób metabolicznych u potomstwa.

Historyczne dane epidemiologiczne potwierdzają te mechanizmy. Badania nad skutkami „Głodowej Zimy” w Holandii podczas II wojny światowej pokazały, że niedożywienie w okresie prenatalnym pozostawia epigenetyczne „blizny”, wykrywalne nawet po dziesięcioleciach. Zmiany te przekładały się na trwałe zaburzenia metaboliczne, zwiększając ryzyko chorób przewlekłych, takich jak choroby serca, otyłość i cukrzyca – zwłaszcza w warunkach późniejszej obfitości pokarmu. Wyniki te wspierają koncepcję **Rozwojowego uwarunkowania zdrowia i choroby** (*Developmental Origins of Health and Disease, DOHaD*) – wczesna dieta programuje zdrowie na całe życie.

## MLEKO – PIERWSZY PROGRAMUJĄCY POKARM

Zgodnie z koncepcją DOHaD, również okres postnatalny odgrywa kluczową rolę w programowaniu żywieniowym. Mleko matki to doskonały przykład pokarmu, który nie tylko odżywia, ale także jest nośnikiem informacji. Badania prowadzone w naszym Instytucie pokazują, że niebilansowana dieta matki w okresie laktacji



Badania nad procesami zachodzącymi w układzie rozrodczym samic umożliwiają nam zrozumienie, jak nasza dieta i styl życia wpływają na zdrowie przyszłych pokoleń

może wpływać na produkcję i skład mleka, co z kolei przyczynia się do programowania zdrowia potomstwa<sup>6</sup>. W mleku matki znajdują się hormony, oligosacharydy, mikroRNA oraz pęcherzyki zewnątrzkomórkowe, które przekazują sygnały regulacyjne. Te molekularne komunikaty kształtują m.in. odporność, metabolizm i rozwój układu nerwowego noworodka. Badanie tych mechanizmów pomaga zrozumieć, dlaczego karmienie piersią przynosi długotrwałe korzyści. To także potwierdza, że mleko kobiece ma wyjątkową wartość, która wykracza daleko poza jego funkcję odżywczą.

#### OD LABORATORIUM DO OPIEKI ZDROWOTNEJ

Uznanie pożywienia za źródło informacji otwiera nowe możliwości – nie tylko dla nauki, ale także dla innowacyjnych rozwiązań społecznych. Precyzyjne żywienie oznacza dostosowanie diety i suplementacji do indywidualnej biologii – np. poprzez pomiar poziomu witaminy D zamiast zgadywania, kto wymaga suplementacji. Najbardziej wrażliwe etapy rozwoju – od czasu poprzedzającego poczęcie, przez okres ciąży, aż po wczesne dzieciństwo – to momenty, w których nawet drobne zmiany żywieniowe mogą trwale wpłynąć na zdrowie przyszłych pokoleń. Jednak odżywianie ma znaczenie na każdym etapie życia. Zdrowe wzorce żywieniowe ograniczają przewlekły stan zapalny, wspierają funkcjonowanie układu odpornościowego i wydłużają lata przeżyte w zdrowiu. W naszym Instytucie poszukujemy więc nowych rozwiązań na styku żywienia, zdrowia i rozrodu – z korzyścią dla ludzi, zwierząt i środowiska.

#### ZAKOŃCZENIE

Nie możemy zmienić DNA, które dziedziczymy, ale możemy wpływać na to, jak jest odczytywane. Pożywienie staje się wiadomością dla naszych genów – wiadomością, którą możemy przekazać naszym dzieciom i wnukom. Badania prowadzone w InLife Instytucie Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN pokazują, że dieta to znacznie więcej niż styl życia – to potężne narzędzie, które kształtuje zdrowie nasze i przyszłych pokoleń.

