

BON. 5110. 2. 2025



Rada Doskonałości Naukowej 00-901 Warszawa, pl. Defilad 1 Dział Kancelaryjny WPŁYNEŁO (RPW)	
06.02.2025	
Znak sprawy:	
Podpis:	Zał.

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w
Warszawie
za pośrednictwem:
Rady Doskonałości Naukowej
pl. Defilad 1
00-901 Warszawa
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)



dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak
Katedra Techniki i Projektowania Żywności
Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wniosek

z dnia 05.02.2025

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie **nauk rolniczych** w dyscyplinie¹ **technologia żywności i żywienia**.

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego:

„Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości wyrobów mięsnych”

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu ~~tajnym~~/jawnym^{*2}

Zostałem poinformowany, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).

Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu. Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art.

232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.

Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html

(podpis wnioskodawcy)

¹ Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

² * Niepotrzebne skreślić.

dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak
Katedra Techniki i Projektowania Żywności
Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Autoreferat

Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA)
jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości
wyrobów mięsnych

Załącznik 3

Warszawa, 2025

Spis treści

1. Dane osobowe	4
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne.....	4
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	5
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).....	5
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	5
4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego	5
4.3. Omówienie celu naukowego publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego postępowanie habilitacyjne i osiągniętych wyników	8
4.3.1. Uzasadnienie podjęcia tematu badawczego	8
4.3.2. Cel naukowy osiągnięcia	14
4.3.3. Omówienie wyników badań.....	17
4.3.4. Podsumowanie osiągnięcia.....	51
4.3.5. Spis literatury	53
4.4. Informacje o pozostałej działalności naukowo-badawczej	62
4.4.1. <i>Badania nad wpływem materiałów opakowaniowych, metod pakowania oraz warunków przechowywania na jakość i trwałość żywności</i>	62
4.4.2. <i>Badania dotyczące jakości mięsa i wyrobów mięsnych</i>	67
4.4.3. <i>Zastosowanie innowacyjnych metod i składników w projektowaniu żywności innej niż mięso i wyroby mięsne</i>	72
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.....	73
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę... ..	79
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne.....	79
6.2. Osiągnięcia organizacyjne.....	80
6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę.....	81
7. Pozostałe informacje dotyczące kariery zawodowej	82
7.1. Wskaźnik dokonań naukowych.....	82
7.2. Udział w Konferencjach	84
7.3. Udział i rola w Projektach	85
7.4. Nagrody i wyróżnienia	87
7.5. Inne informacje.....	87

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: Monika Marcinkowska-Lesiak

Miejsce pracy: Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Katedra Techniki i Projektowania Żywności
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- 2015 r. **Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
doktor nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia
tytuł rozprawy doktorskiej: „Wpływ rodzaju opakowania oraz warunków przechowywania na wybrane właściwości fizykochemiczne mięsa wieprzowego”; Katedra Techniki i Projektowania Żywności; promotor: dr hab. Agnieszka Wierzbicka (obecnie prof. dr hab.); promotor pomocniczy: dr inż. Ewa Poławska; recenzenci: prof. dr hab. Andrzej Jarmoluk, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, prof. dr hab. Edward Pospiech, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu;
- 2013 r. **Szkoła Główna Handlowa**
Kolegium Zarządzania i Finansów
dyplom ukończenia studiów podyplomowych
tytuł pracy dyplomowej: „Administrowanie wdrożeniami innowacyjnej żywności. Możliwości komercjalizacji”; Katedra Poziomu Życia i Konsumpcji; promotor: prof. dr hab. Anna Dąbrowska;
- 2009 r. **Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**
Wydział Nauk o Żywności
magister inżynier technologii żywności
tytuł pracy magisterskiej: „Analiza wpływu dodatku skrobi na jakość makaronów instant”; kierunek Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych; promotor: dr inż. Katarzyna Marciniak-Łukasiak (obecnie dr hab., prof. SGGW);
- 2008 r. **Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**
Wydział Nauk o Żywności
inżynier technologii żywności
tytuł pracy inżynierskiej: „Ecolean jako opakowania przyjazne środowisku”; kierunek Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych; promotor: dr inż. Krzysztof Leszczyński;

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.10.2019 – obecnie	adiunkt badawczo-dydaktyczny Katedra Techniki i Projektowania Żywności Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
22.05.2017 – 30.09.2019	adiunkt badawczo-dydaktyczny Samodzielny Zakład Techniki w Żywieniu Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
14.09.2015 – 21.05.2017	asystent naukowo-dydaktyczny Samodzielny Zakład Techniki w Żywieniu Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Informacja o przerwach w karierze: zasiłek chorobowy w okresie ciąży od 20.09.2018 do 14.03.2019 (dni: 176); urlop macierzyński od 15.03.2019 do 12.03.2020 (dni: 364).

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym, stanowiący podstawę ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) jest cykl sześciu monotematycznych publikacji naukowych pt.:

Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości wyrobów mięsnych

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

O.1. Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Application of atmospheric pressure cold plasma activated plant protein preparations solutions as an alternative curing method for pork sausages. *Meat Science*, 187, 1–9, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108751>

MEiN₂₀₂₂ = 140

IF₂₀₂₂ = 7,1

IF_{5-letni} = 5,9

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (19), Scopus (23), Research Gate (22).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.2. Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Plasma-activated milk powder as a sodium nitrite alternative in pork sausages. *Meat Science*, 192, 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108880>

MEiN ₂₀₂₂ = 140	IF ₂₀₂₂ = 7,1	IF _{5-letni} = 5,9
----------------------------	--------------------------	-----------------------------

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (10), Scopus (12), Research Gate (11).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.3. Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Green technology for pork loin wet curing - unconventional use of cow and soy milk treated with non-thermal atmospheric plasma. *Foods*, 11, 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods11162523>

MEiN ₂₀₂₂ = 100	IF ₂₀₂₂ = 5,2	IF _{5-letni} = 5,1
----------------------------	--------------------------	-----------------------------

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (6), Scopus (6), Research Gate (6).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.4. Marcinkowska-Lesiak M., Alirezalu K., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Szpicer, A., & Półtorak, A. (2023). Physicochemical characteristics of pork liver pâtés containing nonthermal air plasma-treated egg white as an alternative source of nitrite. *Applied Sciences-Basel*, 13, 1–17. <https://doi.org/10.3390/app13074464>

MEiN ₂₀₂₃ = 100	IF ₂₀₂₃ = 2,5	IF _{5-letni} = 2,7
----------------------------	--------------------------	-----------------------------

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (2), Scopus (2), Research Gate (2).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.5. Marcinkowska-Lesiak, M., Zalewska, M., Alirezalu K., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., & Półtorak, A. (2023). Production of restructured beef jerky using blood plasma solutions activated by non-thermal atmospheric plasma. *Animal Science Papers and Reports*, 41, 195–218. <https://doi.org/10.2478/aspr-2023-0008>

MEiN ₂₀₂₃ = 100	IF ₂₀₂₃ = 0,9	IF _{5-letni} = 0,7
----------------------------	--------------------------	-----------------------------

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (1), Scopus (1), Research Gate (1).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.6. Marcinkowska-Lesiak, M., Alizeralu K., Szpicer A., Pogorzelska-Nowicka E., Stelmasiak A. & Półtorak, A. (2024). Optimizing nitrite content in powders from plasma-activated egg whites for meat preservation using response surface methodology. *LWT*, 208, 116736, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116736>

MNiSW ₂₀₂₄ = 100	IF ₂₀₂₃ = 6,0	IF _{5-letni} = 6,0
-----------------------------	--------------------------	-----------------------------

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (-), Scopus (-), Research Gate (-).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

Sumaryczny Impact Factor (IF) dla 6 publikacji naukowych, stanowiących podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, wynosi: **28,8** (IF_{5-letni} = 26,3), natomiast suma punktów zgodnie z wykazem czasopism naukowych oraz recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych, opublikowana przez MEiN/MNiSW wynosi **680 pkt.**

Suma pkt = 680	IF = 28,8	IF _{5-letni} = 26,3
----------------	-----------	------------------------------

Liczba cytowań wszystkich 6 publikacji według: Web of Science (38), Scopus (44), Research Gate (42).

We wszystkich 6 pracach jestem pierwszym i korespondencyjnym autorem.

Załącznik nr 5 zawiera kopie prac należących do monotematycznego cyklu publikacji, które stanowią osiągnięcie naukowe, zaś załącznik 6 oświadczenia współautorów, wskazujące ich wkład w tworzenie każdej z tych publikacji.

4.3. Omówienie celu naukowego publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego postępowanie habilitacyjne i osiągniętych wyników

4.3.1. Uzasadnienie podjęcia tematu badawczego

Przemysł spożywczy, dzięki dynamicznemu postępowi technologicznemu, produkuje żywność odpowiadającą aktualnemu zapotrzebowaniu i preferencjom konsumentów, wdrażając zaawansowane technologie, w tym nowe metody produkcji oraz zabezpieczania żywności przed degradacją jej jakości. Dzięki wdrożeniu innowacyjnych rozwiązań produkowane są wyroby spełniające oczekiwania w zakresie podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej, przy jednoczesnym ograniczeniu chemicznych substancji dodatkowych. W tym kontekście unika się produktów zawierających syntetyczne dodatki, preferując te, które charakteryzują się tzw. „czystą etykietą” (Beriaín i wsp., 2018; Naveena i wsp., 2008). To podejście wynika głównie z rosnącej świadomości konsumentów na temat związku między stylem życia, dietą a zdrowiem (Asioli i wsp., 2017; Cegiełka, 2020). Jednym z obszarów szczególnego zainteresowania przetwórstwa jest obecnie stosowanie metod nietermicznych, które stanowią ważną alternatywę dla standardowych procesów opartych na działaniu wysokiej temperatury. Te nowatorskie podejścia minimalizują degradacyjny wpływ obróbki termicznej na właściwości prozdrowotne i odżywcze produktów. Co istotne, ich wdrażanie w sposób odpowiedzialny może przyczynić się również do ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko, wspierając jednocześnie cele zrównoważonego rozwoju. Do wyżej wymienionych metod należą między innymi te, które wykorzystują wysokie ciśnienie hydrostatyczne, ultradźwięki, promieniowanie ultrafioletowe, pulsacyjne pole elektryczne, ultrasonikację, technologie nadkrytyczne czy promieniowanie jonizujące. W ostatnich latach, ze względu na swój potencjał, coraz większe znaczenie zyskuje również nietermiczna plazma, zwana także zimną plazmą (Chakka i wsp., 2021; Jadhav i wsp., 2021; Yudhistira i wsp., 2023).

Przez plazmę rozumie się zjonizowaną formę materii, która może zawierać mieszaninę cząsteczek, w tym zarówno zjonizowanych, jak i niezjonizowanych, atomy w różnych stanach energetycznych, reaktywne formy tlenu i azotu w tym wolne rodniki (np. $\bullet\text{OH}$ - rodnik hydroksylowy, $\bullet\text{NO}$ - tlenek azotu) i nierodniki (np. H_2O_2 - nadtlenek wodoru, O_3 – ozon, N_2O_3 – trójtlenek diazotu) oraz elektrony i promieniowanie UV (Laroque i wsp., 2022; Phaniendra i wsp., 2015). Plazma w skali makroskopowej jest elektrycznie obojętna, mimo naładowanej struktury. Z uwagi na swoje unikalne właściwości jest ona rozważana jako oddzielny stan materii, obok ciał stałych, cieczy i gazów, co prowadzi do jej określenia jako „czwartego stanu materii”. Pod względem stosowanego zakresu temperatur, plazma może być sklasyfikowana jako termiczna (równowagowa) lub nietermiczna (nierównowagowa). W plazmie termicznej, częste zderzenia między cząstkami prowadzą do wymiany energii, osiągnięcia stanu równowagi i wyrównania temperatury. Natomiast w plazmie nietermicznej, nazywanej zimną plazmą, „temperatura elektronów” jest znacznie wyższa niż temperatura pozostałych składowych układu, co prowadzi do nierównowagi termicznej. Plazmę nietermiczną można dodatkowo podzielić na plazmę wytwarzaną w warunkach podciśnienia, gdzie gęstość cząstek

jest mniejsza, co skutkuje rzadszymi zderzeniami i obecnością „gorących” elektronów oraz „zimnych” jonów i cząsteczek, oraz taką, która może być generowana w warunkach ciśnienia atmosferycznego, gdzie gęstość cząstek jest znacznie większa, prowadząc do częstszych zderzeń i potencjalnie wyższych temperatur (Domonkos i wsp., 2021; Ramkumar i wsp., 2018; Skryplonek, 2016; Stryczewska, 2011; Terebun i wsp., 2015; Wiktor i wsp., 2013).

W celu wytworzenia plazmy konieczne jest dostarczenie odpowiedniej ilości energii w postaci energii elektrycznej, wykorzystując różnorodne układy zasilania, które działają w szerokim zakresie częstotliwości - od niskich wartości w rzędu kiloherców do wysokich w zakresie gigaherców. Poprzez kontrolę rodzaju gazu zasilającego lub jego mieszaniny, można również modyfikować skład chemiczny generowanej plazmy. Ta zdolność sprawia, że plazmatory stanowią istotne narzędzia badawcze i technologiczne, dając możliwość rozwoju innowacji w wielu obszarach nauki. W kontekście nietermicznej plazmy atmosferycznej stosowane są reaktory plazmowe wykorzystujące m.in. wyładowania barierowe (ang. *dielectric barrier discharge*), koronowe (ang. *corona discharge*), mikrofalowe (ang. *microwave discharge*), ślizgający się łuk elektryczny (ang. *gliding arc discharge*) oraz specjalne układy zwane strumieniami plazmy (ang. *plasma jet*). Co istotne, strumień plazmy nie jest ściśle określonym rodzajem wyładowania, lecz stanowi specjalną konfigurację wcześniej opisanych wyładowań. Generatory typu *plasma jet* składają się z dyszy oraz dwóch cylindrycznych elektrod, z których jedna jest podłączona do źródła prądu o wysokiej częstotliwości. Przepływ gazu zasilającego przez dyszę prowadzi do jego jonizacji, co skutkuje powstaniem strumienia plazmy o dużej prędkości, zawierającej reaktywne związki (Domonkos i wsp., 2021; Harikrishna i wsp., 2023; Scholtz i wsp., 2015).

Plazma niskotemperaturowa stanowi przede wszystkim rozwojową technologię, ze względu na jej właściwości antybakteryjne, antygrzybicze i antywirusowe. Związane jest to z generowaniem wolnych rodników (m.in. tlenu atomowego, ozonu czy rodników hydroksylowych) oraz promieni UV, które prowadzą do destrukcji błon komórkowych i materiału genetycznego mikroorganizmów (Dasan i wsp., 2017; Deng i wsp., 2020; Desai i wsp., 2024; Niemira, 2014; Xu i wsp., 2017). W przemyśle spożywczym może być ona zatem wykorzystywana do dezaktywacji mikroorganizmów z powierzchni żywności, dezynfekcji powierzchni opakowań i urządzeń oraz narzędzi wykorzystywanych w procesie produkcyjnym. Reaktywne formy tlenu i azotu, wytworzone w plazmie mogą również oddziaływać z różnorodnymi zanieczyszczeniami obecnymi w produktach spożywczych, w tym metalami ciężkimi, pestycydami, mykotoksynami i aflatoksynami. Te interakcje obejmują utlenianie, redukcję oraz inne reakcje chemiczne, które mogą prowadzić do modyfikacji struktury chemicznej lub fizycznej pozostałości, a tym samym do ich eliminacji (Gavahian i wsp., 2021; Kumar i wsp., 2022; Shi i wsp., 2017). Korzyści płynące z wykorzystania zimnej plazmy obejmują także jej zdolność do hamowania aktywności enzymów, redukcji poziomu alergenów, zwiększenia aktywności związków bioaktywnych oraz przeciwutleniających w produktach spożywczych i napojach (Chutia i wsp., 2019; X. Li i wsp., 2019; Silveira i wsp., 2019; Venkataratnam i wsp., 2019). Co więcej, zastosowanie tej technologii umożliwia modyfikację struktury materiałów opakowaniowych, co prowadzi do poprawy

ich właściwości barierowych oraz mechanicznych i w rezultacie przyczynia się do wydłużenia trwałości produktów w nie zapakowanych (Hoque i wsp., 2022; Santhosh i wsp., 2024).

W ostatnich latach coraz więcej wyników badań wskazuje również na potencjał nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako potencjalnej alternatywy dla standardowych metod peklowania wyrobów mięsnych wykorzystujących azotany (III) syntetycznego pochodzenia zwane także w literaturze technicznej i patentowej oraz w kontekście przemysłowym azotynami (Bourke i wsp., 2018; Jung, Kim, Park, In Yong, i wsp., 2015; Lee i wsp., 2017; Lee, Jo, & Jung, 2018; Machala i wsp., 2013; Meng i wsp., 2022; Siekmann i wsp., 2021). Azotany (III) są definiowane jako pochodne kwasu azotowego o II stopniu utlenieniu azotu. W przemyśle mięsnym, powszechnie stosowany jest azotan (III) sodu (NaNO_2) o numerze E250 oraz azotan (III) potasu (KNO_2) o numerze E249 (Honikel, 2008; Parlament Europejski i Rada (WE), 2008, 2023; Pokorny i wsp., 2006). Azotany (III) wpływają nie tylko na trwałość produktów, ograniczając namnażanie bakterii, w szczególności chorobotwórczych, takich jak *Clostridium botulinum*, ale także reagują z jonami żelaza, stabilizując je w mniej reaktywnej formie, co zmniejsza ich zdolność do inicjowania reakcji oksydacyjnych. Dodatkowo, NaNO_2 ma istotny wpływ na stabilizację barwy wyrobów mięsnych. W wyniku obróbki termicznej, pośredni produkt reakcji między azotanem (III) a mioglobina - nitrozyloksioglobina przekształca się w stabilny barwnik - nitrozyloksiokromogen, odpowiadający za charakterystyczną, a zarazem pożądaną różową/czerwoną barwę produktów mięsnych. Co więcej, azotany (III) wpływają również na profil aromatyczny oraz smak produktów mięsnych poprzez interakcje z innymi składnikami mięsa, takimi jak aminokwasy (Alahakoon i wsp., 2015; Flores & Toldrá, 2021; Honikel, 2008; Majou & Christeans, 2018).

Pomimo korzyści wynikających z wykorzystania azotanów (III) w przemyśle mięsnym, istnieją potencjalne zagrożenia związane z ich stosowaniem, a mianowicie możliwość powstawania nitrozoamin, organicznych związków chemicznych, N-nitrozowych pochodnych amin, z których część jest rakotwórcza. Proces tworzenia tych związków kancerogennych zależy między innymi od ilości azotanów (III) dodawanych do produktów, warunków przetwarzania oraz obecności amin drugorzędowych w mięsie (Flores & Toldrá, 2021; Herrmann i wsp., 2015; Honikel, 2008). Z tego też powodu azotany (III) powinny być stosowane w przemyśle spożywczym w ilościach niezbędnych do osiągnięcia zamierzonego celu technologicznego, ale nie większej niż to konieczne. Ustawodawstwo w tym obszarze ma za zadanie wyznaczenie równowagi pomiędzy ryzykiem tworzenia się nitrozoamin w produktach mięsnych, związanym z obecnością azotanów (III), a korzyściami wynikającymi z ich wpływu na bezpieczeństwo żywności (dezaktywacja bakterii, szczególnie *Clostridium botulinum*, silnie zagrażającej zdrowiu konsumentów). Aktualne regulacje dotyczące azotanów (III) zostały wskazane w Rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/2108 z dnia 6 października 2023 r., którego celem było ograniczenie ich maksymalnych dopuszczalnych poziomów w żywności, szczególnie w przypadku produktów mięsnych oraz wprowadzenie limitów dla zawartości ich pozostałości w tych produktach. Dotychczasowe przepisy regulujące ten obszar opierały się na Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008. Określały one maksymalne dopuszczalne poziomy azotanów (III) i azotanów (V),

które mogły być stosowane podczas produkcji, wyrażone jako sole sodu, tj. azotan (III) sodu lub azotan (V) sodu. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) 2023/2108 z dnia 6 października 2023 r., zmienione ustawodawstwo nakłada obowiązek wskazywania maksymalnych limitów jonów azotanowych (III) (azotynowych) oraz jonów azotanowych (V) (azotanowych), w odniesieniu do dopuszczalnego dziennego spożycia. Współczynniki konwersji wynoszą odpowiednio 0,67 dla azotanu (III) sodu i jonu azotanowego (III), oraz 0,73 dla azotanu (V) sodu i jonu azotanowego (V). Zgodnie z tymi przepisami, począwszy od 9 października 2025 r., maksymalne ilości jonów NO_2^- , które mogą być dodawane podczas produkcji mięsnej, wyniosą $55 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla sterylizowanych produktów mięsnych (w porównaniu z dotychczasowym poziomem $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ azotanu (III) sodu) oraz $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla pozostałych produktów (w porównaniu z dotychczasowym poziomem $150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ azotanu (III) sodu), uwzględniając odpowiednie wyjątki określone w przepisach. Warto podkreślić, że w celu utrzymania niskiego poziomu nitrozoamin w produktach mięsnych, Dania już od pewnego czasu wdrożyła bardziej rygorystyczne przepisy krajowe dotyczące stosowania azotanów (III) w procesie przetwarzania mięsa. Zgodnie z tymi regulacjami, w Danii w procesie przetwarzania mięsa dozwolony jest jedynie dodatek $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (ppm) azotanu (III) sodu (Decyzja Komisji (UE) 2024/1225, 2024; Parlament Europejski i Rada (WE) 2023/2108, 2023; Parlament Europejski i Rada (WE), 1333/2008, 2008). W tym kontekście istotne jest zatem odpowiednie formułowanie oraz przetwarzanie wyrobów mięsnych. Stosowanie azotanów (III) w ilościach dozwolonych przepisami prawa, wykorzystanie świeżego mięsa oraz niska temperatura obróbki termicznej wpływają na ograniczenie ilości nitrozoamin w produkcie końcowym. Dodatkowo, stosowanie naturalnych przeciwutleniaczy, takich jak witaminy C i E, może neutralizować reaktywne formy związków azotu, hamując powstawanie nitrozoamin. Również, przechowywanie w niskich temperaturach może zmniejszyć ryzyko reakcji między azotanami (III), a aminami pochodzącymi z białek mięsa, co przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa procesu peklowania (Flores & Toldrá, 2021; Herrmann i wsp., 2015; Honikel, 2008; Parlament Europejski i Rada (WE), 2008).

W przetwórstwie mięsnym stosowaną praktyką jest wykorzystywanie odpowiednio zbilansowanej mieszaniny chlorku sodu i azotanu (III) sodu, w której zawartość NaNO_2 wynosi od 0,05% do 0,06%, co minimalizuje ryzyko nadmiernego użycia azotanu (III) sodu (Honikel, 2008). W ostatnich latach poszukuje się również alternatywnych metod przedłużających trwałość wyrobów mięsnych, które mogą redukować ryzyko zdrowotne związane z nadmierną podażą azotanów (III). Wśród technik wykorzystywanych w przemyśle istotną rolę odgrywają reformulacje recepturowe, oparte na inkorporacji naturalnych przeciwutleniaczy oraz substancji o właściwościach przeciwbakteryjnych (Ribeiro i wsp., 2019; van Breda i wsp., 2021). Ich głównym celem jest osiągnięcie rezultatów porównywalnych do tych osiąganych z udziałem syntetycznych konserwantów. W literaturze naukowej podkreśla się możliwość wykorzystania różnorodnych substancji, w tym ϵ -poli-lizyny, nizyny, olejków eterycznych i ekstraktów pochodzących z różnych roślin, a także naturalnych surowców stosowanych od wieków w tradycyjnej medycynie, takich jak catuaba, galangal, różeniec górski, korzeń maca, guarana oraz miód (Gassara i wsp., 2016; Póttorak i wsp., 2018; Ribeiro i wsp., 2019; van Breda i wsp., 2021; Wojtasik-Kalinowska i wsp., 2022; Yaghoubi i wsp., 2023). Ze względu

na kompleksowe działanie azotanów (III), trudno jest jednak osiągnąć tożsame rezultaty przy doborze naturalnych substancji, które jednocześnie zapewniłyby odpowiednią trwałość, charakterystyczną barwę i aromat peklowanych produktów mięsnych. Alternatywnym podejściem jest wprowadzenie określonych ilości azotanów (III) za pomocą prekonwertowanych ekstraktów roślinnych. Surowce takie jak seler, szpinak czy burak, naturalnie zawierają azotany (V). Proces produkcji alternatywnego źródła azotanów (III) polega na wcześniejszej konwersji azotanów (V) do azotanów (III) przy udziale odpowiednich bakterii. Tak przygotowane, prekonwertowane ekstrakty są następnie wykorzystywane w produkcji wyrobów mięsnych. Niemniej jednak, jedynie ekstrakty o wysokiej zawartości azotanów (V), które są prekursorami azotanów (III), umożliwiają uniknięcie bezpośredniego dodawania chemicznych dodatków (Alahakoon i wsp., 2015; Jin i wsp., 2018; Kim i wsp., 2019; McMurtrie i wsp., 2012; Sullivan i wsp., 2012). Korzyścią tego podejścia może być ograniczenie stosowania syntetycznych azotanów (III), jednak ekstrakty roślinne mogą wpływać negatywnie na aromat oraz teksturę produktów mięsnych. Ponadto, proces konwersji azotanów (V) do azotanów (III) przy wykorzystaniu hodowli bakterii redukujących azotany (V) jest zarówno kosztowny, jak i czasochłonny.

W ostatnich latach zwrócono zatem uwagę na potencjał nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako metody umożliwiającej generowanie jonów azotanowych (III) „in situ”. Obróbka plazmą powietrzną generuje różnorodne związki, w tym związki azotu, takie jak dwutlenek azotu (NO_2), tritlenek azotu (NO_3), podtlenek azotu (N_2O), tritlenek diazotu (N_2O_3), czy czterotlenek diazotu (N_2O_4), które w kontakcie z produktami zawierającymi wodę mogą prowadzić do powstania jonów azotanowych (III) (Lee i wsp., 2017). Jak dotąd przeanalizowano jakość wyrobów mięsnych zawierających jony azotanowe (III) wytworzone za pomocą NPA bezpośrednio w mięsie (Jo i wsp., 2018) oraz tych, w których jony azotanowe (III) były generowane z użyciem plazmy i dodane do surowca mięsnego w trakcie procesu, m.in. z suszami na bazie grzybów czy cebuli (Jo i wsp., 2020; J. W. Kim i wsp., 2021), a także z wodą (Jung, Kim, Park, In Yong, i wsp., 2015; Yong i wsp., 2018). Autorzy wyżej wymienionych wyników badań wskazali na potencjał omawianych metod w odniesieniu do standardowych metod peklowania za pomocą azotanu (III) sodu. Niemniej jednak, w celu wytworzenia azotanów (III) w farszu mięsnym, wymagane jest zastosowanie generatora plazmy na linii produkcyjnej oraz układu chłodzenia wewnątrz komory mieszania, tak aby umożliwić kontrolę temperatury, co jest kluczowe dla zagwarantowania zarówno bezpieczeństwa jak i jakości produktu końcowego. Dodanie sproszkowanych warzyw, uprzednio poddanych obróbce plazmowej, może z kolei być problematyczne, szczególnie jeśli stosuje się warzywa o intensywnym smaku lub aromacie (Kim i wsp., 2021). Wykorzystanie wody plazmowanej jako substratu do generowania azotanów (III) wydaje się korzystniejszym rozwiązaniem ze względu na jej dostępność i bezpieczeństwo oraz niewielką złożoność procesu. Dodatkowo, w przeciwieństwie do suszy warzywnych, woda plazmowana nie powinna znacząco wpływać na właściwości sensoryczne produktów. Jednak aby uzyskać określone stężenie jonów azotanowych (III), konieczne jest zastosowanie w tym przypadku substancji buforujących. Jony wodorotlenkowe (OH^-), które również powstają w wyniku obróbki plazmą powietrzną, mogą bowiem prowadzić do degradacji jonów azotanowych (III), zwłaszcza przy niskim pH.

W dotychczasowych badaniach stosowano w tym celu syntetyczne związki takie jak pirofosforan sodu czy też wodorotlenek sodu (Honikel, 2008; Jo i wsp., 2020; Jung i wsp., 2017; Jung, i wsp., 2015; Kim i wsp., 2021; Vlad & Anghel, 2017).

W ramach osiągnięcia naukowego pt. „Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości wyrobów mięsnych” zaproponowałam nowatorskie podejście do wytwarzania jonów azotanowych (III) za pomocą nietermicznej plazmy atmosferycznej w wybranych surowcach oraz preparatach białkowych mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle mięsnym. W ten sposób opracowałam alternatywę dla konwencjonalnych technologii opartych na azotanie (III) sodu. W porównaniu z wcześniejszymi metodami bazującymi na nietermicznej plazmie atmosferycznej (NPA), zaproponowana nowa technologia wyróżnia się uproszczoną procedurą oraz ograniczonym wpływem na barwę i profil związków lotnych gotowego produktu w odniesieniu do wyrobów wytwarzanych z użyciem azotanu (III) sodu. Ponadto eliminuje konieczność stosowania syntetycznych substancji dodatkowych, takich jak bufony chemiczne. Biorąc to pod uwagę, przyjąłam założenie, że nietermiczna plazma atmosferyczna, może wytwarzać jony azotanowe (III) w uwodnionych matrycach zawierających białka pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Dzięki obecności grup karboksylowych i aminowych białka mogą bowiem pełnić funkcję buforową, wpływając na pH roztworów i tym samym modulować wydajność konwersji reaktywnych form azotu do jonów azotanowych (III) (Christensen, 1966; Durço i wsp., 2024; Mohan, 2016). Jednakże należy uwzględnić, że efekt ten zależy może m.in. od składu i stężenia aminokwasów. Zaproponowane podejście przyczynia się do ograniczenia liczby substancji dodatkowych deklarowanych na etykiecie produktu, jednocześnie umożliwiając wykorzystanie składników wykazujących potencjał aplikacyjny w przemyśle mięsnym. Ponadto technologia ta ogranicza powstawanie niepożądanych produktów ubocznych reakcji, charakterystycznych dla standardowych procesów wytwarzania syntetycznego NaNO_2 . W przemyśle, najczęściej stosowaną metodą produkcji azotanu sodu (III) jest absorpcja tlenków azotu do wodnych roztworów węglanu sodu lub wodorotlenku sodu, co prowadzi do generowania produktów ubocznych w wyniku procesów oczyszczania i zagęszczania końcowego produktu (Pokorny i wsp., 2006). Opracowana technologia stanowi zatem krok w kierunku bardziej zrównoważonych i innowacyjnych metod utrwalania produktów spożywczych, wspierając rozwój technologii o zmniejszonym wpływie na środowisko a w konsekwencji większym potencjale wdrożeniowym w przemyśle mięsnym.

