

Prof. dr hab. Alina Sionkowska
Laboratorium Biomateriałów i Kosmetyków
Wydział Chemii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
alinas@umk.pl

Toruń, 7 stycznia 2026 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Antoniego Taraszkiewicza zatytułowanej:
„Charakterystyka bioaktywnych peptydów z keratyny z piór drobiowych oraz produktów ich przemian zachodzących w trakcie reakcji Maillarda”

Przedstawiona do recenzji praca doktorska została wykonana w Katedrze Chemii, Technologii i Biotechnologii Żywności na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej. Promotorem pracy jest dr hab. Hanna Staroszczyk.

Rozprawa jest przygotowana w formie zbioru opublikowanych artykułów. Na rozprawę składają się cztery opublikowane artykuły badawcze i jeden artykuł przeglądowy. Artykuły zostały opublikowane w latach 2022-2026. Rozprawa wraz z załącznikami zawarta jest na 179 stronach. Napisana jest w języku angielskim, ale zawiera tytuł i streszczenie również w języku polskim.

Praca ogólnie dotyczy opracowania metody przetwarzania piór kurzych do peptydów o zastosowaniach spożywczych. W ramach pracy doktorskiej Doktorant połączył symulację metodą *in silico* uwalniania peptydów z doświadczalną analizą składu, struktury, stabilności termicznej, aktywności przeciwutleniającej i bezpieczeństwa żywieniowego keratyny przed i po przetworzeniu.

Problem odpadów przemysłu spożywczego jest ciągle aktualny. Umiejętne zagospodarowanie tych odpadów jest ciągłym wyzwaniem zarówno dla badaczy jak i dla przemysłu spożywczego. Pióra kurze są produktem ubocznym przetwórstwa drobiu, a ich umiejętne zagospodarowanie może prowadzić do wartościowych produktów zarówno dla przemysłu spożywczego jak i kosmetycznego. Zatem podjęte w ramach pracy doktorskiej wyzwania uważam za aktualne i mogące prowadzić do nowatorskich rozwiązań badawczych i przemysłowych.

W części teoretycznej autor opisał znaczenie peptydów w zastosowaniach biotechnologicznych, żywności oraz farmaceutykach. Dokonał przeglądu peptydów bioaktywnych, podkreślając właściwości antyoksydacyjne, przeciwzapalne, przeciwdrobnoustrojowe, neuroprotektoryjne, przeciwcisnieniowe i inne wybranych peptydów. Następnie opisał metody pozyskiwania bioaktywnych peptydów z wybranych białek, w tym hydrolizę enzymatyczną, mikrobiologiczną, chemiczną, w układzie pokarmowym, oraz przedstawił w jasny sposób zalety i wady każdej z metod w tabeli 1. W części teoretycznej opisał również modyfikację bioaktywnych peptydów na drodze reakcji Maillarda. Rozdział 2 rozprawy doktorskiej poświęcony jest keratynie. Omówione w nim zostały rodzaje keratyny, jej właściwości fizykochemiczne oraz metody i źródła jej pozyskiwania. Autor omawia również mechanizmy hydrolizy i solubilizacji keratyny bazując na najnowszych artykułach naukowych. W części eksperymentalnej autor przedstawił cel pracy i hipotezy. Celem pracy była ocena przydatności keratyny z piór kurzych jako prekursora bioaktywnych peptydów i produktów reakcji Maillarda (MRP) poprzez hybrydowe podejście *in silico-in vitro*. W oparciu o doniesienia naukowe przedstawiono sześć hipotez, które zostały poddane weryfikacji w ramach realizacji pracy doktorskiej. Przedstawione zostały zadania badawcze, których realizacja doprowadziła do realizacji zamierzonego celu. Etapy pracy badawczej zostały bardzo ciekawie przedstawione w sposób graficzny na schemacie na rysunku 11.

Następnie Doktorant dokonał krótkiego omówienia artykułów badawczych i pracy przeglądowej, wchodzących w skład rozprawy doktorskiej. Artykuły składające się na rozprawę doktorską są wieloautorskie i zostały ponumerowane w dysertacji od A1 do A5. Oryginalne artykuły przedstawiające wyniki badań to:

A1. Taraszkiewicz, A., Sinkiewicz, I., Sommer, A., Dąbrowska, M., & Staroszczyk*, H. (2022). Prediction of bioactive peptides from chicken feather and pig hair keratins using *in silico* analysis based on fragmentomic approach. *Current Pharmaceutical Design*, 28(10), 841–851.