- Carlberg, C.; Molnar, F., *Nutrigenomics: How Science Works*, 2nd ed. Springer Textbook, DOI:10.1007/978-3-031-85881-9 (2025).
- Carlberg, C.; Raczyk, M.; Zawrotna, N., *Vitamin D: a master example of nutrigenomics*. *Redox Biol* 62, 102695, DOI:10.1016/j.redox.2023.102695 (2023).
- Carlberg, C.; Ulven, S.M.; Velleuer, E., *Aging: how science works*. Springer Textbook, DOI:10.1007/978-3-031-61257-2 (2024).
- Wołodko, K.; Šentjurs, T.; Walewska, E.; Laniecka, E.; Jura, M.; Galvão, A., *Increased susceptibility to diet-induced obesity in female mice impairs ovarian steroidogenesis: The role of elevated leptin signalling on nodal activity inhibition in theca cells*. *Mol Metab* 91, 102062, DOI: 10.1016/j.molmet.2024.102062 (2025).
- Kaczynski P.; Drabinska N.; Romaszko J. *The effect of ketogenic diet on reproductive hormone secretion in women*. *Fertility Conference, Edinburgh 2024*, <https://custom-eur.cvent.com/d88bbcd28d284d0d914e1f13e464b59f/files/80e2129aa8a645a2877528593219fb2d.pdf>, s. 106-107.
- Kaczmarek, M.M.; Mendoza, T.; Kozak, L.P., *Lactation undernutrition leads to multigenerational molecular programming of hypothalamic gene networks controlling reproduction*. *BMC Genomics* 17, 333, DOI: 10.1186/s12864-016-2615-4 (2016).

prof. dr hab. Monika M. Kaczmarek, prof. Carsten Carlberg,  
dr Julia Jarosławska-Miszkievicz, dr Piotr Kaczyński

prof. Carsten Carlberg jest zatrudniony w InLife  
w ramach projektu UE H2020 (952601) ERA Chairs Welcome2  
„Powołanie Centrum doskonałości w obszarze nutrigenomiki dla  
poprawy zdrowia i jakości życia” (nr grantu 952601)



Tabun koników polskich nad jeziorem Beldany

ANNA KORZEKWA, MAMADOU BAH, ANNA KONONIUK,  
KATARZYNA BOROŃSKA, ALEKSANDRA SZYMBORSKA, JOANNA SADOWSKA,  
REMIGIUSZ ŁOBODA, TOMASZ OLESZKIEWICZ

# Popielno

– żywe laboratorium bioróżnorodności,  
unikalne połączenie przyrody,  
nauki i edukacji

## KRAJOBRAZ KULTUROWY POPIELNA I HISTORIA ORGANIZACJI STACJI BADAWCZEJ

Na zachodnim brzegu jeziora Śniardwy leży Popielno, którego dzieje nierozdzielnie wiążą się z wodą, lasem i pracą ludzi. Dziś znane ze Stacji Badawczej InLife Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN i koników polskich, już w XIX–XX w. było ważnym ośrodkiem gospodarczym i punktem na szlaku wodnym.

Osada powstała w XVII w., a w XVIII w. jej centrum stanowił zespół dworski z polami, sadami i zabudowaniami go-

spodarczymi. Z tamtego czasu zachował się ceglany spichlerz z 1858 r. Nazwa wsi nawiązuje do popielarstwa – rzemiosła polegającego na wytwarzaniu potażu z popiołu drzewnego, cennego w produkcji szkła, mydła i garbarstwie. W XIX w. jezioro Śniardwy było ważnym szlakiem handlowym, po którym transportowano zboże, potaż, drewno i ryby. Mieszkańcy utrzymywali się głównie z rybołówstwa, leśnictwa i myślistwa. Śniardwy obfitowały w szczupaki i węgorze, a lasy w zwierzynę łowną. Na przełomie XIX i XX w. działała tu filia

## POPIELNO

Uniwersytetu w Królewcu z parkiem dworskim przekształconym w alpinarium.

Po II wojnie światowej Popielno znalazło się w granicach Polski. W 1956 r. utworzono tu Stację Badawczą Zakładu Hodowli Doświadczalnej Zwierząt PAN, z inicjatywy prof. Mieczysława Czai. Placówka miała chronić i odbudowywać zasoby przyrodnicze kraju. Lata 1970–1993 to okres dynamicznego rozwoju badań i wzmocnienia pozycji Stacji jako ośrodka hodowli ekologicznej.