Proces peklowania, w którym surowiec mięsny poddawany jest działaniu jonów azotanowych (III) oraz innych dodatków o funkcjach technologicznych, stanowi złożony proces. Istotne znaczenie ma zarówno ilość i rodzaj zastosowanych dodatków, jak i wpływ czynników mechanicznych, termicznych oraz właściwości samego surowca (Honikel, 2008). Dodatkowo, wybór metody peklowania („na sucho” lub „na mokro”) może istotnie wpływać na efektywność procesu, determinując penetrację jonów azotanowych (III), ich równomierną dystrybucję, a w konsekwencji – jakość i trwałość finalnego produktu. Ocena potencjału zastosowania nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) do wytwarzania jonów azotanowych (III) „in situ” w wybranych surowcach i preparatach białkowych pochodzenia

roślinnego i zwierzęcego, zarówno w kontekście ich bezpośredniej aplikacji do rozdrobnionego surowca mięsnego, jak i jako składników roztworów solankowych, ma na celu dostarczenie istotnych danych naukowych dotyczących efektywności oraz możliwości wdrożenia tej technologii w przemyśle spożywczym. Ponadto, istotne jest określenie optymalnych warunków wytwarzania i przechowywania produktów otrzymanych z wybranych surowców i preparatów białkowych, aby mogły one skutecznie pełnić rolę alternatywnych źródeł jonów azotanowych (III) w produkcji wyrobów mięsnych.

4.3.2. Cel naukowy osiągnięcia

W ramach osiągnięcia naukowego rozwiązano problem badawczy dotyczący opracowania niekonwencjonalnej technologii peklowania z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA), stanowiącej alternatywę dla standardowych metod kształtowania jakości mięsa opartych na zastosowaniu azotanu (III) sodu. Założono, że technologia wytwarzania jonów azotanowych (III) „in situ” w wybranych surowcach oraz preparatach białkowych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego może znaleźć zastosowanie w procesach peklowania mięsa, zarówno metodą „na sucho”, jak i „na mokro”. W celu umożliwienia przyszłego wdrożenia zoptymalizowano również proces pozyskiwania wybranych alternatywnych źródeł jonów azotanowych (III), koncentrując się na osiągnięciu odpowiedniego stężenia jonów azotanowych (III) w produkcie oraz zapewnieniu ich stabilności w różnych warunkach przechowywania.

Zakres mojego osiągnięcia naukowego obejmował trzy główne etapy:

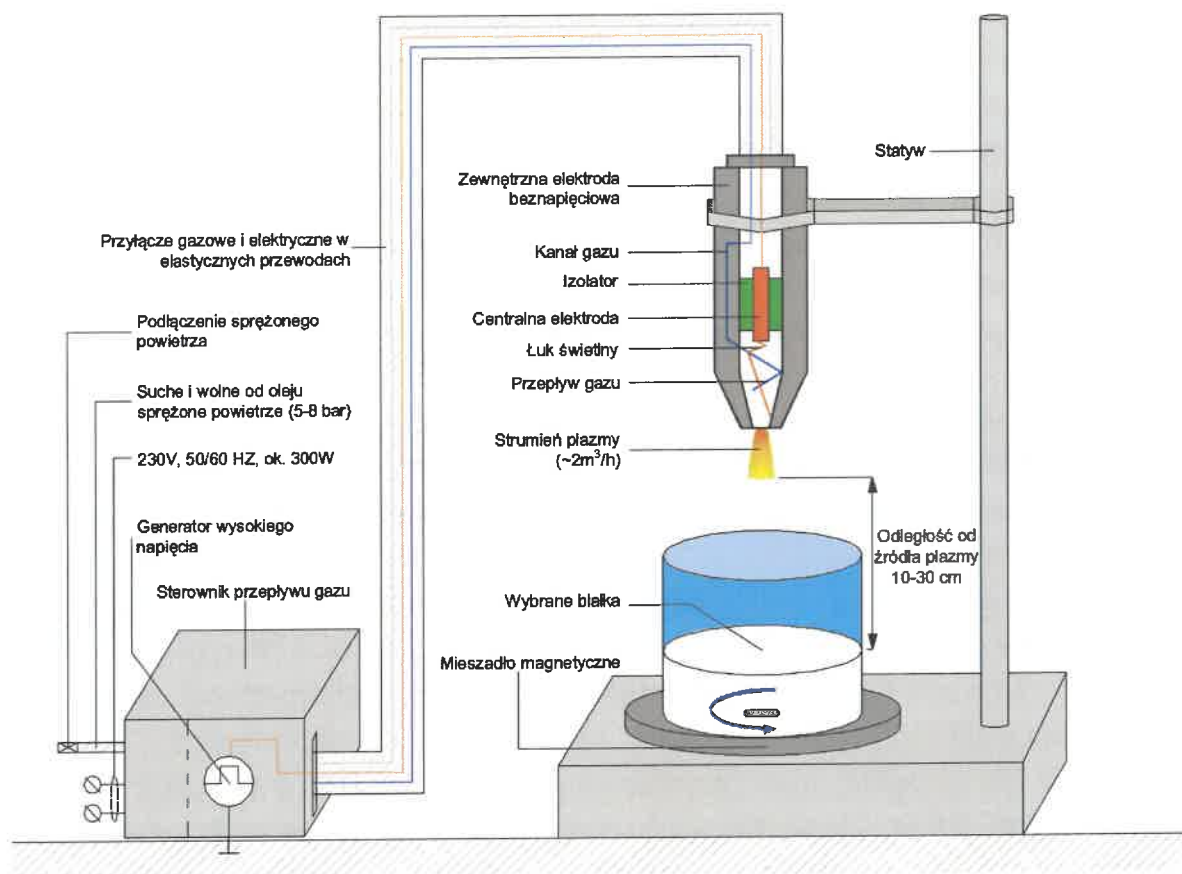
- ✓ Prace Etapu 1 (publikacje: O.1., O.2., O.4., O.5.) obejmowały obróbkę nietermiczną plazmą atmosferyczną wybranych surowców oraz preparatów białkowych pochodzenia roślinnego (O.1. – wodne preparaty soi, grochu oraz soczewicy) i zwierzęcego (O.2. – mleko krowie, O.4. – białko jaja kurzego, O.5. – wodny preparat plazmy krwi wieprzowej), które następnie dodawano do rozdrobnionego mięsa bezpośrednio (O.1., O.2., O.4., O.5.) lub po ich uprzednim wysuszeniu (O.2.). Zastosowane ilości niekonwencjonalnych źródeł jonów azotanowych (III) miały odpowiadać dawkom NaNO_2 wynoszącym odpowiednio: 60 ppm (O.4.), 75 ppm (O.1.), 100 ppm (O.2., O.5.) oraz 120 ppm (O.4.). Przeanalizowano jakość wytworzonych w ten sposób wyrobów mięsnych, przygotowanych z mięsa wieprzowego (O.1., O.2.: wyroby mięsne średnio rozdrobnione – kielbasy parzone, O.4.: wyrób mięsny homogenizowany – *liver pâté*) jak również mięsa wołowego (O.5. – wyrób mięsny drobno rozdrobniony – *restructured jerky*), ze szczególnym uwzględnieniem wybranych wyróżników fizykochemicznych gotowego produktu oraz profilu jego związków lotnych. Wyniki porównano z produktami wytworzonymi z zastosowaniem NaNO_2 oraz tymi, które nie zawierały żadnych źródeł jonów azotanowych (III).
- ✓ Etap 2 (publikacja O.3.) dotyczył określenia wpływu peklowania zanurzeniowego mięsa (*m. longissimus dorsi*) w wodnych roztworach zawierającej wybrane niekonwencjonalne

źródła jonów azotanowych (III) pochodzenia roślinnego (líoofilizat z wodnego preparatu białka sojowego traktowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną) oraz zwierzęcego (líoofilizat z mleka krowiego traktowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną). Roztwory te zawierały ilości jonów azotanowych (III) odpowiadające 300 ppm NaNO_2 w stosunku do masy mięsa. Celem badania było zweryfikowanie, czy zastosowana metoda wykorzystująca NPA pozwala uzyskać produkty mięsne o jakości zbliżonej do produktów uzyskanych metodą zanurzeniową z użyciem wskazanej dawki azotanu (III) sodu. Ponadto przeprowadzono analizę produktów wytworzonych bez zastosowania źródeł jonów azotanowych (III). Badania obejmowały ocenę właściwości fizykochemicznych uzyskanych produktów mięsnych oraz ich profil związków lotnych.

- ✓ **Etap 3** (publikacja O.6.) miał na celu optymalizację parametrów procesu wytwarzania wybranych alternatywnych źródeł jonów azotanowych (III) z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA), na przykładzie białka jaja kurzego oraz białka jaja strusiego, w celu uzyskania ich określonego stężenia. Przyjęto, że do rozdrobnionego surowca mięsnego wprowadza się od 40 do 80 ppm jonów azotanowych (III), zgodnie z wartościami określonymi w Rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/2108 oraz Decyzji Komisji (UE) 2024/1225. Na podstawie danych literaturowych założono z kolei możliwość zastosowania białka jaja w postaci proszku w produkcji rozdrobnionych wyrobów mięsnych w stężeniu od 1 do 2% względem masy surowca mięsnego. W związku z tym stężenie jonów azotanowych (III) w zaprojektowanych produktach określono na poziomie 4000 ppm. Optymalizacja obejmowała parametry obróbki plazmowej (czas ekspozycji, odległość od źródła plazmy) oraz temperaturę suszenia. Dodatkowo przeprowadzono ocenę stabilności uzyskanych jonów w zoptymalizowanych produktach, które przechowywano przez 4 tygodnie w różnych warunkach temperaturowych, przy zastosowaniu zróżnicowanych metod pakowania.

Wyniki moich badań przedstawione w osiągnięciu naukowym i opisane poniżej, zostały opublikowane w wysokopunktowanych czasopismach naukowych mających wpływ na rozwój dyscypliny, przy wsparciu środków Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka w ramach finansowania zadań badawczych dla Naukowców i Zespołów (2021-2022 r.) oraz w ramach finansowania zadania badawczego Miniatura 6 („Mechanizm wytwarzania azotynów "in situ" z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej oraz ich stabilność w wybranych odwodnionych układach białek komplementarnych") z Narodowego Centrum Nauki (2022-2023 r.).

We wszystkich badaniach realizowanych w ramach mojego osiągnięcia naukowego (publikacje O.1.-O.6.), korzystałam ze skonstruowanego przeze mnie stanowiska do modyfikacji surowców białkowych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego za pomocą nietermicznej plazmy atmosferycznej, wykorzystującej generator typu *plasma jet* (rysunek 1).



Rysunek 1. Schemat stanowiska do modyfikacji surowców i preparatów białkowych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego za pomocą generatora typu *plasma jet*, wykorzystanego w ramach osiągnięcia założonych celów (opracowanie własne).

4.3.3. Omówienie wyników badań

Etap 1

Wyniki badań, które realizowałam w ramach Etapu 1 przedstawiłam w następujących publikacjach:

- ✓ **O.1. Marcinkowska-Lesiak, M.,** Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Application of atmospheric pressure cold plasma activated plant protein preparations solutions as an alternative curing method for pork sausages. *Meat Science*, 187, 1–9, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108751>
- ✓ **O.2. Marcinkowska-Lesiak, M.,** Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Plasma-activated milk powder as a sodium nitrite alternative in pork sausages. *Meat Science*, 192, 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108880>
- ✓ **O.4. Marcinkowska-Lesiak M.,** Alirezalu K., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Szpicer, A., & Półtorak, A. (2023). Physicochemical Characteristics of Pork Liver Pâtés Containing Nonthermal Air Plasma-Treated Egg White as an Alternative Source of Nitrite. *Applied Sciences-Basel*, 13, 1–17. <https://doi.org/10.3390/app13074464>
- ✓ **O.5. Marcinkowska-Lesiak, M.,** Zalewska, M., Alirezalu K., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., & Półtorak, A. (2023). Production of restructured beef jerky using blood plasma solutions activated by non-thermal atmospheric plasma. *Animal Science Papers and Reports*, 41, 195–218. <https://doi.org/10.2478/aspr-2023-0008>

Uwodnione preparaty soi, grochu, soczewicy, mleko krowie, białko jaja kurzego oraz wodne roztwory suszonej plazmy krwi wieprzowej zostały wybrane ze względu na ich wybrane ze względu na ich odczyn ($\text{pH} > 6$) oraz właściwości buforujące wynikające z obecności białek. Właściwości te odgrywają bowiem rolę w zapobieganiu niepożądanym przemianom azotanów (III), które mogłyby zachodzić przy obniżeniu pH roztworu poniżej wartości 5,5 (Yong i wsp., 2018). Dodatkowo, właściwości funkcjonalne białek roślinnych i zwierzęcych, takie jak zdolność do formowania stabilnych emulsji, żeli oraz utrzymania struktury produktów mięsnych umożliwiają uzyskanie pożądanych cech jakościowych gotowych wyrobów (Abdolghafour & Saghir, 2014a; Ahmed i wsp., 2007; Barbut, 2010; Cardoso i wsp., 2009; Galla i wsp., 2012; Gupta & Sharma, 2023a; Kang i wsp., 2021; Katekhong & Charoenrein, 2017; Tsareva i wsp., 2020). Znaczenie miała także ich ogólna dostępność do celów przemysłowych (Chang i wsp., 2018) oraz niski koszt (Silva & Silvestre, 2003). Podsumowując, założono, że wykorzystanie wymienionych surowców białkowych jako źródła jonów azotanowych (III) w przemyśle mięsnym, z zastosowaniem technologii nietermicznej plazmy atmosferycznej, może przyczynić się do opracowania innowacyjnej metody peklowania rozdrobnionego surowca mięsnego. W ramach przeprowadzonych badań przeanalizowałam trzy kategorie produktowe: produkty średnio rozdrobnione, drobno rozdrobnione oraz homogenizowane. Modyfikacje składów wymienionych grup produktowych miały na celu ich dostosowanie do zmieniających

się preferencji i oczekiwań konsumentów, szczególnie pod kątem zapewnienia ich wysokiej jakości. Istotnym elementem pracy było uwzględnienie efektywnych strategii utrwalania oraz poszukiwanie alternatywnych rozwiązań dla syntetycznych konserwantów, takich jak azotan (III) sodu, z zachowaniem zasad zrównoważonego rozwoju.

W celu realizacji badań Etapu 1 oraz przeprowadzenia oceny wytworzonych produktów określałam ich skład podstawowy przy użyciu spektrometrii bliskiej podczerwieni (O.1., O.2.), pH (O.1., O.2., O.4., O.5.), wydajność procesu (O.1., O.2., O.5.) oraz aktywność wodną przy użyciu aparatu AquaLab 4TEV (O.5.). Zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) i zawartość nitrozylochromogenu (O.1., O.2., O.4., O.5.) oznaczałam każdorazowo spektrofotometrycznie zgodnie z metodologią opisaną przez Lee i wsp. (2018), zaś w przypadku żelaza hemowego (O.5.) zastosowałam metodę opisaną przez Cheng & Ockerman (2003). Instrumentalny pomiar barwy w systemie CIE L*a*b* (O.1., O.2., O.4., O.5.) wykonałam przy użyciu kolorymetru Minolta CR-400, zaś utlenianie lipidów (O.1., O.2., O.4., O.5.) określono metodą TBARS zgodnie z protokołem Pikul i wsp. (1989). Dla oceny mikrobiologicznej (O.1., O.2.) określono ogólną liczbę drobnoustrojów (PN-EN ISO 4833-1:2013-12, PN-EN ISO 4833-1:2013- 12/Ap1:2016-11, PN-EN ISO 4833-1:2013-12/A1:2022- 06). Teksturalne właściwości badanych produktów zostały zmierzone przy użyciu maszyny wytrzymałościowej INSTRON 5965, gdzie zostały przeanalizowane parametry takie jak: twardość, spoistość, sprężystość, żujność oraz gumistość z wykorzystaniem testu TPA (O.1., O.2., O.4.) oraz siłę cięcia i pracę cięcia stosując test cięcia z przystawką Warnera-Bratzlera (O.5.). Profil związków lotnych (O.1., O.2., O.4., O.5.) określono przy użyciu elektronicznego nosa Heracles II zgodnie z metodykami opisanymi przez Górską-Horczyzak i wsp. (2017) oraz Wojtasik-Kalinowska i wsp. (2016). Dane dotyczące profilu związków lotnych zostały poddane analizie głównych składowych przy użyciu programu AlphaSoft w wersji 8.0. Analizę statystyczną pozostałych wyników przeprowadzono za pomocą oprogramowania Statistica 13.3, określając różnice między grupami za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $P < 0,05$ (O.1., O.2., O.4., O.5.). Uzyskane wyniki zaprezentowano w formie średnich wartości wraz z odpowiadającymi im błędami standardowymi (SE).

PUBLIKACJA O.1.

- ✓ O.1. Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Application of atmospheric pressure cold plasma activated plant protein preparations solutions as an alternative curing method for pork sausages. *Meat Science*, 187, 1–9, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108751>

Badania w ramach publikacji O.1. rozpoczęto od przygotowania wodnych preparatów białek soi, grochu, soczewicy, ciecierzycy i ryżu o tych samych stężeniach. Uzyskane roztwory zostały poddane działaniu nietermicznego strumienia plazmy powietrznej, umieszczonego 13 cm nad ich powierzchnią (jednocześnie mieszając je za pomocą mieszadła magnetycznego – rysunek 1). Zgodnie z literaturą, podczas obróbki plazmą powietrzną, oprócz azotanów (III)

powstają również jony wodorotlenowe, które mogą obniżyć pH roztworów. Z kolei w środowisku kwaśnym azotany (III) mogą ulec konwersji do m.in. kwasu azotowego, tlenku azotu (NO) lub azotanów (Braidă & Ong, 2000). Niemniej jednak, biorąc pod uwagę pK_a kwasu azotowego ($\approx 3,37$), można założyć, że w roztworach o $pH \geq 5,5$ około 99% azotanów (III) pozostanie w postaci anionów (Honikel, 2008). W badaniach realizowanych w ramach publikacji O.1. roztwory preparatów wybranych białek roślinnych były zatem poddawane strumieniowi plazmy do momentu osiągnięcia przez nie pH wynoszącego 5,5. Po obróbce plazmowej, dopełniano je opcjonalnie wodą do objętości 200 g, a następnie analizowano zawartość jonów azotanowych (III) w każdym roztworze zgodnie z metodą AOAC nr. 973.31, zmodyfikowaną przez Lee i wsp. (2018).

Ponieważ dodanie 75 ppm azotanu (III) sodu (grupa PC) pozwala na związanie ≈ 50 ppm jonów azotanowych (III) w rozdrobnionym mięsie, dlatego do następnego etapu wybrano tylko roztwory, w których zawartość jonów azotanowych (III) po obróbce plazmą wynosiła $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ i więcej. Ilość jonów NO_2^- w roztworach aktywowanych plazmą wybranych do następnego etapu (preparatu białka sojowego - E1, preparat białka grochu - E2 i preparat białka soczewicy - E3) obliczona w badaniu wstępnym pozwoliła na dostosowanie zawartości jonów azotanowych (III) w nich do kontroli pozytywnej poprzez modyfikację czasu ich obróbki plazmą. Każda partia roztworów została przygotowana w dniu wytworzenia badanych prób, a następnie schłodzona i dodana w odpowiedniej proporcji ($100 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) bezpośrednio do rozdrobnionego mięsa (E1 - obróbka plazmowa = 91 min, $pH = 5,72 \pm 0,03$; E2 - obróbka plazmowa = 73 min, $pH = 5,76 \pm 0,03$; E3 - obróbka plazmowa = 48 min, $pH = 5,60 \pm 0,05$).

Trzy partie mięsnych wyrobów średnio rozdrobnionych zostały wyprodukowane w skali laboratoryjnej w tożsamy warunkach, lecz w różnych dniach. Każda replikacja obejmowała produkcję pięciu różnych wariantów. Warianty obejmowały: kontrolę negatywną, produkt bez azotanu (III) sodu (NC); kontrolę pozytywną, produkt wytworzony z azotanem (III) sodu (PC); produkty wyprodukowane z aktywowanym plazmowo wodnym roztworem preparatu białka sojowego (E1), białka grochu (E2) oraz białka soczewicy (E3). Każda grupa została przygotowana zgodnie z następującymi recepturami: 1000 g (50%) szynki wieprzowej, 700 g (35%) łopatki wieprzowej oraz 300 g (15%) podgardla wieprzowego. Zastosowano również chlorek sodu, cukier, ekstrakt z czosnku i ekstrakt z czarnego pieprzu w ilości odpowiednio 24 g (1,2%), 10 g (0,50%), 0,6 g (0,03%) i 0,4 g (0,02%). Ostatecznie w poszczególnych grupach dodano 200 g (10%) schłodzonej wody technologicznej (grupa NC), 200 g roztworu azotanu (III) sodu w schłodzonej wodzie technologicznej (grupa PC: 0.075% azotanu (III) sodu) lub 200 g schłodzonego aktywowanego plazmą roztworu wybranego białka roślinnego (grupy E1, E2 oraz E3 - 0.75% preparatu białka) w stosunku do ilości mięsa i tłuszczu.

Surowiec rozdrobniono na frakcje o średnicy oczek $\varnothing 16 \text{ mm}$ (szynka i łopatka) oraz $\varnothing 4,5 \text{ mm}$ (podgardle). Następnie połączono rozdrobniony surowiec mięsny (w zależności od grupy badawczej) z wodą technologiczną/wodnym roztworem azotanu (III) sodu/roztworem aktywowanego plazmowo roztworu wybranego preparatu białka, a także innymi surowcami uzupełniającymi. Tak przygotowane warianty uformowano i zabezpieczono w naturalnych osłonkach wieprzowych ($\varnothing 30\text{--}32 \text{ mm}$). Wszystkie grupy osadzano przez 1 godzinę w temperaturze $8\text{--}10^\circ\text{C}$. Następnie poddano je obróbce termicznej w temperaturze

93°C, aż do osiągnięcia wewnętrznej temperatury batonu wynoszącej 72°C, po czym schłodzono je do temperatury $\approx 10^\circ\text{C}$. Tak wytworzone próby zostały zabezpieczone, a następnie przechowywane bez dostępu światła w temperaturze 2°C przez okres 8 dni. Analiza wytworzonych w ramach publikacji O.1. wariantów średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych została przeprowadzona w dniu wytworzenia oraz w 4 i 8 dniu przechowywania.

Wiele wyników badań wskazuje, że odpowiednio wysoki udział białek roślinnych m.in. dzięki obecności grup polarnych podwyższa wiązanie wody w produktach mięsnych (Abdolghafour & Saghir, 2014b; Galla i wsp., 2012). W moim badaniu, zrealizowanym w ramach publikacji O.1., zaobserwowano spadek zawartości wody w grupach E1, E2 i E3 w porównaniu do grup NC oraz PC. Wyniki te sugerują, że ilość dodanych preparatów białkowych była niewystarczająca, aby zatrzymać wodę podczas obróbki termicznej. Ponadto, możliwym czynnikiem wpływającym na zmiany masy mogła być modyfikacja struktury białek przez plazmę. Pod wpływem plazmy, cząsteczki białek mogły bowiem zmienić swoją konfigurację przestrzenną, a nawet stracić swoje funkcjonalności. Udział roztworów białek roślinnych aktywowanych plazmą zwiększył natomiast zawartość białka w tych grupach w porównaniu do grup NC i PC ($P < 0,05$).

W dniu produkcji, analizowane warianty charakteryzowały się statystycznie różnymi ($P < 0,05$) średnimi wartościami pH w zakresie od 6,19 dla grupy E3 do 6,34 dla grupy E1. Zaobserwowane różnice mogły być spowodowane zdolnością buforującą użytych roztworów preparatów białkowych (Xu i wsp., 2017), a także ich końcowym pH po obróbce plazmą (odpowiednio 5,72, 5,75 i 5,60). W badaniu można było także zaobserwować, że wartości pH dla grupy PC i E1 pozostawały na zbliżonym poziomie przez cały okres przechowywania ($P \geq 0,05$).

Obliczona ilość dodanych jonów azotanowych (III) dla grup CP, E1, E2 i E3 wynosiła $\approx 50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Po obróbce termicznej poziomy wolnych resztkowych azotanów (III) dla tych grup były wyższe niż w grupie NC ($P < 0,05$) i wahały się od 20,69 do 21,89 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($P \geq 0,05$). Uzyskane wartości są efektem zdolności azotanów (III) do tworzenia kompleksów z białkami, grupami sulfhydrylowymi oraz lipidami, jak również ich potencjału do przekształcania się w azotany lub ulatniania się w postaci gazu (Cassens i wsp., 1978). Również podczas przechowywania zaobserwowano dalszy spadek stężenia wolnych resztkowych azotanów (III), niezależnie od analizowanego wariantu ($P < 0,05$). Zaobserwowane zjawisko jest zgodne z wynikami uzyskanymi przez innych autorów (Jo i wsp., 2020; Jung, Kim, Park, In Yong, i wsp., 2015; Yong i wsp., 2018) sugerującymi, że azotany (III) są przekształcane w trakcie przechowywania w azotany, kwas azotowy (III) lub tlenek azotu, a także ulegają dalszym reakcjom z substratami mięsnymi (Honikel, 2008). Co istotne według EFSA, dynamika spadku zawartości azotanów (III) w przechowywanych produktach zależy m.in. od temperatury ich obróbki, pH, temperatury przechowywania czy zastosowanych dodatków redukujących (EFSA, 2003). Również w omawianym badaniu, choć początkowo średnio rozdrobnione wyroby mięsne z grupy E3 nie wykazywały istotnych różnic w zawartości azotanów (III) w porównaniu do grup PC, E1 i E2 ($P \geq 0,05$), to po okresie przechowywania charakteryzowały się one niższą średnią zawartością azotanów (III) niż te grupy ($P < 0,05$). Zjawisko to może być związane z niższymi średnimi wartościami pH w grupie E3 w dniu ich wytworzenia. Przyjmuje

się bowiem, że wolniejszy spadek poziomu wolnych resztkowych azotanów (III) podczas przechowywania zachodzi, gdy pH produktu mięsnego w dniu jego wytworzenia jest wyższe (Honikel, 2008). Niemniej jednak, dodanie roztworów preparatów białek pozyskanych z soi, grochu oraz soczewicy, aktywowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną, do rozdrobnionego mięsa podczas przetwarzania prowadzi do uzyskania istotnych ilości azotanów (III) w produkcie końcowym. Dzięki temu nie ma potrzeby stosowania syntetycznego azotanu (III) sodu ani wody aktywowanej plazmowo, stabilizowanej buforami chemicznymi.

Zmiana barwy mięsa peklowanego jest efektem złożonych reakcji chemicznych. Na początku, mioglobina ulega utlenieniu przez kwas azotawy, prowadząc do powstania metmioglobiny, co skutkuje zmianą barwy mięsa z czerwonej na szarobrązową. Następnie, tlenek azotu, powstały w wyniku redukcji azotanu (III), reaguje z metmioglobina, tworząc nitrozyloksioglobina, która później przekształca się w nitrozyloksioglobina. Podczas obróbki termicznej, część białkowa barwników ulega z kolei denaturacji, co prowadzi do powstania nitrozyloksiokromogenu o charakterystycznej różowoczerwonej barwie (Pisula & Pospiech, 2011). Zgodnie z założeniami, przez cały okres przechowywania, rozdrobnione wyroby mięsne z grupy PC oraz grup E1, E2 i E3 charakteryzowały się wyższą ($P < 0,05$) średnią zawartością nitrozyloksiokromogenu niż te z grupy NC. Obecność tlenu podczas przechowywania analizowanych wariantów prowadziła do utlenienia grup hemowych oraz znaczącego spadku stężenia tego barwnika, niezależnie od analizowanego wariantu ($P < 0,05$). Według Yu i wsp. (2016) na stabilność nitrozyloksiokromogenu w produktach mięsnych wpływa także pH produktu, co potwierdzają moje badania. Grupy PC, E1, E2 i E3 nie wykazywały istotnych różnic pod względem badanego parametru w dniu 0 ($P \geq 0,05$). Niemniej jednak, niższe początkowe pH średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych z grupy E3 w porównaniu z grupami PC, E1 i E2 mogło przyczynić się do mniejszej stabilności omawianego barwnika w tej grupie. Pod koniec okresu przechowywania, zaobserwowano spadek zawartości nitrozyloksiokromogenu w tych grupach wynoszący odpowiednio 82,71%, 78,38%, 77,40% i 78,35%.

