



**prof. dr hab.
Marcin Drąg**

Badacz związany
z Instytutem Chemii
Fizycznej Polskiej
Akademii Nauk
i Politechniką
Wrocławską.

Jego zainteresowania
badawcze obejmują
projektowanie i syntezę
substratów, inhibitorów
i sond molekularnych
dla różnych
klas enzymów,
w szczególności
proteolitycznych.

Opracował
kilka nowych,
wszechstronnych
technologii przydatnych
do szybkiego określenia
specyficzności
substratowej enzymów
proteolitycznych.

Od marca 2025 roku
kieruje w ramach grantu
ERA Chairs z Komisji
Europejskiej nowo
otwartym Centrum
Chemii Biologicznej
w Instytucie Chemii
Fizycznej PAN.

CHEMIA BIOLOGICZNA, CHEMIA SPOŁECZNA

**Za wiele przełomów w medycynie ostatnich lat odpowiada
chemia biologiczna, w tym badania nad proteazami
– jednymi z najważniejszych graczy w biochemii życia.
Trzeba zadbać, by ta wiedza była powszechna.**

Marcin Drąg

Centrum Chemii Biologicznej w IChF PAN
w Warszawie

Wdobie dynamicznych zmian cywilizacyjnych, technologicznych i środowiskowych nauka coraz rzadziej bywa abstrakcyjnym konstruktem zamkniętym w murach uczelni. Jej realna obecność w życiu społecznym – od polityki zdrowotnej po etykę innowacji – zyskuje wymiar, który wymaga głębszej refleksji. Szczególnie wyraźnie rysuje się to w przypadku chemii biologicznej – dziedziny, która stoi na styku życia i materii, biologii i chemii, teorii i zastosowania. To tutaj, w mikroskali białek, enzymów i molekuł, rozgrywają się kwestie, których konsekwencje sięgają makroskali społecznej debaty.

Nauka jako mechanizm zmiany społecznej

Zacznijmy od podstaw: nauka, rozumiana nie tylko jako system wiedzy, lecz także jako proces poznawczy, jest jednym z najpotężniejszych mechanizmów kształtowania cywilizacji. Badania w chemii biologicznej nie są wyjątkiem – to właśnie dzięki nim możliwe stało się zrozumienie mechanizmów dziedziczenia, rozwój nowoczesnych metod diagnostycznych i terapii celowanych czy projektowanie leków ratujących życie. Społeczna rola takich badań wykracza daleko

poza laboratoria – jest ważna dla obszarów zdrowia publicznego, jakości życia, długości życia, a także bezpieczeństwa żywności czy ochrony środowiska.

Chemia biologiczna nie jest więc tylko nauką „dla naukowców”. Jej rezultaty zasilają systemy zdrowotne, przemysł farmaceutyczny, biotechnologię, diagnostykę i wiele innych sektorów, od których jest uzależniona kondycja społeczna. Można zaryzykować stwierdzenie, że nowoczesne społeczeństwo nie może się rozwijać bez udziału naukowców analizujących molekularne podstawy życia.

Pandemia jako dowód

Do niedawna chemia biologiczna – jak wiele nauk podstawowych – była w oczach opinii publicznej dziedziną nieco abstrakcyjną. Pandemia COVID-19 brutalnie zweryfikowała ten obraz. Nagle naukowcy, którzy na co dzień analizują struktury białek wirusowych czy optymalizują szczepionki mRNA, stali się bohaterami debaty publicznej. Prace badawcze w chemii biologicznej były podstawą do opracowania szczepionek, terapii i testów diagnostycznych – elementów kluczowych w walce z globalnym kryzysem zdrowotnym.

Jednym z najbardziej spektakularnych przykładów sukcesu chemii biologicznej w czasie pandemii było opracowanie leku przeciwirusowego Paxlovid – pierwszego doustnego inhibitora proteazy wirusa SARS-CoV-2, zatwierdzonego przez FDA do leczenia COVID-19. W tym kontekście moja grupa badawcza razem z grupą prof. Rolfa Hilgenfelda miała istotny wkład w jego powstanie, gdzie już na początku pandemii zmapowaliśmy aktywność proteazy



INSTYTUT CHEMII FIZYCZNEJ PAN

SARS-CoV-2-Mpro (czyli enzymu niezbędnego do namnażania się wirusa) i opisał ją „enzymatyczny odcisk palca”.