W 1993 r. Stacja uzyskała status niezależnej jednostki PAN – Stacji Badawczej Rolnictwa Ekologicznego i Hodowli Zachowawczej Zwierząt, w której funkcjonowały działy zajmujące się głównie hodowlą konika polskiego, bydła, świń złotnickich i królików.

Od 2016 r. jednostka należy do InLife Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN, a kieruje nią dr Mamadou Bah. Rok później w Popielnie powołano Zespół Ochrony Biodóżnorodności (ZOB), którym zarządza prof. Anna Korzekwa.

### FAUNA POPIELNA – KONIKI POLSKIE

Konik polski to jedna z najstarszych i najbardziej charakterystycznych ras koni pierwotnych w Europie. Stanowi symbol polskiego dziedzictwa przyrodniczego i świadectwo historii udomowienia koni. Zachował cechy tarpana: myszate umaszczenie z pręgą grzbietową, odporność, płodność i silny instynkt stadny. Obecna populacja to efekt hodowli rozpoczętej w latach 20. XX w. i kontynuowanej po II wojnie światowej w Stacji PAN w Popielnie.

Twórcą idei restytucji tarpana był prof. Tadeusz Vetulani z Uniwersytetu Poznańskiego. W latach 1927–1933 badał prymitywne konie z Biłgoraja i Zwierzyńca, uznając je za potomków tarpana leśnego. W 1936 r. utworzył Rezerwat Koników Polskich w Białowieży, lecz działania przerwała wojna. W 1949 r. w Popielnie rozpoczęto odbudowę hodowli z koni ocalałych z Białowieży. Kierowniczką była mgr Krystyna Tomaszewska, następnie dr Magdalena Jaworowska; a nadzór sprawował prof. Witold Pruski. Utworzono grupy hodowlane i wprowadzono selekcję uwzględniającą umaszczenie, wytrzymałość i temperament. W kolejnych dekadach prace prowadzone przez prof. Mirosława Kownackiego i prof. Tadeusza Jezierskiego nadały hodowli charakter naukowy. Opracowano tablice genealogiczne i prowadzono badania behawioralne nad strukturą tabunów.

Od początku XXI w. Popielno pełni rolę krajowego centrum programu ochrony zasobów genowych konika polskie-

go, obejmującego hodowlę rezerwatową i stajenną. W 2024 r. stanowisko specjalisty ds. hodowli objęła Aleksandra Szymborska, po prof. Marcie Siemieniuch, a prof. Z. Jaworski nadal pełni rolę doradcy naukowego.

Obecnie w Stacji w Popielnie utrzymywane są cztery tabuny pod przewodnictwem ogierów: Turbacz P, Namur P, Odys P i Lidyt P. Stada liczą 4–8 klaczy z młodymi i zajmują łącznie ok. 1600 ha. Hodowla odbywa się w systemie półdzikim, przy minimalnej ingerencji człowieka. Jej celem jest zachowanie naturalnych cech konika – odporności, płodności i zdolności przystosowania do środowiska leśnego. Program hodowlany reguluje wymianę genów między stadami i ośrodkami, wspierając ochronę dziedzictwa tarpana.

