



INSTYTUT ZOOTECHNIKI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE OF ANIMAL PRODUCTION

Dr hab. inż. Klaudia Pawlina-Tyszko, prof. IZ
Zakład Biologii Molekularnej Zwierząt
Instytut Zootechniki Państwowy Instytut
Badawczy
ul. Krakowska 1, 32-083 Balice

Balice, 7 III 2025 r.

Ocena rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Beldowskiej
pt.: „*Odpowiedź jelitowa na stymulację prebiotykiem i postbiotykiem podanym in ovo
w trakcie rozwoju embrionalnego*”

Ogólna charakterystyka pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska została wykonana w Katedrze Biotechnologii i Genetyki Zwierząt Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, pod opieką naukową promotorki dr hab. inż. Aleksandry Dunisławskiej, prof. PBS oraz promotora pomocniczego dr inż. Marcina Barszcza. Na rozprawę doktorską składają się cztery anglojęzyczne artykuły naukowe, w tym jeden przeglądowy, opublikowane w czasopismach z listy JCR (Journal Citation Reports); o łącznym wskaźniku Impact Factor równym 19 i 620 punktach wg Punktacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (zgodnie z rokiem opublikowania).

Adres do korespondencji:
32-083 BALICE, ul. Krakowska 1
tel.: +48 12 357 27 00, +48 666 081 111
www.iz.edu.pl
e-mail: sekretariat@iz.edu.pl

Adres siedziby:
31-047 KRAKÓW, ul. Sarego 2
tel.: +48 12 357 27 00, +48 666 081 111
KRS: 0000125481
NIP: 675-000-21-30
REGON: 000079728

Artykuły naukowe wchodzące w skład dysertacji:

1. Beldowska, A., Barszcz, M., Dunisławska, A. (2023). State of the art in research on the gut-liver and gut-brain axis in poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00853-0>
IF=7,0; pkt MNiSW=200.
2. Beldowska, A., Siwek, M., Biesek, J., Barszcz, M., Tuśnio, A., Gawin, K., Dunisławska, A. (2024a). Impact of *in ovo* administration of xylo- and mannooligosaccharides on broiler chicken gut health. *Poultry Science*, 103(12), 104261. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104261>
IF=3,8; pkt MNiSW=140.
3. Dunisławska, A., Beldowska, A., Yatsenko, O., Siwek, M. (2023). Effect of prebiotics administered during embryo development on mitochondria in intestinal and immune tissues of adult broiler chickens. *Poultry Science*, 102(6), 102663. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102663>
IF=4,4; pkt MNiSW=140.
4. Beldowska, A., Pietrzak, E., Biesek, J., Barszcz, M., Tuśnio, A., Konopka, A., Gawin, K., Dunisławska, A. (2024b). The effect of sodium butyrate administered *in ovo* on the health status and intestinal response in broiler chicken. *Poultry Science*, 103(10), 104108. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104108>
IF=3,8; pkt MNiSW=140.

Badania będące podstawą cyklu publikacji niniejszej rozprawy przeprowadzono w ramach dwóch projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki. Wszystkie artykuły są współautorskie, przy czym artykuł przeglądowy jedynie z udziałem promotorki i promotora pomocniczego. Doktorantka jest pierwszym autorem w trzech z czterech artykułów, a w jednym jest również autorem korespondencyjnym. Na podstawie oświadczeń współautorów oraz opisu udziału autorów zawartego w publikacjach stwierdzam, że w moim odczuciu, rola mgr inż. Beldowskiej obejmowała: udział w konceptualizacji, przeprowadzenie stymulacji i pobranie materiału biologicznego, wykonanie prac laboratoryjnych oraz analiz molekularnych, analizę i opracowanie danych, przegląd piśmiennictwa oraz przygotowanie manuskryptów. Niemniej jednak, załączone oświadczenia współautorów sugerują, że

opracowanie koncepcji badań i podstawowych elementów metodycznych leżało raczej po stronie promotorki. Ze względu jednak na fakt, że Doktorantka jest pierwszym autorem w większości przedstawionych publikacji oraz uczestniczyła w większości etapów prowadzonych prac, wnioskuję, że jej rola była wiodąca i wniosła ona relatywnie największy wkład merytoryczny w powstanie wszystkich omawianych artykułów.