Różnice wynikające z zawartości resztkowych azotanów (III) oraz nitrozyloksiokromogenu w badanych grupach wpłynęły również na wyniki instrumentalnego pomiaru barwy. Od pierwszego dnia przechowywania rozdrobnione wyroby mięsne z grupy NC charakteryzowały się wyższymi średnimi wartościami jasności (L^*) w porównaniu do grup o znaczących poziomach resztkowych azotanów (III) ($P < 0,05$), co potwierdzają inne wyniki badań dotyczące wpływu różnych metod peklowania na jasność produktów mięsnych (Jung, Kim, Park, In Yong, i wsp., 2015; Tsoukalas i wsp., 2011). Pomimo że w dniu wytworzenia grupy CP, E1, E2 i E3 nie różniły się istotnie pod względem średnich wartości parametru L^* ($P \geq 0,05$), to ostatniego dnia przechowywania grupy zawierające aktywowane nietermiczną plazmą atmosferyczną roztwory wybranych preparatów białek roślinnych charakteryzowały się niższymi średnimi wartościami L^* niż grupa z azotanem (III) sodu ($P < 0,05$). Po przetworzeniu średnio rozdrobnione wyroby mięsne z grupy NC charakteryzowały się także niższym udziałem barwy czerwonej ($P < 0,05$). Co istotne, począwszy od 4 dnia przechowywania, produkty z grupy E3 nie różniły się istotnie ($P \geq 0,05$) pod względem średnich

wartości parametru a^* od grupy NC, co może być związane z niską stabilnością nitrozylochromogenu w tej grupie. Grupy E2 i E3 charakteryzowały się porównywalnymi średnimi wartościami parametru a^* do grupy PC przez cały okres przechowywania. Ostatecznie w 8 dniu przechowywania, średnio rozdrobnione wyroby mięsne z grup NC i E3 wykazywały najwyższy udział barwy żółtej (b^*) ($P < 0,05$). Zaobserwowane zmiany w średnich wartościach parametrów barwy (L^* , a^* i b^*) w trakcie przechowywania mogą wynikać nie tylko z utleniania grup hemowych (Pegg & Shahidi, 2004a), ale także z obecności innych barwników obecnych w zastosowanych roztworach aktywowanych plazmowo (Horsch i wsp., 2014).

Uzyskane wyniki wykazały, że zastosowane metody peklowania, zarówno ta z zastosowaniem NaNO_2 , jak również niekonwencjonalna – z zastosowaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej, miały wpływ na stabilność oksydacyjną analizowanych średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych. Jest to wynikiem utleniania azotanów (III) do azotanów (V), ale także tworzenia stabilnych kompleksów z żelazem hemowym, wychwytywania wolnych jonów żelaza, tworzenia nieaktywnych kompleksów chelatowych czy związków o właściwościach przeciwutleniających, takich jak S-nitrozocysteina (Pisula & Pospiech, 2011). Grupa NC charakteryzowała się zatem znacząco wyższymi średnimi wartościami stężenia substancji reagujących w kwasem tiobarbiturowym (TBARS) ($P < 0,05$) w porównaniu z grupą, w której dodano azotan (III) sodu (PC), ale także grupami eksperymentalnym (E1, E2, E3), niezależnie od dnia przechowywania (Honikel, 2008; Kanner i wsp., 1984). Niemniej jednak począwszy od 4 dnia rozdrobnione wyroby mięsne z grupy E3 wykazywały wyższy stopień utlenienia w porównaniu do produktów z grup PC, E1 i E2.

Działanie bakteriostatyczne jonów azotanowych (III) opiera się na ich reakcji z kationami obecnymi w komórkach bakteryjnych, co prowadzi do hamowania metabolizmu tych bakterii (Pisula & Pospiech, 2011). W moich badaniach ogólna liczba drobnoustrojów (OLD) we wszystkich analizowanych grupach wzrastała istotnie ($P < 0,05$) przez cały okres przechowywania, przy czym uzyskane średnie wartości OLD w poszczególnych dniach badawczych różniły się między nimi istotnie ($P < 0,05$). Najwyższymi średnimi wartościami OLD charakteryzowała się grupa NC ($P < 0,05$) przy czym w całym okresie przechowywania wartości te nadal były zgodne z międzynarodowymi wytycznymi dobrej praktyki produkcyjnej ($\leq 5 \log \text{ jtk/g}$) i nie przekraczały poziomu $7 \log \text{ jtk/g}$, który jest uważany za wartość graniczną wskazującą na ryzyko nieakceptowalnego poziomu mikroorganizmów w produkcji (Melngaile i wsp., 2014; Stannard, 1997).

Mimo niewielkich różnic w składzie analizowanych średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych, przez okres przechowywania nie zaobserwowano wpływu zastosowanych metod peklowania na analizowane parametry tekstury ($P \geq 0,05$). Prawdopodobnie ilość dodanych preparatów roślinnych nie była wystarczająca, aby przyczynić się do stabilizacji struktury sieci białkowej podczas obróbki termicznej. Dodatkowo, plazma mogła również wpłynąć na właściwości wiążące białek w zastosowanych roztworach (E1, E2, E3) w wyniku interakcji reaktywnych form tlenu i azotu z aminokwasami (Li i wsp., 2014).

Kształtowanie aromatu mięsa peklowanego azotanami (III) jest wynikiem złożonych reakcji chemicznych z wieloma substancjami. Zakłada się, że powstaje on głównie w wyniku reakcji tlenku azotu lub azotanu (III) z białkami, co prowadzi do powstania takich związków jak

3-nitrotyrozyna, N-nitrozotryptofan, nitrozocysteina i nitrozopirolidyna, a także w wyniku reakcji z tłuszczami, w efekcie czego tworzą się alkiloazotany i alkilocyjanki (Pisula & Pospiech, 2011). Do identyfikacji różnic w profilu związków lotnych pomiędzy analizowanymi grupami zastosowano Analizę Składowych Głównych (PCA). Na jej podstawie zaobserwowano, że średnio rozdrobnione wyroby mięsne z grup E1, E2 oraz E3 wykazywały różnice w aromacie w porównaniu do grupy kontrolnej zawierającej azotan (III) sodu (PC) nieprzekraczające 6,387%. Istotnym jest, że wszystkie grupy zawierające azotany (III) (PC, E1, E2, E3), niezależnie od ich źródła, wykazywały w dniu wytworzenia różnice w stosunku do grupy kontrolnej (NC) na poziomie 56,535%. Niemniej jednak, w czwartym oraz ósmym dniu przechowywania nie zaobserwowano już tak istotnych różnic w percepcji aromatu pomiędzy analizowanymi grupami.

PUBLIKACJA O.2.

- ✓ O.2. Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Plasma-activated milk powder as a sodium nitrite alternative in pork sausages. *Meat Science*, 192, 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108880>

W celu przygotowania liofilizowanego mleka aktywowanego plazmowo (publikacja O.2.), odtłuszczone mleko UHT (0% tłuszczu) zagęszczono z wykorzystaniem wyparki próżniowej. Proces ten polegał na odparowaniu 400 ml mleka pod ciśnieniem 70 mbar i w temperaturze 55°C, aż do osiągnięcia końcowej objętości 150 ml. Następnie, skoncentrowane mleko poddano działaniu nietermicznej plazmy atmosferycznej, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1, do uzyskania pH $6,00 \pm 0,02$. W trakcie obróbki plazmowej mleko umieszczone było w szklanej zlewce, położonej 15 cm poniżej źródła plazmy i mieszane za pomocą mieszadła magnetycznego z prędkością 1200 obr./min. Następnie przeprowadzono proces liofilizacji. Otrzymany liofilizat rozdrobniono do wielkości cząstek 425 μm . Zawartość azotanów (III) w liofilizacie zmierzono za pomocą zmodyfikowanej metody AOAC nr 973.31 (Lee i wsp., 2018), uzyskując średnią wartość $1306,96 \pm 21,95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Ostatecznie, wytworzone liofilizowane mleko w stanie sypkim aktywowane plazmowo zostało zapakowane próżniowo i przechowywane do momentu wykorzystania w produkcji średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych.

Ilość dodanego liofilizatu do grup eksperymentalnych wyniosła 5%, co dostarczało $\approx 67 \text{ mg}$ jonów azotanowych (III) na kilogram rozdrobnionego mięsa, co po uwzględnieniu współczynnika konwersji odpowiadało 100 ppm azotanu (III) sodu. Dodatkowo, do jednej z grup dodano kwas askorbinowy. Wyprodukowano łącznie cztery warianty średnio rozdrobnionych wyrobów wieprzowych w skali laboratoryjnej, w trzech niezależnych partiach: NC - produkty bez dodatku azotynu sodu; PC - produkty z dodatkiem 100 ppm azotanu (III) sodu; PAMP - produkty z udziałem 5% liofilizatu mleka aktywowanego plazmowo; PAMP + AA - produkty z udziałem 5% liofilizatu mleka aktywowanego plazmowo i 0,05% kwasu

askorbinowego. Receptura średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych obejmowała: 50% szynki wieprzowej, 35% łopatki wieprzowej oraz 15% podgardla wieprzowego. Do rozdrobnionego surowca mięsnego dodano schłodzoną wodę technologiczną w ilości 20%, sól (1,6%), cukier (0,50%), ekstrakt czosnku (0,03%) oraz ekstrakt czarnego pieprzu (0,02%). W zależności od wariantu, do mieszaniny wprowadzono również azotan (III) sodu w stężeniu 100 ppm (grupa PC), liofilizat mleka aktywowanego plazmowo w ilości 5% (grupy PAMP) oraz liofilizat mleka aktywowanego plazmowo w ilości 5% i kwas askorbinowy w stężeniu 0,05% (grupa PAMP+AA). Mięso oraz tłuszcz zostały rozdrobnione na frakcje o $\varnothing$ 10 mm (szynka i łopatka) oraz $\varnothing$ 4,5 mm (podgardle). Cały proces produkcyjny przeprowadzono zgodnie z metodologią opisaną w sekcji O.1.. Analizy przeprowadzono w dniu produkcji oraz w 4 i 8 dniu przechowywania.

Zastosowanie liofilizatu mleka aktywowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną na poziomie 5% w stosunku do rozdrobnionego surowca mięsnego (zarówno bez, jak i z kwasem askorbinowym) wpłynęło statystycznie istotnie ($P < 0,05$) na wzrost wydajności średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych w porównaniu do grup NC i PC. Wyniki te korespondują z wynikami wcześniejszych badań (Barbut, 2010; Kang i wsp., 2021), które wykazały, że zdolność białek mleka do wiązania wody przyczynia się do zwiększenia efektywności produkcji wyrobów mięsnych. Średnio rozdrobnione wyroby mięsne z grup PAMP oraz PAMP+AA charakteryzowały się także istotnie wyższymi średnimi zawartościami białka oraz wody ($P < 0,05$), a także niższymi średnimi zawartościami tłuszczu i soli w porównaniu do grup kontrolnych. Dodatek 100 ppm NaNO_2 nie miał natomiast istotnego wpływu ($P \geq 0,05$) na skład podstawowy średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych w porównaniu do grupy NC.

W dniu produkcji grupy PAMP oraz PAMP+AA wykazywały istotnie wyższe średnie wartości pH ($P < 0,05$) w porównaniu z grupami PC i NC, natomiast nie zaobserwowano istotnych różnic między średnimi wartościami pH średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych z dodatkiem azotanu (III) sodu (PC) i bez jego udziału (NC) ($P \geq 0,05$). Zakładam, że zaobserwowany wzrost średnich wartości pH wszystkich analizowanych grup podczas przechowywania był wynikiem akumulacji amoniaku i całkowitego lotnego azotu zasadowego, będących produktem bakteryjnego rozkładu białek (Biswas i wsp., 2004). Co istotne, grupa NC wykazywała największą podatność na zmiany pH, co może być efektem bardziej zaawansowanych reakcji chemicznych oraz większej aktywności drobnoustrojów w produktach mięsnych bez azotanów (III) w porównaniu do produktów wytworzonych zarówno metodą konwencjonalną jak i niekonwencjonalną.

Grupa NC, analogicznie jak w badaniu O.1., charakteryzowała się najniższym stężeniem wolnych azotanów (III) resztkowych przez cały okres przechowywania ($P < 0,05$), co prawdopodobnie było skutkiem niezamierzonego zanieczyszczenia produktu azotanami (III) pochodzącymi z wody lub przypraw. We wszystkich wariantach zawierających azotany (III) pochodzące z różnych źródeł (PC, PAMP, PAMP+AA) zaobserwowano ich niepełne odzyskanie po obróbce termicznej oraz dalszy istotny spadek ($P < 0,05$) wraz z wydłużeniem okresu przechowywania. Co istotne, grupa PAMP, mimo wysokiej wydajności, charakteryzowała się również najwyższym poziomem wolnych resztkowych azotanów (III) przez cały okres

przechowywania ($P < 0,05$), co może być efektem wysokiego pH średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych w tym wariantcie (Honikel, 2008). Począwszy od dnia wytworzenia, średnio rozdrobnione wyroby mięsne z grupy PAMP+AA charakteryzowały się istotnie wyższym ($P < 0,05$) degradacją azotanów (III) niż średnio rozdrobnione wyroby mięsne z grupy PAMP, co może być efektem obecności kwasu askorbinowego i jego reakcji z azotanami (III) (Kilic & Oztan, 2013). Mimo, że bezpośrednio po wytworzeniu grupa PAMP+AA nie różniła się istotnie od grupy PC pod względem stężenia wolnych resztkowych azotanów (III) ($P \geq 0,05$), od 4 dnia ich stężenie w średnio rozdrobnionych wyrobach mięsnych z tej grupy było istotnie wyższe niż w tych, do których dodano 100 ppm NaNO_2 ($P < 0,05$). Zgodnie z obecną wiedzą stosowanie kwasu askorbinowego skutecznie przyspiesza proces peklowania i obniża poziom wolnych resztkowych azotanów (III) w gotowym produkcie. Według Izumi i wsp. (1989) związek nitrozujący będący wynikiem reakcji azotanów (III) z kwasem askorbinowym może mieć istotny wpływ na spadek ich stężenia w produktach peklowanych, jednakże z czasem może on przekształcać się w kwas dehydroaskorbinowy, prowadząc do ponownego uwolnienia azotanów (III). Uzyskane wyniki korespondują również z niższymi wartościami pH obserwowanymi w grupie PC w porównaniu do grupy PAMP+AA, co mogło przyspieszyć redukcję stężenia wolnych resztkowych azotanów (III) w tej grupie podczas przechowywania (Honikel, 2008; Yang i wsp., 2021).

Dodanie do rozdrobnionego surowca mięsnego jonów azotanowych (III) (grupy PC, PAP, PAMP+AA) wpłynęło także istotnie na zawartość nitrozylochromogenu w wytworzonych wyrobach mięsnych w porównaniu z grupą bez azotanów (III) (NC). Mimo, że barwnik ten jest stabilny termicznie, może on jednak ulec destabilizacji pod wpływem działania powietrza i światła (Sun i wsp., 2009). Wyniki badań wskazują również, że pH produktu istotnie wpływa na stabilność nitrozylochromogenu (Bak i wsp., 2013; Lien i wsp., 2002). Zgodnie z Yu i wsp. (2016) barwnik ten jest mniej stabilny w warunkach niższego pH. Uzyskane w ramach O.2. wyniki potwierdzają, że średnio rozdrobnione wyroby mięsne, charakteryzujące się niższym pH (grupa PC), zawierały istotnie niższe poziomy nitrozylochromogenu ($P < 0,05$) w porównaniu do wariantów o wyższym pH (PAMP, PAMP+AA) zarówno w dniu produkcji, jak i po 8 dniach przechowywania. Dodatkowo, obecność kwasu askorbinowego jako przeciwutleniacza poprawiła stabilność barwy średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych podczas przechowywania poprzez hamowanie procesów utlenienia i degradacji nitrozylochromogenu (Sánchez-Escalante i wsp., 2001). Wariant PAMP+AA charakteryzował się bowiem najwyższą zawartością nitrozylochromogenu przez cały okres przechowywania ($P < 0,05$).

Przechowywanie istotnie zwiększyło średnie wartości parametru L^* (jasność) w grupach NC i PC ($P < 0,05$), przy czym średnio rozdrobnione wyroby mięsne z azotanem (III) sodu (PC) charakteryzowały się istotnie niższymi wartościami tego parametru niż grupa NC przez cały okres przechowywania ($P < 0,05$). W dniu produkcji warianty z aktywowanym plazmowo liofilizatem mleka (bez i z kwasem askorbinowym) nie różniły się istotnie ($P \geq 0,05$) pod względem jasności od grupy NC, były natomiast istotnie jaśniejsze niż grupa PC ($P < 0,05$). Średnie wartości parametru L^* w grupach PAMP oraz PAMP+AA pozostawały na zbliżonym poziomie, co skutkowało tym, że po 8 dniach przechowywania ich średnie wartości jasności

były najniższe ($P < 0,05$). Wyniki badań wskazują, że azotan (III) sodu może obniżać jasność produktów mięsnych (Jung i wsp., 2015). Jednakże, uzyskane w ramach O.2. wyniki były efektem zastosowania w składzie liofilizatu mleka, co potwierdzają badania Kang i wsp. (2021). Analizując udział składowej barwy czerwonej (a^*) warianty PC, PAMP i PAMP+AA charakteryzowały się istotnie wyższymi średnimi wartościami parametru a^* w porównaniu do grupy NC przez cały okres przechowywania ($P < 0,05$). Różnice te wynikały z zastosowania różnych źródeł azotanów (III) i co za tym idzie, powstania nitrozylomiochromogenu (Jung i wsp., 2015; Kim i wsp., 2019; Yong i wsp., 2019). W grupach PAMP i PAMP+AA nie zaobserwowano istotnych różnic pod względem średnich wartości parametru a^* ($P \geq 0,05$) w dniu produkcji, jednakże 4 dnia przechowywania udział składowej barwy czerwonej był wyższy w grupie PAMP+AA ($P < 0,05$). Ostatecznie najwyższe średnie wartości parametru b^* (udział składowej barwy żółtej) podczas przechowywania obserwowano w średnio rozdrobionych wyrobach mięsnych z grupy NC ($P < 0,05$). Od 4 dnia przechowywania średnie wartości parametru b^* w grupie PC były również istotnie wyższe niż w grupach PAMP oraz PAMP+AA.

Zawartość wtórnych produktów utleniania tłuszczów reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS) wzrosła istotnie we wszystkich badanych wariantach (NC, PC, PAMP, PAMP+AA) podczas 8 dni przechowywania ($P < 0,05$). Grupa NC charakteryzowała się najwyższymi średnimi wartościami TBARS przez cały okres przechowywania. Dodatkowo, mimo, że różne źródła azotanów (III) wpłynęły na uzyskanie porównywalnych wartości TBARS w dniu wytworzenia ($P \geq 0,05$), to od 4 dnia przechowywania wartości te w grupach PC, PAMP oraz PAMP+AA różniły się istotnie ($P < 0,05$). Analizując warianty peklowane, najwyższe średnie wartości TBARS po 4 i 8 dniach przechowywania odnotowano w grupie PC, podczas gdy grupa PAMP+AA wykazywała najniższe wartości tego wskaźnika. Mimo, iż kwas askorbinowy jest przeciwutleniaczem, który wykazuje silne właściwości redukujące to Kilic & Oztan (2013) wskazali na osłabienie pozytywnego efektu azotanu (III) i kwasu askorbinowego na wartości TBARS wędzonych ryb, gdy oba dodatki były stosowane jednocześnie. Niemniej jednak kwas askorbinowy może stabilizować tlenek azotu (NO) powstały z azotanów (III), prowadząc do bardziej skutecznej ochrony przed utlenianiem lipidów, mimo że same poziomy wolnego azotanu (III) mogą być zredukowane. Berardo i wsp. (2017) również wskazali, że jednoczesne zastosowanie azotanu (III) sodu i askorbinianu sodu, skutkowało niewielkim obniżeniem wartości TBARS w porównaniu do ich oddzielnego zastosowania w suszonych produktach mięsnych fermentowanych.

Podczas realizacji badań (O.2.) zaobserwowano istotny wzrost średnich wartości ogólnej liczby drobnoustrojów (OLD) w trakcie przechowywania we wszystkich analizowanych wariantach ($P < 0,05$). Średnie wartości OLD w grupie NC wynosiły od 2,79 log jtk/g w dniu wytworzenia do 4,84 log jtk/g po 8 dniach przechowywania i były istotnie wyższe od pozostałych wariantów ($P < 0,05$), niezależnie od dnia analizy. Grupa PC oraz grupy PAMP i PAMP+AA nie różniły się istotnie ($P \geq 0,05$) pod względem ogólnej liczby drobnoustrojów, niezależnie od czasu przechowywania. Podobne wyniki dotyczące ogólnej liczby drobnoustrojów uzyskano w badaniu Jung i wsp. (2015), gdzie analizowano użyteczność wody traktowanej plazmowo w procesie peklowania wyrobów mięsnych homogenizowanych.

Warianty wytworzone z liofilizatem mleka traktowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną, charakteryzowały się również istotnie wyższymi średnimi wartościami twardości (N) ($P < 0,05$) w porównaniu do grupy NC oraz PC, bez względu na dzień badawczy. Zgodnie z opublikowanymi wynikami badań, wytrzymałość na ściskanie produktów mięsnych wzrasta wraz z rosnącą koncentracją białka (Colmenero i wsp., 1995). Dodatkowo Cáceres i wsp. (2006) stwierdzili, że obecność wapnia może sprzyjać tworzeniu wiązań pomiędzy białkami, wspomagając w ten sposób utworzenie silniejszej sieci w produktach mięsnych. Białko oraz wapń zawarte w liofilizacie mleka aktywowanego plazmowo mogą zatem stabilizować strukturę podczas procesu obróbki termicznej (Colmenero i wsp., 1995), prowadząc do powstania produktu o większej wytrzymałości. Podczas przechowywania warianty PAMP oraz PAMP+AA charakteryzowały się również istotnie wyższymi ($P < 0,05$) średnimi wartościami spójności (-), w porównaniu do grup NC i PC, co może wpływać na większą tolerancję produktów z tych grup na proces produkcyjny, dzięki wyższej wytrzymałości wewnętrznych wiązań w ich strukturze. Zmiany w twardości i spójności średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych z grup PAMP i PAMP+AA zaobserwowane podczas badań O.2. wpłynęły również na istotne różnice ($P < 0,05$) we wtórnych parametrach ich tekstury, takich jak gumistość (twardość x spójność) i żujność (gumistość x sprężystość). Udział liofilizatu mleka traktowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną (samodzielnie lub z kwasem askorbinowym) zwiększył istotnie ($P < 0,05$) gumistość i żujność średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych. Podobne wyniki dotyczące zmian tekstury modelowych wyrobów drobiowych w wyniku zastosowania mleka w proszku odnotowali Kang i wsp. (2021) oraz Barbut (2010). Ponadto, niezależnie od wariantu, zaobserwowano istotny wzrost ($P < 0,05$) twardości, gumistości i żujności analizowanych wariantów w kolejnych dniach przechowywania. Co istotne, wprowadzone modyfikacje w składzie produktów nie miały istotnego ($P \geq 0,05$) wpływu na sprężystość (-) analizowanych prób przez cały okres przechowywania. Wartości analizowanych parametrów tekstury dla grup NC i PC były porównywalne ($P \geq 0,05$) przez cały okres przechowywania, co jest zgodne z wynikami poprzedniego badania w ramach mojego osiągnięcia (O.1.) analizującymi możliwości wykorzystania technologii plazmowej jako alternatywnej metody peklowania średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych.

W przeciwieństwie do wyników opisanych w publikacji O.1., gdzie użyto niższych stężeń preparatów białek roślinnych (0,75%), analiza profili związków lotnych w ramach publikacji O.2. wykazała istotne różnice między grupami, w których zastosowano liofilizat mleka aktywowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną (PAMP i PAMP+AA), a grupami kontrolnymi (PC i NC). Nie zaobserwowano natomiast różnic w profilu związków lotnych pomiędzy grupami PAMP i PAMP+AA. Wyniki badań wskazują, że wolne kwasy tłuszczowe i laktony mogą uczestniczyć w tworzeniu aldehydów, węglowodorów aromatycznych oraz związków heterocyklicznych, takich jak indole i tiazole (McSweeney i wsp., 1997). Zjawisko to mogło mieć wpływ na profil związków lotnych w badanych wariantach, co zostało potwierdzone w badaniach Kang i wsp. (2021). Badania przeprowadzone przez Kumar & Sharma (2003) wykazały jednak, że zastosowanie 6% odtłuszczonego mleka w proszku podczas produkcji restrukturyzowanych wyrobów z mięsa bawolego poprawiło

aromat tych produktów w porównaniu do grupy kontrolnej, co autorzy wyjaśnili obecnością laktozy. Zaobserwowane w pracy O.2. różnice nie powinny zatem negatywnie wpływać na aromat produkowanych średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych, a tym samym na ich akceptację przez konsumentów, ze względu na charakterystyczny dla mleka w proszku słodki, przyjemny i pożądany smak.

Wyniki publikacji O.2. wskazują na potencjał zastosowania liofilizatu mleka traktowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną (PAMP), z lub bez dodatku kwasu askorbinowego (AA), jako substytutu azotanu (III) sodu. Uzyskany i dodany na poziomie 5% liofilizat umożliwił inkorporację odpowiedniej ilości jonów NO_2^- , co pozwoliło uzyskać podczas 8-dniowego przechowywania wyrobów mięsnych średnie wartości TBARS oraz OLD na poziomie porównywalnym lub niższym niż w przypadku produktów zawierających 100 ppm NaNO_2 . Wykorzystanie liofilizatu mleka jako alternatywnego źródła azotynów poprawiło efektywność produktową, jednocześnie korzystnie wpływając na zawartość białka oraz parametry tekstury produktów finalnych. Na podstawie średnich wartości nitrozylomiochromogenu oraz udziału składowej barwy czerwonej (parametr a^*) kwas askorbinowy, zgodnie z założeniami, zmniejszył zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) w porównaniu do grupy PAMP oraz ustabilizował parametry barwy średnio rozdrobnionych wyrobów mięsnych przez cały okres przechowywania. Otrzymane wyniki mają potencjał do zastosowania w przemyśle mięsnym, jednak konieczne podczas skalowania są dalsze badania w tym zakresie, szczególnie dotyczące wpływu PAMP na aromat wyrobów mięsnych w porównaniu z obecnie stosowanymi metodami.

PUBLIKACJA O.4.

✓ O.4. Marcinkowska-Lesiak M., Alirezalu K., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Szpicer, A., & Półtorak, A. (2023). Physicochemical Characteristics of Pork Liver Pâtés Containing Nonthermal Air Plasma-Treated Egg White as an Alternative Source of Nitrite. *Applied Sciences-Basel*, 13, 1–17. <https://doi.org/10.3390/app13074464>

W badaniach realizowanych w ramach publikacji O.4. każdorazowo 160 g białek jaj kurzych (mieszanych za pomocą mieszadła magnetycznego) umieszczano 15 cm poniżej źródła plazmy, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1. W oparciu o wyniki uzyskane w badaniach przedstawionych w publikacji O.1., zdecydowano o utrzymaniu pH próbek na poziomie nie niższym niż 6. Po zastosowaniu różnych czasów obróbki plazmowej, kontrolowano ich pH, aby nie spadło poniżej ustalonego poziomu, a następnie określano zawartość azotanów (III) przy użyciu zmodyfikowanej przez Lee i wsp. (2018) metody AOAC (nr 973.31). Czasy obróbki plazmowej białek jaj kurzych dostosowano tak, aby osiągnąć w nich stężenie jonów azotanowych (III) ≈ 500 ppm (100 min - średnia z trzech partii: 507 ± 30 ppm NO_2^-) oraz ≈ 1000 ppm (200 min - średnia z trzech partii: 1018 ± 31 ppm NO_2^-). Dzięki temu możliwe było dodanie odpowiednio 40 mg i 80 mg jonów azotanowych (III)

do homogenizowanego wyrobu mięsnego zawierającego 8% białek jaj kurzych w stosunku do wsadu mięsnego, co odpowiadało 60 ppm i 120 ppm azotanu (III) sodu.

Homogenizowane wyroby mięsne wytworzono w trzech oddzielnych partiach w odstępach tygodniowych w warunkach laboratoryjnych. W zależności od zawartości i źródła azotanów (III) użytych do produkcji homogenizatów mięsnych, przygotowano pięć wariantów: NC (homogenizowane wyroby mięsne bez azotanów (III)), PC1 (homogenizowane wyroby mięsne z dodatkiem 60 ppm NaNO_2), PTEW1 (homogenizowane wyroby mięsne z białkiem jaja kurzego aktywowanym nietermiczną plazmą atmosferyczną, zawierającym 40 ppm jonów NO_2^-), PC2 (homogenizowane wyroby mięsne z dodatkiem 120 ppm NaNO_2), PTEW2 (homogenizowane wyroby mięsne z białkiem jaja kurzego aktywowanym nietermiczną plazmą atmosferyczną, zawierającym 80 ppm NO_2^-). Proces rozpoczęto od ekspozycji w zimnej wodzie wątroby wieprzowej (15 minut) oraz sparzenia gorącą wodą słoniny (10 minut). Następnie łopatkę, słoninę i wątrobę wieprzową rozdrobniono i homogenizowano. Po 3 minutach dodawano przyprawy i inne składniki, a proces kontynuowano przez kolejne 2 minuty. Składy surowcowe poszczególnych grup przedstawiono w tabeli 1. Uzyskane homogenizaty umieszczono w aluminiowych formach i poddawano obróbce termicznej w temperaturze 180°C w piecu konwekcyjno-parowym do osiągnięcia temperatury wewnątrz produktu 72°C. Po ochłodzeniu homogenizowane wyroby mięsne zabezpieczono i przechowywano w temperaturze 4°C. Każdy z wariantów analizowano w dniu produkcji oraz 3, 5 i 7 dniu przechowywania.

Tabela 1. Warianty homogenizowanych wyrobów wieprzowych wytworzonych w ramach publikacji O.4..