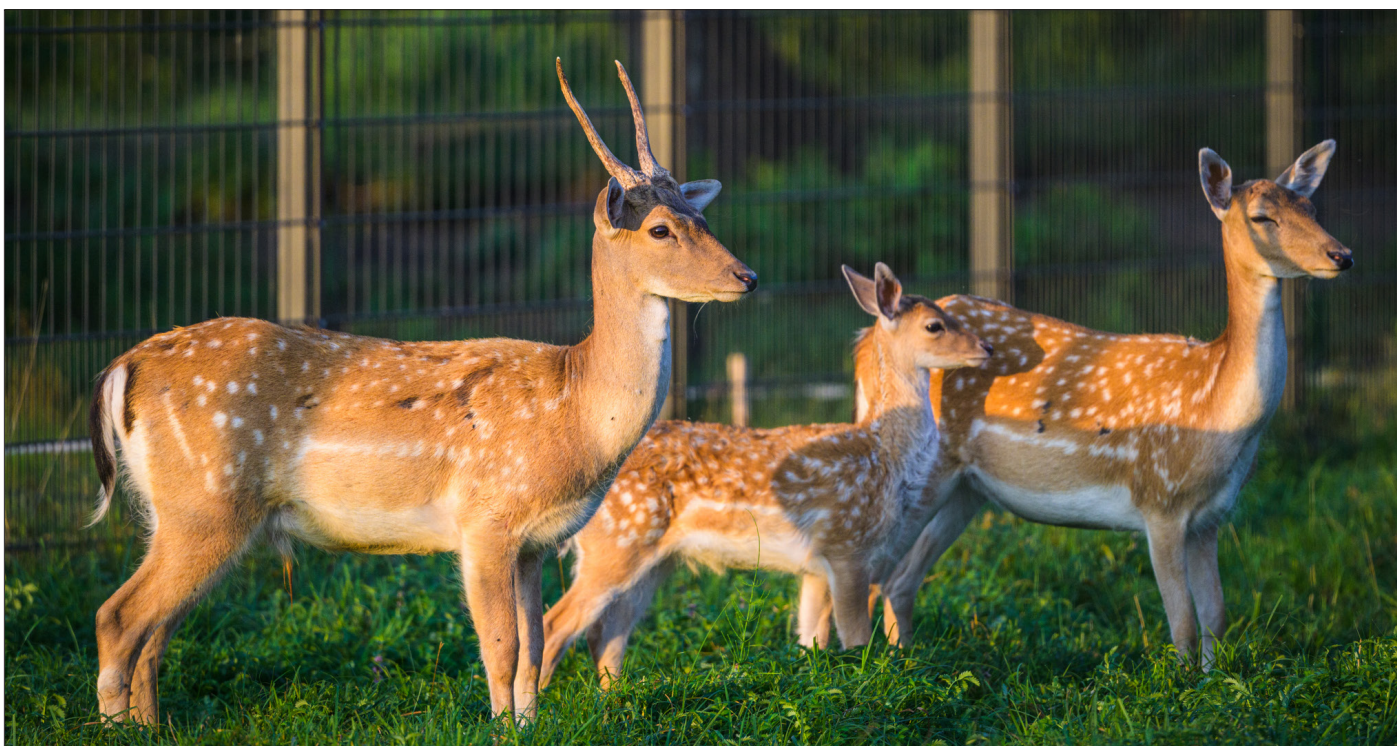
### BOBRY

Najstarszy akt ochrony przyrody w Polsce pochodzi z XI w., gdy Bolesław Chrobry powołał urząd bobrowniczego i zastrzegł sobie prawo do pozyskiwania bobrów. Mimo to ich liczebność w kolejnych wiekach drastycznie malała – po II wojnie światowej w północno-wschodniej Polsce żyło zaledwie ok. 130 osobników. W latach 1948–1949 sprowadzono 26 bobrów z Wornieża, które wprowadzono nad Biebrzą i przekazano do ośrodka w Oliwie. W 1958 r. przeniesiono je do Zakładu Doświadczalnego PAN w Popielnie. W 1974 r. prof. Wirgiliusz Żurowski rozpoczął Program Aktywnej Ochrony Bobra Europejskiego, polegający na wypuszczaniu kilkudziesięciu osobników rocznie w wytypowanych siedliskach w całej Polsce. Wykorzystywano bobry z hodowli w Popielnie oraz odłowione dzikie. Tutejsza bobrownia, mieszcząca ok. 20 rodzin, była nowoczesnym ośrodkiem z systemem doprowadzania wody i odprowadzania zanieczyszczeń.

Hodowla została zakończona po sukcesie programu i wzroście populacji bobrów w kraju. Badania nad introdukcją, behawiorem i żerowaniem stanowiły podstawę habilitacji prof. Żurowskiego. Prof. Zygmunt Giżejowski kontynuował zagadnienia badawcze dotyczące układu nerwowego, rozrodu i zanieczyszczeń w tkankach, a dr Jumpei Tomiyasu odkrył wyjątkową czułość narządu lemieszowego bobrów. Obecnie ZOB prowadzi badania nad metabolizmem steroidów u tych zwierząt.