A2. Taraszkiewicz, A., Sinkiewicz, I., Sommer, A., Kusznierecz, B., Giblin, L., & Staroszczyk*, H. (2025). Chemical composition and techno-functional properties of highpurity water-soluble keratin and its enzymatic hydrolysates. *Food Chemistry*, 472, 142641.

A3. Staroszczyk*, H., Sommer, A., **Taraszkiewicz, A.,** & Michalec M. Changes in the structure and thermal properties of feather keratin induced by L-Cys extraction followed by enzymatic hydrolysis. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5382858> (under review-opublikowany February 2026)

A4. Taraszkiewicz, A., Sommer, A., Sinkiewicz, I., Koss-Mikołajczyk, I., Kusznierecz, B., Giblin, L., & Staroszczyk*, H. (2025). Valorising feather keratin: Antioxidant activity, cytotoxicity and mutagenicity during processing and gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 493P2, 145820.

W trzech z czterech wymienionych artykułów badawczych pan mgr inż. Antoni Taraszkiewicz jest pierwszym autorem, ale nie pełni roli autora korespondencyjnego. Zamieszczone w dysertacji oświadczenia wyraźnie wskazują na wiodącą rolę Doktoranta w opublikowanych pracach. Udział procentowy został oszacowany na 50% w artykułach A1 i A4, 15% w A3 oraz 44% w artykule A2. Wymienione powyżej czasopisma naukowe należą do grupy bardzo dobrych czasopism naukowych, w których artykuły podlegają szczegółowej i krytycznej ocenie recenzentów z danej dziedziny. Artykuł przeglądowy z 70% udziałem Doktoranta został również opublikowany w dobrym czasopiśmie naukowym z serii Critical Reviews.

A5. Taraszkiewicz, A., Sinkiewicz, I., Sommer, A., & Staroszczyk, H. (2024). The biological role of prolyl oligopeptidase and the procognitive potential of its peptidic inhibitors from food proteins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(19), 6567–6580.

W artykule A1 została przedstawiona analiza *in silico* struktury pierwszorzędowej keratyn z piór kurzych i sierści świńskiej, która stanowi podstawy obliczeniowe rozprawy doktorskiej. Początkowo całe sekwencje keratynowe analizowano pod kątem obecności znanych bioaktywnych peptydów przy użyciu bazy danych BIOPEP-UWM, określając występowanie typów bioaktywności. Wskazano potencjalne funkcjonalności dostępne do uwolnienia w obu badanych keratynach. Następnie oba rodzaje keratyny poddano hydrolizie wykorzystując do tego celu znane proteazy i przebadano otrzymane hydrolizaty. Porównano również efektywność hydrolizy w zależności od użytego enzymu.

Artykuł A2 przedstawia wyniki badań prowadzonych tylko dla keratyny piór kurzych i przedstawia warunki redukcji L-Cys dla zmaksymalizowania wydajności ekstrakcji keratyny z zachowaniem wiązań peptydowych i jakości aminokwasów. Produktem docelowym był ekstrakt keratyny o wysokiej czystości do zastosowań spożywczych i dalszego enzymatycznego uwalniania potencjalnie bioaktywnych peptydów o jakości spożywczej. Autor wykazał, że dokładna optymalizacja każdego etapu przetwarzania jest niezbędna do produkcji wysokiej jakości, bioaktywnych preparatów keratynowych z odpadów piór.

