

prof. dr hab. inż. Małgorzata Sobczak
Katedra Technologii Mięsa
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Szczecin, 25 czerwca 2025 r.

RECENZJA

**osiągnięcia naukowego pt. „Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości wyrobów mięsnych”,
dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego
Pani Monice Marcinkowskiej - Lesiak**

Recenzja została wykonana na podstawie pisma Przewodniczącej Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Pani prof. dr hab. Ewy Jakubczyk (BON/75/2025) oraz dokumentacji przygotowanej przez Habilitantkę zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity wprowadzony w postaci załącznika do obwieszczenia Marszałka Sejmu RP z 11 września 2024 r., Dz.U.2024, poz. 1571 z późn.zm.).

Informacje ogólne o kandydacie

Pani dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak jest absolwentką Wydziału Nauk o Żywności SGGW w Warszawie, który ukończyła w 2009 r. obroną pracy magisterskiej pt. „Analiza wpływu dodatku skrobi na jakość makaronów instant”. W 2015 r., na podstawie rozprawy pt. „Wpływ rodzaju opakowania oraz warunków przechowywania na wybrane właściwości fizykochemiczne mięsa wieprzowego” uzyskała stopień doktora nauk rolniczych w zakresie technologia żywności i żywienia. Od 2015 r. jest zatrudniona na macierzystej uczelni, na początku jako asystent naukowo-dydaktyczny na Wydziale Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, a od 2019 r. w Instytucie Nauk o Żywieniu Człowieka jako adiunkt badawczo-dydaktyczny.

Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym, wskazanym przez Habilitantkę we wniosku, stanowiącym podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, jest opracowanie pt. „Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości wyrobów mięsnych”, w skład którego wchodzi 6 prac naukowych opublikowanych w latach 2022-2024 w czasopismach z bazy JCR (2 x *Meat Science*, *Foods*, *Applied Sciences-Basel*, *Animal Science Papers and Reports*, *LWT*), w których jest pierwszym autorem

i jednocześnie autorem korespondencyjnym. Udział Habilitantki w powstawaniu każdej z prac obejmował: opracowanie koncepcji i założeń badań, wykonanie głównych prac badawczych i analitycznych, analizę i interpretację wyników, przygotowanie manuskryptu, współredagowanie odpowiedzi na recenzje oraz prowadzenie korespondencji z redaktorem czasopisma, i został oceniony na poziomie 75%, co potwierdzają zamieszczone w dokumentacji oświadczenia współautorów wszystkich prac ze szczegółowym wskazaniem ich udziału merytorycznego (załącznik 6). W publikacjach przedstawiono wyniki badań sfinansowanych z środków Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka w ramach zadań badawczych dla Naukowców i Zespołów (w latach 2021-2022) oraz przez NCN w ramach zadania badawczego Miniatura 6 („Mechanizm wytwarzania azotynów *in situ* z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej oraz ich stabilność w wybranych uwodnionych układach białek komplementarnych”), (w latach 2022-2023). We wszystkich badaniach, prowadzonych w ramach osiągnięcia naukowego, Habilitantka wykorzystała skonstruowane przez siebie stanowisko do modyfikacji surowców za pomocą nietermicznej plazmy atmosferycznej (generator typu *plasma jet*).

Łączna wartość osiągnięcia naukowego, będącego podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, to IF = 28,8 (IF_{5-letni}=26,3) oraz 680 pkt.

Peklowanie mięsa jest jednym z ważniejszych procesów w przetwórstwie mięsa, który decyduje o jakości sensorycznej oraz trwałości produktów mięsnych. Azotan (III) sodu, stosowany powszechnie w mieszaninie z chlorkiem sodu, jest odpowiedzialny za powstawanie i stabilizację po obróbce cieplnej charakterystycznej pożądanej różowo-czerwonej barwy mięsa peklowanego. Azotany (III) wchodząc w reakcje ze składnikami mięsa (aminokwasy) wpływają również na profil smakowo-zapachowy produktu. Są jedynym skutecznym środkiem, który zabezpiecza produkty mięsne przed namnażaniem szczególnie niebezpiecznej dla zdrowia (i życia) człowieka bakterii *Clostridium botulinum*. Oczywiście, ze względu na potencjalne zagrożenia (powstawanie rakotwórczych nitrozoamin) ich stosowanie jest ograniczone do niezbędnego minimum, które gwarantuje uzyskanie zamierzonego celu technologicznego. Z tego właśnie powodu ilości azotanów (III) stosowane w przetwórstwie są limitowane przez przepisy prawa i zgodnie z tymi przepisami już od 09.10.2025 r. wyniosą max. 55 mg jonów NO₂⁻/kg dla sterylizowanych produktów mięsnych oraz 80 mg/kg dla pozostałych produktów mięsnych (rozporządzenie Komisji (UE) 2023/2108 z 06.10.2023), czyli prawie o połowę mniej niż w obecnie obowiązujących regulacjach prawnych. Pomimo tych obostrzeń, konsument ciągle jeszcze łączy stosowanie związków syntetycznych, za jakie uważa m.in. azotan sodu, z „chemizacją” żywności i w konsekwencji aktywnie poszukuje i wybiera produkty mięsne z tzw. „czystą etykietą”. Aby sprostać wymaganiom konsumenta prowadzono już prace nad wykorzystaniem różnych naturalnych substancji (olejki eteryczne, ekstrakty roślin, rośliny stosowane w medycynie tradycyjnej, rośliny naturalnie zawierające azotany (V)) do uzyskania podobnych rezultatów do tych z udziałem azotanów (III). Nie zawsze jednak uzyskane wyniki były zadowalające – bardzo często stosowanie naturalnych „źródeł” jonów