Prace stanowiące podstawę dysertacji zostały opatrzone opracowaniem w języku polskim, na które składają się: wstęp (4 strony), wykaz artykułów naukowych stanowiących cykl publikacji rozprawy doktorskiej (1 strona), uzasadnienie spójności tematycznej wspomnianego cyklu (1 strona), wykaz skrótów (2 strony), hipoteza badawcza, cel i zakres badań (1 strona), materiały i metody badań (3 strony), wyniki (2 strony), dyskusja (4 strony), podsumowanie (1 strona), bibliografia (74 pozycje), streszczenie (w języku polskim i angielskim; po 1 stronie). Na końcu opracowania zamieszczono kopie omawianych artykułów naukowych a także oświadczenia współautorów.

Ocena opracowania w języku polskim

Opracowanie w języku polskim zostało opatrzone tytułem „Odpowiedź jelitowa na stymulację prebiotykiem i postbiotykiem podanym *in ovo* w trakcie rozwoju embrionalnego”, który w moim odczuciu dobrze oddaje zakres przeprowadzonych prac. Zabrakło mi w nim jednak wskazania gatunku, dla którego prowadzono eksperymenty.

We wstępie opracowania Autorka wprowadza w sposób zwięzły i treściwy w poruszaną problematykę badawczą, przybliżając kluczowe aspekty podjętych badań. Omawia między innymi wpływ prawidłowego funkcjonowania jelit i zasiedlającej je mikrobioty na zdrowie drobiu, a co za tym idzie, na parametry produkcyjne. Wskazuje na różne czynniki mogące oddziaływać oraz odpowiadać na zaburzenia homeostazy mikrobiom-jelito. Opisuje również dostępne dla praktyki hodowlanej rozwiązania zgodne z unijnymi regulacjami, poprawiające stan zdrowotny jelit drobiu, takie jak suplementy diety, w tym pre- i postbiotyki.

Z obowiązku recenzenta chciałabym wskazać zauważone niedociągnięcia w zakresie stylu tekstu. W moim odczuciu jest on mało płynny – w niektórych akapitach następuje nagłe przejście od jednej tematyki do drugiej, co ujmuje spójności całego opisu. Ponadto, znalazły się tam powtórzenia niektórych informacji oraz niezgrabne sformułowania, takie jak „Sygnalizacja mikrobioty jelitowej z mitochondriami [...]”. Jednakże, pomimo krótkiej formy i drobnych uchybień, uważam, iż wstęp zawiera najważniejsze informacje niezbędne do zapoznania się z tematyką dysertacji i potrzebą leżącą u podłoża niniejszych badań.

W kolejnym rozdziale Doktorantka uzasadnia spójność tematyczną cyklu publikacji niniejszej rozprawy. W mojej ocenie ta część opracowania korzystnie wpływa na odbiór i czytelność całej pracy dzięki uporządkowaniu i podsumowaniu najważniejszych informacji i założeń podjętych badań.

W następnym podrozdziale Autorka formułuje hipotezę badawczą, dwa niezależne cele badawcze dla każdego doświadczenia oraz wyznacza dodatkowe cele szczegółowe. Chociaż nie budzą one zastrzeżeń merytorycznych, sądzę, że bardziej adekwatne byłoby użycie wyrażenia „zmiany histologiczne” a nie „fenotypowe”, gdyż to właśnie parametry histologiczne jelit były badane a określenie fenotyp może odnosić się również do innych cech tkanki. Ponadto, nie jest dla mnie do końca jasne czym różnią się pierwszy i czwarty cel szczegółowy, gdzie użyto określeń „profil bakteryjny” i „aktywność mikrobioty”. Zakładam, że jest to kwestia odpowiedniego doprecyzowania opisu lub użycia innego słownictwa, ale prosiłabym Doktorantkę o wyjaśnienie tej kwestii; zwłaszcza, że w dalszej części dysertacji pt. „Materiały i metody badań” pojawiają się kolejne niejasności w tym aspekcie.