Badania te umożliwiły błyskawiczną identyfikację miejsc, które można zaatakować chemicznie, by zahamować rozwój wirusa. Co istotne – te dane zostały nieodpłatnie udostępnione światowej społeczności naukowej w duchu otwartej nauki (*open science*). Dzięki tej otwartości Pfizer mógł w rekordowym czasie zaprojektować i przetestować inhibitor proteazy – nirmatrelwir – który w połączeniu z rytonawirem tworzy lek znany dziś jako Paxlovid.

Paxlovid nie tylko skraca czas trwania choroby, ale przede wszystkim zmniejsza ryzyko hospitalizacji i zgonu u osób z grup ryzyka. Jest dostępny w wielu krajach – i każdego dnia ratuje życie. A wszystko to zaczęło się od badań czysto podstawowych: analizy enzymów wirusowych w laboratorium chemii biologicznej na Politechnice Wrocławskiej.

Przykład ten pokazuje, jak bardzo odległe z pozoru badania akademickie mogą wpłynąć na zdrowie publiczne w skali globalnej. Pokazuje też, że społeczna rola naukowca to nie tylko zdobywanie wiedzy, lecz także dzielenie się nią – z innymi badaczami, firmami, instytucjami i ostatecznie – całym społeczeństwem.

Proteazy – enzymy, które zmieniają świat

Choć brzmią technicznie, proteazy są jednymi z najważniejszych graczy w biochemii życia. Występują zarówno w organizmach człowieka, jak i w patogenach – i od ich aktywności zależy wiele kluczowych procesów: od trawienia, przez regulację cyklu komórkowego, po infekcje wirusowe. Nie dziwi więc, że od dekad stanowią one cel badań naukowców oraz projektowania leków.

Otwarcie nowego budynku laboratoryjnego IChF PAN (4 czerwca 2025 roku), w którym działają zespoły badawcze realizujące projekty w ramach programów ERA Chairs „Perfection” oraz Teaming for Excellence „TRIO-VI (CoE)” ICTER

Jednym z najważniejszych momentów w historii badań nad proteazami było odkrycie i zastosowanie inhibitorów proteazy HIV. W latach 90. XX wieku, kiedy epidemia AIDS zbierała śmiertelne żniwo, naukowcy zidentyfikowali proteazę wirusa HIV jako kluczowy enzym odpowiedzialny za przetwarzanie białek niezbędnych do tworzenia nowych wirionów. Zablockowanie tej proteazy oznaczało zatrzymanie namnażania wirusa.

W 1995 roku na rynek trafiły pierwsze inhibitory proteazy HIV – jak sakwinawir czy rytonawir – które całkowicie odmieniły przebieg choroby. AIDS z wyroku śmierci stało się chorobą przewlekłą, a miliony osób na świecie zyskały nadzieję na życie. Do dziś inhibitory proteazy stanowią kluczowy składnik terapii antyretrowirusowej.

Do niedawna chemia biologiczna była w oczach opinii publicznej dziedziną nieco abstrakcyjną. Pandemia brutalnie zweryfikowała ten obraz.

Podobna historia miała miejsce w przypadku wirusowego zapalenia wątroby typu C (HCV). Wczesne terapie były mało skuteczne i obciążone silnymi skutkami ubocznymi. Przełom nastąpił dzięki odkryciu proteazy NS3/4A, która okazała się niezbędna do replikacji wirusa HCV. Leki będące inhibitorami

tej proteazy zrewolucjonizowały leczenie WZW C, prowadząc do niemal 100-proc. skuteczności w eliminowaniu wirusa z organizmu.

Poza chorobami wirusowymi badania nad proteazami otworzyły również nowe możliwości w terapiach przeciwnowotworowych. Wiele nowotworów wykorzystuje proteazy do „torowania sobie drogi” przez tkanki – rozcinając macierz międzykomórkową i umożliwiając przerzuty. Blokowanie tych enzymów może spowolnić rozwój choroby.

Współczesna chemia biologiczna coraz częściej traktuje proteazy nie tylko jako cel terapii, lecz także jako biomarkery chorób. Ich obecność, stężenie czy aktywność może wskazywać na obecność nowotworu, choroby neurodegeneracyjnej, infekcji czy zaburzeń autoimmunologicznych. To kierunek, który prowadzi do medycyny precyzyjnej, opartej na indywidualnym profilu biochemicznym pacjenta.