azotanowych/azotynowych było niewystarczające do uzyskania jednocześnie odpowiedniej trwałości, barwy i aromatu typowych dla peklowanych produktów mięsnych lub powodowało pogorszenie jakości produktu (aromat, tekstura). Stąd też w ostatnich latach uwaga badaczy skupiła się na poszukiwaniu innych metod, które pozwoliłyby generować jony azotanowe (III), wykorzystywane następnie w procesie peklowania. Jedną z obiecujących w tym zakresie metod jest nietermiczna plazma atmosferyczna (NPA), która kojarzona jest najczęściej jako metoda nietermicznego utrwalania żywności, dezynfekcji powierzchni opakowań, narzędzi i urządzeń wykorzystywanych w przetwórstwie. Ze względu na generowanie reaktywnych form tlenu i azotu niskotemperaturowa plazma może również oddziaływać i eliminować zanieczyszczenia w produktach spożywczych (np. metale ciężkie, pestycydy, myko- i aflatoksyny), hamować aktywność enzymów, redukować poziom alergenów, zwiększać aktywność związków bioaktywnych i przeciwtleniających w produktach spożywczych. Jednak co najważniejsze NPA generuje związki azotu (dwutlenek azotu, tritlenek azotu, podtlenek azotu, tritlenek diazotu, czterotlenek diazotu), które w surowcach/produktach zawierających wodę mogą przyczynić się do powstawania jonów azotanowych (III), stanowiących potencjalnie alternatywne źródło tych związków w procesie peklowania mięsa. To właśnie ten potencjał wykorzystania NPT do peklowania mięsa stał się podstawą podjęcia przez Habilitantkę badań, których wyniki przedstawiła w publikacjach, wchodzących w skład Jej osiągnięcia naukowego.

Celem osiągnięcia naukowego było: i) opracowanie niekonwencjonalnej technologii peklowania z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA), która mogłaby stanowić alternatywę dla powszechnie stosowanych metod z użyciem azotanu (III) sodu oraz ii) zoptymalizowanie pozyskiwania z wybranych alternatywnych źródeł roślinnych i zwierzęcych jonów azotanowych (III) stabilnych podczas przechowywania. Aby osiągnąć cel Habilitantka podzieliła swoją aktywność w tym zakresie na 3 etapy:

1. zastosowanie NPA w preparatach jonów azotanowych (III), pozyskanych z wybranych surowców roślinnych (soja, groch, soczewica) i zwierzęcych (mleko krowie, białko jaja kurzego, plazma krwi wieprzowej), które zostały następnie wykorzystane w postaci uwodnionej lub wysuszonej w produkcji wyrobów mięsnych, takich jak: średnio rozdrobnione kiełbasy parzone, pasztet, jerky (O.1, O.2, O.4, O.5);
2. ocenę wpływu peklowania w wodnych roztworach zawierających jony azotanowe (III) poddane działaniu NPA na jakość wieprzowego mięśnia *m. longissimus thoracis et lumborum* (O.3);
3. optymalizacja parametrów wytwarzania (czas ekspozycji, odległość od źródła plazmy oraz temperatura suszenia) wybranych alternatywnych źródeł jonów azotanowych (III) z wykorzystaniem NPA (O.6).

Prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego zostały ułożone w sposób logiczny, który jest odzwierciedleniem poszczególnych etapów badań.

W pierwszym etapie badań dr inż. M. Marcinkowska-Lesiak wytypowała surowce białkowe, które po zastosowaniu NPA mogłyby stanowić źródło jonów azotanowych (III) w przetwórstwie mięsnym. Podstawą tego wyboru był ich odczyn ($\text{pH} > 6$) oraz właściwości

buforujące (w celu zapobiegania niepożądanym przemianom azotanów (III), jakie zachodzą w środowisku o $\text{pH} < 5,5$) i funkcjonalne (zdolność do tworzenia stabilnych emulsji, żeli i utrzymania struktury produktów mięsnych). Następnie, do badań wykorzystano wodne roztwory białek roślinnych (soi, grochu, soczewicy) oraz zwierzęcych (mleka krowiego, białka jaja kurzego, suszonej plazmy krwi wieprzowej), które zostały wprowadzone do wyrobów mięsnych o różnym stopniu rozdrobnienia (homogenizowane, drobno i średnio rozdrobnione). Wytworzone w ten sposób produkty zostały poddane bardzo szczegółowej ocenie jakości i porównane do produktów wytworzonych w tradycyjny sposób (z dodatkiem azotanu (III) sodu). Ocena jakości obejmowała:

- analizę podstawowego składu chemicznego przy użyciu spektrometrii bliskiej podczerwieni (O.1, O.2),
- ocenę wydajności procesu (O.1, O.2, O.5),
- instrumentalny pomiar pH (O.1, O.2, O.4, O.5), aktywności wody (O.5), barwy (O.1, O.2, O.4, O.5),
- analizę zawartości wolnych reszkowych azotanów (III) i zawartości nitrozylochromogenu (O.1, O.2, O.4, O.5),
- instrumentalny pomiar tekstury (testy TPA i WB) przy użyciu maszyny wytrzymałościowej INSTRON 5965 (O.1, O.2, O.4, O.5),
- ocenę stopnia utleniania lipidów metodą TBARS (O.1, O.2, O.4, O.5),
- ocenę mikrobiologiczną (ogólna liczba drobnoustrojów), (O.1, O.2),
- ocenę profilu lotnych związków z wykorzystaniem elektronicznego nosa HERACLES II i analizę głównych ich składowych w programie AlphaSoft ver.8.0 (O.1, O.2, O.4, O.5).

Uzyskane wyniki Habilitantka poddała analizie statystycznej za pomocą programu Statistica ver. 13.3.