Artykuł A3 opisuje wyniki badań określające zmiany fizykochemiczne wywołane ekstrakcją i późniejszą proteolizą, a także strukturę i właściwości termiczne otrzymanych preparatów keratynowych. W trakcie składania rozprawy doktorskiej artykuł był w recenzji, jednak jest już opublikowany online w *Food Chemistry* na rok 2026. Wykazano w artykule A3, że ekstrakcja zmniejszyła zawartość α -helisy keratyny na korzyść struktury β kartki, prowadząc do mniej uporządkowanych struktur krystalicznych. Te zmiany strukturalne zmniejszyły stabilność termiczną keratyny, powodując jej wolniejszy, ale bardziej stopniowy rozkład. Badane hydrolizaty wykazywały zachowane cechy budowy amidowej, ale zmniejszoną zawartość α -

helisy i β -kartki oraz mniejszą krystaliczność. Subtylizyna indukowała najgłębsze przemiany strukturalne i molekularne spośród zastosowanych enzymów, w tym utratę struktury drugorzędowej, tworzenie grup karboksylanowych i wytwarzanie krótkich fragmentów peptydowych.

W artykule A4 opisano badania aktywności przeciwutleniającej otrzymanych peptydów keratynowych. Do badań wykorzystano metodę ABTS, Folin-Ciocalteu oraz test aktywności chelatującej Fe^{2+} . Dla oceny bezpieczeństwa stosowania hydrolizatów keratyny zastosowano test MTT na ludzkich enterocytach oraz test mutagenności za pomocą testu Amesa. Reprezentatywne preparaty keratynowe z każdego etapu obróbki zostały poddane testom przy użyciu statycznego protokołu INFOGEST w celu oceny ich strawności i biodostępności w odpowiednich warunkach fizjologicznych.

Artykuł A5 to praca przeglądowa opisująca oligopeptydazę proliową (POP) zaangażowaną w różne procesy fizjologiczne i procesy patologiczne w organizmie człowieka. W pracy tej autorzy zacytowali 143 pozycje literaturowe. Podsumowano w niej stan wiedzy na temat POP i jej inhibitorów peptydowych pochodzących z białek żywności, ze szczególnym uwzględnieniem ich potencjału jako czynników wzmacniających funkcje poznawcze. Autor wskazał, że preparaty keratynowe badane przez niego doświadczalnie również wykazały silny potencjał hamowania POP, wspierany przez wysoką zawartość Pro w keratynie.

Podsumowując, Doktorant otrzymał wiele ciekawych wyników. Na podstawie przeprowadzonych symulacji wykazał, że keratyna jest m.in. źródłem inhibitorów dipeptydylopeptydazy IV, konwertazy angiotensyny i oligopeptydazy prolinowej oraz peptydów przeciwutleniających. Wykazał, że ekstrakcja keratyny z L-Cys obniża krystaliczność i zawartość α -helis natywnego białka na rzecz β -kartek, co skutkuje jego wolniejszym, stopniowym rozkładem termicznym. Otrzymany w ramach badań izolat miał dużą czystość i rozpuszczalność w wodzie, zachowany szkielet i korzystne właściwości żelujące, wiążące olej i pianotwórcze. Hydroliza izolatu trypsyną, chymotrypsyną i pepsyną nieznacznie zmodyfikowała II-rzędową strukturę białka, ale zmieniła właściwości technologiczne w stopniu zależnym od stopnia hydrolizy i pH. Hydrolizat subtylizynowy wykazał największe zmiany w strukturze białka, co skutkowało najlepszą rozpuszczalnością i aktywnością przeciwrodnikową, chelatacji Fe^{2+} oraz redukcyjną. Zastosował protokół INFOGEST dla trawienia peptydów pochodzących z piór jako najdokładniejszy statyczny model trawienia odwzorowujący trawienie człowieka. Produkty glikacji tego hydrolizatu z Xyl miały zwiększoną aktywność przeciwutleniającą po symulowanym trawieniu żołądkowo-

jelitowym. Przetwarzanie i trawienie keratyny nie wywołało cytotoksyczności ani mutagenności.

Doktorant wykazał, że potrafi dobrze wykorzystywać narzędzia bioinformatyczne oraz napisać dobre artykuły zarówno badawcze jak i przeglądowe. Publikacje wchodzące w skład dysertacji są wieloautorskie, co świadczy o umiejętności współpracy w zespole badawczym.