SKŁAD (%)	WARIANT				
	NC	PC1	PTEW1	PC2	PTEW2
łopatka wieprzowa	40	40	40	40	40
słonina	40	40	40	40	40
wątroba wieprzowa	20	20	20	20	20
białko jaja kurzego	8	8	-	8	-
białko jaja kurzego traktowane zimną plazmą (100 minut)	-	-	8	-	-
białko jaja kurzego traktowane zimną plazmą (200 minut)	-	-	-	-	8
żółtko jaja kurzego	4	4	4	4	4
sól	2	2	2	2	2
biały pieprz	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
czosnek	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
tymianek	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
gałka muszkatałowa	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
azotan (III) sodu	-	0,006	-	0,012	-

Wyniki badań wskazują, że białka jaj dzięki swoim właściwościom emulgującym tłuszcz i zdolności zatrzymywania wody mogą korzystnie wpływać na wydajność wyrobów homogenizowanych (Muthia i wsp., 2012; Wang, i wsp., 2020). Procentowa wydajność analizowanych homogenizatów nie różniła się istotnie ($P \geq 0,05$) między wariantami. Średnie jej wartości wahały się od $83,91 \pm 0,55$ % do $84,99 \pm 0,65$ % (średnia $\pm$ SE). Uwzględniając wyniki innych autorów, modyfikacja białek przy użyciu plazmy może zwiększyć ich rozpuszczalność oraz poprawić właściwości związane z pienieniem i emulgowaniem, jednak nadmierne utlenienie może skutkować obniżeniem ich funkcjonalności (Mahdavian & Koocheki, 2020). Uzyskane przeze mnie wyniki sugerują, że czas trwania obróbki plazmowej zastosowanej do wytworzenia jonów azotanowych (III) nie wpłynął negatywnie na właściwości technologiczne białek jaj. Również, badania przeprowadzone przez Jung i wsp. (2017) wykazały, że bezpośrednie wyworzenie azotanów (III) w rozdrobnionym surowcu mięsnym za pomocą nietermicznej plazmy atmosferycznej nie miała znaczącego wpływu na wydajność produktu po obróbce termicznej.

Średnie wartości pH wytworzonych homogenizowanych produktów mięsnych wynosiły od $6,32 \pm 0,04$ do $6,42 \pm 0,01$ (średnia $\pm$ SE), co mieści się w typowych wartościach pH dla tego rodzaju wyrobów (Estévez i wsp., 2006; Martín-Sánchez i wsp., 2013). Badania przeprowadzone przez Doolaee i wsp. (2012) wskazały na nieznaczne różnice w wartościach pH homogenizatów mięsnych w zależności od stosowanej dawki azotanu (III) sodu, zaś Vossen i wsp. (2012) stwierdzili, że ich średnie wartości pH pozostawały stabilne, niezależnie od dawki azotanu (III) sodu, zarówno przed, jak i po 48 godzinach przechowywania. Moje wyniki również potwierdzają, że zarówno ilość, jak i pochodzenie jonów azotanowych (III) nie miały istotnego wpływu ($P > 0,05$) na średnie wartości pH w badanych wariantach. Może to być wynikiem silnej zdolności buforowania białek jaj, których pH pozostawało stosunkowo stabilne nawet po obróbce plazmą. Jung i wsp. (2017) odnotowali również nieznaczne zmiany w pH rozdrobnionego mięsa poddanego bezpośredniemu działaniu zimnej plazmy. Po przechowywaniu, średnie wartości pH homogenizowanych wyrobów mięsnych przez 7 dni w temperaturze 4°C nie uległy istotnym zmianom ($P \geq 0,05$). Podobnie jak w przypadku moich wyników, Martín-Sánchez (Martín-Sánchez i wsp., 2013) również nie odnotował istotnych różnic w średnich wartościach pH homogenizatów przechowywanych przez 4 dni w podobnych warunkach temperaturowych.

Ilość wolnych resztkowych azotanów (III) w produktach mięsnych peklowanych zależy od wielu czynników, w tym od ilości azotanów (III) dodanych w procesie peklowania, rodzaju użytego surowca mięsnego, czasu i temperatury peklowania, a także obecności innych składników i dodatków, które mogą wpływać na kierunek reakcji azotanów (III) w produkcie końcowym (Merino i wsp., 2016). Standardowo, grupa NC charakteryzowała się najniższymi średnimi zawartościami wolnych resztkowych azotanów (III) przez cały okres przechowywania ($P < 0,05$). Obliczona ilość dodanych jonów azotanowych (III) dla grup PC1 i PTEW1 wynosiła 40 ppm, podczas gdy dla grup PC2 i PTEW2 wynosiła 80 ppm. Zgodnie z założeniami, począwszy od dnia produkcji homogenizowane wyroby mięsne z grup PC1 i PTEW1 wykazywały istotnie niższą ($P < 0,05$) zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) w porównaniu do grup PC2 i PTEW2. Co istotne, przez cały okres przechowywania, grupy

zawierające białka jaj kurzych aktywowane nietermiczną plazmą atmosferyczną nie różniły się istotnie od grup, które zawierały taką samą ilość jonów azotanowych (III) pochodzących z azotanu (III) sodu ($P \geq 0,05$). Jung, i wsp. (2015) wykazali, że zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) w produktach homogenizowanych zawierających wodę poddaną obróbce plazmowej malała szybciej w trakcie przechowywania niż w grupie kontrolnej zawierającej azotan (III) sodu. Moje wyniki badań nie wykazały jednak istotnych różnic w zawartości wolnych resztkowych azotanów (III) między grupami PC1 i PTEW1, a grupami PC2 i PTEW2 w poszczególnych dniach przechowywania. Uzyskane w ramach osiągnięcia wyniki wskazują zatem na przewagę stosowania białek jaj poddanych obróbce plazmowej w stosunku do wody plazmowej jako potencjalnego zamiennika NaNO_2 . Jednakże, zgodnie z moimi obserwacjami opisanymi w badaniach O.1. oraz O.2. we wszystkich grupach peklowanych (PC1, PTEW1, PC2, PTEW2) zaobserwowano istotny spadek zawartości wolnych resztkowych azotanów (III) ($P < 0,05$) wraz z upływem czasu przechowywania, co potwierdzają również wcześniejsze doniesienia literaturowe dotyczące mięsnych wyrobów homogenizowanych (Vossen i wsp., 2012).

W okresie 7 dni przechowywania produkty mięsne z grupy NC wykazywały istotnie niższe średnie poziomy nitrozylomiochromogenu ($P < 0,05$) w porównaniu z produktami, do których wprowadzono jony azotanowe (III), niezależnie od ich ilości oraz zastosowanego źródła. Choć obserwowano zmniejszenie zawartości omawianego barwnika we wszystkich wariantach peklowanych podczas przechowywania, grupy PC2 i PTEW2 zawierały wyższe średnie wartości nitrozylomiochromogenu niż grupy PC1 i PTEW1 przez cały okres przechowywania ($P < 0,05$). Ponadto, nie stwierdzono istotnych różnic w średnich poziomach nitrozylomiochromogenu między grupami PC1 i PTEW1 oraz PC2 i PTEW2, niezależnie od analizowanego dnia ($P \geq 0,05$). Yu i wsp. (2016) wykazali, że zawartość nitrozylomiochromogenu w peklowanych produktach mięsnych jest zależna m.in. od ich pH. Biorąc pod uwagę powyższe, pod koniec przechowywania, prawdopodobnie ze względu na brak różnic w średnich wartościach pH, spadek zawartości nitrozylomiochromogenu we wszystkich grupach peklowanych był podobny i wynosił około 10 % w porównaniu do poziomu z pierwszego dnia analiz. Dodatkowo, w każdym dniu badawczym, niezależnie od metody peklowania, grupy z 80 ppm jonów azotanowych (III) (PC2 i PTEW2) charakteryzowały się średnią zawartością nitrozylomiochromogenu jedynie o około 10% wyższą w porównaniu do grup z 40 ppm jonów azotanowych (III) (PC1 i PTEW1). Podobne wyniki uzyskano w badaniu Jo i wsp. (2020), które nie wykazało istotnych różnic w zawartości nitrozylomiochromogenu między grupami, gdzie stosowano azotan (III) sodu oraz sproszkowane grzyby poddane obróbce plazmowej, zarówno w dniu wytworzenia, jak i po 30 dniach przechowywania.

Zgodnie z wcześniejszymi obserwacjami w ramach mojego osiągnięcia (O.1., O.2.), grupa NC charakteryzowała się najwyższymi średnimi wartościami parametru L^* (jasność) przez cały okres przechowywania. W dniu wytworzenia homogenizowane wyroby mięsne z dodatkiem azotanu (III) sodu w ilości 120 ppm były ciemniejsze niż warianty PC1 i PTEW1 ($P < 0,05$). Jednak od trzeciego dnia homogenizowane wyroby mięsne, do których dodano azotany (III) (PC1, PTEW1, PC2, PTEW2) wykazywały podobne średnie wartości parametru

L^* ($P \geq 0,05$), które wzrastały istotnie ($P < 0,05$) wraz z czasem przechowywania. Homogenizowane wyroby mięsne z grupy NC charakteryzowały się także przez cały okres badawczy, najniższymi średnimi wartościami parametru a^* (intensywność barwy czerwonej) oraz najwyższymi średnimi wartościami parametru b^* (intensywność barwy żółtej) ($P < 0,05$). Udział składowej barwy czerwonej w pozostałych wariantach (PC1, PTEW1, PC2, PTEW2), ze względu na stopniową degradację nitrozylochromogenu (Sun & Xiong, 2015), zmniejszał się w czasie przechowywania ($P < 0,05$). Niemniej jednak, przez siedem dni przechowywania, nie stwierdzono istotnych różnic w wartościach parametru a^* ($P \geq 0,05$) między homogenizatami, do których dodano taką samą ilość azotanów (III), niezależnie od ich źródła. Ostatecznie od piątego dnia wszystkie warianty z dodatkiem azotanów (III) (PC1, PTEW1, PC2, PTEW2) charakteryzowały się podobnym udziałem składowej barwy czerwonej ($P \geq 0,05$). W przypadku średnich wartości parametru b^* w wariantach PC1, PTEW1, PC2 i PTEW2, nie zaobserwowano istotnych różnic ($P \geq 0,05$) przez cały okres analiz.

W przypadku homogenizowanych wyrobów mięsnych, ze względu na wysoką zawartość tłuszczu, utlenianie lipidów jest jednym z głównych czynników wpływających na ich jakość podczas przechowywania (Vossen i wsp., 2012). Azotany (III), poprzez tworzenie kompleksów z pigmentami hemowymi, zapobiegają uwalnianiu żelaza niehemowego, które katalizuje utlenianie lipidów (Igene i wsp., 1985). Skuteczność antyoksydacyjna azotanów (III) może się jednak różnić w zależności od dawki oraz warunków przetwarzania i przechowywania. W moim badaniu, opisanym w publikacji O.4., począwszy od trzeciego dnia przechowywania, homogenizowane wyroby mięsne zawierające azotany (III) (PC1, PTEW1, PC2, PTEW2) charakteryzowały się znacznie niższymi średnimi poziomami substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS) ($P < 0,05$) w porównaniu z grupą NC. Warianty, do których dodano taką samą ilość azotanów (III), nie różniły się istotnie ($P \geq 0,05$) w żadnym z analizowanych dni, niezależnie od metody peklowania (konwencjonalna z dodatkiem azotanu (III) sodu vs niekonwencjonalna z udziałem białek jaj kurzych traktowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną). Jednakże, w ostatnim dniu przechowywania, grupy PC2 i PTEW2 miały znacznie niższe wartości TBARS niż grupy PC1 i PTEW1. Również badania Dineen i wsp. (2001) wykazały, że wyroby mięsne wytworzone z zastosowaniem niższej dawki azotanu (III) sodu (25 ppm) charakteryzowały się wyższym stopniem utleniania lipidów po 10 dniach przechowywania niż te z wyższą dawką azotanu (III) sodu (100 ppm).

Białka jaj znajdują zastosowanie w homogenizowanych produktach mięsnych jako stabilizatory poprawiające teksturę (Muthia i wsp., 2012; Wang i wsp., 2018). W przeprowadzonych przeze mnie badaniach średnie wartości twardości nie wykazały istotnych różnic między wariantami ($P \geq 0,05$) podczas 7-dniowego przechowywania w temperaturze 4°C , co świadczy o stabilności wszystkich przygotowanych emulsji w analizowanym okresie. Uzyskane średnie wartości adhezyjności we wszystkich grupach również nie uległy zmianie ($P \geq 0,05$), co potwierdza, że funkcjonalność zastosowanych białek jaj została zachowana przez cały okres badawczy. Ostatecznie, średnie wartości spoistości, sprężystości i gumistości nie różniły się istotnie ani ze względu na metodę przygotowania homogenizatów, ani czas przechowywania ($P \geq 0,05$). Otrzymane wyniki wskazują, że uzyskano

stabilne emulsje we wszystkich grupach, nawet po dodaniu białek jaj poddanych obróbce plazmowej.

W każdym dniu badawczym zaobserwowano również istotne różnice w profilach związków lotnych między grupą NC, a grupami zawierającymi azotan (III) (PC1, PTEW1, PC2, PTEW2). Dodatkowo, Meng i wsp. (2022) zauważyli, że w przypadku wędzonych wyrobów mięsnych, stosowanie roztworu fosforanu poddawanego działaniu zimnej plazmy skutkowało wyższym poziomem ketonów i estrów w porównaniu do grupy z azotanem (III) sodu. Jednak homogenizowane wyroby mięsne z białkami jaj aktywowanymi plazmą charakteryzowały się nieznacznie zmienionym aromatem (różnica poniżej 10% w pierwszym dniu badania) w porównaniu z grupą zawierającą 60 ppm azotanu (III) sodu (PC1). Nie zaobserwowano także istotnych różnic w profilu związków lotnych między tymi grupami (PTEW1, PTEW2), a grupą zawierającą 120 ppm azotanu (III) sodu (PC2). Badanie przeprowadzone przez Chen i wsp. (2021) wykazało, że rodzaj i zawartość lotnych związków w pieczonej jagnięcinie poddanej działaniu plazmy przez 45 minut były bardziej zbliżone do grupy z 0,005% azotanem (III) sodu niż do grupy bez azotanu (III) sodu. Wynika to z działania azotanów (III), które zapobiegają jełczeniu produktów mięsnych poddanych obróbce cieplnej, co hamuje tworzenie się aldehydów, w tym heksanal, powszechnie uznanego za wskaźnik nieprzyjemnego aromatu mięsa (Chen i wsp., 2021). W wyżej wymienionym badaniu heksanal nie był wykrywany w produktach z dodatkiem syntetycznego azotanu (III) sodu, natomiast jego stężenia w produktach poddanych działaniu zimnej plazmy były istotnie niższe w porównaniu z grupą bez azotanu (III) sodu. Niemniej jednak, w moim badaniu (O.4.) poczynawszy od pierwszego dnia przechowywania, heksanal był obecny we wszystkich homogenizatych mięsnych, co może być efektem intensywnej obróbki termicznej. W celu dokładnego zidentyfikowania różnic w związkach lotnych między grupami, konieczne będzie przeprowadzenie ilościowych analiz za pomocą chromatografii gazowej ze spektrometrią mas. Co istotne, w trakcie przechowywania różnice w profilu aromatu między grupami zawierającymi jony azotanowe (III) wzrosły nieznacznie, bez wyraźnego trendu i nie przekroczyły 22% w ostatnim dniu. Z kolei profil związków lotnych grupy NC różnił się coraz mniej od profili grup zawierających azotan (III) wraz z upływem czasu przechowywania. W ostatnim dniu badawczym różnice w profilu związków lotnych między grupą NC, a grupami PC1, PC2, PTEW1 i PTEW2 wynosiły mniej niż 30%. Już moje wcześniejsze wyniki (O.1., O.2.) potwierdziły, że czas przechowywania może wpływać na profil związków lotnych w analizowanych grupach, przy czym zaobserwowane różnice między produktami peklowanymi i niepeklowanymi, niezależnie od źródła azotanów (III), stają się coraz mniej istotne. Poczynione obserwacje mogą być związane ze stopniowym spadkiem zawartości wolnych azotanów (III) resztkowych w peklowanych produktach poddanych przechowywaniu.

Opublikowane w ramach pracy O.4. wyniki wskazują, że białka jaj traktowane nietermiczną plazmą atmosferyczną mogą stanowić alternatywę dla azotanu (III) sodu w produkcji homogenizowanych wyrobów mięsnych. Ich zastosowanie nie wykazało istotnych różnic w ilościach wolnych resztkowych azotanów (III) i nitrozylochromogenu w porównaniu do produktów zawierających azotan (III) sodu przez 7 dni przechowywania w warunkach

chłodniczych. Dodatek zarówno 40, jak i 80 ppm jonów NO_2^- , niezależnie od ich źródła, skutecznie ograniczył utlenianie lipidów w wytworzonych produktach mięsnych, zapewniając stabilną, charakterystyczną dla produktów peklowanych barwę. Porównując do grupy NC, grupy PTEW1 oraz PTEW2 wykazywały podobne zmiany w profilach związków lotnych jak produkty peklowane z zastosowaniem NaNO_2 . Natomiast wydajność, pH oraz parametry tekstury, takie jak twardość, adhezyjność, sprężystość i gumistość, nie wykazywały istotnych różnic pomiędzy analizowanymi wariantami.

PUBLIKACJA O.5.

- ✓ **O.5. Marcinkowska-Lesiak, M., Zalewska, M., Alirezalu K., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., & Półtorak, A. (2023). Production of restructured beef jerky using blood plasma solutions activated by non-thermal atmospheric plasma. *Animal Science Papers and Reports*, 41, 195–218. <https://doi.org/10.2478/aspr-2023-0008>**

Badania do publikacji O.5. rozpoczęto od przygotowania wodnych roztworów plazmy krwi o stężeniach odpowiednio 2,5%, 5,0% i 7,5%. Następnie każdy z roztworów umieszczono 15 cm poniżej źródła nietermicznej plazmy atmosferycznej zgodnie ze schematem wskazanym na **rysunku 1**. Podczas obróbki plazmowej roztwory były mieszane za pomocą mieszadła magnetycznego z prędkością 1200 obr./min., a na koniec opcjonalnie uzupełniane wodą do początkowej masy 200 g. Uwzględniając współczynnik konwersji dla NaNO_2 wynoszący 0,67 (Kim i wsp., 2021), 100 ppm azotanu (III) sodu odpowiada ≈ 67 ppm jonów NO_2^- . W związku z tym cała procedura była prowadzona do momentu uzyskania w przybliżeniu 67 mg jonów azotanowych (III) w 200 g roztworu (czas określono na podstawie wyników uzyskanych w publikacji O.4. - 70 minut). Każdy z roztworów był przygotowywany w dniu, w którym wytwarzano drobno rozdrobnione wyroby mięsne.

Restrukturyzowane jerky z mięsa wołowego (*m. biceps femoris*) zostały wytworzone w 3 niezależnych powtórzeniach w skali laboratoryjnej. Proces rozpoczęto od rozdrobnienia mięsa do $\varnothing$ 4,5 mm. Następnie mięso łączono z pozostałymi składnikami przez 5 minut, zgodnie z proporcjami przedstawionymi w **tabeli 2**. Wszystkie warianty formowano w prostopadłościany o wymiarach 2 x 7 x 0,4 cm, a następnie odwadniano w trzech następujących po sobie etapach: 75°C przez 30 minut, 65°C przez 120 minut i 55°C przez 30 minut. Po procesie suszenia wyżej wymienione wyroby mięsne chłodzono przez 30 minut i odpowiednio zabezpieczano.

Tabela 2. Warianty drobno rozdrobnionych wyrobów mięsnych wytworzone w ramach badań do publikacji O.5..

SKŁAD (g)	WARIANT				
	NC	PC	T1	T2	T3
mięso wołowe (<i>m. biceps femoris</i>)	1000	1000	1000	1000	1000
woda technologiczna	200	200	-	-	-
2,5% wodny roztwór suszonej plazmy krwi traktowanej nietermiczną plazmą atmosferyczną przez 70 minut	-	-	200	-	-
5% wodny roztwór suszonej plazmy krwi traktowanej nietermiczną plazmą atmosferyczną przez 70 minut	-	-	-	200	-
7,5% wodny roztwór suszonej plazmy krwi traktowanej nietermiczną plazmą atmosferyczną przez 70 minut	-	-	-	-	200
sól	15	15	15	15	15
azotan (III) sodu	-	0,1	-	-	-

W celu zagwarantowania bezpieczeństwa produktów typu jerky, dąży się do uzyskania aktywności wodnej (aw) po procesie suszenia od 0,70 do 0,85 (Han i wsp., 2023; Nummer i wsp., 2004; Zhao i wsp., 2011). Zakres ten ogranicza rozwój drobnoustrojów, wydłuża okres przydatności do spożycia i zachowuje pożądaną teksturę tego typu produktów (Juneja i wsp., 2016). Zgodnie z opublikowanymi wynikami badań innych autorów, na wartości aw produktów typu jerky, a tym samym na ich okres przydatności do spożycia, wpływają różnorodne czynniki, w tym parametry procesu suszenia i zastosowane surowce (Albright i wsp., 2003; Choi i wsp., 2008; Han i wsp., 2023). Mimo, iż wyniki moich badań przedstawione w publikacji O.5. dotyczące średnich wartości aktywności wody rozdrobnionych produktów mięsnych przed procesem suszenia nie różniły się istotnie ($P \geq 0,05$) to zgodnie z założeniami, warianty T1, T2 i T3, charakteryzujące się niższą zawartością wody i wyższą zawartością białka, wykazywały istotnie niższe wartości aktywności wody (aw) w odniesieniu do wariantów NC i PC ($P < 0,05$). Niemniej jednak należy podkreślić, iż rekomendowane średnie wartości aw po procesie suszenia zostały osiągnięte we wszystkich analizowanych grupach. W badaniach do pracy O.5. nie zaobserwowano natomiast istotnych różnic w zawartości tłuszczu, zarówno przed, jak i po procesie suszenia ($P \geq 0,05$). Uzyskane przeze mnie wyniki wskazują również, że analizowane grupy nie różniły się istotnie ($P \geq 0,05$) pod względem średnich wartości wydajności procesu.

Zastosowanie wodnych roztworów suszonej plazmy krwi, modyfikowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną, których pH wynosiło > 6 miało istotny wpływ na pH zarówno rozdrobnionego mięsa jak i produktów finalnych. Wariant T3 charakteryzował się najwyższymi średnimi wartościami pH ($P < 0,05$) w porównaniu do pozostałych grup. Nie zaobserwowano istotnych różnic ($P \geq 0,05$) w wartościach pH między grupami NC i PC.

Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi uzyskanymi wynikami opublikowanymi w pracy O.2., które wykazały wyższe wartości pH dla średnio rozdrobnionych poriduktów wieprzowych zawierających liofilizat mleka poddanego obróbce nietermiczną plazmą atmosferyczną, w porównaniu do wyrobów zawierających NaNO_2 lub tych bez dodatku azotanów (III).

Peklowanie istotnie wpłynęło na zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) w drobno rozdrobnionych wyrobach mięsnych, niezależnie od zastosowanej metody (konwencjonalna vs niekonwencjonalna) w grupach PC, T1, T2 i T3 ($P < 0,05$). Wariant bez azotanów (III) (grupa NC) charakteryzował się, zgodnie z założeniami, istotnie niższą średnią zawartością wolnych azotanów (III) w porównaniu z grupami PC, T1, T2 i T3 ($P < 0,05$). Ponadto, stwierdzono statystycznie istotne różnice między wariantami peklowanymi ($P < 0,05$). Gibson i wsp. (1984) wykazali, że w modelowych produktach mięsnych o wysokim pH dynamika redukcji zawartości azotanów (III) była niższa. Wskazuje to, że wyższe pH może sprzyjać zachowaniu wyższych poziomów wolnych resztkowych azotanów (III) w produkcie. Z opublikowanych w ramach publikacji O.5. rezultatów wynika, że grupa T3, charakteryzująca się najwyższą średnią wartością pH produktu końcowego, wykazywała również najwyższą zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) ($P < 0,05$). Grupy PC, T1 i T2 nie różniły się istotnie między sobą pod względem omawianego parametru ($P \geq 0,05$).

Podczas reakcji azotanów (III) z żelazem hemowym, część żelaza hemowego po obróbce termicznej może ulec przekształceniu w nitrozylomiochromogen (de La Pomélie i wsp., 2018). Moje wyniki badań uzyskane w ramach publikacji O.5. wykazały, że wariant bez azotanów (III) (NC) zawierał najwyższą średnią zawartość żelaza hemowego oraz najniższą średnią ilość nitrozylomiochromogenu ($P < 0,05$) w porównaniu z pozostałymi wariantami (PC, T1, T2, T3). Dodatkowo, grupa T3 charakteryzowała się istotnie wyższymi średnimi zawartościami nitrozylomiochromogenu i niższymi średnimi udziałami żelaza hemowego w porównaniu do innych grup peklowanych (PC, T1, T2). Na uzyskane wyniki może wpływać pH jak również stężenie zastosowanych roztworów suszonej plazmy krwi traktowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną, które zawierają różne składniki, w tym białka zdolne do wiązania żelaza hemowego lub modyfikowania jego właściwości chemicznych. Może to wyjaśniać, dlaczego grupa T2, pomimo porównywalnych poziomów nitrozylomiochromogenu z grupami PC i T1, wykazywała niższą zawartość żelaza hemowego niż te grupy.

Peklowanie wpłynęło istotnie na wzrost średnich wartości jasności (L^*) oraz zmniejszenie udziału składowej barwy czerwonej (a^*) analizowanych wariantów drono rozdrobnionych produktów mięsnych przed obróbką termiczną w porównaniu z wariantem bez azotanów ($P < 0,05$). Ponadto, peklowanie roztworami suszonej plazmy krwi poddanymi działaniu nietermicznej plazmy atmosferycznej (T1, T2, T3) wpłynęło na uzyskanie wyższych średnich wartości b^* w produktach w porównaniu do grupy PC oraz NC. W przypadku produktów finalnych, włączenie wodnych roztworów suszonej plazmy krwi poddanych obróbce nietermiczną plazmą atmosferyczną wpłynęło na zwiększenie ich jasności w porównaniu z grupą NC ($P < 0,05$). Dodatkowo, zarówno grupy T2, jak i T3 wykazywały znacznie wyższe wartości jasności niż grupa PC ($P < 0,05$). Warto zauważyć, że grupa T2 była ciemniejsza niż grupa T3 ($P < 0,05$). Cheng i wsp. (2021) również wykazali, że roztwory

metmioglobiny charakteryzowały się wyższymi wartościami parametru L^* po obróbce plazmowej. Autorzy przypisali ten efekt nadtlenu wodoru (H_2O_2), który, oddziałując z żelazem w metmioglobinie, powodował pojaśnienie roztworów. Obróbka termiczna przyczynia się do reakcji brązowienia w obecności wysokich stężeń metmioglobiny (Killinger i wsp., 2000). W konsekwencji, podczas oddziaływania podwyższonej temperatury wobec wariantu niepeklowanego (grupa NC) zaobserwowano zmniejszenie udziału składowej barwy czerwonej. Zgodnie z oczekiwaniami, po procesie odwadniania grupy PC, T1, T2 i T3 charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami parametru a^* ($P < 0,05$) w porównaniu z grupą NC. Dodatkowo, grupa T3, zawierająca najwyższą średnią zawartość nitrozylomiochromogenu, wykazywała najintensywniejszy udział składowej barwy czerwonej w porównaniu z innymi grupami peklowanymi ($P < 0,05$). Uzyskane przeze mnie wyniki potwierdzają, że nitrozylomiochromogen odgrywa kluczową rolę w powstawaniu charakterystycznej różowo-czerwonej barwy produktów peklowanych, przy czym wyższe jego poziomy skutkują bardziej wyraźnym udziałem składowej barwy czerwonej (Pegg & Shahidi, 2000). Wyniki te są zgodne z wynikami uzyskanymi przez Inguglia i wsp. (2020), którzy badali wpływ wody aktywowanej plazmą na udział składowej barwy czerwonej w produktach typu jerky peklowanych metodą „na mokro”. Dodatkowo grupy PC, T1, T2 i T3 charakteryzowały się wyższymi średnimi wartościami parametru b^* ($P < 0,05$) w porównaniu z grupą NC, przy czym grupa T3 wykazywała najbardziej intensywne żółte zabarwienie w porównaniu z innymi grupami. Przy peklowaniu „na mokro” przy użyciu wody aktywowanej plazmą w badaniach zrealizowanych przez Inguglia i wsp. (2020) nie zaobserwowano istotnego wpływu metody peklowania na średnie wartości parametru b^* w wytworzonych produktach. Również nasycenie barwy (parametr C^*) istotnie różniło się między grupami peklowanymi, a grupą NC ($P < 0,05$). Grupy PC, T1, T2 i T3 przed procesem suszenia charakteryzowały się istotnie niższymi średnimi wartościami parametru C^* niż grupa NC, co wskazuje na ich mniej intensywną barwę. Wynik ten jest zbliżony z wynikami badań Hadinoto i wsp. (2023), którzy analizowali wpływ wody plazmowej na barwę surowej wołowiny. Natomiast w przypadku finalnych produktów, grupy zawierające różne źródła azotanów (III) (PC, T1, T2 oraz T3) charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami nasycenia barwy w odniesieniu do grupy NC, przy czym najwyższe średnie wartości parametru C^* uzyskano w grupie T3.

Wyniki uzyskane w ramach mojego osiągnięcia, przedstawione w publikacji O.5. wskazują, że proces peklowania, niezależnie od zastosowanego źródła azotanów (III), istotnie zmniejszył ($P < 0,05$) utlenianie lipidów w porównaniu z grupą kontrolną NC już w pierwszym dniu badawczym. Niemniej jednak, wszystkie zmierzone średnie wartości TBARS (wskaźnik peroksydacji lipidowej) utrzymywały się na niskim poziomie, w przedziale od 0,42 mg MDA/kg do 0,51 mg MDA/kg, co jest zgodne z wynikami uprzednio zaobserwowanymi przez Han i wsp. (2023) dla suszonej wołowiny. Ponadto, nie stwierdziłam istotnych różnic statystycznych ($P \geq 0,05$) między wariantami peklowanymi (PC, T1, T2, T3). Wyniki te są zgodne z moimi wcześniej uzyskanymi w ramach wyżej wymienionego osiągnięcia (O.1., O.2., O.4.).