W ramach publikacji O.1 wstępnie oceniono aż 5 koncentratów białek roślinnych (grochu, soi, soczewicy, ryżu i ciecierzycy) dostępnych na rynku, jednak do dalszych badań zakwalifikowano 3 (soja, groch, soczewica), których wodne roztwory po zastosowaniu NPA zawierały ≥ 500 mg/kg jonów azotanowych (III). W celu dostosowania zawartości jonów azotanowych (III) w wodnych roztworach białek do próby kontrolnej (z azotanem (III) sodu) zastosowano modyfikację czasu ich ołówki plazmą (48–91 min., końcowe pH 5,60–5,76). Wyprodukowano 5 wariantów wieprzowych kielbas średnio rozdrobnionych, tj.: 2 próby kontrolne: negatywna (NC, bez azotanu (III) sodu) i pozytywna (PC, z azotanem (III) sodu) oraz 3 warianty badawcze z aktywowanym plazmą wodnym roztworem preparatu białka sojowego (E1), grochu (E2) i soczewicy (E3). Wszystkie warianty wykonano w skali laboratoryjnej w tożsamy warunkach, w 3 powtórzeniach. Wytworzone kielbasy zabezpieczono, przechowywano w warunkach chłodniczych przez 8 dni i oceniano w dniu wytworzenia oraz w 4 i 8 dniu przechowywania. Wykazano, że wyprodukowane warianty badawcze charakteryzowały się większą zawartością białka (czego można było się spodziewać) oraz mniejszą zawartością wody niż próby kontrolne, co może świadczyć o zmianach w strukturze

białek i utracie ich funkcjonalności w wyniku działania plazmy. Poziom wolnych resztkowych jonów azotanowych (III) dla wariantów PC, E1, E2, i E3 był wyższy niż w próbie NC i zmniejszał się w czasie składowania wszystkich wariantów. Obserwacja ta potwierdza zdolność azotanów (III) do tworzenia kompleksów z białkami, grupami sulfhydrylowymi oraz lipidami, jak również ich przekształcanie się lub ulatnianie w formę gazową. Wprowadzenie wodnych roztworów białek, poddanych działaniu NPA, do wyrobów pozwala uzyskać istotne ilości azotanów (III) w produktach końcowych, dzięki czemu nie ma potrzeby stosowania w przetwórstwie syntetycznego azotanu (III) sodu czy wody aktywowanej plazmowo (ale stabilizowanej buforami chemicznymi). W dniu wytworzenia kielbasy NC, w porównaniu do tych z azotanami (III), tj. PC, E1, E2, i E3 cechowały się większym stopniem utlenienia lipidów, największą ogólną liczbą drobnoustrojów i słabszym aromatem oraz niższą zawartością nitrozylochromogenu i w konsekwencji większą jasnością (L^*), mniej czerwoną (a^*), a bardziej żółtą (b^*) barwą. W czasie składowania obserwowano zmniejszenie zawartości nitrozylochromogenu, zmniejszenie jasności (szczególnie w próbach E1, E2, E3) i zwiększenie udziału barwy żółtej (szczególnie dla wariantu E3) oraz zmniejszenie różnic w udziale barwy czerwonej pomiędzy wszystkimi 5 wariantami kielbas. Zmiany składowalnicze barwy Habilitantka tłumaczy utlenianiem grup hemowych oraz obecnością w roztworach aktywowanych plazmowo innych barwników. W kielbasach wyprodukowanych z azotanami (III), przechowywanych chłodniczo, obserwowano zwiększenie stopnia utlenienia lipidów i ogólnej liczby drobnoustrojów (najbardziej w E3) oraz zmniejszenie różnic w percepcji aromatu. Nie stwierdzono natomiast różnic w parametrach tekstury (twardość, spoistość, sprężystość, żuwalność, gumowatość) pomiędzy wszystkimi wariantami kielbas, niezależnie od czasu ich chłodniczego składowania. Uzyskane wyniki świadczą o możliwości wyprodukowania wyrobów mięsnych (kielbas) wolnych od syntetycznych azotanów (III) sodu bez pogorszenia jakości produktów w czasie przechowywania, dzięki zastąpieniu ich roztworami białek roślinnych (szczególnie białek grochu) aktywowanymi za pomocą NPA.

W kolejnej pracy (O.2) Pani doktor przebadła wpływ dodatku liofilizatu białek mleka poddanych działaniu NPA na jakość wieprzowych kielbas średnio rozdrobnionych. W celu pozyskania liofilizowanego mleka poddawała je zagęszczaniu pod ciśnieniem 70 mbar w temp. 55°C, a następnie działaniu NPA do uzyskania pH 6,00 i na koniec liofilizacji i rozdrabnianiu. Zawartość azotanów (III) w liofilizacie oszacowano na średnim poziomie 1307mg/kg, co po wprowadzeniu 5% proszku do kielbas pozwoliło uzyskać w produkcie 100 ppm azotanu (III) sodu. W doświadczeniu wyprodukowano 4 warianty kielbas, tj. 2 próby kontrolne: negatywna (NC, bez azotanu (III) sodu) i pozytywna (PC, z dodatkiem 100 ppm azotanu (III) sodu) oraz 2 warianty badawcze z dodatkiem 5% aktywowanego plazmą liofilizatu białka mleka (PAMP) oraz z dodatkiem 5% aktywowanego plazmą liofilizatu białka mleka i 0,05% kwasu askorbinowego (PAMP+AA). Wytworzone kielbasy zabezpieczono, przechowywano w warunkach chłodniczych i oceniano w dniu wytworzenia oraz w 4 i 8 dniu przechowywania. Pomiędzy wariantami wykazano zróżnicowanie w barwie i pH farszów oraz wydajności,