### BYDŁO

W latach 50. XX w. w Popielnie hodowano bydło rasy polskiej czerwonej (PC), które dawało ok. 2200 kg mleka rocznie. Z inicjatywy prof. Henryka Jasiorowskiego i doc. Jerzego Goszczyńskiego rozpoczęto krzyżowanie uszlachetniające w celu popra-



Daniele w zagrodzie pokazowej Stacji Badawczej InLife w Popielnie

wy wydajności. Po likwidacji stad w Ełku i Baranowie w 1993 r. utworzono stado ochronne w Stacji w Popielnie, kontynuując badania nad rasą PC oraz bydłem czarno-białym.

Badania prof. Macieja Żurkowskiego dotyczyły analizy zmienności genetycznej przy użyciu markerów DNA i wykazały, że bydło PC stanowi unikalny bank genów z cechami utraconymi u innych ras w wyniku intensywnej selekcji.

W 2017 r. stado przeniesiono na obszar Wielkiego Lasu. Obecnie realizowany jest projekt „Powrót hodowli bydła czerwonego”, którego celami są rozwój zrównoważonych metod hodowli mięsnej, poprawa dobrostanu zwierząt, ochrona bioróżnorodności oraz opracowanie innowacyjnych sposobów przetwarzania i certyfikacji produktów pochodzących od bydła PC.

## JELENIOWATE

Już w 1956 r. opublikowano wyniki badań nad profilami hormonalnymi w odniesieniu do rozwoju poroża jeleni hodowanych w Popielnie. Prof. Zbigniew Jacewski prowadził tu pionierskie prace nad zależnością między cyklem poroża a długością dnia. Dr A. Krzywiński jako pierwszy na świecie pobrał nasienie od jelenia metodą sztucznej pochwy i uzyskał cielęta po inseminacji. Choć dziś jeleniowate nie są już hodowane w Popielnie, ZOB prowadzi badania nad wpływem środowiska na odpor-

ność saren i jeleni. Współpracując z myśliwymi, zespół ustalił, że silna kondycja nie zawsze idzie w parze z wysoką odpornością. Opracowano metody pobierania gamet i zapłodnienia in vitro oraz pozyskano komórki macierzyste z poroża do badań nad ich zastosowaniem terapeutycznym. Ze względu na wartości odżywcze jeleniny i sarniny, ZOB prowadzi badania wdrożeniowe dotyczące walorów dzicyzny.

## KRÓLIKI POPIELAŃSKIE, PSZCZOŁY I ŻUBRONIE

W Popielnie prowadzono fermę królików pod opieką prof. Stanisława Wężyka i prof. Zbigniewa Kamińskiego. W 1965 r. hodowlę przeniesiono do Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu. Doświadczenia rozpoczęte w 1950 r. doprowadziły do uzyskania albinotycznej linii królików, z której w 1989 r. powstała rasa królik popieleński biały. Ceniona jest za wysoką jakość mięsa, niską zawartość cholesterolu i odporność, dzięki czemu dobrze sprawdza się w chowie ekologicznym. Od 2000 r. rasa objęta jest programem ochrony zasobów genetycznych.

Po przekształceniu Zakładu w Stację Badawczą rozszerzono badania o ekologię i monitoring środowiska. Dr W. Witkiewicz badał pszczoły augustowskie, kaukaskie i kraińskie jako bioindykatory czystości Puszczy Piskiej. Analizowano miód, pyłek i czerwie pod kątem metali ciężkich, węglowodorów i pier-

## POPIELNO



Krowa rasy czerwonej polskiej z cielętami na pastwisku w Wielkim Lesie przynależącym do Stacji Badawczej InLife w Popielnie



Ekspонат taksydermiczny żubroniobizona Brutusa w Muzeum Stacji Badawczej InLife w Popielnie

wiastków promieniotwórczych, i stwierdzono, że najlepszym wskaźnikiem zanieczyszczeń jest pyłek.