Wspomniany już rozdział „Materiały i metody badań” został sporządzony w sposób zorganizowany i przejrzysty. Bardzo pozytywnie oceniam zamieszczenie schematu obrazującego układ wszystkich doświadczeń oraz ich powiązania z poszczególnymi artykułami naukowymi cyklu, co znacząco zwiększa czytelność opracowania. Podobny efekt wywiera wyszczególnienie przez Autorkę w podpunktach kryteriów oceny wpływu stosowanych dodatków na mikrobiotę i funkcjonowanie jelit.

Materiał do badań uważam za dobrze dobrany i wystarczający w odniesieniu do wykonanych analiz. Punkt wyjścia stanowiło 300 jaj w Eksperymentie 1. oraz 1000 jaj w Eksperymentie 2, dla których przeprowadzono iniekcje *in ovo*. Badane tkanki pobrano pośmiertnie od 10 zwierząt z każdej grupy badawczej, wg informacji zamieszczonych w opracowaniu. W tym miejscu pojawia się jednak nieścisłość, która wymaga wyjaśnienia; a mianowicie w Artykule 2. (Beldowska i wsp., 2024a) widnieje informacja o 8 osobnikach. Z kolei w przypadku Eksperymentu 2., nasuwa się pytanie odnośnie podziału 60 piskląt z każdej grupy suplementowanej różną dawką maślanu sodu na 5 powtórzeń po 12 zwierząt. Z czego wynikał taki podział i w jakim celu został przeprowadzony? Dalszy opis materiału badawczego i wykorzystanych metod jasno na to nie wskazują.

Moich zastrzeżeń nie budzi również dobór metod badawczych. Zastosowany panel jest nie tylko imponujący, ale w moim przekonaniu również adekwatny do weryfikacji postawionych hipotez i realizacji wyznaczonych celów. Świadczy ponadto o kompleksowym podejściu do problemu badawczego i dużej pracowitości Autorki.

Prawidłowość użytych technik została zweryfikowana na etapie recenzji artykułów opublikowanych w renomowanych czasopismach, zatem ta kwestia nie podlega ocenie. Niemniej jednak, odnosząc się do samego polskiego opracowania, uważam, że ta część rozprawy jest momentami zbyt skrótowa i przez to mało klarowna. Dotyczy to zwłaszcza podrozdziałów 3.3.3. i 3.3.8., w których Doktorantka używa sformułowania „obfitość bakterii”. Z kolei w celach szczegółowych oraz kryteriach oceny występują wspomniane już wcześniej określenia „profil” i „aktywność” oraz „liczebność”. Nawet jeśli założyć, że oznaczenie „profilu bakteryjnego” zostało w metodyce określone jako „obfitość bakterii”, to trudno znaleźć jakiegokolwiek odniesienie do sposobu oznaczenia wspomnianej „aktywności mikrobioty”. Zatem ze względu na użycie kilku różnych wyrażen w podobnym kontekście, nie jest jasne czy są one tożsame, a co za tym idzie, trudno odnieść opisywaną metodę do odpowiadającego jej celu.

W przypadku podrozdziału 3.3.4. uważam, że bardziej prawidłowe jest zastosowanie sformułowania „Analiza względnej ekspresji genów” w tytule, zamiast „Względna analiza ekspresji genów”. Zasadne byłoby również zamieszczenie informacji na jakim materiale badawczym tę analizę przeprowadzono.

Prosiłabym ponadto o doprecyzowanie informacji na temat „panelu genów związanych z mitochondriami”, który wspomniany jest w podrozdziale 3.3.5. A konkretnie czy Autorce chodziło o geny związane z funkcjonowaniem mitochondriów czy zlokalizowane w genomie mitochondrialnym. Niejasny jest również opis dotyczący metod analizy liczby kopii DNA mitochondrialnego. W obu przypadkach zacytowana jest ta sama referencja, a niestety brak jest chociaż lapidarnych informacji, które wskazywałyby na podstawowe założenia tych dwóch różnych podejść badawczych.