Dlatego inwestowanie w badania nad proteazami – ich strukturą, funkcją, mechanizmem działania – to nie koszt, ale inwestycja w przyszłość zdrowia publicznego. Społeczeństwo, które wspiera naukę, wspiera również siebie.

Zaufanie społeczne a odpowiedzialność nauki

Z jednej strony mamy więc naukę, która oferuje konkretne rozwiązania. Z drugiej – społeczeństwo, które nie zawsze potrafi z tej wiedzy skorzystać. Trudność w komunikowaniu złożonych procesów molekularnych czy interpretacji wyników badań sprawia, że chemia biologiczna często napotyka mur niezrozumienia, a nawet nieufności. To problem, który wymaga rozwiązania nie tylko ze strony społeczeństwa, lecz także nauki jako takiej.

Nauka musi nauczyć się mówić językiem społecznym. Tekst jak ten jest jednym z narzędzi, by rozpocząć taką komunikację. Równie ważna jest transparentność i odpowiedzialność: naukowcy nie mogą ograniczać się do publikowania wyników w zamkniętych czasopiśmie branżowych, ale powinni współtworzyć debatę publiczną – tłumaczyć, inspirować, edukować.

W tym kontekście warto wspomnieć o idei *open science* – otwartej nauki, która staje się jednym z fundamentów współczesnej etyki badawczej. W jej myśl wyniki badań, w tym tych z chemii biologicznej, powinny być dostępne publicznie, tak by mogły służyć wspólnemu dobru. To radykalna zmiana w podejściu do wiedzy – od elitarności do inkluzywności.

Oczywiście każda siła niesie z sobą również ryzyko nadużycia. Chemia biologiczna przez zdolność do ingerencji w najgłębsze struktury życia balansuje na granicy ogromnych możliwości i równie ogromnych zagrożeń. Manipulacje genetyczne, projektowanie

Syntezytor do peptydów



MARCIN DRĄG

leków wpływających na psychikę oraz badania nad sztucznym DNA czy białkami to obszary, które budzą kontrowersje etyczne.

Społeczna rola nauki polega również na rozpoznawaniu tych granic i ich respektowaniu. Potrzebujemy etycznych ram dla badań molekularnych, niebędących jedynie zestawem zakazów, ale żywym systemem refleksji, w który będą włączone zarówno środowiska naukowe, jak i społeczne. To wyzwanie XXI wieku: jak badać, by nie niszczyć? Jak odkrywać, by nie manipulować? Jak tworzyć, by nie dehumanizować?

Edukacja jako fundament zaufania

Społeczna rola chemii biologicznej nie kończy się na laboratorium, publikacji ani wdrożeniu wynalazku. Jej pełna realizacja dokonuje się wtedy, gdy wiedza staje się narzędziem edukacji. Szkoły, uniwersytety, muzea nauki, media – wszystkie te instytucje mają do odegrania kluczową rolę w popularyzowaniu wiedzy o tym, jak działa życie na poziomie molekularnym.

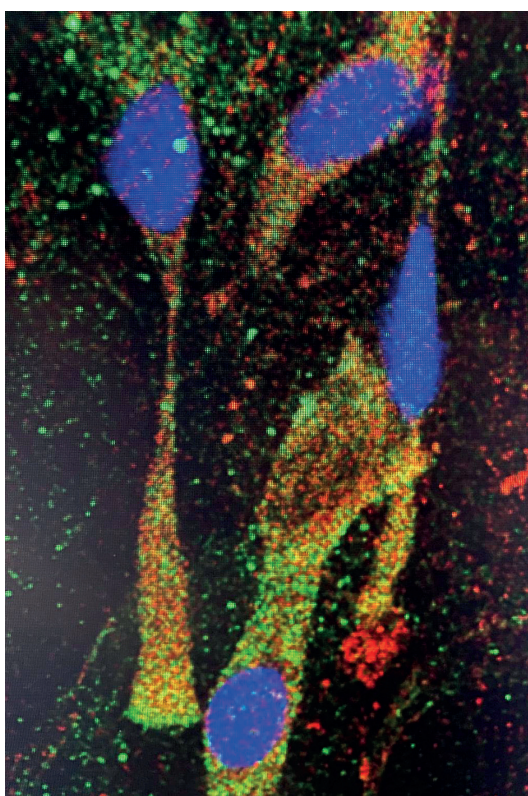
Nie chodzi tylko o „uczenie chemii”. Chodzi o wychowanie społeczeństwa zdolnego do rozumienia współczesnych wyzwań zdrowotnych, środowiskowych, biotechnologicznych. Człowiek, który rozumie, czym jest białko kolca koronawirusa, łatwiej podejmie decyzję o szczepieniu. A jeśli zna podstawy enzymologii, z większą świadomością oceni suplementy diety czy terapie alternatywne.