Choć żubronie nie stanowiły osobnego kierunku badań, ich hodowlę zapoczątkował w 1958 r. prof. Mieczysław Czaja. Pierwsza krzyżówka żubra i bydła rasy polskiej czerwonej urodziła się w 1962 r. W 1979 r. do Popielna trafiły zwierzęta z Jezior Wielkich, a badania objęły krzyżowanie żubroni F1 z rasami mięsnymi. Uzyskano 245 mieszańców o różnym udziale krwi żubra, analizując ich płodność, mleko i rozwój. Najstynniejszy żubroniobizon Brutus (25% bydła, 25% żubra, 50% bizona) żył 22 lata i stał się symbolem badań. Od 2023 r. w Popielnie znów hodowane są trzy żubronie: Bronzo, Popiel i Blondi.

### INNE ISTOTNE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE – DOŚWIADCZENIA ŻYWIENIOWE I Z ZAKRESU CHEMII MLEKA

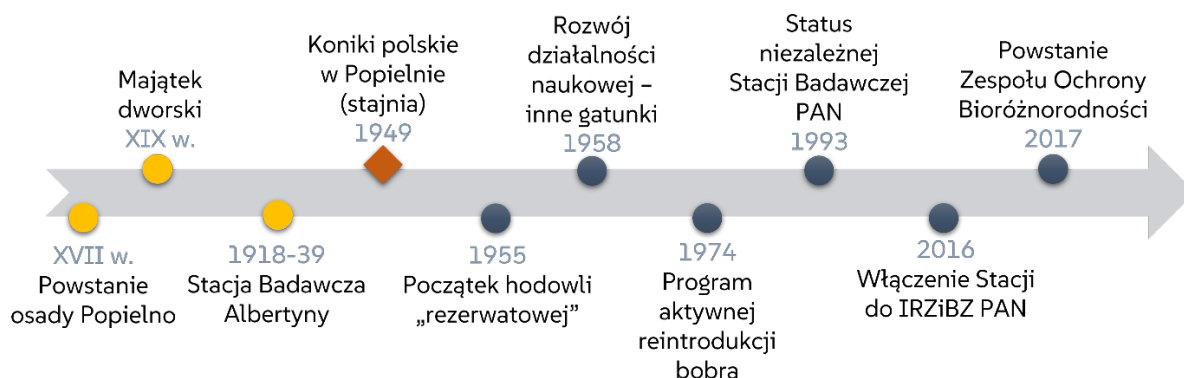
W Popielnie prowadzono także projekty dotyczące trzody chlewnej rasy złotnickiej pstryj pod kierunkiem prof. Stefana Alexandrowicza. W 1969 r. obok hodowli bydła Jersey i Charolaise, koników polskich oraz zwierząt łownych, działało również Laboratorium Paszoznawcze i Chemii Mleka. Choć jego rola nie była kluczowa, stanowiło przykład zintegrowanego podejścia do badań, łączącego aspekty hodowlane, żywieniowe i technologiczne. Wyniki prac zaowocowały licznymi publikacjami naukowymi. Badania koncentrowały się na poli-

morfizmie białek mleka, fosforylacji kazein oraz standaryzacji metod analitycznych. W zakresie żywienia analizowano tucz i jakość mięsa świń złotnickich pstrych, trawienie pasz przez konie oraz wpływ różnych schematów żywienia na wzrost i wydajność jałówek rasy czarno-białej. Dorobek laboratorium miał znaczenie dla lokalnej hodowli i rozwoju metod badawczych w zootechnice.

### SPECYFIKA GOSPODARKI ROLNEJ, ŁOWIECKIEJ I LEŚNEJ ORAZ STRATEGIA STACJI BADAWCZEJ

Teren Półwyspu Popielniańskiego objęty jest programem Natura 2000 i od 2017 r. należy do Rezerwatu Biosfery UNESCO „Jeziora Mazurskie”. Las Doświadczalny o powierzchni 2272 ha stanowi część Puszczy Piskiej i podlega RDLP w Białymstoku. Dominują tu bory sosnowe, lasy mieszane i wilgotne z wieloma chronionymi gatunkami roślin i zwierząt, m.in. bielikiem, żurawiem, bobrem czy wilkiem. Obszar objęty jest różnymi formami ochrony przyrody i udostępniony turystycznie poprzez 10-kilometrowy szlak przyrodniczy.