W dalszej części opracowania, Doktorantka przechodzi do omówienia wyników przeprowadzonych badań, z wyszczególnieniem w osobnych podrozdziałach rezultatów dla Eksperymentu 1. i 2. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w sposób zwięzły i treściwy, z odniesieniem do właściwych artykułów naukowych wchodzących w skład cyklu; co wpływa korzystnie na czytelność opracowania. Z drugiej strony jednak, opis jest w niektórych fragmentach zbyt skrótowy, a co za tym idzie, momentami wręcz niezrozumiały. W moim odczuciu, brak jakichkolwiek tabel czy rycin działa dodatkowo na niekorzyść. W konsekwencji, ta część opracowania jest dosyć „ciężka” w odbiorze. Niemniej jednak, uznaję ją za poprawną pod względem merytorycznym.

W ramach wspomnianych niejasności należy wymienić liczby widniejące w nawiasach przy nazwach badanych genów, bez wyraźnej informacji co oznaczają i do czego się odnoszą.

Analogiczna sytuacja występuje przy opisie wyników analizy bakterii. Z kolei użyte w tekście wyrażenie „całkowita liczba kopii mitochondrialnego DNA była stabilna” w mojej ocenie jest raczej wnioskiem, a nie wynikiem. Co więcej, brak jest konkretnych danych na temat wykrytej liczby kopii mtDNA w poszczególnych grupach.

W kolejnych akapitach, opisujących rezultaty Eksperymentu 2., brakuje wskazania poziomu istotności statystycznej uzyskanych wyników. Ponadto, nie dopatrzyłam się danych wynikowych z analizy obfitości bakterii dla grupy suplementowanej 0,3% SB oraz kontrolnej. Przy wynikach oceny poziomu ekspresji genów ponownie nie określono znaczenia przedstawionego w nawiasie wyniku liczbowego, a dla grupy kontrolnej w ogóle nie przedstawiono takich danych.

Następującą po wynikach dyskusję Autorka rozpoczyna od krótkiego odniesienia się do wyników poprzednich badań zespołu, które stanowiły punkt wyjścia niniejszych eksperymentów. W kolejnych akapitach Doktorantka podejmuje się interpretacji uzyskanych rezultatów w oparciu o literaturę w tej tematyce. Proponuje również potencjalne mechanizmy stojące za zaobserwowanym wpływem badanych suplementów na liczebność bakterii, poziomy ekspresji genów interleukin prozapalnych czy SCFA.

Jednakże, z obowiązku recenzenta, muszę wspomnieć, że analogicznie jak poprzednie części opracowania, dyskusja jest zbyt skrótowa, momentami mało spójna i niejasna. Trudno przez to podążać za myślą przewodnią. Przykładowo, w przypadku określenia „regulator genu mitochondrialnego”, nasuwają się pytania w jakim kontekście regulator oraz jakiego genu mitochondrialnego? Co więcej, na jakie mechanizmy lub procesy Autorka chciała wskazać używając takich wyrażen jak „utrzymanie mitochondrialnego DNA” oraz „dynamika mitochondriów”? Proszę o doprecyzowanie tych informacji.

Pomimo tych zastrzeżeń uważam, że dyskusja jest merytorycznie dobrze poprowadzona oraz odnosi się wyraźnie do postawionych hipotez oraz celów badawczych. Doktorantka wykazała się przy tym skrupulatnością i syntetycznym myśleniem. Pragnę również zaznaczyć, że w interpretacji nie zostały pominięte tzw. „wyniki negatywne”, co wg mnie jest wyrazem dojrzałości naukowej oraz otwartego umysłu Autorki.

W rozdziale pt. „Podsumowanie”, Doktorantka w sposób zwięzły reasumuje przeprowadzone doświadczenia oraz uzyskane wyniki. Formułuje również w sześciu podpunktach stwierdzenia w oparciu o te rezultaty. Stwierdzenia te, chociaż formalnie nie zostały zdefiniowane jako wnioski, wg mnie posiadają ich znamiona. Pod względem merytorycznym, nie budzą one moich zastrzeżeń. Jedynie w przypadku stwierdzenia, że „prebiotyki XOS3, XOS4, MOS3 i MOS4 wpływają na mitochondria komórkowe [...]”,

zabrakło mi bardziej precyzyjnego zdefiniowania rodzaju tego wpływu.