Twardość produktów, oceniana za pomocą testu Warnera-Bratzlera, różniła się natomiast istotnie ($P < 0,05$) między grupami. Grupy NC, PC i T1 charakteryzowały

się podobnymi średnimi wartościami omawianego parametru ($P \geq 0,05$). Jednak zastosowanie 5% i 7,5% wodnych roztworów suszonej plazmy krwi, poddanej działaniu zimnej plazmy, wpłynęło istotnie na spójność produktów i wzrost siły niezbędnej do ich przecięcia w porównaniu z innymi grupami ($P < 0,05$). Spośród badanych wariantów istotnie największą twardością charakteryzował się wariant T3, który jednocześnie zawierał najmniej wody. Rezultaty te są zgodne z wynikami innych autorów, które podkreślają wpływ zawartości wody na teksturę produktów mięsnych (Herrero i wsp., 2007; Lorenzo i wsp., 2014). Na uzyskane przeze mnie wyniki zakładam, że mogły mieć również wpływ białka obecne w plazmie krwi, które wykazują zdolność do tworzenia struktur żelowych. Ponadto, dłuższa ekspozycja na nietermiczną plazmę atmosferyczną mogła indukować powstawanie wiązań krzyżowych pomiędzy białkami plazmy krwi poprzez mechanizmy utleniania (Bao & Ertbjerg, 2019), co mogło przyczynić się do wytworzenia silniejszych sieci białkowych i zwiększenia twardości produktu finalnego. Należy jednak zauważyć, że nadmiernie twardość może nie odpowiadać preferencjom konsumentów (Konieczny i wsp., 2007). W związku z tym, istotne jest znalezienie optymalnych parametrów teksturalnych dla tego typu produktów.

Również w badaniach opisanych w publikacji O.5. określono główne źródła zmienności profili związków lotnych między analizowanymi wariantami (NC, PC, T1, T2, T3). Co istotne, zastosowanie azotanu (III) sodu nie wykazało tak znaczących zmian w profilu związków lotnych w porównaniu z grupą NC jak warianty T1, T2 oraz T3. Dodatkowo, zastosowanie wodnych roztworów suszonej plazmy krwi poddanej działaniu nietermicznej plazmy atmosferycznej wpłynęło również istotnie na różnice w profilach związków lotnych tych grup (T1, T2 i T3) w odniesieniu do grupy PC. Podczas obróbki termicznej produktów mięsnych może powstawać ponad 1000 związków lotnych, głównie poprzez utlenianie lipidów i reakcje Maillarda, w tym pirazyny, imidazole, tiofeny i furany (Luo i wsp., 2020; Pegg & Shahidi, 2004b), które są odpowiedzialne za ich charakterystyczny aromat. W analizowanych wariantach (O.5.) zidentyfikowano łącznie 33 związki lotne. Spośród nich 28 wystąpiło w grupie NC, 25 w grupie PC, 26 w grupie T1, 28 w grupie T2 oraz 27 w grupie T3. Związki te obejmowały m.in. alkohole (7 związków), terpeny (5 związków), aldehydy (4 związki) oraz pirazyny (4 związki). Dodatkowo, grupy peklowane alternatywnymi źródłami azotanów (III) (T1, T2, T3) wykazywały obecność tiofenu, który nadaje produktom charakterystyczny, pieczony aromat mięsny (Flores, 2018), 1-metylo-4-izopropenyl-1-cykloheksanu, znanego z nut kwiatowych i korzennych, oraz acetofenonu, który jest charakterystycznym aromatem dla roślin z rodzaju *Allium*, takich jak czosnek czy cebula. Z kolei butan-2,3-dion obecny w grupach NC i PC, charakteryzujący się maślanymi i karmelowymi nutami, był nieobecny w grupach T1, T2 oraz T3. Wszystkie wyżej wymienione związki mogły mieć istotny wpływ na zauważalne różnice między grupami kontrolnymi (NC, PC), a grupami z wodnymi roztworami suszonej plazmy krwi traktowanej nietermiczną plazmą atmosferyczną (T1, T2, T3). Warto jednak zauważyć, że aldehydy, takie jak heksanal, nonanal, heptanal i dekanal, uznawane za wskaźniki procesu utleniania lipidów (Luo i wsp., 2019), nie zostały wykryte w żadnym z analizowanych wariantów, co jest zgodne z niskimi wartościami TBARS zaobserwowanymi w moim badaniu (O.5.).

Podsumowując opisane w publikacji **O.5.** rozwiązanie oparte na stosowaniu wodnych roztworów suszonej plazmy krwi, modyfikowanej nietermiczną plazmą atmosferyczną może być potencjalną alternatywą dla syntetycznego azotanu (III) sodu w produkcji drobno rozdrobnionych wyrobów mięsnych typu jerky. Uzyskane wyniki wskazują jednak, że stężenie zastosowanego roztworu suszonej plazmy krwi może istotnie wpływać na ich parametry jakościowe, takie jak pH, zawartość wolnych resztkowych azotynów, zawartość żelaza hemowego, parametry barwy, tekstury oraz profil związków lotnych. Szczególnie istotne jest, że w porównaniu z grupą PC, warianty T1, T2 i T3 charakteryzowały się istotnie niższą aktywnością wodną oraz wyższą zawartością białka. Wariant z 2,5% wodnym roztworem suszonej plazmy krwi traktowanej nietermiczną plazmą atmosferyczną wykazał największe podobieństwo do grupy z azotanem (III) sodu pod względem pozostałych badanych parametrów.

Etap 2

Wyniki badań zrealizowanych w ramach **Etapu 2** zostały przedstawione w publikacji **O.3.** [Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Wierzbicka, A., Półtorak, A., & Stelmasiak, A. (2022). Green technology for pork loin wet curing—unconventional use of cow and soy milk treated with non-thermal atmospheric plasma. *Foods*, 11, 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods11162523>]

Badania nad zastosowaniem zimnej plazmy jako alternatywnej metody peklowania koncentrowały się dotychczas głównie na technikach wykorzystujących matryce aktywowane plazmą, które wprowadzano do rozdrobnionego mięsa podczas procesu jego łączenia z tłuszczem oraz innymi składnikami i dodatkami funkcjonalnymi. Przykładami takich matryc są woda plazmowa (Jo i wsp., 2020; Kim i wsp., 2021) oraz surowce pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (Inguglia i wsp., 2020; Jung i wsp., 2015; Yong i wsp., 2018), co zostało również opisane w **Etapie 1** niniejszego osiągnięcia (**O.1.**, **O.2.**, **O.4.**, **O.5.**). Oprócz metod peklowania „na sucho” powszechnie stosowane są również techniki „na mokro”. W procesie peklowania „na mokro” mięso poddaje się immersji w solance zawierającej ściśle określone stężenie azotanów (III) lub dodatkowo nastrzykuje się je roztworem tej solanki. Zabieg ten umożliwia szybszą i bardziej równomierną dyfuzję składników peklujących w strukturze mięśniowej.

W przypadku peklowania zanurzeniowego mamy do czynienia z procesem osmozy, ponieważ zwiększa on stężenie substancji rozpuszczonych w mięsie i tym samym zmniejsza jego potencjał wodny. Wyższa lepkość solanki może powodować jednak powstanie bariery, która będzie utrudniać wymianę masy między surowcem, a roztworem (Dimakopoulou-Papazoglou & Katsanidis, 2016, 2020; Filipović i wsp., 2014). W **Etapie 1** wykazałam potencjał stosowania aktywowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną surowców białkowych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego o różnym stopniu uwodnienia w procesie peklowania rozdrobnionego mięsa metodą „na sucho”. Natomiast w **Etapie 2** skoncentrowałam się na wykorzystaniu tej niekonwencjonalnej technologii w procesie peklowania zanurzeniowego („na mokro”).

W celu przygotowania niekonwencjonalnych źródeł azotanów (III) do badań opisanych w publikacji O.3., mleko krowie oraz wodny preparat sojowy zostały najpierw zagęszczone do 50% (przy zastosowaniu ciśnienia 70 mbar i temperatury 55°C). Następnie poddano je działaniu nietermicznej plazmy atmosferycznej, przy czym elektroda plazmowa znajdowała się 15 cm nad powierzchnią cieczy. Podczas procesu stosowano mieszanie za pomocą mieszadła magnetycznego o prędkości 1200 obr./min, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1. Obróbkę plazmową prowadzono do momentu uzyskania pH roztworów wynoszącego $6,00 \pm 0,02$. Po zakończeniu obróbki próbki zostały odwodnione zgodnie z metodą opisaną w publikacji O.2., a następnie liofilizowane i rozdrobnione do uzyskania cząstek o średnicy $\varnothing 425 \mu\text{m}$. Zawartość azotanów (III) w otrzymanych materiałach w formie sypkiej analizowano zgodnie z metodą Lee i wsp. (2018). Średnia zawartość jonów azotanowych (III) w liofilizatach mleka krowiego i wodnego preparatu sojowego po obróbce plazmowej wynosiła odpowiednio $1317,78 \pm 138,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $2642,55 \pm 221,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Przed wykorzystaniem liofilizaty zostały zapakowane próżniowo i przechowywane w kontrolowanych warunkach.

Badania przedstawione w publikacji O.3. zrealizowano na mięśniach *longissimus dorsi*. Po usunięciu tkanki łącznej oraz nadmiaru tłuszczu, z każdego mięśnia wycięto cztery plastry o grubości 2,54 cm. Próbki te losowo przydzielono do czterech wariantów różniących się składem solanki peklującej: NC (woda - 75% w stosunku do masy mięsa i NaCl - 6% w stosunku do masy mięsa, bez dodatku azotanów (III)), PC (woda - 75% w stosunku do masy mięsa, NaCl - 6% w stosunku do masy mięsa, NaNO_2 - 0,03% w stosunku do masy mięsa), B1 (woda - 75% w stosunku do masy mięsa, NaCl - 6% w stosunku do masy mięsa, liofilizat mleka krowiego traktowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną - 15% w stosunku do masy mięsa), oraz B2 (woda - 75% w stosunku do masy mięsa, NaCl - 6% w stosunku do masy mięsa, liofilizat wodnego preparatu sojowego traktowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną - 7,5% w stosunku do masy mięsa). Proporcje składników roztworów w grupach PC, B1 i B2 zostały dobrane tak, aby zawartość jonów NO_2^- w solankach była identyczna i wynosiła $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ mięsa. Wszystkie grupy były zanurzone w przygotowanych solankach przez 4 dni w warunkach chłodniczych ($4 \pm 1^\circ\text{C}$). Następnie poszczególne grupy ważono, pakowano próżniowo w opakowania z folii PA/PE oraz poddawano obróbce termicznej w kąpieli wodnej w temperaturze 75°C przez 30 minut. Po obróbce termicznej próbki schładzano w temperaturze pokojowej przez 1 godzinę. Do badań wykorzystano łącznie 36 plastrów mięśni, po 9 plastrów przypisanych do każdego wariantu.

W ramach Etapu 2 oceniono efektywność procesu peklowania, straty termiczne, zmiany pH oraz parametry barwy mięsa przed i po obróbce termicznej. Twardość gotowych produktów oceniono za pomocą testu Warnera-Bratzlera. Zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) oraz nitrozylomiochromogenu oznaczono spektrofotometrycznie, zgodnie z metodologią opisaną przez Lee i wsp. (2018), analogicznie jak w Etapie 1. Stopień utlenienia lipidów oceniono metodą TBARS, zgodnie z protokołem Pikul i wsp. (1989). Profil związków lotnych określono za pomocą elektronicznego nosa Heracles II, zgodnie z metodologiami opisanymi przez Górską-Horczyrzak i wsp. (2017) oraz Wojtasik-Kalinowska i wsp. (2016). Dane dotyczące profilu związków lotnych poddano analizie składowych głównych przy użyciu

oprogramowania AlphaSoft w wersji 8.0. Analizę statystyczną pozostałych wyników przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Statistica 13.3, testując różnice między grupami za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $P < 0,05$. Uzyskane wyniki przedstawiono jako średnie $\pm$ błąd standardowy (SE).

W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano istotny wpływ zastosowanej metody peklowania na średnie wartości efektywności peklowania oraz średnie wartości strat termicznych analizowanego mięśnia ($P < 0,05$). Nie stwierdzono istotnych różnic ($P \geq 0,05$) między wariantami kontrolnymi (NC i PC). Natomiast średnie wartości obu parametrów istotnie zmniejszyły się ($P < 0,05$) w wariantach B1 i B2 w porównaniu do grup NC i PC. W procesie peklowania „na mokro” istotnym czynnikiem jest dyfuzja masy między strukturami komórkowymi mięsa a otaczającą je solanką (Visy i wsp., 2021). Proces ten ustaje, gdy ciśnienie osmotyczne po obu stronach membrany ulega wyrównaniu (Dimakopoulou-Papazoglou & Katsanidis, 2016). Wniknięcie soli do mięsa powoduje z kolei zmianę uwodnienia białek mięśniowych, prowadząc do ich pęcznienia, co zwiększa zdolność zatrzymywania wody. Rezultat ten jest zależny m.in. od stężenia soli, metod i czasu ekspozycji. W przypadku wszystkich analizowanych wariantów zastosowano jednakowe stężenia NaCl w solankach, a także jednakowy czas peklowania. Zaobserwowane różnice w średnich wartościach efektywności peklowania były zatem rezultatem zastosowania jako komponentów solanki liofilizatów aktywowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną w różnych stężeniach. Obecność składowych wielkocząsteczkowych, takich jak białka, lipidy czy węglowodany, w zastosowanych liofilizatach, zwiększyła lepkość solanek, co mogło ograniczać migrację wody, soli oraz azotanów (III), a tym samym wpłynęło na efektywność procesu peklowania (Khalifa & Ghanimah, 2013). Z drugiej strony wymiana masy mogła być utrudniona ze względu na powstawanie bariery wytworzonej przez składniki o wysokiej masie cząsteczkowej w zewnętrznych warstwach surowca (Phisut, 2012). Z tego powodu warianty B1 i B2 charakteryzowały się niższymi średnimi wartościami efektywności peklowania ($P < 0,05$) w porównaniu do grup NC i PC. Z kolei zwiększona utrata wody, wynikająca z denaturacji białek, stanowi główną przyczynę spadku masy w trakcie obróbki termicznej mięsa (Pang i wsp., 2021). W moim badaniu zaobserwowałam najniższe straty masy w przypadku wariantu B1 ($P < 0,05$). Wariant B2 również charakteryzował się istotnie niższymi stratami masy podczas obróbki termicznej w porównaniu z grupami NC i PC ($P < 0,05$). Uzyskane wyniki mogą wskazywać na agregację białek (Wagner i wsp., 2020) na powierzchni plastrów wieprzowiny po procesie peklowania w wariantach B1 i B2, co mogło utrudnić uwalnianie wody w trakcie obróbki termicznej.

W Etapie 1 wykazano, że średnio rozdrobnione wyroby mięsne wieprzowe peklowane uwodnionym preparatem sojowym, a także liofilizatem mleka, które wcześniej poddano działaniu nietermicznej plazmy atmosferycznej, charakteryzowały się wyższymi średnimi wartościami pH w porównaniu do grup kontrolnych (NC, PC). W tym badaniu nie stwierdziłam istotnych różnic w średnich wartościach pH ($P \geq 0,05$) analizowanych mięśni (NC, PC, B1, B2) po procesie peklowania oraz po obróbce termicznej. Różnice w wynikach Etapu 1 i Etapu 2 mogą wynikać z faktu, że w Etapie 1 alternatywne źródła azotanów (III) były dodawane bezpośrednio do surowca mięsnego na etapie jego łączenia, podczas gdy w Etapie 2 stanowiły

one składnik solanek. Taki sposób aplikacji mógł ograniczyć ich penetrację do wnętrza mięsa, co mogło mieć wpływ na brak istotnych zmian w ostatecznym pH produktu.

Proces peklowania (warianty PC, B1, B2) wpłynął na spadek jasności produktu po obróbce termicznej w porównaniu do grupy NC ($P < 0,05$). Istotne różnice w parametrze L^* wystąpiły również między wariantami peklowanymi ($P < 0,05$). Wyroby mięsne z grup B1 oraz B2 charakteryzowały się wyraźnie wyższymi średnimi wartościami jasności w porównaniu do produktów z grupy PC ($P < 0,05$). Grupy PC, B1 oraz B2 wykazywały również wyższe nasycenie barwy czerwonej niż grupa NC, przy czym najwyższe średnie wartości parametru a^* odnotowano dla grupy PC. Wzrost wartości a^* w wariantach PC, B1 i B2 był wynikiem powstania nitrozylomiochromogenu – różowoczerwonego barwnika, który powstaje w wyniku reakcji między azotanami (III) a aminami obecnymi w mięsie podczas obróbki termicznej (Luo i wsp., 2019). Wyroby mięsne z grupy PC charakteryzowały się również mniejszym udziałem składowej barwy żółtej (parametr b^*) w porównaniu do produktów NC, B1 i B2 ($P < 0,05$). W przypadku grup B1 i B2, średnie wartości parametru b^* nie różniły się istotnie od średnich wartości parametru b^* w grupie peklowanej w solance bez azotanów (III). Zaobserwowane żółte wybarwienie wariantów B1 i B2 może być wynikiem obecności pigmentów zawartych w obu zastosowanych liofilizatach (Coutinho i wsp., 2018). Na podstawie wartości L^* , a^* i b^* obliczono również nasycenie barwy (parametr C^*) poszczególnych wariantów oraz całkowitą różnicę barw w stosunku do wariantu NC (ΔE). Średnie wartości obu parametrów (C^* oraz ΔE) w grupach PC, B1 i B2 istotnie różniły się od wartości w grupie NC ($P < 0,05$), zarówno przed jak i po obróbce termicznej. W przypadku produktów finalnych, uzyskane wartości ΔE dla wariantów PC, B1 oraz B2 przekroczyły wartość 3,5, co wskazuje na znaczące różnice w barwie między grupami zawierającymi azotany (II) a grupą bez azotanów (III) (Tomasevic i wsp., 2019). Dodatkowo, grupa NC wykazała najniższe średnie wartości parametru C^* ($P < 0,05$), co sugeruje, że barwa tego wariantu była najbardziej stonowana. Z kolei najwyższe średnie wartości parametru C^* odnotowano w grupie B2, co wskazuje na największe nasycenie barwą.

Zgodnie z założeniami, wyroby mięsne z grup PC, B1 oraz B2 charakteryzowały się wyższymi średnimi zawartościami wolnych resztkowych azotanów (III) ($P < 0,05$) w porównaniu do wariantu eksponowanego przez 4 dni w wodnym roztworze soli (NC). Co istotne, średnia zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) w mięśniem *longissimus dorsi* po obróbce termicznej różniła się istotnie ($P < 0,05$) w zależności od źródła azotanów (III) zastosowanego w procesie peklowania „na mokro”. Ponieważ nie zaobserwowano różnic w wartościach pH ($P \geq 0,05$) między wariantami PC, B1 i B2, a solanki w tych grupach nie różniły się pod względem ilości wprowadzanych azotanów (III), na podstawie literatury (Kim, Hwang, Lee i wsp., 2019; Kim, Hwang, Song, i wsp., 2019) przyjęto, że poziomy wolnych resztkowych azotanów (III) w analizowanych wariantach powinny być zbliżone. Niemniej jednak, średnia zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) w wyrobach mięsnych z grupy PC ($37,74 \pm 0,66 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) była istotnie wyższa ($P < 0,05$) niż w grupach B1 ($24,13 \pm 0,83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz B2 ($23,91 \pm 0,72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Warianty B1 oraz B2 nie różniły się natomiast pod względem średnich wartości wolnych resztkowych azotanów (III) ($P \geq 0,05$). W grupach z alternatywnymi źródłami azotanów (III) odnotowano o około 36-37% mniej wolnych resztkowych azotanów

(III) w porównaniu z produktami z grupy PC. Różnice w uzyskanych zawartościach azotanów (III) w wariantach B1 i B2 w stosunku do grupy PC mogą wynikać z utrudnionego transportu azotanów (III) do i w strukturach mięsa, spowodowanego wyższą lepkością oraz wyższą masą molową solanek stosowanych w grupach B1 i B2.

W porównaniu do grupy NC, wyroby mięsne wytworzone z udziałem różnych źródeł azotanów (III) metodą „na mokro” (PC, B1, B2) charakteryzowały się istotnie wyższymi średnimi wartościami nitrozylomiochromogenu ($P < 0,05$). Dodatkowo, podobnie jak w przypadku średnich zawartości wolnych resztkowych azotanów (III), uzyskane wyniki wykazały, że wyroby wyprodukowane z elementów peklowanych „na mokro” w solance zawierającej syntetyczny azotan (III) sodu (PC) charakteryzowały się wyższymi średnimi poziomami nitrozylomiochromogenu ($P < 0,05$) niż warianty, w których zastosowano solanki zawierające liofilizaty z traktowanego nietermiczną plazmą atmosferyczną mleka krowiego oraz roztworu preparatu sojowego. Najniższą średnią zawartością nitrozylomiochromogenu charakteryzował się wariant B1. Warto również zauważyć, że w Etapie 1 moich badań wykazałam, iż w przypadku peklowania metodą „na sucho” rozdrobnionego mięsa, możliwe jest uzyskanie podobnych lub nawet wyższych poziomów nitrozylomiochromogenu w produkcie przy użyciu aktywowanego plazmą wodnego preparatu sojowego lub liofilizatu z aktywowanego plazmą mleka, gdy te alternatywne środki peklujące dodawane są do rozdrobnionego mięsa na etapie łączenia składników (O.1., O.2.). Niemniej jednak, wyniki uzyskane w badaniu opisanym w publikacji O.3. wskazują, że w przypadku peklowania metodą zanurzeniową, mimo powstania nitrozylomiochromogenu przy użyciu alternatywnych źródeł azotanów (III), wartości tego barwnika były niższe w porównaniu do wariantu PC, odpowiednio o około 9% (B2) i 18% (B1).

Najwyższy stopień utleniania lipidów został zaobserwowany w wariantcie NC. Niemniej jednak, średnia wartość TBARS w tym przypadku nie przekroczyła przyjętego progu zjełczenia dla tego typu produktów ($<1,5$ mg MDA/kg) (Singh i wsp., 2020). Zgodnie z założeniami, proces peklowania skutkował niższym początkowym utlenianiem lipidów w analizowanych produktach mięsnych, co można przypisać reakcji azotanów (III) z jonami żelaza mioglobiny, redukującymi wolne żelazo i tym samym opóźniającymi proces utleniania lipidów (Jung i wsp., 2015). Wyroby peklowane w solance zawierającej syntetyczny azotan (III) sodu wykazały najniższy stopień utleniania lipidów (0,24 mg MDA/kg), wyrażony przez wskaźniki wtórnych produktów utleniania lipidów, w porównaniu do produktów mięsnych uprzednio peklowanych w solankach zawierających liofilizaty z aktywowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną: mleka krowiego (B1) oraz roztworu preparatu sojowego (B2). Warianty B1 i B2 nie różniły się istotnie statystycznie ($P \geq 0,05$) pod względem omawianego parametru, osiągając wartości w przedziale 0,32-0,34 mg MDA/kg. Moje wyniki są zgodne z wcześniejszymi wynikami badań (Kim, Hwang, Lee i wsp., 2019; Kim, Hwang, Song, i wsp., 2019; Luo i wsp., 2019), zgodnie z którymi alternatywne źródła azotanów (III), zarówno pochodzące z plazmowo traktowanych surowców, jak i z konwersji azotanów roślinnych, mogą być wystarczające do poprawy stabilności oksydacyjnej produktów mięsnych peklowanych „na mokro”.

Wszystkie analizowane warianty po obróbce termicznej wykazywały zbliżone średnie wartości twardości ocenianej w teście Warnera-Bratzlera (WBSF), mieszczące się w przedziale

od 19,58 do 20,79 N ($P \geq 0,05$). Otrzymane wyniki wskazują, że zastosowanie alternatywnych źródeł azotanów (III) nie miało istotnego wpływu na oceniany parametr jakości gotowanych wyrobów. W przeciwieństwie do moich wyników badań, Kim, Hwang, Song, i wsp. (2019) wykazali różnice w średnich wartościach WBSF mięśni *longissimus dorsi* peklowanych „na mokro” po obróbce termicznej w zależności od rodzaju źródła azotanów (III). Autorzy zasugerowali, że wyższa twardość produktów wytworzonych z zastosowaniem metody „na mokro” (ekspozycja w roztworze sfermentowanych buraków) mogła być jednak związana z ich niższym pH. W moim badaniu O.3. nie stwierdziłam natomiast istotnych różnic w pH analizowanych wariantów.

W badanych produktach mięsnych zidentyfikowano łącznie 42 związki lotne, w tym 21 w grupie NC, 17 w grupie PC, 23 w grupie B1 i 12 w grupie B2. Dominującymi związkami lotnymi były aldehydy (10), alkohole (9), terpeny (6) oraz estry (5). Podobnie jak w Etapie 1 zastosowanie różnych źródeł azotanów (III) istotnie wpłynęło na profile związków lotnych wariantów PC, B1, oraz B2 w porównaniu do grupy NC. Produkty mięsne B2 charakteryzowały się aromatem najbardziej zbliżonym do produktów PC, podczas gdy profil związków lotnych w wariantach B1 różnił się od grupy PC o zaledwie 1,73%. Co istotne, w przypadku peklowania zanurzeniowego zaobserwowano mniejsze różnice w profilach związków lotnych między produktami finalnymi (PC, B1, B2) w porównaniu do różnic zaobserwowanych w profilach związków lotnych produktów mięsnych peklowanych azotanem (III) sodu oraz roztworem preparatu białka sojowego (O.1.) i liofilizatem mleka traktowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną (O.2.) wytworzonym metodą „na sucho”. Obecność związków takich jak 2-metylopentanal i kwas heksanowy w wariantach peklowanych w solance z plazmowo aktywowanym liofilizatem mleka mogła przyczynić się do zaobserwowanych różnic w profilach związków lotnych między wariantami PC oraz B1. Należy również podkreślić, że obecność benzaldehydu jako produktu rozkładu kwasu alfa-aminokapronowego oraz pirazyny jako produktu reakcji Maillarda w grupie NC, może świadczyć o jej wyższym stopniu utleniania produktów z tej grupy w porównaniu do wariantów PC, B1 i B2 (Flores, 2018; Luo i wsp., 2019), co zostało dodatkowo potwierdzone w moim badaniu poprzez analizę uzyskanych wartości TBARS.

Uzyskane w ramach Etapu 2 wyniki (O.3.) wskazują, że liofilizaty pozyskane z wybranych surowców białkowych, które wcześniej poddano obróbce nietermiczną plazmą atmosferyczną – mleka krowiego (B1) oraz uwodnionego preparatu sojowego (B2) – wykazują potencjał jako niekonwencjonalne źródło azotanów (III) w metodzie peklowania zanurzeniowego. Oba analizowane, niekonwencjonalne źródła jonów NO_2^- przyczyniły się do zwiększenia udziału składowej barwy czerwonej w produktach finalnych w porównaniu do wariantu NC. Istotnym aspektem jest również fakt, że warianty B1 i B2 wykazały zbliżone profile związków lotnych (różnice $\leq 1,73\%$) w porównaniu do produktów z grupy PC. Zastosowana technologia nie miała z kolei istotnego wpływu na średnie wartości pH oraz parametry tekstury wyrobów mięsnych w porównaniu do grup kontrolnych (NC oraz PC). Niemniej jednak, warianty B1 i B2 wykazywały niższe średnie zawartości wolnych resztkowych azotynów oraz nitrozylomiochromogenu. Chociaż redukcja wolnych resztkowych azotynów może korzystnie

wpływać na zdrowie, eliminując potencjalne negatywne skutki ich obecności w produkcie, konieczne są dalsze badania oceniające skuteczność proponowanych rozwiązań w kontekście jakości oraz trwałości produktów mięsnych pozyskanych z mięsa peklowanych metodą „na mokro”.

Etap 3

Wyniki badań Etapu 3 zostały przedstawione w publikacji O.6. Marcinkowska-Lesiak, M., Alizeralu K., Szpicer A., Pogorzelska-Nowicka E., Stelmasiak A. & Półtorak, A. (2024). Optimizing nitrite content in powders from plasma-activated egg whites for meat preservation using response surface methodology. *LWT*, 208, 116736, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116736>

Wyniki badań zrealizowanych w ramach Etapu 1 (O.1., O.2., O.4., O.5.) oraz Etapu 2 (O.3.) wykazały, że nietermiczna plazma atmosferyczna jest skuteczną metodą generowania jonów NO_2^- w wybranych surowcach i preparatach białkowych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, umożliwiającą ich zastosowanie jako substytutów azotanów (III) sodu w procesach produkcji wyrobów mięsnych. Spośród analizowanych matryc białkowych (O.1., O.2., O.4., O.5.) surowe białko jaja kurzego wyróżnia się szczególnym potencjałem do produkcji azotanów (III). Jest to związane z jego łatwą dostępnością, brakiem konieczności skomplikowanej obróbki wstępnej oraz korzystnymi właściwościami funkcjonalnymi. W przemyśle spożywczym częściej wykorzystuje się jednak białka jaj w formie proszku, co wynika z ich wyższej zawartości białka oraz lepszych właściwości żelujących w przeliczeniu na jednostkę masy. Według danych literaturowych, suszone białka jaj mogą być stosowane w produktach mięsnych w ilości stanowiącej 1–2% masy surowca mięsnego, co pozwala na uzyskanie pożądanych parametrów jakościowych wyrobów końcowych (Jin i wsp., 2019; Klankklin i wsp., 2019; Wang i wsp., 2020). Wygenerowanie określonej ilości jonów azotanowych (III) w suszonych białkach jaj, może być jednak czasochłonne i kosztowne, jeśli proces ten nie zostanie odpowiednio zoptymalizowany.