podstawowego składu (woda, białko, sól), parametrach tekstury i profilu lotnych związków, jak również w stopniu oksydacji lipidów i ogólnej liczbie drobnoustrojów tlenowych w kielbasach. Oba warianty z dodatkiem aktywowanego NPA białka mleka nie różniły się istotnie wymienionymi powyżej cechami, jednak w porównaniu do wariantu kontrolnego NC charakteryzowały się istotnie wyższym pH, jaśniejszą barwą (L^*), mniej intensywnym odcieniem czerwoności (a^*) i bardziej intensywnym odcieniem żółtym (b^*), większą wydajnością produkcji, zawartością wody i białka oraz mniejszą zawartością soli, większą twardością, sprężystością, żuwalnością i gumowatością, a także mniejszą wartością TBARS i TAPC. Próba wyprodukowana z dodatkiem azotanu (III) sodu nie różniła się od NC wartością pH, wydajnością, składem oraz teksturą, a od wariantów z białkiem mleka barwą (L^* , a^* , b^*) i wartościami TBARS i TAPC. We wszystkich 4 wariantach podczas składowania chłodniczego odnotowano spadek pH, zawartości reszkowych azotanów (III), nitrozylomiochromogenu, generalnie rozjaśnienie barwy, zmniejszenie czerwoności i zwiększenie odcienia żółtego oraz stopnia oksydacji lipidów i ogólnej liczby bakterii tlenowych (TAPC), a także zwiększenie twardości, gumowatości i żuwalności, przy czym zmiany te były mniejsze w wariantach z PAMP (bez i z kwasem askorbinowym). W tym przypadku również potwierdzono możliwość wykorzystania liofilizatu mleka aktywowanego NPA (z lub bez kwasu askorbinowego) jako substytutu azotanu (III) sodu w przetwórstwie mięsnym do produkcji kielbas o lepszych właściwościach jakościowych.

W pracy O.4 przedstawiono wyniki badań jakości homogenizowanych wyrobów mięsnych - pasztetów wieprzowych, do produkcji których wykorzystano aktywowane NPA białka jaj kurzych. W tym celu białka jaja poddawano działaniu NPA przez różny czas, tak aby uzyskać zawartość azotanów (III) na poziomie 500 ppm (100 min. działania NPA) i 1000 ppm (200 min. działania NPA), a ich pH nie obniżyło się poniżej wartości 6. Dzięki temu wprowadzenie 8% dodatku preparatu białkowego do wsadu mięsnego pozwoliło wprowadzić do homogenizowanego wyrobu odpowiednio 40 i 80 mg jonów azotanowych (III), co odpowiadało 60 i 120 ppm azotanu (III) sodu. Wyprodukowano 5 wariantów pasztetów w 3 oddzielnych partiach: NC (bez dodatku azotanów (III)), PC1 (z dodatkiem 60 ppm NaNO_2), PTEW1 (z dodatkiem białka jaja aktywowanego NPA, zawierającego 40 ppm jonów NO_2^-), PC2 (z dodatkiem 120 ppm NaNO_2), PTEW2 (z dodatkiem białka jaja aktywowanego NPA, zawierającego 80 ppm jonów NO_2^-). Badania wyrobów przeprowadzono w dniu ich wyprodukowania oraz w 3, 5. i 7. dniu przechowywania chłodniczego. Niezależnie od czasu składowania wyrobów nie stwierdzono pomiędzy wariantami różnic w wydajności procesu produkcji, pH, jak i w parametrach ich tekstury. Niezależnie od źródła jonów azotanowych (III) oraz czasu składowania, warianty z dodatkiem NO_2^- charakteryzowały się większą zawartością wolnych reszkowych azotanów (III) i nitrozylomiochromogenu, jaśniejszą barwą (L^*), większym udziałem barwy czerwonej (a^*), a mniejszym barwy żółtej (b^*), mniejszym stopniem utlenienia lipidów (TBARS) oraz innym profilem zapachowym niż pasztety kontrolne, a różnice te były większe im większy był poziom wprowadzenia tych jonów. Z kolei czas składowania wszystkich wariantów pasztetów przyczynił się do zmniejszenia zawartości wolnych reszkowych azotanów (III) i nitrozylomiochromogenu,

zwiększenia jasności barwy (*), zwiększenia udziału barwy czerwonej (a*), zwiększenia stopnia utlenienia lipidów (TBARS) oraz zmniejszenia różnic w profilu zapachowym. Przeprowadzone badania potwierdziły, że aktywowane NPA białka jaj mogą stanowić alternatywę dla azotanu (III) sodu również w produkcji homogenizowanych wyrobów mięsnych bez pogorszenia ich jakości (skuteczne ograniczenie utleniania lipidów, charakterystyczna i stabilna barwa mięsa peklowanego, podobne zmiany w profilu zapachowym podczas składowania, brak różnic w wydajności i w teksturze).