Właściwa część opracowania polskojęzycznego kończy się bibliografią obejmującą 74 pozycje literatury, z czego 82% to pozycje z ostatnich 10 lat, co świadczy o przedstawieniu najbardziej aktualnego stanu wiedzy w badanej tematyce.

Zamieszczone po spisie literatury streszczenie obejmuje wszystkie istotne elementy przeprowadzonych badań. Uważam jednak, że niektóre zawarte w nim stwierdzenia są zbyt daleko idące. Mianowicie Doktoranta pisze, co następuje: „Zaobserwowano także zmiany w funkcjonowaniu mitochondriów komórek jelitowych, wskazujące na ich związek z mikrobiotą i metabolizmem składników odżywczych.”. Jednakże przeprowadzone analizy pozwoliły określić zmiany w liczbie kopii mitochondrialnego DNA i poziomie ekspresji genów, a nie bezpośrednio w funkcjonowaniu mitochondriów. Sądzę, że dopiero kolejne stwierdzenie Autorki bardziej wiarygodnie oddaje uzyskane rezultaty, a brzmi ono „[...] wskazując na potencjalny wpływ prebiotyków na funkcjonowanie mitochondriów.”.

Z punktu widzenia samej organizacji tekstu, uważam, że podrozdziały od 3.2. do 3.7., obejmujące kolejno hipotezę badawczą, materiały i metody badań, wyniki, dyskusję, podsumowanie oraz bibliografię, powinny stanowić osobne rozdziały. Ponadto, wg mnie, bardziej naturalnie i przystępnie, jest umieszczenie streszczenia na początku opracowania.

W mojej ocenie polskojęzyczne opracowanie jest poprawne i w sposób treściwy przedstawia kluczowe informacje dotyczące przeprowadzonych badań. Pewnie niedopowiedzenia i niejasności składam na karb bardzo zwięzłej formy opracowania, gdyż artykuły z cyklu obszernie przedstawiają poruszaną tematykę badawczą, metodologię oraz uzyskane wyniki, które zostały zwizualizowane przy pomocy licznych wykresów, grafik i tabel. Ostatecznie więc uważam, że lapidarne opracowanie nie wpływa negatywnie na samą wartość merytoryczną dysertacji, którą oceniam wysoko.

Wartość merytoryczna artykułów naukowych

Jednym z istotnych aspektów produkcji drobiu jest prawidłowe funkcjonowanie ich przewodu pokarmowego. Gwarantuje to optymalne wykorzystanie składników odżywczych z dostarczanego pokarmu, co przekłada się nie tylko na szybki wzrost ptaków, ale też ich zdrowie, zapewniając ich dobrostan. Kluczowa dla wydajnych procesów trawienia i przyswajania składników odżywczych jest homeostaza mikrobiomu zasiedlającego jelita. Ma

ona również niebagatelne znaczenie dla zdrowia zwierząt z uwagi na bezpośrednie działanie przeciwwzapalne mikrobioty i zdolności do regulacji odpowiedzi immunologicznej.

Sieć interakcji między mikrobiotą a organizmem gospodarza okazują się być bardzo złożona, co pokazują ostatnie badania wykazujące wpływ profilu mikrobiomu jelitowego na funkcjonowanie mózgu czy wątroby. Ponadto, mikrobiom jelitowy ma zdolności do modulowania metabolizmu mitochondriów w jelitach, co jest jednym z mechanizmów aktywacji odpowiedzi immunologicznej. Dodatkowo, ze strony organizmu gospodarza, w modulację aktywności układu odpornościowego zaangażowane są migdałki jelita ślepego. Mogą one również odpowiadać na zmiany profilu mikrobiomu jelitowego, ale również same regulować jego skład, co ukazuje dodatkową złożoność oddziaływań mikrobiom-gospodarz.

W związku z tak istotną rolą mikrobiomu jelitowego u ptaków, korzystne jest wspieranie jego prawidłowego profilu. W tym celu wykorzystywane są różnego typu substancje stymulujące, jak pre- i postbiotyki, do których należą m.in. oligosacharydy czy maślan sodu. Ich zaletą jest nie tylko pozytywny efekt wywierany na mikrobiom, ale również na funkcjonowanie samych jelit.