Żyjemy w erze, w której granice między biologią a technologią zacierają się coraz bardziej. Mówimy o biologii syntetycznej, edycji genów, nanomedycynie. Wszystko to ma swoje źródło w badaniach chemii biologicznej. Warto więc zadać pytanie: czy jako społeczeństwo jesteśmy gotowi na te zmiany? Czy potrafimy korzystać z dobrodziejstw nauki bez popadania w technoentuzjazm albo technofobię?

Rola naukowców w tym procesie jest podwójna: z jednej strony mają oni obowiązek prowadzenia rzetelnych, odpowiedzialnych badań, z drugiej – muszą uczestniczyć w kształtowaniu społecznej świadomości. To niełatwe zadanie. Wymaga czasu, cierpliwości, empatii, a także gotowości do dialogu.

Centrum Chemii Biologicznej jako połączenie edukacji i nauki

Powstanie Centrum Chemii Biologicznej w Instytucie Chemii Fizycznej PAN w ramach grantu ERA Chairs, którego jestem liderem, to wydarzenie o ogromnym znaczeniu zarówno dla polskiej nauki, jak i dla społeczeństwa. Dotychczas badania z obszaru chemii biologicznej – kluczowej dziedziny na styku biologii, chemii i medycyny – były w Polskiej Akademii Nauk



MARCIN DRĄG

Ludzkie komórki zainfekowane SARS-CoV-2 i proteaza Mpro wirusa wybarwiona markerem chemicznym (zielony kolor)

praktycznie nieobecne. Tymczasem, jak już wspomniałem, to właśnie chemia biologiczna dostarcza narzędzi do zrozumienia procesów życiowych na poziomie molekularnym i stanowi fundament nowoczesnych terapii, diagnostyki czy technologii biomedycznych. Utworzenie specjalnego centrum w IChF PAN otwiera zupełnie nowe możliwości: przyciągania wybitnych naukowców, rozwijania interdyscyplinarnych projektów badawczych, a przede wszystkim – tworzenia innowacji, które mogą przełożyć się na realne korzyści dla zdrowia publicznego, środowiska i gospodarki. To także ważny sygnał, że polska nauka nie tylko nadąża za światowymi trendami, lecz także potrafi wyznaczać własne kierunki rozwoju w obszarach o najwyższym potencjale społecznym.

Nauka jako wspólne dobro

Chemia biologiczna to dziedzina, która ma moc zmieniania świata – lecz nie sama z siebie. Jej społeczna rola realizuje się dopiero wtedy, gdy zostanie wpleciona w kontekst kultury, polityki, edukacji i życia codziennego. Gdy stanie się częścią wspólnej rozmowy o tym, kim jesteśmy jako ludzie i dokąd zmierzamy jako gatunek.

Nie da się tego osiągnąć bez zaufania. Nie da się bez otwartości. I nie da się bez refleksji. Bo choć chemia biologiczna mówi językiem cząsteczek, to jej prawdziwe znaczenie wyraża się w języku społecznym – w języku troski, odpowiedzialności i nadziei. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Chemia biologiczna – nauka mówiąca dwoma językami, podcast PAN „A o tym PAN słyszał?”, www.youtube.com/watch?v=LIUBC9m2Xvo

Inauguracja projektu PERFECTION – powstaje pierwsze Centrum Chemii Biologicznej w Polskiej Akademii Nauk, ichf.edu.pl/wydarzenia/inauguracja-projektu-perfection-powstaje-pierwsze-centrum-chemii-biologicznej-w-polskiej-akademii-nauk

Prof. Drąg: poznałem w pandemii jasną i ciemną stronę nauki, www.pap.pl/aktualnosci/news%2C1581877%2Cprof-drag-poznalem-w-pandemii-jasna-i-ciemna-strone-nauki.html