Do popularnych metod optymalizacji procesów technologicznych należą techniki: (1) jednej zmiennej na raz (*One Variable At a Time* - OVAT) oraz (2) metodologia powierzchni odpowiedzi (*Response Surface Methodology* - RSM) (Worku, 2021). Pierwsza z nich (OVAT), polegająca na testowaniu i optymalizacji jednego czynnika, pomija jednak interakcje między czynnikami, co ogranicza jej skuteczność w złożonych systemach. RSM umożliwia natomiast analizę interakcji między czynnikami oraz ilościowe przedstawienie ich efektów, co pozwala na bardziej precyzyjną optymalizację (Witek-Krowiak i wsp., 2014). W rezultacie RSM stała się powszechnie stosowaną metodą w badaniach optymalizacyjnych (Aydar, 2018), znacząco przyczyniając się do rozwoju produktów spożywczych i doskonalenia procesów produkcyjnych.

W badaniu zrealizowanym w ramach publikacji O.6. określono optymalne warunki produkcji suszonego białka jaja kurzego o stężeniu jonów azotanowych (III) na poziomie 4000

ppm, uwzględniając czas ekspozycji na plazmę, odległość źródła plazmy od powierzchni białka oraz temperaturę suszenia białka jaja kurzego, analizując jego funkcjonalność i dostępność. Ponadto, biorąc pod uwagę potencjał białka jaja strusiego jako surowca żelującego w produkcji wyrobów mięsnych, co zostało podkreślone przez Fernández-López i wsp. (2006), proces optymalizacji został również przeprowadzony dla białka jaja strusiego. Optymalizacji dokonano z wykorzystaniem metodologii powierzchni odpowiedzi (RSM). Analiza stężenia jonów azotanowych (III) w uzyskanych suszonych białkach, przechowywanych w różnych warunkach, dostarczyła dodatkowo cennych informacji na temat stabilności tego innowacyjnego rozwiązania.

Eksperyment O.6. podzieliłam na 2 części. W ramach pierwszej części badań przeanalizowałam wpływ trzech zmiennych niezależnych — czasu obróbki plazmowej, odległości źródła plazmy od powierzchni białka oraz temperatury suszenia — na stężenie azotanów (III) ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w suszonych białkach jaja kurzego i strusiego. Zakresy eksperymentalne dla tych zmiennych wynosiły: (1) czas obróbki plazmowej od 20 do 180 minut, (2) odległość źródła plazmy od 10 do 30 cm oraz (3) temperatura suszenia od 40 do 50°C. Proces optymalizacji przeprowadzono przy użyciu metodologii powierzchni odpowiedzi (RSM) z 20 wariantami eksperymentalnymi, a zależności między zmiennymi a odpowiedziami modelowano za pomocą równania kwadratowego. Punkt centralny projektu został powtórzony sześciokrotnie, aby zwiększyć wiarygodność uzyskanych wyników (tabela 3). W drugiej części badań (O.6.) zweryfikowałam optymalne parametry obróbki plazmowej określone metodą RSM, dążąc do uzyskania stężenia azotanów (III) wynoszącego $4000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w suszonych białkach jaj. Suszone białka jaj w formie sypkiej przechowywano następnie w zwykłej atmosferze oraz próżniowo w trzech temperaturach (-18°C , $+4^{\circ}\text{C}$, $+26^{\circ}\text{C}$) przez 4 tygodnie w celu oceny stabilności azotanów (III).

Jaja do eksperymentu w ramach badań O.6. pochodziły od kur ras Isa Brown (*Gallus domesticus*) z chowu intensywnego (część 1 eksperymentu, $n=900$; część 2 eksperymentu, $n=810$) oraz od strusi afrykańskich (*Struthio camelus*), utrzymywanych w systemie półintensywnym (część 1 eksperymentu, $n=26$; część 2 eksperymentu, $n=24$). Po obróbce plazmowej, przeprowadzonej zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1 oraz planem eksperymentu (tabela 3), białka jaj poddano suszeniu konwekcyjnemu przez 24 godziny. Następnie materiał został rozdrobniony i przesiany za pomocą sita wibracyjnego o średnicy oczek $\varnothing 0,5 \text{ mm}$. Stężenie azotanów (III) określano metodą opisaną przez Lee i wsp. (2018) za pomocą spektrofotometrii przy długości fali 540 nm. Do zaprojektowania eksperymentu oraz oceny wpływu zmiennych na stężenie azotanów użyto programu Design Expert (wersja 11). Stabilność azotanów w suszonych białkach jaj oceniano natomiast za pomocą analizy wariancji (program Statistica, wersja 13.3), traktując czas przechowywania, temperaturę oraz metodę pakowania jako efekty stałe, a partie jako efekty losowe. Uzyskane wyniki zaprezentowano w formie średnich wartości wraz z odpowiadającymi im odchyleniami standardowymi (SD).

Tabela 3. Eksperymentalne parametry analizowane dla procesu obróbki plazmowej białek jaj.

Numer	Typ przestrzeni	Czas obróbki plazmowej (min)	Odległość źródła plazmy od powierzchni białka jaj (cm)	Temperatura suszenia (°C)
1	axial	100	10	45
2	center	100	20	45
3	axial	100	20	50
4	center	100	20	45
5	factorial	180	10	40
6	factorial	20	10	40
7	center	100	20	45
8	center	100	20	45
9	center	100	20	45
10	axial	20	20	45
11	factorial	180	30	50
12	center	100	20	45
13	factorial	180	30	40
14	axial	100	30	45
15	axial	100	20	40
16	factorial	20	10	50
17	factorial	20	30	40
18	factorial	20	30	50
19	factorial	180	10	50
20	axial	180	20	45

Przeprowadzony w ramach badania O.6. proces walidacji potwierdził adekwatność modelu, wskazując na jego przydatność do zamierzonego celu. Wartości współczynnika determinacji (R^2) przekroczyły 0,9, wskazując na silną korelację i zdolność predykcyjną zarówno dla suszonych białek jaj kurzych, jak i strusich. Przeprowadzona analiza uwzględniała trzy zmienne niezależne (odległość źródła plazmy od powierzchni białka jaja, czas obróbki plazmowej i temperaturę suszenia). W obu przypadkach zoptymalizowano te zmienne tak, aby osiągnąć określoną zawartość jonów azotanowych (III) w produkcie końcowym.

Wartości oczekiwanych odpowiedzi w warunkach bazowych, przed wpływem jakichkolwiek zmiennych niezależnych na model, wyniosły odpowiednio 1965,96 oraz 1998,96 dla suszonych białek jaj kurzych i strusich aktywowanych plazmą. Wskazuje to na zawartość azotanów (III) w próbkach, gdy odległość od źródła plazmy (A), czas obróbki plazmowej (B) oraz temperatura suszenia (C) wynosiły odpowiednio 10 cm, 20 minut i 40°C. Analiza zmiennych niezależnych wykazała, że odległość źródła plazmy miała statystycznie istotny ($P < 0,001$) i ujemny wpływ na zawartość azotanów (III) w suszonych białkach jaj kurzych (-1577,11) i strusich (-1581,49), co oznacza, że zwiększenie odległości prowadzi do istotnego obniżenia poziomu azotanów (III). Wysoka wartość tych współczynników podkreśla istotną rolę odległości źródła plazmy w kształtowaniu zawartości azotanów (III). Również czas obróbki plazmowej miał istotny ($P < 0,001$) i dodatni wpływ na zawartość azotanów (III) w suszonych białkach jaj kurzych (1810,96) i strusich (1821,30). Oznacza to, że wydłużenie czasu obróbki

plazmowej prowadzi do istotnego wzrostu zawartości azotanów (III). Dla temperatury suszenia współczynniki były natomiast nieistotne ($P \geq 0,05$), wynosząc odpowiednio -22,07 i -4,10, co sugeruje, że w badanym zakresie temperatura suszenia nie miała istotnego wpływu na zawartość azotanów (III) w analizowanych białkach.

Interakcje między odległością źródła plazmy, a czasem obróbki plazmowej (AB) były wysoce istotne statystycznie ($P < 0,001$) i miały charakter ujemny dla suszonych białek jaj kurzych (-1259,78) i strusich (-1243,35). Wskazuje to, że wspólne działanie zwiększonej odległości i wydłużonego czasu obróbki znacząco obniża zawartość azotanów (III). Dodatkowo, ich wysokie wartości podkreślają istotność efektów interakcji w procesie optymalizacji. Z kolei uzyskane w obu przypadkach interakcje AC (odległość i temperatura suszenia) oraz BC (czas obróbki i temperatura suszenia) były nieistotne ($P \geq 0,05$), co sugeruje, że łączne efekty tych zmiennych nie miały istotnego wpływu na zawartość azotanów (III) w badanych suszonych białkach jaj.

Kwadratowe wyrażenia w równaniu dla odległości źródła plazmy były istotne ($P < 0,01$ dla jaj kurzych i $P < 0,001$ dla strusich) i miały dodatnie współczynniki (477,55 dla jaj kurzych i 461,75 dla strusich), co wskazuje na nieliniową zależność, w której efekt odległości wzrasta w zmniejszającym się tempie. Z kolei, kwadratowe wyrażenia w równaniu dla czasu obróbki plazmowej były nieistotne ($P \geq 0,05$) dla suszonych białek jaj kurzych (70,09) i strusich (115,33), co sugeruje brak istotnej nieliniowej zależności między czasem obróbki, a poziomem azotanów (III) w badanym zakresie. Kwadratowe wyrażenia w równaniu dla temperatury suszenia były nieistotne dla suszonych białek jaj kurzych (-201,71, $P \geq 0,05$), natomiast dla suszonych białek jaj strusich były istotne (-223,45, $P < 0,05$), co sugeruje niewielki nieliniowy wpływ temperatury na zawartość azotanów (III), gdzie wyższe temperatury mogą nieznacznie zmniejszać ich poziom.

Wartości współczynnika determinacji (R^2) wyniosły 0,9946 dla suszonych białek jaj kurzych oraz 0,9962 dla suszonych białek jaj strusich, co świadczy o bardzo dobrym dopasowaniu modeli. Wartości p dla testu braku dopasowania wyniosły 0,0375 dla suszonych białek jaj kurzych oraz 0,0037 dla suszonych białek jaj strusich, co wskazuje na brak istotnego dopasowania i potwierdza, że modele wielomianowe adekwatnie opisują zależności między zmiennymi, a zawartością azotanów (III). Wyniki dotyczące zawartości azotanów w odniesieniu do odległości między źródłem plazmy, a powierzchnią białka jaja są zgodne z wynikami badań innych autorów oceniających skuteczność obróbki plazmowej w redukcji wzrostu drobnoustrojów. Ramezan i wsp. (2022) zaobserwowali, że zwiększenie odległości między dyszą nietermicznej atmosferycznej plazmy, a badaną powierzchnią prowadzi do obniżenia efektywności inaktywacji mikrobiologicznej, co prawdopodobnie wynika ze zmniejszonej ekspozycji matrycy żywnościowej na reaktywne formy generowane przez plazmę. Wyższe stężenia reaktywnych form tlenu i azotu przy mniejszej odległości źródła plazmy od białek jaj mogą zatem prowadzić do bardziej intensywnych reakcji chemicznych i wzrostu zawartości azotanów (III) (Jung, i wsp., 2017; Pandey i wsp., 2023). Podobnie jak w moim badaniu, również Cheng i wsp., (2021) wykazali, że dłuższy czas obróbki plazmowej może prowadzić do akumulacji azotanów (III) oraz innych związków chemicznych. Badania White i wsp. (1940) oraz Kurt & Zorba (2010) dostarczają z kolei informacji na temat wpływu

temperatury obróbki termicznej na poziom azotanów (III) w produktach mięsnych. W badaniu O.6. nie stwierdziłam jednak, że temperatury suszenia w zakresie 40-50°C miały istotny wpływ na zawartość azotanów (III) w analizowanych suszonych białkach jaj, co sugeruje, że wpływ temperatury na poziom azotanów (III) może różnić się w zależności od matrycy żywnościowej oraz technik przetwarzania. Konieczne są zatem dalsze badania, aby szczegółowo zrozumieć mechanizmy odpowiedzialne za te różnice. Chauvin i wsp. (2017) zaobserwowali, że zmiany w pH oraz składzie roztworów traktowanych plazmą także mogą znacząco wpływać na końcowe stężenie azotanów (III). Pomimo wykorzystania białek pochodzących z dwóch różnych typów jaj, modele matematyczne wykazały podobny wpływ warunków obróbki plazmowej na zawartość azotanów ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w wytworzonych suszonych białkach jaj. Pomimo obserwacji Sales i wsp. (1996), który odnotował wyższe stężenie części niezbędnych aminokwasów w jajach strusich w porównaniu do jaj kurzych, badania Mineki i wsp. (2003) sugerują, że choć występują różnice w stężeniach niektórych aminokwasów, np. takich jak alanina, ogólne właściwości chemiczne jaj strusich są podobne do właściwości jaj kurzych.

Uzyskane przeze mnie równania modeli regresji:

- $Y_{\text{hen}} = 1965.96 - 1577.11A + 1810.96B - 22.07C - 1259.78AB + 23.92AC - 16.01BC + 477.55A^2 + 70.09B^2 - 201.71C^2$
- $Y_{\text{ostrich}} = 1998.96 - 1581.49A + 1821.30B - 4.10C - 1243.35AB + 20.99AC - 15.23BC + 461.75A^2 + 115.33B^2 - 223.45C^2$

dostarczają szczegółowych informacji na temat wpływu zmiennych niezależnych, takich jak odległość źródła plazmy (A), czas obróbki plazmowej (B), i temperatura suszenia (C), na zawartość azotanów (III) w suszonych białkach jaj kurzych i strusich poddanych wcześniej obróbce plazmowej. Modele te umożliwiają precyzyjne prognozowanie zawartości azotanów (III) w zależności od ustawień procesowych, co jest istotne dla optymalizacji procesu wytwarzania suszy w celu osiągnięcia określonych stężeń azotanów (III). Na podstawie analizy tych równań optymalne warunki dla obu typów jaj to: odległość źródła plazmy (A) wynosząca 16,84 cm, czas obróbki plazmowej (B) wynoszący 155,93 min oraz temperatura suszenia (C) wynosząca 41,10°C.

W drugiej części eksperymentu (O.6.) przeprowadziłam walidację zoptymalizowanych parametrów, mając na celu osiągnięcie pożądanej koncentracji jonów azotanowych (III) ($4000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w suszonych białkach jaj. Porównania wartości przewidywanych z wartościami eksperymentalnymi wykazały wysoki stopień zgodności zarówno dla suszonych plazmowanych białek jaj kurzych, jak i strusich ($P \geq 0,05$). Pomyślna walidacja optymalnych parametrów potwierdziła zarówno integralność, jak i skalowalność procesu wytwarzania suszonych białek jaj o ściśle kontrolowanych stężeniach azotanów (III), co sprzyja wdrożeniu efektywnych metod produkcji w przemyśle spożywczym. Dodatkowo, zastosowanie metodologii powierzchni odpowiedzi (RSM) w połączeniu z walidacją w tym badaniu uwidoczniło jej wdrożeniowy charakter i efektywność w precyzyjnym dostosowywaniu złożonych zmiennych procesowych w celu osiągnięcia określonych celów, takich jak precyzyjnie kontrolowane stężenia jonów NO_2^- . Uzasadnienie zastosowania RSM w moim badaniu znajduje potwierdzenie w pracy Mounir & Allaf (2018), którzy analizowali zastosowanie technologii natychmiastowego kontrolowanego obniżenia ciśnienia

(*Instant Controlled Pressure Drop*) jako wstępnego etapu przetwarzania w produkcji suszonych białek i żółtek. Pomimo różnic w celach badawczych, oba badania podkreślają efektywność RSM w systematycznej ocenie zmiennych procesowych, co pozwala na optymalizację i osiąganie pożądanych wyników w produkcji suszonych białek. Ponadto, choć wiele badań dotyczyło alternatywnych źródeł azotanów (III), niewiele koncentrowało się na ich optymalizacji w specyficznych matrycach, z czego żadna nie badała parametrów obróbki plazmowej. Na przykład, Cui i wsp. (2018) zastosowali RSM do optymalizacji zawartości azotanów (III) w fermentowanych produktach z buraka, wykorzystując bakterie *Staphylococcus xylosus*. Ich badania obejmowały analizę wpływu takich zmiennych, jak: ilość inokulowanych bakterii, zawartość warzyw oraz czas fermentacji, na poziom azotanów (III) w produktach fermentowanych. Pomimo ograniczonej liczby badań dotyczących optymalizacji zawartości azotanów (III) generowanych przez plazmę, niedawne badania Wu i wsp. (2021) na temat zastosowania ciągłego przepływu plazmy w cieczy w produkcji nawozów azotowych podkreśliły znaczenie parametrów obróbki plazmowej takich jak: przepływ gazu, moc oraz czas obróbki w efektywnej ich produkcji.

W drugiej części badań O.6. zastosowałam wieloczynnikową analizę wariancji w celu porównania średnich zawartości azotanów (III), co umożliwiło mi identyfikację optymalnych warunków przechowywania (metoda pakowania, czas przechowywania i temperatura) dla utrzymania stabilnego poziomu jonów azotanowych (III) w suszonych białkach poddanych uprzednio działaniu nietermicznej plazmy atmosferycznej. Przeprowadzona analiza wykazała, że metoda pakowania, czas przechowywania oraz temperatura przechowywania i ich interakcje nie miały istotnego wpływu na zawartość jonów NO_2^- podczas 28-dniowego okresu przechowywania dla obu typów suszonych białek. Nie zaobserwowano istotnych różnic ($P \geq 0,05$) w średnich zawartościach azotanów (III) w różnych warunkach przechowywania dla obu analizowanych grup. Uzyskane wyniki sugerują zatem, że suszone białka jaj mogą cechować się lepszą stabilnością w porównaniu do wody aktywowanej plazmowo (PAW). Różnice w stężeniu jonów azotanowych (III), zaobserwowane przez Shen i wsp. (2016) w próbkach wody aktywowanej plazmą (PAW) przechowywanej w temperaturach 25 °C i -80 °C przez 30 dni, wykazują istotny wpływ wyższej temperatury na redukcję zawartości jonów NO_2^- . Mając to wszystko na uwadze, wyniki publikacji O.6. wnoszą istotny wkład w rozwój nowej wiedzy w dyscyplinie.

W badaniu opisanym w ostatniej publikacji (O.6.) przedstawiłam zoptymalizowany proces produkcji suszonych białek jaj traktowanych nietermiczną plazmą atmosferyczną, osiągając pożądane stężenie jonów azotanowych (III) przy zastosowaniu metodologii powierzchni odpowiedzi (RSM). W tych analizach skupiłam się na białkach jaj kurzych i strusich, oceniając wpływ istotnych parametrów, takich jak odległość źródła plazmy, czas obróbki plazmowej oraz temperatura suszenia na zawartość azotanów w produktach końcowych. Analiza regresji wykazała, że odległość źródła plazmy i czas obróbki były najważniejszymi czynnikami wpływającymi na zawartość jonów NO_2^- w obu rodzajach suszonych białek. Optymalne warunki procesu to: (1) odległość źródła plazmy - 16,84 cm, (2) czas obróbki plazmowej - 155,93 min. oraz (3) temperatura suszenia - 41,10°C. Zoptymalizowane grupy

suszonych białek aktywowanych NPA wykazały prognozowane stężenia jonów azotanowych (III) wynoszące $3999,99 \pm 197,17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla jaj kurzych i $4030,14 \pm 164,97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla jaj strusich, a walidacja potwierdziła te wartości z wysoką dokładnością ($4008,16 \pm 178,41 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla jaj kurzych i $4019,92 \pm 114,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla jaj strusich). Przechowywanie suszonych białek w zróżnicowanych warunkach wykazało, że zoptymalizowane produkty pozyskane z aktywowanych NPA białek jaj zachowały stabilność przez cztery tygodnie ($P \geq 0,05$), co wskazuje na ich potencjalne zastosowanie jako źródła jonów azotanowych (III) w produkcji wyrobów mięsnych.

4.3.4. Podsumowanie osiągnięcia

Badania zrealizowane w ramach osiągnięcia naukowego, przedstawione w cyklu sześciu publikacji pt. „Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA) jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości wyrobów mięsnych” pozwoliły na rozwiązanie problemu i dostarczyły cennych danych na temat tej nowatorskiej technologii generowania jonów azotanowych (III) w wybranych surowcach oraz preparatach białkowych, stanowiąc istotny wkład w rozwój dyscypliny technologii żywności i żywienia. Uzyskane wyniki potwierdzają możliwość zastosowania opracowanych w ramach badań innowacyjnych źródeł jonów azotanowych (III) w procesie peklowania mięsa (Etap 1 i 2). Co istotne, optymalizacja procesu wytwarzania wybranych niekonwencjonalnych źródeł jonów azotanowych (III), uwzględniająca stabilność tych jonów w określonych warunkach przechowywania, znacząco zwiększa możliwości zastosowania tej nowatorskiej technologii opartej na NPA (Etap 3). Przedstawione w osiągnięciu badania mają zatem charakter interdyscyplinarny, łącząc technologię przetwarzania, chemię żywności oraz inżynierię procesową, a ich innowacyjność i praktyczne znaczenie przyczyniają się do rozwoju nowych metod w przemyśle spożywczym, takich jak nietermiczna plazma atmosferyczna. Opublikowanie wyników i ich międzynarodowy dyskurs w wiodących czasopismach naukowych dowodzi o nowatorskim charakterze zaproponowanej metody, a ogólna cytowalność wskazuje na wzrastające znaczenie tego obszaru badawczego w środowisku naukowym.

Analiza wyników z poszczególnych etapów badań pozwoliła na sformułowanie szczegółowych wniosków:

- ✓ Badania przeprowadzone w ramach Etapu 1 (O.1., O.2., O.4., O.5.) dostarczyły dowodów na to, że nietermiczna plazma atmosferyczna jest efektywnym narzędziem do wytwarzania jonów azotanowych (III) w wodnych preparatach soi i grochu, mleku krowim, białku jaja kurzego oraz wodnym preparacie plazmy krwi wieprzowej. Poziomy tych niekonwencjonalnych źródeł jonów azotanowych (II) stosowanych bezpośrednio po obróbce NPA (O.1., O.4., O.5.) jak i w postaci wysuszonej (O.2.), dostosowano eksperymentalnie do ilości jonów jakie dostarcza odpowiednio $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (O.4.), $75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (O.1.), $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (O.2., O.5.) oraz $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (O.4.) NaNO_2 . Zaproponowana technologia umożliwiła uzyskanie produktów o parametrach jakościowych zbliżonych do

wyrobów otrzymywanych przy użyciu azotanu (III) sodu w warunkach przemysłowych podczas peklowania rozdrobnionego mięsa metodą „na sucho”. Potwierdzeniem skuteczności tej metody są szczegółowe wyniki dotyczące jakości wybranych produktów mięsnych przedstawione w publikacjach O.1., O.2., O.4., i O.5..

- ✓ Badanie Etapu 2 (O.3.) wykazało, że peklowanie mięsa metodą „na mokro” w solankach zawierających wybrane niekonwencjonalne źródła jonów azotanowych (III) – liofilizaty z mleka krowiego oraz wodnego preparatu białka sojowego, traktowane nietermiczną plazmą atmosferyczną – mogą poprawić barwę, aromat oraz stabilność oksydacyjną produktów mięsnych w porównaniu do produktów niepeklowanych. Niemniej jednak, zawartość wolnych resztkowych azotanów (III) w wyrobach eksperymentalnych były niższe niż w przypadku peklowania zanurzeniowego mięsa z użyciem azotanu (III) sodu, dostarczającego tę samą ilość jonów azotanowych (III). Produkty uzyskane z wykorzystaniem NPA wykazywały lepsze właściwości jakościowe niż produkty wytworzone bez zastosowania jonów azotanowych (III). Nie były jednak w pełni równoważne standardowym produktom wytworzonym z zastosowaniem solanki zawierającej 300 mg NaNO_2 na 1 kg mięsa, przy stosunku solanki do mięsa wynoszącym 1:0,75. Wyniki te zostały szczegółowo przedstawione w publikacji O.2..
- ✓ Badanie w ramach Etapu 3 (O.6.) potwierdziły, że zoptymalizowany proces wytwarzania suszonych białek jaj, poddanych wcześniej aktywacji nietermiczną plazmą atmosferyczną (odległość źródła plazmy ≈ 17 cm, (2) czas obróbki plazmowej ≈ 156 min. oraz (3) temperatura suszenia $\approx 41^\circ\text{C}$), pozwala na uzyskanie określonych i stabilnych stężeń jonów azotanowych (III), zgodnie z założeniami metodologii powierzchni odpowiedzi (RSM). Otrzymane produkty charakteryzowały się zawartością jonów azotanowych (III) wynoszącą $4008,16 \pm 178,41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (białko jaja kurzego) oraz $4019,92 \pm 114,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (białko jaja strusiego). Wartości te utrzymywały się na stałym poziomie przez okres czterech tygodni ($P \geq 0,05$), niezależnie od warunków temperaturowych oraz rodzaju atmosfery wewnątrz opakowania (atmosfera powietrza lub próżnia). Tak uzyskane niekonwencjonalne źródła jonów azotanowych (III) mogą być zastosowane w ilościach od 1 do 2% względem masy rozdrobnionego surowca mięsnego, zapewniając stężenie jonów azotanowych (III) równoważne odpowiednio od 60 do 120 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ NaNO_2 .

Mając powyższe na uwadze, potencjał techniczny do generowania jonów azotanowych (III) oraz możliwość wytwarzania produktów o właściwościach zbliżonych do standardowych stanowi istotny wkład w rozwoju tej innowacyjnej technologii. Jednak aby zapewnić jej pełną konkurencyjność względem metod stosowanych w przemyśle mięsnym, konieczne są dalsze badania. W szczególności należy przeprowadzić szczegółową analizę związków, które mogą powstawać równolegle do jonów azotanowych (III), zbadać wpływ procesu na właściwości sensoryczne oraz ocenić efektywność kosztową całego rozwiązania. Wyniki tych badań będą miały dopełniające znaczenie dla implementacji tej innowacyjnej technologii na skalę przemysłową.

4.3.5. Spis literatury

- Abdolghafour, B., & Saghir, A. (2014a). Development in sausage production and practices-A review. *Journal of Meat Science and Technology*, 2(3), 40–50. www.jakraya.com/journal/jmst
- Abdolghafour, B., & Saghir, A. (2014b). Effect of whey protein concentrate on quality and shelf life of buffalo meat emulsion sausage. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 1(4), 201–210. saspjournals.com/sjavs/%0D
- Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Alli, I., & Raghavan, V. G. S. (2007). Protein denaturation, rheology, and gelation characteristics of radio-frequency heated egg white dispersions. *International Journal of Food Properties*, 10(1), 145–161. <https://doi.org/10.1080/10942910600986970>
- Alahakoon, A. U., Jayasena, D. D., Ramachandra, S., & Jo, C. (2015). Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends in Food Science and Technology*, 45(1), 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.05.008>
- Albright, S. N., Kendall, P. A., Avens, J. S., & Sofos, J. N. (2003). Pretreatment effect on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated beef jerky. *Lwt*, 36(4), 381–389. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00042-2](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00042-2)
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>
- Aydar, A. Y. (2018). Utilization of Response Surface Methodology in Optimization of Extraction of Plant Materials. *Statistical Approaches With Emphasis on Design of Experiments Applied to Chemical Processes*, March. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73690>
- Bak, K. H., Lindahl, G., Karlsson, A. H., Lloret, E., Gou, P., Arnau, J., & Orlén, V. (2013). The effect of high pressure and residual oxygen on the color stability of minced cured restructured ham at different levels of drying, pH, and NaCl. *Meat Science*, 95(2), 433–443. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.004>
- Bao, Y., & Erbjerg, P. (2019). Effects of protein oxidation on the texture and water-holding of meat: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3564–3578. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1498444>
- Barbut, S. (2010). Effects of milk powder and its components on texture, yield, and color of a lean poultry meat model system. *Poultry Science*, 89(6), 1320–1324. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00506>
- Berardo, A., Devreese, B., De Maere, H., Stavropoulou, D. A., Van Royen, G., Leroy, F., & De Smet, S. (2017). Actin proteolysis during ripening of dry fermented sausages at different pH values. *Food Chemistry*, 221, 1322–1332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.023>
- Beriain, M.J., Gómez, I., Petri, E., Insausti, K., Sarriés, M. V. (2018). Improvement of the functional and healthy properties of meat products. In H. A. . Grumezescu A. (Ed.), *Grumezescu A., Holban A.M., editors. Food Quality: Balancing Health and Disease* (pp. 1–74). Academic Press; London, UK.
- Biswas, A. K., Keshri, R. C., & Bisht, G. S. (2004). Effect of enrobing and antioxidants on quality characteristics of precooked pork patties under chilled and frozen storage conditions. *Meat Science*, 66(3), 733–741. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.07.006>
- Bourke, P., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P. J., & Keener, K. (2018). The Potential of Cold Plasma for Safe and Sustainable Food Production. *Trends in Biotechnology*, 36(6), 615–626. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.11.001>
- Braida, W., & Ong, S. K. (2000). Decomposition of nitrite under various pH and aeration conditions. *Water, Air, and Soil Pollution*, 118(1–2), 13–26. <https://doi.org/10.1023/a:1005193313166>
- Cáceres, E., García, M. L., & Selgas, M. D. (2006). Design of a new cooked meat sausage enriched with calcium. *Meat Science*, 73(2), 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.12.016>
- Cardoso, C. M. L., Mendes, R., & Nunes, M. L. (2009). Instrumental texture and sensory characteristics of cod frankfurter sausages. *International Journal of Food Properties*, 12(3), 625–643. <https://doi.org/10.1080/10942910801992959>
- Cassens, R. G., Ito, T., Lee, M., & Buege, D. (1978). The Nitrite Use in of Meat. *BioScience*, 28(10), 633–637.
- Cegiełka, A. (2020). “Clean label” as one of the leading trends in the meat industry in the world and in Poland – a review. *Roczniki Panstwowego Zakładu Higieny*, 71(1), 43–55. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2020.0098>
- Chakka, A. K., Sriraksha, M. S., & Ravishankar, C. N. (2021). Sustainability of emerging green non-thermal technologies in the food industry with food safety perspective: A review. *LWT*, 151, 112140. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112140>
- Chang, C., Lahti, T., Tanaka, T., & Nickerson, M. T. (2018). Egg proteins: fractionation, bioactive peptides and allergenicity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5547–5558. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9150>
- Chauvin, J., Judée, F., Yousfi, M., Vicendo, P., & Merbahi, N. (2017). Analysis of reactive oxygen and nitrogen species generated in three liquid media by low temperature helium plasma jet. *Scientific Reports*, 7(1), 1–15.