Praca mgr inż. Bełdowskiej poświęcona jest właśnie wspomnianym interakcjom pomiędzy mikrobiomem jelitowym kurcząt a organizmem gospodarza na różnych poziomach oddziaływania oraz ich zmianom w odpowiedzi na wybrane suplementy. W artykułach naukowych stanowiących podstawę rozprawy Doktorantka szczegółowo omawia znaczenie osi jelita-mózg i jelita-wątroba dla funkcjonowania organizmu ptaków oraz podejmuje się charakterystyki wpływu wybranych pre- i postbiotyków (ksylo- i manooligosacharydów oraz maślanu sodu) podawanych *in ovo* na funkcjonowanie jelit kurcząt. W celu określenia tego wpływu ocenia szereg parametrów mających odzwierciedlać stan zdrowia jelit i samych zwierząt, takich jak obraz histologiczny tkanki jelit, biochemiczne parametry krwi, liczebność bakterii jelitowych czy poziom ekspresji genów związanych z funkcjonowaniem mitochondriów i układu immunologicznego. Dokonuje tego z wykorzystaniem szerokiego wachlarza metod analitycznych z zakresu biochemii, histologii i biologii molekularnej. W efekcie, identyfikuje korzystne zmiany m.in. w mikrobiocie jelit oraz odpowiedzi immunologicznej na poziomie genów u kurcząt poddanych suplementacji *in ovo* wybranymi prebiotykami oraz 0,3% maślanem sodu.

Kompleksowość przeprowadzonych analiz i oryginalność uzyskanych danych wraz z odniesieniem się do bieżących potrzeb istniejących w hodowli drobiu, wskazują na duży potencjał otrzymanych wyników do wywarcia wpływu na rozwój dyscypliny. Z pewnością opublikowanie artykułów w renomowanych czasopismach zwiększy te szanse dodatkowo.

Należy również nadmienić, iż przeprowadzone eksperymenty dostarczają pionierskich informacji na temat metody podaży suplementów *in ovo*, co może być pomocne w określeniu jej potencjału do zastosowania w produkcji drobiarskiej. Zatem podjęte badania i powstałe artykuły naukowe, oprócz wartości poznawczej, posiadają również potencjał aplikacyjny; co dodatkowo może zwiększać ich znaczenie i poczytność na arenie literatury światowej w tym zakresie. Potencjał ten sygnalizują wysokie wskaźniki bibliometryczne artykułów naukowych wchodzących w skład dysertacji, które znacznie przekraczają te powszechnie obserwowane przy ubieganiu się o stopień naukowy doktora.

Podsumowanie

W ramach przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej, mgr inż. Aleksandra Beldowska przeprowadziła badania o nowatorskim i poznawczym charakterze. Zaprezentowane wieloaspektowe podejście do zagadnienia w oparciu o obszerny panel metod analitycznych oraz znajomość badanej tematyki przemawiają za posiadaniem przez Doktorantkę odpowiedniego warsztatu badawczego i kompetencji niezbędnych do uzyskania promocji na stopień naukowy doktora. Wskazane przez mnie z obowiązku recenzenta niedociągnięcia nie umniejszają wartości merytorycznej pracy; tym bardziej, że Autorka zrealizowała założone cele badawcze. W związku z tym, całość niniejszej rozprawy oceniam bardzo pozytywnie.

Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny praca pt.: „Odpowiedź jelitowa na stymulację prebiotykiem i postbiotykiem podanym *in ovo* w trakcie rozwoju embrionalnego” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 190 ust. 2 i art. 183 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 157). Wnoszę zatem do Rady Naukowej Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy o przyjęcie przedstawionej rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pani mgr inż. Aleksandry Beldowskiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

INSTYTUT ZOOTECHNIKI
Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Biologii Molekularnej Zwierząt
Laboratorium Genomiki
ul. Krakowska 1, 37-043 Balice
tel. 666-081-327, fax (i2) 285-60-13

Aleksandra Paulina Tyzko