Wyniki badań zaprezentowane w publikacji O.5 dotyczą kolejnej grupy wyrobów mięsnych (jerky z mięsa wołowego), do których wprowadzono wodne roztwory aktywowanych NPA białek zwierzęcych (plazmy krwi) o różnych stężeniach (2,5; 5 i 7,5%). Roztwory białka plazmy poddawano działaniu plazmy przez 70 min., a następnie opcjonalnie uzupełniano wodą do 200 g, tak aby w tej objętości roztworu uzyskać ok. 67 mg jonów azotanów (III). Roztwory aktywowanych białek wprowadzano następnie do rozdrobnionego wołowego mięśnia dwugłowego uda (*m. biceps femoris*), mieszano, formowano w prostopadłości i odwadniano wykorzystując 3-etapowe suszenie (30 min. w 75°C, 120 min. w 65°C, 30 min. w 55°C). Tu mam jedną uwagę/pytanie, dlaczego do wyrobu wprowadzano wodę (NC, PC) lub wodne roztwory białka (T1, T2, T3), a ten dodatek był na poziomie aż 20% masy mięsa? Jerky to wyroby, w których proces suszenia jest niezbędny do uzyskania odpowiedniej a_w (0,7–0,85) i w konsekwencji trwałości i jakości. Wprowadzenie dodatkowej ilości wody wydłuża czas suszenia i może przyczynić się do pogorszenia jakości produktu, ze względu na dłuższe oddziaływanie na istotne dla jakości składniki mięsa i zwiększyć m.in. stopień utlenienia lipidów czy związków lotnych. Sama Habilitantka w swoim autoreferacie (załącznik 3, s. 35) wskazała, że różne czynniki, w tym parametry procesu suszenia, wpływają na okres przydatności do spożycia jerek. W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano, że warianty wyprodukowane z dodatkiem zmodyfikowanych białek plazmy krwi charakteryzowały się oczywiście istotnie większą zawartością białka w porównaniu do obu wariantów kontrolnych (NC i PC), a także istotnie mniejszą zawartością wody i a_w , wyższym pH i jaśniejszą barwą przed i po suszeniu. W wariantach z dodatkiem jonów azotanowych (III), niezależnie od ich pochodzenia, stwierdzono większą ilość wolnych resztkowych azotanów (III) i nitrozylochromogenu, mniejszą zawartość żelaza hemowego, mniejszy stopień utlenienia lipidów (TBARS), a także mniejszy udział czerwonej i większy udział żółtej składowej barwy oraz większe nasycenie barwy niż w wariantcie bez dodatku tych jonów (NC). Wydaje się jednak, że użycie do produkcji jerek wodnych roztworów modyfikowanego białka plazmy krwi o stężeniu 5 i 7,5% może być ograniczone ze względu na znaczące pogorszenie tekstury produktu (zwiększenie siły i energii ścinania, o ok. 50–100%). Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość zastąpienia syntetycznego azotanu (III) sodu przez modyfikowane NPA białka zwierzęce (plazmy krwi) w produkcji rozdrobnionych wyrobów mięsnych typu jerky. Wykazano, że jakość uzyskanych produktów (pH, barwa, tekstura, profil związków lotnych, zawartość resztkowych azotanów i żelaza hemowego) uzależniona była od zastosowanego stężenia

roztworów suszonej plazmy, a największe podobieństwo do produktu peklowanego w tradycyjny sposób uzyskano w przypadku jerek wyprodukowanych z dodatkiem wodnego roztworu białek plazmy krwi o stężeniu 2,5%.

Podsumowując pierwszy etap badań Habilitantka skoncentrowała się w nim na możliwości wykorzystania aktywowanych NPA roślinnych i zwierzęcych surowców białkowych (o różnym stopniu uwodnienia) w procesie peklowania „na sucho” rozdrobnionego mięsa. Natomiast w drugim etapie badań dr inż. M. Marcinkowska-Lesiak podjęła próbę wykorzystania tej niekonwencjonalnej technologii w procesie peklowania „na mokro” (zalewowo) wieprzowego mięśnia najdłuższego (*m. longissimu thoracis et lumborum*), (O.3). Jako niekonwencjonalne źródło azotanów (III) posłużyło mleko krowie oraz wodny preparat sojowy, które najpierw zostały zagęszczone, poddane działaniu NPA (do uzyskania pH 6,00), liofilizowane, rozdrobnione, zapakowane próżniowo i przechowywane w kontrolowanych warunkach. Tak przygotowane surowce posłużyły następnie do przygotowania solanek peklujących, w których proporcje składników zostały dobrane w taki sposób, aby zawartość w solankach jonów NO_2^- była identyczna (200 mg/kg). Przygotowano 4 warianty doświadczalne NC, PC, B1, B2, w których plastry (po 9 na wariant) mięśnia najdłuższego z odcinka piersiowo-lędźwiowego (wolnego od wad) o grubości 2,54 cm zanurzano w solance i przechowywano przez 4 dni w warunkach chłodniczych. Oceniała efektywność peklowania, ubytki cieplne, właściwości fizyko-chemiczne (pH, barwa), twardość (test WB), zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) i nitrozylomiochromogenu, a także stopień utlenienia lipidów (TBARS) oraz profil lotnych związków zapachowych. Uzyskane wyniki wskazują potencjał wykorzystania liofilizatów białek mleka krowiego (B1) oraz uwodnionego preparatu białka sojowego (B2), poddanych działaniu NPA, jako niekonwencjonalnych źródeł jonów azotanowych (III) w peklowaniu „na mokro” większych elementów mięsa. Pomimo mniejszej efektywności peklowania dla prób B1 i B2 w porównaniu do wariantów NC (bez azotanów (III)) i PC (z azotanem sodu), charakteryzowały się one mniejszymi ubytkami cieplnymi, większym udziałem składowej barwy czerwonej oraz mniejszą zawartością wolnych resztkowych azotanów i nitrozylomiochromogenu. Uzyskano produkty, które nie różniły się jakością sensoryczną (profil związków lotnych, twardość) od obu prób kontrolnych.

W trzecim etapie badań, których efektem jest publikacja O.6, dr inż. M. Marcinkowska-Lesiak skupiła się na optymalizacji procesu produkcji suszonych białek jaj traktowanych NPA (przed suszeniem) w celu uzyskania pożądanego stężenia jonów azotanowych (III), przy zastosowaniu metodologii powierzchni odpowiedzi (RSM). Ten etap badań podzieliła na 2 części. W pierwszej oceniała wpływ parametrów obróbki plazmowej oraz suszenia na stężenie azotanów (III) w suszonych białkach jaj, a w drugiej zweryfikowała optymalne parametry obróbki plazmowej potrzebne do uzyskania stężenia jonów azotanowych (III) na poziomie 4000 mg/kg suszonych białek jaj i oceniła stabilność tych jonów podczas 4-tygodniowego przechowywania w próżni w różnych temperaturach (-18°C , $+4^\circ\text{C}$, $+26^\circ\text{C}$). Wyniki badań białek jaj kurzych i strusich wykazały istotny wpływ parametrów podczas generowania plazmy (czas obróbki,