Uwagi:

1. Str. 32, rysunek 8: Czy schemat ten jest zaczerpnięty z literatury czy wykonany przez autora? Schemat sugeruje podwójną helisę keratynową z rozgałęzieniami, przypominającą helisę DNA, czy tak jest w rzeczywistości? W pracy Shavandi et al. (2017) schemat nie sugeruje takich helis.
2. Czy zdaniem autora zagospodarowanie odpadów w postaci kopyt i rogów aby pozyskać dobrej jakości pochodne keratyny może być bardziej opłacalne w porównaniu do zagospodarowania piór kurzych?
3. W tabeli 2 podano skład aminokwasowy keratyny z piór kurzych, wełny owczej i włosów świńskich w oparciu o artykuł Banasaz & Ferraro. Czy badano skład aminokwasowy badanych rodzajów keratyn na każdym etapie pracy badawczej? Dlaczego do porównania użyto izolatu białka serwatkowego (strona 87)?
4. Autor używał danych z „the UniProt database of protein sequences” i wykorzystał dane dla keratyn zawierających mniej niż 100 aminokwasów. Czy zdaniem autora zastosowanie dłuższych łańcuchów mogłoby dać inne wyniki obliczeń?
5. Czy rozpuszczalne pochodne keratyny można nadal nazywać keratynami czy kerateinami? Prośba o wyjaśnienie. W artykule A2, na str. 82 dysertacji, można znaleźć sformułowanie ”soluble derivatives called kerateins are formed (Shavandi et al., 2017; Sinkiewicz et al., 2018). Na str. 83 jest nazwa rozpuszczalny w wodzie izolat keratyny (keratin isolate dissolved in distilled water).
6. W artykule A3 autorzy sugerują dwie temperatury denaturacji dla keratyny, pierwszą przy około 105 °C, drugą przy 280-320 °C. Proszę o wyjaśnienie, czy ubytek wody w trakcie ogrzewania białka jest zawsze związany z denaturacją.
7. Praca przeglądowa A5 dotyczy oligopeptydazy prolilowej (POP) i raczej jest luźno powiązana z dysertacją jako całością. Dlaczego autor zdecydował się dokonać przeglądu literatury dotyczącego właśnie POP?

Wymienione przeze mnie drobne usterki i postawione pytania w żaden sposób nie zmniejszają wartości merytorycznej pracy, którą oceniam bardzo wysoko. Całkowity dorobek pana Antoniego Taraszkiewicza jest również na bardzo dobrym poziomie. Doktorant jest współautorem 7 publikacji, i 11 doniesień konferencyjnych. Odbył dwa międzynarodowy staże badawcze w Department of Food Biosciences, Teagasc Food Research Centre, Moorepark, w Irlandii. Uzyskał grant Preludium NCN oraz uczestniczył w grantie międzynarodowym (EEA and Norway grants). Aktywny jest również w popularyzacji nauki i opiece nad dyplomantami. Doskonale posługuje się dostępnymi technikami badawczymi i literaturą do rozwiązywania zadań badawczych.

Podsumowując, Doktorant zrealizował założone cele badawcze. Otrzymał i scharakteryzował hydrolizaty z piór kurzych oraz włosów świni. Wykazał, że dokładna optymalizacja każdego etapu przetwarzania jest niezbędna do produkcji wysokiej jakości, bioaktywnych preparatów keratynowych z odpadów piór.

Praca zawiera dużo oryginalnych wyników o znaczeniu poznawczym i praktycznym, a do najważniejszych osiągnięć rozprawy zaliczam:

1. Analizę *in silico* sekwencji keratyny z piór kurzych i sierści świńskiej w celu przewidywania profili uwalniania peptydów, oceny potencjalnej bioaktywności i toksyczności;
2. Otrzymanie MRP poprzez reakcję enzymatycznego hydrolizatu keratyny z D-Glc lub D-Xyl w kontrolowanych warunkach termicznych;
3. Ocena aktywności przeciwutleniającej, bezpieczeństwa żywieniowego, biodostępności i strawności wybranych preparatów keratynowych z różnych etapów przetwarzania w warunkach fizjologicznie istotnych z wykorzystaniem protokołu INFOGEST SGID.

Biorąc pod uwagę całość badań, oryginalność i jakość wyników, poprawną ich dyskusję a także potencjalne jak i realne zastosowanie uważam, że praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim przez art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). Wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Gdańskiej o dopuszczenie mgr. inż. Antoniego Taraszkiewicza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

A. Sioukowskie