<https://doi.org/10.1038/s41598-017-04650-4>

Chen, R., Zhang, D., Liu, H., Wang, Z., & Hui, T. (2021). Potential alternative to nitrite in roasted lamb for sensory attributes: Atmospheric nonthermal plasma treatment. *Foods*, 10(6), 1–17. <https://doi.org/10.3390/foods10061234>

Cheng, Jen Hua, & Ockerman, H. W. (2003). Effect of phosphate with tumbling on lipid oxidation of precooked roast beef. *Meat Science*, 65(4), 1353–1359. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00057-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00057-3)

Cheng, Jun Hu, Chen, Y. Q., & Sun, D. W. (2021). Effects of plasma activated solution on the colour and structure of metmyoglobin and oxymyoglobin. *Food Chemistry*, 353(September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129433>

Choi, J.-H., Jeong, J.-Y., Han, D.-J., Choi, Y.-S., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Lee, E.-S., Paik, H.-D., & Kim, C.-J. (2008). Effects of pork/beef levels and various casings on quality properties of semi-dried jerky. *Meat Science*, 80(2), 278–286. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.028>

Christensen, H. N. (1966). Proteins As Buffers. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 133(1), 34–40. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1966.tb50706.x>

Chutia, H., Kalita, D., Mahanta, C. L., Ojah, N., & Choudhury, A. J. (2019). Kinetics of inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase in tender coconut water by dielectric barrier discharge plasma. *LWT*, 101, 625–629. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.071>

Colmenero, F. J., Barreto, G., Mota, N., & Carballo, J. (1995). Influence of Protein and Fat Content and Cooking Temperature on Texture and Sensory Evaluation of Bologna Sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 28(5), 481–487. <https://doi.org/10.1006/fstl.1995.0081>

Coutinho, N. M., Silveira, M. R., Rocha, R. S., Moraes, J., Ferreira, M. V. S., Pimentel, T. C., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Ranadheera, C. S., Borges, F. O., Mathias, S. P., Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., & Cruz, A. G. (2018). Cold plasma processing of milk and dairy products. *Trends in Food Science and Technology*, 74, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.008>

Cui, Y. Q., Wang, F., Pang, M. X., & Qi, J. H. (2018). Optimization of nitrite content in beetroot fermented by *S. typhimurium* using response surface methodology(RSM). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 199(5), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/199/5/052009>

Dasan, B. G., Onal-Ulusoy, B., Pawlat, J., Diatczyk, J., Sen, Y., & Mutlu, M. (2017). A New and Simple Approach for Decontamination of Food Contact Surfaces with Gliding Arc Discharge Atmospheric Non-Thermal Plasma. *Food and Bioprocess Technology*, 10(4), 650–661. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1847-2>

de La Pomélie, D., Santé-Lhoutellier, V., & Gatellier, P. (2018). Mechanisms and kinetics of heme iron nitrosylation in an in vitro gastro-intestinal model. *Food Chemistry*, 239, 86–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.092>

Decyzja Komisji (UE). (2024). *DECYZJA KOMISJI (UE) 2024/1225 z dnia 30 kwietnia 2024 r. dotycząca przepisów krajowych zgłoszonych przez Danię w sprawie dodawania azotynów do niektórych produktów mięsnych* (Issue 1129).

Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Pan, Z., Vidyarthi, S. K., Xu, J., Zielinska, M., & Xiao, H. W. (2020). Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15), 2481–2508. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1649633>

Desai, M., Chandel, A., Chauhan, O. P., & Semwal, A. D. (2024). Uses and future prospects of cold plasma in agriculture. *Food and Humanity*, 2, 100262. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100262>

Dimakopoulou-Papazoglou, D., & Katsanidis, E. (2016). Mass transfer kinetics during osmotic processing of beef meat using ternary solutions. *Food and Bioprocess Technology*, 100, 560–569. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.09.001>

Dimakopoulou-Papazoglou, D., & Katsanidis, E. (2020). Osmotic Processing of Meat: Mathematical Modeling and Quality Parameters. *Food Engineering Reviews*, 12(1), 32–47. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09203-1>

Dineen, N., Kerry, J. P., Buckley, D. J., Morrissey, P. A., Arendt, E. K., & Lynch, P. B. (2001). Effect of dietary α -tocopheryl acetate supplementation on the shelf-life stability of reduced nitrite cooked ham products. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(6), 631–639. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00504.x>

Domonkos, M., Tich, P., & Trejbal, J. (2021). *applied sciences Applications of Cold Atmospheric Pressure Plasma Technology in Medicine , Agriculture and Food Industry*.

Doolaege, E. H. A., Vossen, E., Raes, K., De Meulenaer, B., Verhé, R., Paelinck, H., & De Smet, S. (2012). Effect of rosemary extract dose on lipid oxidation, colour stability and antioxidant concentrations, in reduced nitrite liver pâtés. *Meat Science*, 90(4), 925–931. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.034>

Durço, O., Sergio, L., & Conceição, R. (2024). *Call for Letters – Viewpoint : The buffer power of blood Albumin : to be , or not to be , a buffer , that is the question*. May 2023, 8750. <https://doi.org/10.2450/2010.0015-10>.Van

- EFSA. (2003). Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on the request from the Commission related to the effects of Nitrites / Nitrates on the Microbiological Safety of Meat Products. *The EFSA Journal*, 11, 1–31.
- Estévez, M., Ventanas, S., & Cava, R. (2006). Effect of natural and synthetic antioxidants on protein oxidation and colour and texture changes in refrigerated stored porcine liver pâté. *Meat Science*, 74(2), 396–403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.010>
- Fernández-López, J., Martínez, A., Fernández-Ginés, J. M., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., & Pérez-Alvarez, J. A. (2006). Gelling and color properties of ostrich (*Struthio Camelus*) egg white. *Journal of Food Quality*, 29(2), 171–183. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2006.00065.x>
- Filipović, V., Lončar, B., Nićetin, M., Knežević, V., Filipović, I., & Pezo, L. (2014). Modeling counter-current osmotic dehydration process of pork meat in molasses. *Journal of Food Process Engineering*, 37(5), 533–542. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12114>
- Flores, M. (2018). Understanding the implications of current health trends on the aroma of wet and dry cured meat products. *Meat Science*, 144(April), 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.016>
- Flores, M., & Toldrá, F. (2021). Chemistry, safety, and regulatory considerations in the use of nitrite and nitrate from natural origin in meat products. *Meat Science*, 171, 108272. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108272>
- Galla, N. R., Karakala, B., Akula, S., & Pamidighantam, P. R. (2012). Physico-chemical, amino acid composition, functional and antioxidant properties of roe protein concentrates obtained from *Channa striatus* and *Lates calcarifer*. *Food Chemistry*, 132(3), 1171–1176. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.055>
- Gassara, F., Kouassi, A. P., Brar, S. K., & Belkacemi, K. (2016). Green Alternatives to Nitrates and Nitrites in Meat-based Products—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(13), 2133–2148. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.812610>
- Gavahian, M., Sarangapani, C., & Misra, N. N. (2021). Cold plasma for mitigating agrochemical and pesticide residue in food and water: Similarities with ozone and ultraviolet technologies. *Food Research International*, 141, 110138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110138>
- GIBSON, A. M., ROBERTS, T. A., & ROBINSON, A. (1984). Factors controlling the growth of *Clostridium botulinum* types A and B in pasteurized cured meats VI. Nitrite monitoring during storage of pasteurized pork slurries. *International Journal of Food Science & Technology*, 19(1), 29–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb00325.x>
- Górska-Horczyzak, E., Wojtasik-Kalinowska, I., Guzek, D., Sun, D. W., & Wierzbicka, A. (2017). Differentiation of chill-stored and frozen pork necks using electronic nose with ultra-fast gas chromatography. *Journal of Food Process Engineering*, 40(5). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12540>
- Gupta, S., & Sharma, B. D. (2023). Effect of Texturized Soy Protein on Quality of Restructured Meat Slices from Spent Hen. *Agricultural Research*. <https://doi.org/10.1007/s40003-023-00648-9>
- Hadinoto, K., Yang, H., Zhang, T., Cullen, P. J., Prescott, S., & Trujillo, F. J. (2023). The antimicrobial effects of mist spraying and immersion on beef samples with plasma-activated water. *Meat Science*, 200, 109165. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109165>
- Han, G., Fan, Y., Chen, Q., Xia, X., Liu, Q., Li, M., & Kong, B. (2023). Quality and flavor changes in beef jerky caused by high hydrostatic pressure combined with moisture regulator treatments during storage. *Food Science of Animal Products*. <https://doi.org/10.26599/FSAP.2023.9240001>
- Harikrishna, S., Anil, P. P., Shams, R., & Dash, K. K. (2023). Cold plasma as an emerging nonthermal technology for food processing: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14(March), 100747. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100747>
- Herrero, A. M., Ordóñez, J. A., de Avila, R., Herranz, B., de la Hoz, L., & Cambero, M. I. (2007). Breaking strength of dry fermented sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) and physico-chemical characteristics. *Meat Science*, 77(3), 331–338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.022>
- Herrmann, S. S., Duedahl-Olesen, L., & Granby, K. (2015). Occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in processed meat products and the role of heat treatment. *Food Control*, 48, 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.030>
- Honikel, K. O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78(1–2), 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>
- Hoque, M., McDonagh, C., Tiwari, B. K., Kerry, J. P., & Pathania, S. (2022). Effect of Cold Plasma Treatment on the Packaging Properties of Biopolymer-Based Films: A Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031346>
- Horsch, A. M., Sebranek, J. G., Dickson, J. S., Niebuhr, S. E., Larson, E. M., Lavieri, N. A., Ruther, B. L., & Wilson, L. A. (2014). The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. *Meat Science*, 96(1), 400–407.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.036>

Igene, J. O., Yamauchi, K., Pearson, A. M., Gray, J. I., & Aust, S. D. (1985). Mechanisms by which nitrite inhibits the development of warmed-over flavour (WOF) in cured meat. *Food Chemistry*, 18(1), 1–18. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146\(85\)90099-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146(85)90099-8)

Inguglia, E. S., Oliveira, M., Burgess, C. M., Kerry, J. P., & Tiwari, B. K. (2020). Plasma-activated water as an alternative nitrite source for the curing of beef jerky: Influence on quality and inactivation of *Listeria innocua*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59(December 2019), 102276. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102276>

Izumi, K., Cassens, R. G., & Greaser, M. L. (1989). Reaction of nitrite with ascorbic acid and its significant role in nitrite-cured food. *Meat Science*, 26(2), 141–153. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(89\)90037-5](https://doi.org/10.1016/0309-1740(89)90037-5)

Jadhav, H. B., Annapure, U. S., & Deshmukh, R. R. (2021). Non-thermal Technologies for Food Processing. *Frontiers in Nutrition*, 8(June), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.657090>

Jin, S. K., Choi, J. S., Yang, H. S., Park, T. S., & Yim, D. G. (2018). Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Science*, 146(July), 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.032>

Jin, S. keun, Kim, S. H., Choi, J. S., & Yim, D. G. (2019). Effect of diverse binder materials and their addition levels on physico-chemical characteristics of sausages. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(2), 1558–1565. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00071-1>

Jo, K., Lee, J., Lim, Y., Hwang, J., & Jung, S. (2018). Curing of meat batter by indirect treatment of atmospheric pressure cold plasma. 45(March), 94–104.

Jo, K., Lee, S., Jo, C., Jeon, H. J., Choe, J. H., Choi, Y. S., & Jung, S. (2020). Utility of winter mushroom treated by atmospheric non-thermal plasma as an alternative for synthetic nitrite and phosphate in ground ham. *Meat Science*, 166(December 2019), 108151. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108151>

Juneja, V. K., Valenzuela-Melendres, M., Heperkan, D., Bautista, D., Anderson, D., Hwang, C.-A., Peña-Ramos, A., Camou, J. P., & Torrentera-Olivera, N. (2016). Development of a predictive model for *Salmonella* spp. reduction in meat jerky product with temperature, potassium sorbate, pH, and water activity as controlling factors. *International Journal of Food Microbiology*, 236, 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.06.028>

Jung, S., Kim, H. J., Park, S., In Yong, H., Choe, J. H., Jeon, H. J., Choe, W., & Jo, C. (2015). The use of atmospheric pressure plasma-treated water as a source of nitrite for emulsion-type sausage. *Meat Science*, 108, 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.06.009>

Jung, S., Kim, H. J., Park, S., Yong, H. I., Choe, J. H., Jeon, H. J., Choe, W., & Jo, C. (2015). Color developing capacity of plasma-treated water as a source of nitrite for meat curing. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(5), 703–706. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.5.703>

Jung, S., Lee, C. W., Lee, J., Yong, H. I., Yum, S. J., Jeong, H. G., & Jo, C. (2017). Increase in nitrite content and functionality of ethanolic extracts of *Perilla frutescens* following treatment with atmospheric pressure plasma. *Food Chemistry*, 237, 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.095>

Jung, S., Lee, J., Lim, Y., Choe, W., Yong, H. I., & Jo, C. (2017). Direct infusion of nitrite into meat batter by atmospheric pressure plasma treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 39, 113–118. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.11.010>

Kang, K. M., Lee, S. H., & Kim, H. Y. (2021). Quality properties of whole milk powder on chicken breast emulsion-type sausage. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(2), 405–416. <https://doi.org/10.5187/JAST.2021.E30>

Kanner, J., Harel, S., Shagalovich, J., & Berman, S. (1984). Antioxidative Effect of Nitrite in Cured Meat Products: Nitric Oxide-iron Complexes of Low Molecular Weight. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32(3), 512–515. <https://doi.org/10.1021/jf00123a023>

Katekhong, W., & Charoenrein, S. (2017). Color and gelling properties of dried egg white: Effect of drying methods and storage conditions. *International Journal of Food Properties*, 20(9), 2157–2168. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1233429>

Khalifa M Y, & Ghanimah M. (2013). Studies on Fluid Milk Viscosity as Affected by Some Factors. *Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences*, 8(2), 57–66. https://www.researchgate.net/publication/307884944_STUDIES_ON_FLUID_MILK_VISCOSITY_AS_AFFECTED_BY_SOME_FACTORS

Kilic, A., & Oztan, A. (2013). Effect of ascorbic acid utilization on cold smoked fish quality (*Oncorhynchus mykiss*) during process and storage. *Food Science and Technology Research*, 19(5), 823–831. <https://doi.org/10.3136/fstr.19.823>

Killinger, K. M., Hunt, M. C., Campbell, R. E., & Kropf, D. H. (2000). Factors affecting premature browning during cooking of store-purchased ground beef. *Journal of Food Science*, 65(4), 585–588.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16053.x>

Kim, J. W., Lee, H. J., Shin, D. J., Baek, K. H., Yong, H. I., Jung, S., & Jo, C. (2021). Enrichment of nitrite in onion powder using atmospheric pressure plasma and egg whites for meat curing. *Lwt*, 135(July 2020), 110050. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110050>

Kim, T. K., Hwang, K. E., Lee, M. A., Paik, H. D., Kim, Y. B., & Choi, Y. S. (2019). Quality characteristics of pork loin cured with green nitrite source and some organic acids. *Meat Science*, 152(February), 141–145. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.015>

Kim, T. K., Hwang, K. E., Song, D. H., Ham, Y. K., Kim, Y. B., Paik, H. D., & Choi, Y. S. (2019). Effects of natural nitrite source from Swiss chard on quality characteristics of cured pork loin. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(12), 1933–1941. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0117>

Blankklin, T., Banjongsinsiri, P., Vatanyoopaisarn, S., Rangasardthong, V., & Thumthanaruk, B. (2019). Effect of egg white on physicochemical properties of mixed fish sausage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 346(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/346/1/012048>

Konieczny, P., Stangierski, J., & Kijowski, J. (2007). Physical and chemical characteristics and acceptability of home style beef jerky. *Meat Science*, 76(2), 253–257. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.11.006>

Kumar, D., Yadav, G. P., Dalbhat, C. G., & Mishra, H. N. (2022). Effects of cold plasma on food poisoning microbes and food contaminants including toxins and allergens: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.17010>

Kumar, S., & Sharma, B. D. (2003). Effect of skimmed milk powder incorporation on the physico-chemical and sensory characteristics of restructured buffalo meat blocks. *Journal of Applied Animal Research*, 23(2), 217–222. <https://doi.org/10.1080/09712119.2003.9706424>

Kurt, S., & Zorba, Ö. (2010). Effect of ripening period, nitrite level and heat treatment on the chemical characteristics of turkish dry fermented sausage (sucuk). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(8), 1105–1111. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90565>

Laroque, D. A., Seo, S. T., Valencia, G. A., Laurindo, J. B., & Carciofi, B. A. M. (2022). Cold plasma in food processing: Design, mechanisms, and application. *Journal of Food Engineering*, 312(July 2021). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110748>

Lee, J., Jo, K., & Jung, S. (2018). The curing of meat batter by the plasma treated juice of red perilla. 45(September), 475–484.

Lee, J., Jo, K., Lim, Y., Jeon, H. J., Choe, J. H., Jo, C., & Jung, S. (2018). The use of atmospheric pressure plasma as a curing process for canned ground ham. *Food Chemistry*, 240(May 2017), 430–436. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.148>

Lee, J., Lee, C. W., Yong, H. I., Lee, H. J., Jo, C., & Jung, S. (2017). Use of atmospheric pressure cold plasma for meat industry. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(4), 477–485. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.4.477>

Li, X., Li, M., Ji, N., Jin, P., Zhang, J., Zheng, Y., Zhang, X., & Li, F. (2019). Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances antioxidant activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit. *LWT*, 115, 108447. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108447>

Li, Y., Kojtari, A., Friedman, G., Brooks, A. D., Fridman, A., & Ji, H. F. (2014). Decomposition of L-valine under nonthermal dielectric barrier discharge plasma. *Journal of Physical Chemistry B*, 118(6), 1612–1620. <https://doi.org/10.1021/jp411440k>

Lien, R., Hunt, M. C., Anderson, S., Kropf, D. H., Loughin, T. M., Dikeman, M. E., & Velazco, J. (2002). Effects of endpoint temperature on the internal color of pork loin chops of different quality. *Journal of Food Science*, 67(3), 1007–1010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09444.x>

Lorenzo, J. M., Gómez, M., & Fonseca, S. (2014). Effect of commercial starter cultures on physicochemical characteristics, microbial counts and free fatty acid composition of dry-cured foal sausage. *Food Control*, 46, 382–389. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.025>

Luo, J., Yan, W., Nasiru, M. M., Zhuang, H., Zhou, G., & Zhang, J. (2019). Evaluation of physicochemical properties and volatile compounds of Chinese dried pork loin curing with plasma-treated water brine. *Scientific Reports*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50351-5>

Luo, Y., Zhao, L., Xu, J., Su, L., Jin, Z., Su, R., & Jin, Y. (2020). Effect of fermentation and postcooking procedure on quality parameters and volatile compounds of beef jerky. *Food Science and Nutrition*, 8(5), 2316–2326. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1515>

Machala, Z., Tarabova, B., Hensel, K., Spetlikova, E., Sikurova, L., & Lukes, P. (2013). Formation of ROS and RNS in water electro-sprayed through transient spark discharge in air and their bactericidal effects. *Plasma Processes and Polymers*, 10(7), 649–659. <https://doi.org/10.1002/ppap.201200113>

Mahdavian Mehr, H., & Koocheki, A. (2020). Effect of atmospheric cold plasma on structure, interfacial and

- emulsifying properties of Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 106, 105899. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105899>
- Majou, D., & Christeians, S. (2018). Mechanisms of the bactericidal effects of nitrate and nitrite in cured meats. *Meat Science*, 145(July), 273–284. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.013>
- Martín-Sánchez, A. M., Ciro-Gómez, G., Sayas, E., Vilella-Esplá, J., Ben-Abda, J., & Pérez-Álvarez, J. Á. (2013). Date palm by-products as a new ingredient for the meat industry: Application to pork liver pâté. *Meat Science*, 93(4), 880–887. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.049>
- McMurtrie, K. E., Kerth, C. R., Bratcher, C. L., Curtis, P. A., & Smith, B. (2012). Marination with natural curing ingredients, storage time, and serving temperature effects on the sensory characteristics of forage-finished or commercially-sourced beef roasts. *Meat Science*, 90(3), 747–754. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.006>
- Melngaile, A., Ciekure, E., Valcina, O., Safety, F., Health, A., & Bior, E. (2014). *Foodbalt 2014 Microbiological Quality of Meat Preparations and Meat Products*. January, 61–65.
- Meng, D., Yang, X., Liu, H., Zhang, D., Hou, C., & Wang, Z. (2022). Effect of Cold-Plasma-Treated Phosphate Solution to Substitute Partial Nitrite on the Color, Texture, and Flavor of Smoked Sausage. *Bioengineering*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/bioengineering9120794>
- Merino, L., Ola, P., Toldrá, F., & Ilbäck, N. (2016). Time-dependent depletion of nitrite in pork / beef and chicken meat products and its effect on nitrite intake estimation. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 33(2), 186–192. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1125530>
- Mineki, M., Tanahashi, N., & Shidara, H. (2003). Physical and chemical properties of ostrich egg (*Struthio camelus domesticus*): comparison with white leghorn hen egg. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi = Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, 50(6), 266–271. <https://doi.org/10.3136/nskkk.50.266>
- Mohan, C. (2016). Buffers. A Guide for the Preparation and Use of Buffers in Biological Systems. *Calbiochem*, 1, 1–30.
- Mounir, S., & Allaf, K. (2018). Response surface methodology (RSM) as relevant way to study and optimize texturing by instant controlled pressure drop DIC in innovative manufacturing of egg white and yolk powders. *Drying Technology*, 36(8), 990–1005. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1367929>
- Muthia, D., Huda, N., Ismail, N., & Easa, A. M. (2012). The effects of egg white powder addition with tapioca and sago flours on physicochemical and sensory properties of duck sausage. *International Food Research Journal*, 19(4), 1415–1421.
- Naveena, B. M., Sen, A. R., Vaithyanathan, S., Babji, Y., & Kondaiah, N. (2008). Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. *Meat Science*, 80(4), 1304–1308. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.005>
- Niemira, B. A. (2014). *Chapter 18 - Decontamination of Foods by Cold Plasma* (D.-W. B. T.-E. T. for F. P. (Second E. Sun (ed.); pp. 327–333). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411479-1.00018-8>
- Nummer, B. A., Harrison, J. A., Harrison, M. A., Kendall, P., Sofos, J. N., & Andress, E. L. (2004). Effects of preparation methods on the microbiological safety of home-dried meat jerky. *Journal of Food Protection*, 67(10), 2337–2341. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.10.2337>
- Pandey, S., Jangra, R., Ahlawat, K., Mishra, R., Mishra, A., Jangra, S., & Prakash, R. (2023). Selective generation of nitrate and nitrite in plasma activated water and its physicochemical parameters analysis. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics*, 474, 128832. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2023.128832>
- Pang, B., Yu, X., Bowker, B., Zhang, J., Yang, Y., & Zhuang, H. (2021). Effect of meat temperature on moisture loss, water properties, and protein profiles of broiler pectoralis major with the woody breast condition. *Poultry Science*, 100(2), 1283–1290. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.034>
- Parlament Europejski i Rada (WE). (2008). Rozporządzenie nr 1333/2008 z 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 354(1333), 16–33.
- Parlament Europejski i Rada (WE). (2023). ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2023/2108 z dnia 6 października 2023 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 oraz załącznik do rozporządzenia Komisji (UE) nr 231/2012 w odniesieniu do dodatków do żywności. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, 2108.
- Pegg, R. B., & Shahidi, F. (2000). The N-Nitrosamine Problem and Nitrite Alternatives. *Nitrite Curing of Meat*.
- Pegg, R. B., & Shahidi, F. (2004a). *Nitrite Curing of Meat: The N-Nitrosamine Problem and Nitrite Alternatives*. Wiley. <https://books.google.pl/books?id=7ak7CwAAQBAJ>
- Pegg, R. B., & Shahidi, F. (2004b). Heat effects on meat. Flavour development. *Encyclopedia of Meat Sciences*, 1, 570–578. <https://doi.org/10.1016/B0-12-464970-X/00167-7>
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their

- Implication in Various Diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30(1), 11–26. <https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0>
- Phisut, N. (2012). Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal*, 19(1), 7–18.
- Pikul, J., Leszczynski, D. E., & Kummerow, F. A. (1989). Evaluation of Three Modified TBA Methods for Measuring Lipid Oxidation in Chicken Meat. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 37, Issue 5, pp. 1309–1313). <https://doi.org/10.1021/jf00089a022>
- Pisula, A., & Pospiech, E. (2011). *Mięso - podstawy nauki i technologii*.
- Pokorny, L., Maturana, I., & Bortle, W. H. (2006). Sodium Nitrate and Nitrite. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. <https://doi.org/10.1002/0471238961.1915040916151115.a01.pub2>
- Póttorak, A., Marcinkowska-Lesiak, M., Lendzion, K., Moczowska, M., Onopiuk, A., Wojtasik-Kalinowska, I., & Wierzbicka, A. (2018). Evaluation of the antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial effects of catuaba, galangal, roseroot, maca root, guarana and polyfloral honey in sausages during storage. *LWT*, 96, 364–370. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.035>
- Ramezan, Y., Hematabadi, H., Ramezan, M., Khani, M. R., Kamkari, A., & Najafi Tabrizi, A. (2022). Effect of cold atmospheric plasma torch distance on the microbial inactivation and sensorial properties of ready-to-eat olivier salad. *Food Science and Technology International*, 29(7), 710–717. <https://doi.org/10.1177/10820132221108709>
- Ramkumar, M. C., Cools, P., Arunkumar, A., De Geyter, N., Morent, R., Kumar, V., Udaykumar, S., Gopinath, P., Jaganathan, S. K., & Pandiyaraj, K. N. (2018). Polymer coatings for biocompatibility and reduced nonspecific adsorption. In *Functionalised Cardiovascular Stents*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100496-8.00009-3>
- Ribeiro, J. S., Santos, M. J. M. C., Silva, L. K. R., Pereira, L. C. L., Santos, I. A., da Silva Lannes, S. C., & da Silva, M. V. (2019). Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Science*, 148, 181–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.016>
- Sales, J. (2015). *Comparative physical and nutritive characteristics of ostrich eggs*. January. <https://doi.org/10.1079/WPS19960004>
- Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (2001). The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. *Meat Science*, 58(4), 421–429. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00045-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00045-6)
- Santhosh, R., Babu, D. M., Thakur, R., Nath, D., Hoque, M., Gaikwad, K. K., Ahmed, J., & Sarkar, P. (2024). Effect of atmospheric cold plasma treatment on structural, thermal, and mechanical properties of pea protein isolate edible films. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 37, 101398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101398>
- Scholtz, V., Pazlarova, J., Souskova, H., Khun, J., & Julak, J. (2015). Nonthermal plasma — A tool for decontamination and disinfection. *Biotechnology Advances*, 33(6, Part 2), 1108–1119. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.01.002>
- Shen, J., Tian, Y., Li, Y., Ma, R., Zhang, Q., Zhang, J., & Fang, J. (2016). Bactericidal Effects against *S. aureus* and Physicochemical Properties of Plasma Activated Water stored at different temperatures. *Scientific Reports*, 6(March). <https://doi.org/10.1038/srep28505>
- Shi, H., Ileleji, K., Stroschne, R. L., Keener, K., & Jensen, J. L. (2017). Reduction of Aflatoxin in Corn by High Voltage Atmospheric Cold Plasma. *Food and Bioprocess Technology*, 10(6), 1042–1052. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1873-8>
- Siekman, L., Plötz, M., & Kirschek, C. (2021). Alternative Curing Methods. *Current Clinical Microbiology Reports*, 8(2), 40–48. <https://doi.org/10.1007/s40588-021-00164-w>
- Silva, V. D. M., & Silvestre, M. P. C. (2003). Functional properties of bovine blood plasma intended for use as a functional ingredient in human food. *LWT - Food Science and Technology*, 36(7), 709–718. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00092-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00092-6)
- Silveira, M. R., Coutinho, N. M., Esmerino, E. A., Moraes, J., Fernandes, L. M., Pimentel, T. C., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Senaka Ranadheera, C., Borges, F. O., Neto, R. P. C., Tavares, M. I. B., Fernandes, F. A. N., Fonteles, T. V., Nazzaro, F., Rodrigues, S., & Cruz, A. G. (2019). Guava-flavored whey beverage processed by cold plasma technology: Bioactive compounds, fatty acid profile and volatile compounds. *Food Chemistry*, 279, 120–127. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.128>
- Singh, Y., Cullere, M., Kovitvadi, A., Chundang, P., & Dalle Zotte, A. (2020). Effect of different killing methods on physicochemical traits, nutritional characteristics, in vitro human digestibility and oxidative stability during storage of the house cricket (*Acheta domesticus* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 65, 102444. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102444>
- Skryplonek, K. (2016). Zimna plazma, jako niekonwencjonalna metoda utrwalania żywności. *Inżynieria*

Przetwórstwa Spożywczego, 4(20), 28–33.

Stannard, C. (1997). Development and use of microbiological criteria for foods Guidance for those involved in using and interpreting microbiological criteria for foods. *Food Science and Technology Today*, 11(3), 137–176.