odległość od źródła plazmy) oraz suszenia (temperatura) na zawartość jonów NO_2^- w produktach końcowych, jednak największy wpływ miały czas obróbki plazmą i odległość od źródła plazmy, co zostało potwierdzone analizą regresji. Wraz ze zwiększeniem odległości źródła plazmy obserwowano zmniejszenie zawartości azotanów (III) w suszonym białku jaj (była to istotna zależność nieliniowa), wydłużenie czasu działania plazmy przyczyniło się do zwiększenia stężenia jonów azotanowych (III), natomiast jednoczesne zwiększenie odległości i czasu działania plazmy (interakcja) znacząco obniżyły stężenie tych jonów. Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono optymalne parametry otrzymywania suszonych białek jaj aktywowanych NPA, tj. odległość od źródła plazmy 16,84 cm, czas obróbki plazmowej 155,93 min. oraz temperatura suszenia 41,10°C. W drugiej części eksperymentu przeprowadziła walidację zoptymalizowanych parametrów w celu uzyskania w suszonych białkach jaj pożądanej koncentracji (4000 mg/kg) jonów azotanowych (III). Porównanie wartości przewidywanych z eksperymentalnymi wykazało wysoki stopień zgodności tych wartości dla suszonych plazmowanych jaj kurzych i strusi, co potwierdza uzyskanie pozytywnej walidacji. Dodatkowo, zastosowanie metodologii powierzchni odpowiedzi (RSM) w połączeniu z walidacją wskazało na jej wdrożeniowy charakter i efektywność w precyzyjnym dostosowywaniu złożonych zmiennych procesowych w celu osiągnięcia określonych celów (tu: precyzyjnie kontrolowane stężenie jonów NO_2^-). W tej części eksperymentu Habilitantka zidentyfikowała optymalne warunki przechowywania (metoda pakowania, czas i temperatura przechowywania) dla utrzymania stabilnego poziomu jonów azotanowych (III) w suszonych białkach poddanych działaniu NPA przed suszeniem. Przeprowadzona wieloczynnikowa analiza wariancji wykazała, że żaden z warunków przechowywania, ani interakcje pomiędzy tymi warunkami, nie miały istotnego wpływu na zawartość azotanów (III) w białkach obu gatunków suszonych jaj podczas ich 4-tygodniowego składowania. To potwierdza, że pomimo zróżnicowanych warunków przechowywania zoptymalizowane produkty pozyskane z aktywowanych NPA białek jaj zachowują swoją stabilność, a to z kolei świadczy o możliwości ich potencjalnego wykorzystania jako źródła jonów azotanowych (III), stanowiących alternatywę dla syntetycznego NaNO_2 , w produkcji wyrobów mięsnych.

Wszystkie publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego, będącego podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, zostały już ocenione przez recenzentów, a fakt opublikowania wyników badań w renomowanych czasopismach stanowi potwierdzenie ich wysokiej wartości naukowej. Jednak z obowiązku chciałabym zwrócić uwagę na pewne niedociągnięcia (publikacje O.2-O.4), związane z liczeniem wydajności procesów (najczęściej obróbki cieplnej). Poniżej przedstawiam szczegóły:

- w publikacji O.2 jednym z punktów części metodycznej jest wydajność procesu obróbki cieplnej (cooking yield, % as production efficiency), jednak wzór zamieszczony w tym punkcie dotyczy procentowych ubytków (strat) cieplnych, a dane w tabeli 3 (67,7-76,25%) świadczą o wydajności;
- w publikacji O.3 w części metodycznej mamy wydajność peklowania (curing yield, %), jednak opis dotyczy różnicy mas przed i po peklowaniu, a powinien to być iloraz masy po i przed

peklowaniu (tego dotyczą dane na rysunku 2). W przypadku tej publikacji dobrze jest opisany sposób określania procentowych ubytków masy po obróbce cieplnej, wzór uwzględnia różnicę mas przed i po obróbce cieplnej w odniesieniu do masy przed obróbką (potwierdzają to wyniki na rysunku 2);

- w publikacji O.4 w części metodycznej pojawia się wydajność produktu (product yield, %), ale przywołany wzór w mojej opinii jest nieprawidłowy i powinien być jego odwrotnością (masa po obróbce/masa przed obróbką). Stosując wzór zamieszczony w pracy powinniśmy uzyskać wyniki $>100\%$, a na rysunku 1 są one na poziomie ok. 80%).

Wskazane powyżej pewne nieścisłości w definiowaniu i wyliczaniu wydajności/strat procesów w żaden sposób oczywiście nie umniejszają wartości naukowej przeprowadzonych badań oraz publikacji.

We wszystkich publikacjach włączonych do osiągnięcia naukowego Habilitantka wykazała możliwość wykorzystania NPA w produkcji wyrobów mięsnych o jakości porównywalnej do tych wytworzonych w standardowy sposób. Wskazała jednak, że niezbędne są kolejne badania (analiza kosztocłonności, analiza związków powstających równoległe do jonów azotanowych (III) czy wpływ na jakość sensoryczną), które pozwolą zapewnić pełną konkurencyjność tej innowacyjnej metody i w konsekwencji zaimplementować ją na skalę przemysłową w przetwórstwie mięsnym.

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie naukowe jest opracowaniem oryginalnym i wartościowym, a przeprowadzone badania naukowe mają charakter interdyscyplinarny i innowacyjny (nowatorska technologia generowania jonów azotanowych (III) w wybranych roślinnych i zwierzęcych surowcach białkowych). Uważam również, że w znaczącym stopniu poszerza wiedzę na temat możliwości kształtowania jakości wyrobów mięsnych poprzez wykorzystanie innowacyjnych i niekonwencjonalnych metod, w tym przypadku nietermicznej plazmy atmosferycznej. Ma ono również duży charakter aplikacyjny, szczególnie dzięki optymalizacji wytwarzania niekonwencjonalnych źródeł jonów azotanowych (III). Tym samym stanowi ważny wkład w rozwój dyscypliny naukowej technologia żywności i żywienia.

Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Analiza dorobku naukowego wskazuje na znaczący ilościowy i jakościowy rozwój naukowy Habilitantki. Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk rolniczych Pani Monika Marcinkowska-Lesiak była współautorką 2 artykułów naukowych w czasopiśmie JCR, 10 artykułów naukowych w czasopiśmie spoza listy JCR, 2 rozdziałów w monografiach oraz 13 doniesień (7 postery, 6 doniesień ustnych) na konferencje naukowe (7 o zasięgu międzynarodowym i 6 krajowym). Ten okres aktywności Habilitantki można „wycenić” na 136 pkt. i IF=3,008.

Po uzyskaniu stopnia doktora dorobek Pani M. Marcinkowskiej-Lesiak znacząco się powiększył i obejmuje:

1. publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (6 publikacji naukowych o łącznym IF 28,8 i sumie punktów 680);
2. pozostałe prace twórcze (o łącznym IF 88,782 i sumie punktów 2575), w tym:
 - 28 oryginalnych prac twórczych (27 publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie JCR i 1 publikacja w czasopismach spoza bazy),
 - 10 rozdziałów w monografiach,
 - 8 patentów,
 - 25 doniesień konferencyjnych w postaci posterów lub doniesień ustnych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

Podsumowując, dorobek naukowy Habilitantki jest imponujący i wynosi 46 oryginalnych prac twórczych, 12 rozdziałów w monografiach oraz 8 patentów o sumarycznym IF=117,582 i 3391 pkt. Liczba cytowań (bez autocytowań) według bazy Web of Science wynosi 371 i 426 według bazy Scopus, a indeks Hirscha 12 i 13 według tych baz. Z pewnością w najbliższym czasie wskaźniki te jeszcze wzrosną, ponieważ ponad połowę z prac z IF Autorka opublikowała w latach 2020-2024.

Dorobek dr inż. Moniki Marcinkowskiej-Lesiak jest skupiony wokół kilku zagadnień badawczych, tj. wpływu materiałów opakowaniowych, metod pakowania oraz warunków przechowywania na jakość i trwałość żywności (14 prac), jakości mięsa i wyrobów mięsnych (19 prac) oraz zastosowania innowacyjnych metod i składników w projektowaniu żywności „niemięsnej” (11 prac).

Habilitantka brała udział w realizacji 7 projektów badawczych, spośród których 6 było finansowanych z środków różnych Programów Operacyjnych (m.in. Innowacyjna Gospodarka, Wiedza Edukacja Rozwój, Inteligentny Rozwój), a 1 z funduszy NCN (Miniatura). Dr inż. M. Marcinkowska-Lesiak kierowała jednym projektem w ramach konkursu Miniatura 6, a w pozostałych pełniła różne funkcje (stażystka, uczestnik lub wykonawca części badań). Jest ekspertem NCBiR oraz PARP. Była członkiem Polskiego Oddziału Światowego Stowarzyszenia Wiedzy Drobiarskiej PB WPSA, a obecnie jest członkiem Tematycznego Panelu Doradczego w czasopiśmie Applied Sciences, w którym była również współredaktorem 3 wydań specjalnych. Była członkiem komitetów naukowych ogólnopolskich konferencji naukowych, organizowanych w latach 2017-2018 w Łodzi i Warszawie. Działalność naukowa Habilitantki obejmuje także wykonanie recenzji 42 artykułów naukowych dla 12 czasopism.

Pani doktor aktywnie współpracuje z ośrodkami naukowymi w kraju (Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN Jastrzębcu, Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonie, Instytut Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego w Warszawie – obecnie Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Polskie Zrzeszenie Bydła Mięsnego, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. W. Dąbrowskiego w Warszawie) i za granicą, tj. w Irlandii (University College Dublin), we Włoszech (University

of Padova Legnano), w Kanadzie (Dalhousie University in Truro), Iranie (University of Tabriz, Shiraz University of Medical Sciences, Azad University of Khoy), Azerbejdżanie (Azerbaijan State Oil and Industry University in Baku) czy w Tajlandii (Chang Mai University). Efektem tej współpracy było 11 publikacji naukowych i 8 opatentowanych wynalazków, nagradzanych wielokrotnie medalami na międzynarodowych konkursach (Światowe Targi Wynalazczości BRUSSELS INNOVA, Międzynarodowa Wystawa Wynalazków INNOVA) oraz dyplomem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Pani M. Marcinkowska-Lesiak odbyła 4 staże: miesięczny staż w Parlamencie Europejskim w Brukseli (z zakresu przygotowywania raportów związanych z bezpieczeństwem żywności), trzymiesięczny staż naukowo-badawczy w Instytucie Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu (dotyczący m.in. oznaczania parametrów fizykochemicznych w surowcach i produktach roślinnych i zwierzęcych za pomocą metody bliskiej podczerwieni NF-NIR) oraz miesięczne staże w: Związku „Polskie Mięso” w Warszawie (badania mięsa wieprzowego PQS) i w Zakładach Mięsnych „Olewnik-Bis” (opracowanie innowacyjnych technologii produkcji i pakowania wyrobów mięsnych na bazie surowców wyprodukowanych w certyfikowanych systemach produkcji wieprzowiny).

Za swoją działalność naukową dr inż. M. Marcinkowska-Lesiak była wielokrotnie nagradzana przez Rektora SGGW w Warszawie (jedną nagrodą indywidualną i 9 nagród zespołowych).

Stwierdzam, że Pani dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak posiada znaczący i wartościowy dorobek naukowy w zakresie technologii żywności. Dorobek ten został opublikowany w uznanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym i znacząco powiększony po uzyskaniu stopnia doktora, co wskazuje na dużą aktywność naukową Habilitantki.

Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i organizacyjnego

W okresie zatrudnienia dr inż. M. Marcinkowska-Lesiak prowadziła zajęcia dydaktyczne (w różnej formie) z 9 przedmiotów realizowanych dla studentów 4 kierunków studiów (Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności, Gastronomia i Hotelarstwo, Dietetyka, Projektowane Żywności) na macierzystym Wydziale oraz z 2 przedmiotów na anglojęzycznym kierunku Food Science – Technology and Nutrition prowadzonym we współpracy z Wydziałem Nauk o Żywności. Jest współautorką materiałów dydaktycznych opracowanych dla 3 przedmiotów. Habilitantka w latach 2023-2024 prowadziła również zajęcia z przedmiotów Food Technology Experiments (ćwiczenia) oraz Food Packaging (wykłady) na Bohai University w Chinach. Jej działalność dydaktyczno-wychowawcza obejmowała opiekę nad realizacją prac dyplomowych (promotor 4 prac magisterskich i 9 prac inżynierskich). Obecnie jest promotorem pomocniczym pracy doktorskiej.

Działalność popularyzatorska Habilitantki obejmuje współautorstwo artykułów popularno-naukowych w prasie branżowej, materiałów edukacyjnych oraz prelekcji, wykładów

czy też otwartych laboratoriów i warsztatów dla uczniów szkół średnich. Była odpowiedzialna za przygotowanie stanowiska, piknikowych aktywności oraz pokazów na stoisku Wydziału Żywienia Człowieka na Dniach SGGW. W ramach środków przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki była wykonawcą działania MOC GOTOWANIA programu „Przeprowadzenie badań naukowych z zakresu żywienia dzieci i młodzieży oraz opracowanie i wdrożenie programu edukacji żywieniowej uczniów klas I–VI szkół podstawowych. Akronim: Junior-Edu-Żywienie (JEŻ)”. Efektem tej aktywności jest przewodnik metodyczny dla nauczycieli klas IV–VI, którego jest współautorką. W 2023 r. była obserwatorem przebiegu pisemnego egzaminu maturalnego z języka polskiego i matematyki.

Działalność organizacyjna dr inż. M. Marcinkowskiej-Lesiak obejmuje pełnienie funkcji członka w komisjach egzaminacyjnych egzaminu dyplomowego na kierunku Żywienie Człowieka i Ocena Żywności, na macierzystym wydziale. W SGGW była członkiem Senatu (2016-2020), Rady Bibliotecznej (2016-2020), Zespołu ds. dyplomowania (2020-2024), Zespołu ds. upowszechniania oferty dydaktycznej (2020-2024), którego przewodniczącą została w 2024 r., a także koordynatorem ds. kontaktu z kandydatami na studia (2024). Była członkiem komitetu organizacyjnego Międzynarodowej Konferencji ProOptiBeef – optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody”, która odbyła się w 2015 r. w Warszawie.

Habilitantka stale podnosi swoje kwalifikacje zawodowe poprzez udział w szkoleniach z zakresu działalności naukowej, dydaktycznej i zarządzania. Efektem są liczne certyfikaty i świadectwa udziału w warsztatach i szkoleniach z zakresu wykorzystania narzędzi statystycznych w pracy naukowca i dydaktyka, obsługi urządzeń i systemów pomiarowych, czy zarządzania zasobami ludzkimi w laboratoriach akredytowanych. Ukończyła również studia podyplomowe na kierunku Menadżer Innowacji, Kolegium Zarządzania i Finansów SGH w Warszawie.

Pani dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak współpracowała z przedstawicielami otoczenia gospodarczego. We współpracy z partnerami branżowymi, tj. Związek „Polskie Mięso”; Zakłady Mięsne „Olewnik-Bis” Sp. z o.o., Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS”, w ramach projektu „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” opracowała innowacyjne rozwiązania, które znalazły bezpośrednie zastosowanie w praktyce przemysłowej. Współpraca z Zakładami Mięsnymi „Wierzejki” J.M. Zdanowscy Spółka Jawna zaowocowała opracowaniem nowych technologii produkcji, co umożliwiło wdrożenie w zakładzie zaawansowanych rozwiązań technologicznych.

W 2024 r. Prezydent RP przyznał Pani M. Marcinkowskiej-Lesiak brązowy medal za długoletnią służbę.

Wniosek końcowy

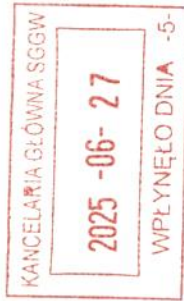
Stwierdzam, że osiągnięcia naukowe dr inż. Moniki Marcinkowskiej-Lesiak, będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego zgodnie z art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024, poz. 1571 z późn.zm.), w postaci opracowania pod tytułem „Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości wyrobów mięsnych” ma dużą wartość naukową i aplikacyjną oraz stanowi ważny wkład w rozwój dyscypliny technologia żywności i żywienia. Habilitantka posiada znaczący i wartościowy dorobek naukowy, wyraźnie powiększony po doktoracie, co świadczy o Jej dużej aktywności naukowej, jest także zaangażowana w działalność dydaktyczną i organizacyjną swojej Uczelni.

Biorąc pod uwagę powyższe, stwierdzam, że Pani dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak spełnia kryteria określone w przepisach. Dlatego wnioskuję o dopuszczenie Pani doktor do dalszego etapu postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.



Szczecin, 25.06.2025 r.

MAKGORZĄTA SOBZAK
KAT. TECHNOLOGII MIĘSA
KNOŻAR, ŻUT W SZCZECINIE
ul. K. KRÓLEWICZA 4
71-550 SZCZECIN



R



BIURO OBSŁUGI NAUKI
SGGW W WARSZAWIE
ul. NOWOURSYNOWSKA 166
02-787 WARSZAWA