W przeszłości w Popielnie uprawiano na nawadnianych polach głównie buraki pastewne, ziemniaki i zboża. Obecnie, ze względu na koszty, zrezygnowano z systemu nawadniania i rozważa się wprowadzenie roślin odpornych na suszę (proso, sorgo, ciecierzycę, jęczmień) oraz przekształcenie gospodarstwa



Na schemacie przedstawiono „Popielno na osi czasu”.

w ekologiczne, zgodnie z normami UE. Uzyskanie certyfikatu ekologicznego umożliwiłoby prowadzenie badań nad wpływem rolnictwa na różne biotopy, emisją gazów cieplarnianych i retencją składników w glebie.

Na półwyspie działa też ośrodek hodowli zwierzyny (OHZ), wyłączony z dzierżawy decyzją Ministra Klimatu i Środowiska w 2022 r. Zwierzynę stanowią m.in. jelenie, sarny, dziki i lisy. Plan hodowlany zakłada utrzymanie niewielkich populacji, co sprzyja głównemu celowi OHZ – ochronie i hodowli zachowawczej konika polskiego.

## STRATEGIA DZIAŁALNOŚCI NAUKOWO-BADAWCZEJ, EDUKACYJNEJ I POPULARYZACYJNEJ POPIELNA

Działalność naukowo-badawcza w Popielnie koncentruje się wokół ZOB-u, jedynego zespołu naukowego Instytutu mającego siedzibę w Popielnie. Zespół prowadzi interdyscyplinarne badania nad zwierzętami wolno żyjącymi, analizując wpływ czynników środowiskowych i epigenetycznych na ich kondycję, fizjologię i adaptację. Opracowuje też biotechniki rozrodu służące zachowaniu bioróżnorodności i diagnostyce potencjału rozrodczego. Współpracuje z innymi ośrodkami naukowymi, prowadzi praktyki studenckie i wykorzystuje pobrany materiał biologiczny zgodnie z zasadą 6R.

ZOB realizuje także działania edukacyjne i popularyzacyjne – prowadzi warsztaty, zajęcia ekologiczne, oraz organizuje coroczne sympozjum „Perspektywy w ochronie bioróżnorod-

ności”. Wspólnie z Mazurskim Parkiem Krajobrazowym zorganizował Wakacyjną Akademię Nauk w 2025 r. i planuje kolejną edycję. Stacja Badawcza od 2022 r. udostępnia bezpłatnie Muzeum Przyrodnicze i zagrody pokazowe.

## PODSUMOWANIE

Popielno, z zachowanymi elementami dawnego zespołu dworskiego i spichlerza, pozostaje miejscem, gdzie tradycja łączy się z nauką. Stacja Badawcza w Popielnie jest jednym z najstarszych ośrodków terenowych PAN. Łączy badania, edukację i ochronę przyrody, rozwijając nowoczesne metody hodowli i ochrony bioróżnorodności. Istniejące tutaj Muzeum Przyrodnicze nakreśla istotę działalności Stacji Badawczej, a najbardziej okazały eksponat żubroniobizona Brutusa podkreśla jej wyjątkowość.

Dzięki szczególnemu położeniu geograficznemu i dużej różnorodności przyrody Popielno funkcjonuje jako „żywe laboratorium” natury, odgrywa istotną rolę w przyrodniczym dziedzictwie Mazur i sprzyja rozwojowi badań i turystyki związanej z naturą, przyczyniając się jednocześnie do społeczno-ekonomicznego wzrostu tego obszaru.

prof. dr hab. inż. Anna Korzekwa<sup>1</sup>,  
dr n. wet. Mamadou Bah<sup>2</sup>, dr inż. Anna Kononiuk<sup>1</sup>,  
mgr inż. Katarzyna Borońska<sup>1</sup>, inż. Aleksandra Szymborska<sup>2</sup>,  
mgr inż. Joanna Sadowska<sup>1</sup>, Remigiusz Łoboda<sup>2</sup>, Tomasz Oleszkiewicz<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Zespół Ochrony Bioróżnorodności InLife Instytutu Rozrodu  
Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk,  
<sup>2</sup>Stacja Badawcza InLife IRZiBZ PAN w Popielnie