Stryczewska, H. D. (2011). Technologie zimnej plazmy. Wytwarzanie, modelowanie, zastosowania. *Elektryka*, 1(217), 41–60. <https://www.elektr.polsl.pl/images/elektryka/217/217-4.pdf>

Sullivan, G. A., Jackson-Davis, A. L., Niebuhr, S. E., Xi, Y., Schrader, K. D., Sebranek, J. G., & Dickson, J. S. (2012). Inhibition of *listeria monocytogenes* using natural antimicrobials in no-nitrate-or-nitrite-Added ham. *Journal of Food Protection*, 75(6), 1071–1076. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-511>

Sun, W. Q., Zhou, G. H., Xu, X. L., & Peng, Z. Q. (2009). Studies on the structure and oxidation properties of extracted cooked cured meat pigment by four spectra. *Food Chemistry*, 115(2), 596–601. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.060>

Sun, W., & Xiong, Y. L. (2015). Stabilization of cooked cured beef color by radical-scavenging pea protein and its hydrolysate. *LWT - Food Science and Technology*, 61(2), 352–358. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.048>

Terebun, P., Krupski, P., Kwiatkowski, M., Samoń, R., Diatczyk, J., Pawlat, J., & Stryczewska, H. (2015). Wybrane Metody Pomiaru Temperatury Plazmy W Reaktorach Typu Jet. *Informatics, Control, Measurement in Economy and Environment Protection*, 5(3), 43–46. <https://doi.org/10.5604/20830157.1166551>

Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J., Đorđević, V., Karabasil, N., & Djekic, I. (2019). Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color evaluation of meat products with various physical properties. *Meat Science*, 148, 5–12. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.09.015>

Tsareva, N. I., Bychkova, T. S., Artemova, E. N., Kozlova, V. A., & Rogacheva, Y. V. (2020). Development of liver pate technology using pea meal. *BIO Web of Conferences*, 17, 00123. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700123>

Tsoukalas, D. S., Katsanidis, E., Marantidou, S., & Bloukas, J. G. (2011). Effect of freeze-dried leek powder (FDLP) and nitrite level on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 87(2), 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.10.003>

van Breda, S. G., Mathijs, K., Pieters, H. J., Sági-Kiss, V., Kuhnle, G. G., Georgiadis, P., Sacconi, G., Parolari, G., Virgili, R., Sinha, R., Hemke, G., Hung, Y., Verbeke, W., Masclee, A. A., Vleugels-Simon, C. B., van Bodegraven, A. A., & de Kok, T. M. (2021). Replacement of Nitrite in Meat Products by Natural Bioactive Compounds Results in Reduced Exposure to N-Nitroso Compounds: The PHYTOME Project. *Molecular Nutrition and Food Research*, 65(20), 1–17. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202001214>

Venkataratnam, H., Sarangapani, C., Cahill, O., & Ryan, C. B. (2019). Effect of cold plasma treatment on the antigenicity of peanut allergen Ara h 1. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 368–375. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.02.001>

Visy, A., Hidas, K. I., Barkó, A., Nguyen, L. L. P., Friedrich, L., & Jónás, G. (2021). Effect of wet-curing on physical properties and proteins of cured ham. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 17(S1), 145–155. <https://doi.org/10.1556/446.2021.30017>

Vlad, I. E., & Anghel, S. D. (2017). Time stability of water activated by different on-liquid atmospheric pressure plasmas. *Journal of Electrostatics*, 87, 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2017.06.002>

Vossen, E., Doolaeghe, E. H. A., Moges, H. D., De Meulenaer, B., Szczepaniak, S., Raes, K., & De Smet, S. (2012). Effect of sodium ascorbate dose on the shelf life stability of reduced nitrite liver pâtés. *Meat Science*, 91(1), 29–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.12.001>

Wagner, J., Biliaderis, C. G., & Moschakis, T. (2020). Whey proteins: Musings on denaturation, aggregate formation and gelation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(22), 3793–3806. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1708263>

WANG Qiang, ZOU Jin, WANG Yurong, ZHAO Huijun, G. Z. (2020). Effect of Egg White Powder Addition on the Quality of Pork Meatballs with Zhaguangjiao, a Chinese Fermented Food Made with Corn Flour and Chili. *Meat Research*, 34(07), 0–3. <https://doi.org/10.7506/rlyj1001-8123-20200226-053>.http

Wang, Y., Enomoto, H., Shen, J., & Hatta, H. (2018). Effect of Egg White Hydrolysates on the Shrinkage, Cooking Loss and Texture of Pork Meat Slices. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 14(6), 186–193. <https://doi.org/10.19026/ajfst.14.5980>

White, W. H., Cook, W. H., & Winkler, C. A. (1940). CANADIAN WILTSHIRE BACON: XI. EFFECT OF HEAT TREATMENT ON NITRITE CONTENT. *Canadian Journal of Research*, 18d(7), 260–265. <https://doi.org/10.1139/cjr40d-023>

Wiktor, A., Śledź, M., Nowacka, M., & Witrowa-Rajchert, D. (2013). Możliwości zastosowania niskotemperaturowej plazmy w technologii żywności. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc/Food. Science Technology. Quality*, 20(5), 5–14.

- Witek-Krowiak, A., Chojnacka, K., Podstawczyk, D., Dawiec, A., & Bubala, K. (2014). Application of response surface methodology and artificial neural network methods in modelling and optimization of biosorption process. *Bioresource Technology*, 160, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.021>
- Wojtasik-Kalinowska, I., Guzek, D., Górską-Horczyzak, E., Głabska, D., Brodowska, M., Sun, D. W., & Wierzbicka, A. (2016). Volatile compounds and fatty acids profile in Longissimus dorsi muscle from pigs fed with feed containing bioactive components. *LWT - Food Science and Technology*, 67, 112–117. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.023>
- Wojtasik-Kalinowska, I., Marcinkowska-Lesiak, M., Onopiuk, A., Szpicer, A., Wierzbicka, A., & Poltorak, A. (2022). The effect of *Solanum lycopersicum* L. extract on quality and flavor stability of ready to eat meat products. *Animal Science Papers and Reports*, 40(4), 423–438.
- Worku Kidane, S. (2021). Application of Response Surface Methodology in Food Process Modeling and Optimization. *Response Surface Methodology in Engineering Science*, October. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100113>
- Wu, S., Thapa, B., Rivera, C., & Yuan, Y. (2021). Nitrate and nitrite fertilizer production from air and water by continuous flow liquid-phase plasma discharge. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104761. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104761>
- Xu, L., Garner, A. L., Tao, B., & Keener, K. M. (2017). Microbial Inactivation and Quality Changes in Orange Juice Treated by High Voltage Atmospheric Cold Plasma. *Food and Bioprocess Technology*, 10(10), 1778–1791. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1947-7>
- Yaghoubi, M., Alirezalu, K., Hesari, J., Peighambaroust, S. H., Marcinkowska-Lesiak, M., Barzegar, Y., Hoseinian-Khosrowshahi, S. R., Marszałek, K., & Mousavi Khaneghah, A. (2023). Application of oleaster leaves (*Elaeagnus angustifolia* L.) essential oil and natural nanoparticle preservatives in frankfurter-type sausages: An assessment of quality attributes and stability during refrigerated storage. *Meat Science*, 198(June 2022). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109097>
- Yang, X., Sebranek, J. G., Luo, X., Zhang, W., Zhang, M., Xu, B., Zhang, Y., & Liang, R. (2021). Effects of calcium salts on the physicochemical quality of cured beef sausages during manufacturing and storage: A potential calcium application for sausages with alginate casings. *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112783>
- Yong, H. I., Lee, S. H., Kim, S. Y., Park, S., Park, J., Choe, W., & Jo, C. (2019). Color development, physiochemical properties, and microbiological safety of pork jerky processed with atmospheric pressure plasma. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 53(September 2017), 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.005>
- Yong, H. I., Park, J., Kim, H. J., Jung, S., Park, S., Lee, H. J., Choe, W., & Jo, C. (2018). An innovative curing process with plasma-treated water for production of loin ham and for its quality and safety. *Plasma Processes and Polymers*, 15(2), 1–9. <https://doi.org/10.1002/ppap.201700050>
- Yu, C., Jiao, J., Ma, L., & Sun, W. (2016). Effect of pH on the stability and molecular structure of nitrosyl hemochromogen. *Food Chemistry*, 196, 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.067>
- Yudhistira, B., Punthi, F., Gavahian, M., Chang, C.-K., Hazeena, S. H., Hou, C.-Y., & Hsieh, C.-W. (2023). Nonthermal technologies to maintain food quality and carbon footprint minimization in food processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 141, 104205. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104205>
- Zhao, L., Jin, Y., Ma, C., Song, H., Li, H., Wang, Z., & Xiao, S. (2011). Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. *Meat Science*, 88(4), 761–766. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.010>

4.4. Informacje o pozostałej działalności naukowo-badawczej

Wyżej wymienione osiągnięcia naukowe jest zgodne z głównymi kierunkami mojej działalności badawczej, która od lat koncentruje się na zagadnieniach związanych z pakowaniem i przechowywaniem żywności, jakością mięsa i wyrobów mięsnych, ale także projektowaniem produktów spożywczych.

4.4.1. Badania nad wpływem materiałów opakowaniowych, metod pakowania oraz warunków przechowywania na jakość i trwałość żywności

Moje zainteresowanie pakowaniem żywności miało wpływ na zakres realizacji pracy doktorskiej pt. „Wpływ rodzaju opakowania oraz warunków przechowywania na wybrane właściwości fizykochemiczne mięsa wieprzowego”. Prowadzone badania oraz publikacje naukowe związane z tym obszarem stanowiły istotną motywację do dalszego pogłębiania wiedzy w zakresie wpływu materiałów opakowaniowych oraz metod pakowania na jakość i trwałość żywności. Już podczas studiów doktoranckich współtworzyłam publikacje dotyczące tego zagadnienia, co pozwoliło mi na zdobycie wiedzy i cennego doświadczenia w ocenie wpływu tych czynników na właściwości fizykochemiczne mięsa i jego przetworów (zał. 4.: II.2.1., II.2.2., II.2.6.). Analiza wyników badań innych autorów stanowiła podstawę do przygotowania dwóch publikacji tj. „Wpływ sposobu pakowania na zachowanie barwy mięsa i przetworów z mięsa wieprzowego” (zał. 4.: II.2.1.) oraz „Możliwość wykorzystania nowoczesnych systemów pakowania w produkcji przetworów z mięsa wieprzowego” (zał. 4.: II.2.2.). Ukazałam w nich potencjał technologii pakowania, takich jak pakowanie w zmodyfikowanej atmosferze (MAP) oraz stosowanie opakowań aktywnych i inteligentnych w kontekście przedłużania trwałości i poprawy jakości sensorycznej produktów mięsnych. Z kolei wyniki badań opisane w publikacji pt. „Wpływ rodzaju opakowania na pH oraz barwę wybranych wyrobów mięsnych o podwyższonej wartości prozdrowotnej” (zał. 4.: II.2.6.) potwierdzają skuteczność tych rozwiązań. Ocena wpływu rodzaju opakowania i czasu przechowywania na zmiany pH i barwy trzech grup wędzonek wieprzowych, wytworzonych ze schabu zwierząt karmionych różnymi metodami, wykazała, że po 16 dniach przechowywania w atmosferze modyfikowanej (30% CO₂ i 70% N₂) w opakowaniach o wysokiej barierowości (PP/EVOH/PP), zmiany barwy były istotnie mniejsze w porównaniu z produktami pakowanymi w opakowania o wyższej przepuszczalności (PP), niezależnie od analizowanej grupy produktów. Wyniki badań wskazały synergiczne zastosowanie wiedzy teoretycznej i empirycznej w optymalizacji jakości mięsa i produktów mięsnych przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii pakowania.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia w ramach zagadnienia 4.4.1. zespoły, w których uczestniczę, często także te, które sama tworzę i nimi kieruję, kontynuują badania dotyczące wpływu różnych parametrów pakowania i warunków przechowywania na właściwości fizykochemiczne i mikrobiologiczne żywności. Badania te obejmują ocenę efektywności materiałów opakowaniowych, metod

pakowania oraz zmiennych środowiskowych w kontekście jakości, trwałości oraz bezpieczeństwa produktów spożywczych.

W publikacji pt. „Effect of packaging method and cold-storage time on chicken meat quality” (zał. 4.: II.1.3.), przeanalizowałam we współpracy z Wydziałem Nauk o Zwierzętach SGGW, wpływ dwóch metod pakowania — próżniowego (VP) oraz w modyfikowanej atmosferze (MAP) z wykorzystaniem mieszanki gazów CO₂/N₂ w stosunku 3:7 — oraz czasu przechowywania (0, 5, 10, 15 dni) na jakość mięśni piersiowych kurcząt o średnim tempie wzrostu, odchowywanych do 63 dnia życia. Badanie to zostało zrealizowane w ramach projektu „Biożywność – innowacyjne funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” nr projektu: POIG.01.01.02-14-090/09 (zał. 4.: II.9.1.). Mięso drobiowe przechowywane w obu systemach pakowania zachowało właściwą jakość do 10 dnia przechowywania, jednak po 15 dniach przechowywania odnotowano znaczące pogorszenie jakości, objawiające się niekorzystnymi zmianami w parametrach barwy (L* i b*), wzrostem strat masy podczas obróbki termicznej oraz gorszymi wynikami oceny semi-konsumenckiej. Wyniki wykazały, że metoda pakowania istotnie wpływa na parametry fizykochemiczne (straty przechowalnicze, straty termiczne, twardość) oraz cechy sensoryczne badanych mięśni. Mięśnie piersiowe przechowywane w opakowaniach próżniowych (VP) charakteryzowały się m.i.n. istotnie (P < 0,01) wyższymi stratami przechowalniczymi w porównaniu z mięśniami pakowanymi w atmosferze modyfikowanej (MAP). Po 15 dniach przechowywania w warunkach próżniowych (VP) wykazywały one również wyższe straty termiczne (P < 0,01). Wyniki te wskazują na znaczenie precyzyjnego doboru metod pakowania oraz monitorowania czasu przechowywania, aby zapewnić optymalną jakość mięsa.

Kolejną publikacją, która powstała we współpracy z Wydziałem Nauk o Zwierzętach SGGW, jest „Analysis of storage possibility of raw and smoked breast meat of oat-fattened White Kołuda® goose based on their quality characteristics” (zał. 4.: II.1.4.). W ramach badań porównano wpływ pięciu metod pakowania na jakość surowych i wędzonych filetów gęsi rasy Biała Kołudzka (*White Kołuda*®). Zastosowano następujące metody pakowania: pakowanie w atmosferze powietrza w workach PET (politereftalan etylenu), pakowanie próżniowe (VP - 99% próżni) oraz trzy warianty atmosfery modyfikowanej (MAP1 - 80% O₂, 20% CO₂; MAP2 - 70% N₂, 30% O₂; MAP3 - 30% O₂, 40% N₂, 30% CO₂). Badanie miało na celu ocenę wpływu różnych metod pakowania na efektywność przechowywania, straty przechowalnicze, parametry fizykochemiczne oraz cechy sensoryczne zarówno surowych jak i wędzonych mięśni gęsi, które po peklowaniu i zachowaniu tłuszczu podskórnego oraz skóry, są klasyfikowane jako produkt regionalny w Polsce i figurują na Liście Produktów Tradycyjnych jako „półgęsek” (Dz. U. Nr 10, poz. 47). Analiza wyników wykazała, że czas przechowywania oraz metoda pakowania miały znaczący wpływ m.in. na straty przechowalnicze oraz parametry fizykochemiczne zarówno surowych mięśni jak i „półgęsków”. Odnotowano najniższe straty przechowalnicze surowych filetów w 10 dniu oraz wędzonych filetów w 15 dniu w opakowaniach VP. Analiza parametrów barwy wykazała, że surowe filety gęsie przechowywane w atmosferze modyfikowanej MAP1 oraz MAP3 charakteryzowały się najbardziej wyraźnym wzrostem wartości parametru L* (jasności), spadkiem wartości parametru a* (udział składowej barwy czerwonej) oraz wzrostem wartości parametru b*

(udział składowej barwy żółtej), w porównaniu do innych badanych prób. Ocena wyglądu „półgęsków” ujawniła także obecność białego osadu na powierzchni wszystkich próbek, z wyjątkiem wariantu przechowywanego próżniowo. Wykazano zatem, że zastosowanie pakowania próżniowego (VP), w porównaniu do atmosfery niemodyfikowanej i atmosfery modyfikowanej (MAP), zapewnia lepszą ochronę surowych filetów gęsich przechowywanych w temperaturze 2°C przez 10 dni. Wynika to przede wszystkim z niekorzystnych zmian barwy mięsa przechowywanego w opakowaniach MAP oraz wysokich straty masy filetów zapakowanych w worki PET. Dodatkowo, metoda pakowania próżniowego może być preferowana przez konsumentów do pakowania i przechowywania wędzonych filetów przez okres do 15 dni, szczególnie ze względu na brak pojawiającego się białego nalotu na powierzchni produktu. Moim zdaniem uzyskane wyniki umożliwiają optymalizację metod pakowania dla regionalnych produktów o wysokiej jakości, takich jak „półgęsek”, co pozwala na zachowanie ich stałych przewag konkurencyjnych tj. unikalnych cech sensorycznych, wydłużenie okresu przechowywania oraz zwiększenie ich dostępności na rynku, przy równoczesnym zachowaniu standardowych procesów produkcyjnych.

W kontekście badań nad jakością żywności przechowywanej w modyfikowanej atmosferze, wraz z zespołem opublikowałam pięć artykułów (w tym trzy przy współudziale Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, obecnie Instytutu Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN), które szczegółowo przedstawiają wyniki analiz wpływu różnych parametrów pakowania oraz warunków przechowywania na właściwości fizykochemiczne i mikrobiologiczne wybranych produktów żywnościowych. Jako pierwszy opublikowany został artykuł pt. „Effect of pig diet composition and type of packaging material on the chosen quality parameters of smoked bacon as related to storage time” (zał. 4.: II.2.11.). Przedstawione wyniki badań wykazały korzyści wynikające z zastosowania opakowań barierowych w aspekcie przechowywania w atmosferze pozbawionej tlenu. Wyroby mięsne przechowywane w opakowaniach o niższej przepuszczalności tlenu charakteryzowały niższą degradacją barwy w analizowanym okresie przechowywania. Z kolei w publikacji „The effect of different gas permeability of packaging on physicochemical and microbiological parameters of pork loin storage under high O₂ modified atmosphere packaging conditions” (zał. 4.: II.1.5.), przeanalizowałam wpływ materiałów opakowaniowych o różnej przepuszczalności gazów na jakość mięsa wieprzowego przechowywanego w atmosferze o składzie 80% O₂ i 20% CO₂. Badania wykazały, że materiały o niższej barierowości względem tlenu sprzyjały m.in. wzrostowi ogólnej liczby bakterii tlenowych oraz bakterii *Pseudomonas spp.*. Wyniki obu publikacji podkreślają znaczenie właściwego doboru materiałów opakowaniowych, które mogą istotnie wpłynąć na wydłużenie trwałości zarówno mięsa, jak i wyrobów mięsnych. Wyniki publikacji „The effect of varying gas headspace to meat ratio on the quality of pork loin stored in high O₂ modified atmosphere” (zał. 4.: II.1.6.) koncentrowały się z kolei na ocenie wpływu różnych proporcji objętości zastosowanych gazów (80% O₂, 20% CO₂) do objętości zapakowanego mięsa (3:1, 1:1, 1:3) na jego jakość podczas przechowywania. Najkorzystniejsze wyniki jakościowe uzyskano przy proporcji objętości gazów do mięsa 1:1. Nadmierne wypełnienie opakowania mięsem sprzyjało wzrostowi liczby drobnoustrojów, podczas gdy nadmiar gazów w opakowaniu powodował niekorzystne zmiany w barwie mięsa. Wyniki

te wskazują na konieczność optymalizacji proporcji objętości gazów do objętości mięsa w celu zapewnienia wyższej jakości przechowywanego produktu. W publikacji „Quality of pork loin stored under different light intensity” (zał. 4.: II.1.7.) przeanalizowałam także wpływ zastosowanego oświetlenia na właściwości fizykochemiczne i mikrobiologiczne mięsa wieprzowego przechowywanego w zmodyfikowanej atmosferze (80% O₂, 20% CO₂). Mięso było przechowywane bez dostępu światła lub ekspozowane na działanie światła o natężeniu 1000 lx i 2000 lx przez 12 dni. Wyniki badań wykazały, że intensywność oświetlenia miała istotny wpływ na właściwości mięsa, w tym jego barwę, straty masy oraz teksturę. Wyższe natężenie światła przyspieszało wzrost drobnoustrojów i prowadziło do zwiększenia stosunku kwasów tłuszczowych n-6/n-3. Ponadto, przechowywanie mięsa bez dostępu światła lub przy niskiej intensywności światła okazało się korzystniejsze dla utrzymania jego jakości. Z kolei w publikacji pt. „Modified atmosphere packaging for extending the shelf life of fresh *Agaricus bisporus*” (zał. 4.: II.1.8) oceniono wpływ modyfikowanej atmosfery i materiałów opakowaniowych na trwałość pieczarek. Wyniki badań potwierdziły, że odpowiednio dobrana atmosfera może skutecznie opóźnić proces brązowienia i spowolnić utratę jędrności pieczarek. Optymalne warunki przechowywania uzyskano, stosując modyfikowaną atmosferę 10% O₂, 5% CO₂, 85% N₂ lub 20% O₂, 0% CO₂, 80% N₂ w połączeniu z właściwie dobranym materiałem opakowaniowym. Zestawienie wyników publikacji II.1.3., II.2.11., II.1.5., II.1.6., II.1.7. oraz II.1.8. wskazuje, że precyzyjny dobór parametrów pakowania, takich jak skład atmosfery modyfikowanej, rodzaj materiału opakowaniowego oraz warunki przechowywania, odgrywają istotną rolę w przedłużaniu trwałości zarówno produktów pochodzenia zwierzęcego, jak i roślinnego.

W ramach analizowanego zagadnienia (4.4.1.) zespoły badawcze Katedry Techniki i Projektowania Żywności, w których aktywnie uczestniczyłam, prowadziły również prace nad innowacyjnymi, proekologicznymi metodami przechowywania, takimi jak ozonowanie oraz stosowanie jadalnych powłok ochronnych. Metody te są istotne z uwagi na redukcję potrzeby stosowania syntetycznych środków konserwujących oraz ograniczenie odpadów opakowaniowych. Ozonowanie efektywnie ogranicza rozwój drobnoustrojów podczas, gdy powłoki jadalne tworzą dodatkową barierę ochronną, co wspiera dłuższe zachowanie jakości produktów. W kontekście rosnących wymagań środowiskowych i regulacyjnych, te dwa innowacyjne podejścia wspierają zrównoważony rozwój oraz odpowiadają na potrzeby rynku w zakresie bezpiecznego i przyjaznego środowisku przechowywania żywności. W publikacji pt. „Impact of the storage atmosphere enriched with ozone on the quality of *Lycopersicon esculentum* tomatoes” (zał. 4.: II.1.13.), w ramach zespołu badawczego, którego byłam członkiem, przeanalizowaliśmy wpływ ozonowania na jakość pomidorów (*Lycopersicon esculentum*). Celem badania było określenie wpływu ozonu na aktywność antyoksydacyjną i właściwości fizyczne trzech odmian pomidorów: Reconquista, Rapanui i Sacher. Pomidory poddano działaniu ozonu w stężeniach 0,9 mg/L i 2,5 mg/L przez 30 i 120 minut, a następnie przechowywano przez 15 dni w temperaturze 12 ± 1°C. Wyniki wykazały, że ozonowanie znacząco zwiększyło całkowitą aktywność antyoksydacyjną o około 15% w porównaniu do grupy kontrolnej oraz zredukowało straty masy, co prowadziło do lepszej jędrności pomidorów. Najlepsze efekty uzyskano przy stężeniu 2,5 mg/L przez 120 minut. Ozonowanie

nie wpłynęło natomiast istotnie na barwę pomidorów. Wyniki te potwierdzają skuteczność ozonowania jako metody przedłużającej trwałość pomidorów, ograniczając straty masy i utrzymując odpowiednią jędrność. Dodatkowo, w ramach publikacji pt. „Effect of applied ozone dose, time of ozonation, and storage time on selected physicochemical characteristics of mushrooms (*Agaricus bisporus*)” (zał. 4.: II.1.15.), przeanalizowano wpływ dawki ozonu, czasu ozonowania oraz okresu przechowywania na wybrane właściwości fizykochemiczne pieczarek przechowywanych przez 14 dni w temperaturze 2°C. Grzyby poddano działaniu ozonu w stężeniach 0,5, 1,0 oraz 2,0 mg/L przez 30 i 60 minut. Najlepsze rezultaty uzyskano stosując stężenie ozonu 1 mg/L. Wyższe stężenie ozonu (2 mg/L), mimo że utrzymywało jędrność pieczarek to jednocześnie przyspieszało ich brunatnienie zewnętrzne po 14 dniach przechowywania. Z kolei w publikacji pt. „The influence of sage and hemp oil addition to gelatin-based edible coating on the quality features of pork” (zał. 4.: II.1.14.), analizowałam wpływ udziału olejku z szałwii oraz oleju konopnego do jadalnych powłok żelatynowych na właściwości jakościowe mięsa wieprzowego podczas przechowywania. Badanie to obejmowało grupę kontrolną (C), której mięso nie było pokrywane powłoką, oraz kilka grup testowych, w których mięso było pokrywane żelatyną z udziałem olejków szałwiowego i konopnego w różnych proporcjach: E1 (0% olejku z szałwii, 0% oleju konopnego), E2 (2% oleju konopnego), E3 (1% olejku z szałwii, 1% oleju konopnego), E4 (2% olejku z szałwii). Wyniki wykazały znaczące różnice w jakości mięsa w zależności od zastosowanej powłoki. Zastosowany udział oleju konopnego w znacznym stopniu ograniczał utratę masy mięsa w porównaniu z grupą kontrolną. Z kolei olejek z szałwii najskuteczniej chronił barwę mięsa oraz hamował procesy utleniania. Powłoki E3 i E4 były także najbardziej efektywne w spowalnianiu wzrostu drobnoustrojów, redukując liczbę bakterii tlenowych w odniesieniu do grupy kontrolnej. Powłoki E3 i E4 okazały się również najbardziej efektywne w hamowaniu wzrostu drobnoustrojów, skutkując znaczną redukcją liczby bakterii tlenowych w porównaniu z grupą kontrolną. Podobnie, w publikacji pt. „Application of propolis extract in gelatin coatings as environmentally friendly method for extending the shelf life of pork loin” (zał. 4.: II.1.19.), wspólnie z zespołem oceniłam wpływ powłok żelatynowych wzbogaconych ekstraktem z propolisu w stężeniach 1%, 2% i 3% na parametry jakości mięsa wieprzowego. Wyniki wykazały, że wyższe stężenia propolisu (2% oraz 3%) w powłokach istotnie poprawiły właściwości fizykochemiczne mięsa oraz skutecznie zredukowały wzrost ogólnej liczby drobnoustrojów. Ponadto, w publikacji pt. „Physicochemical properties of white button mushrooms (*agaricus bisporus*) as affected by coating” (zał. 4.: II.1.9.), zespół badawczy, którego byłam członkiem, analizował wpływ różnych powłok jadalnych (0,3% roztwór chlorku wapnia (CaCl_2), 2% roztwór CaCl_2 , 0,1% roztwór chitozanu w 1% kwasie cytrynowym, 0,5% roztwór chitozanu w 1% kwasie cytrynowym oraz 0,1% roztwór chitozanu w 0,5% kwasie octowym) na jakość pieczarek. Wyniki te wykazały, że pieczarki traktowane roztworem CaCl_2 oraz roztworem chitozanu w kwasie cytrynowym można przechowywać do 14 dni w temperaturze 2°C bez istotnego pogorszenia ich jakości. Podsumowując, wyniki publikacji II.1.13, II.1.15, II.1.14 oraz II.1.9 należy stwierdzić, iż zaobserwowano efektywność zastosowanych metod w przedłużaniu trwałości żywności, przy jednoczesnym wskazaniu na potrzebę dalszych badań w zakresie akceptacji sensorycznej i optymalizacji stężeń

używanych substancji. Te innowacyjne techniki oferują obiecujące alternatywy dla standardowych metod pakowania, przyczyniając się do bardziej zrównoważonego i proekologicznego podejścia w przemyśle spożywczym.

Szczegółowe wyniki badań zostały omówione w publikacjach II.2.1, II.2.2., II.2.6., II.1.3., II.1.4., II.2.11., II.1.5., II.1.6., II.1.7., II.1.8., II.1.13., II.1.15., II.1.14., II.1.9., zgodnie z numeracją podaną w załączniku 4.

4.4.2. Badania dotyczące jakości mięsa i wyrobów mięsnych

Kolejnym obszarem mojej działalności badawczej, realizowanej zarówno w ramach współpracy z zespołami Katedry Techniki i Projektowania Żywności (do 2019 roku – Samodzielny Zakład Techniki w Żywieniu) na Wydziale Nauk o Żywieniu (SGGW), jak i z pracownikami Wydziału Nauk o Zwierzętach (SGGW), jest wieloczynnikowa analiza jakości mięsa oraz produktów mięsnych. Zagadnienie to uważam za istotne zarówno z punktu widzenia zdrowia konsumentów, jak i efektywności procesów produkcyjnych. Publikacje naukowe zrealizowane w ramach tej grupy tematycznej, zarówno przed jak i po obronie pracy doktorskiej, koncentrowały się na różnych aspektach jakości mięsa i wyrobów mięsnych oraz na nowych metodach zabezpieczania jakości, zwłaszcza poprzez zastosowanie składników pochodzenia naturalnego.

Już w trakcie studiów doktoranckich opublikowałam dwie publikacje przedstawiające analizy jakości mięsa drobiowego, w ramach współpracy Wydziału Nauk o Żywieniu z Wydziałem Nauk o Zwierzętach. Pierwszą publikacją pt. „Czynniki warunkujące przebieg utleniania lipidów w mięsie drobiowym” (zał. 4: II.2.4.), dotyczy mechanizmów oksydacji lipidów w mięsie drobiowym. W artykule tym przeanalizowałam czynniki wpływające na stabilność oksydacyjną lipidów oraz metody kontrolowania tych procesów. Druga publikacja pt. „Czynniki kształtujące cechy sensoryczne mięsa drobiowego” (zał. 4: II.2.5.), koncentrowała się natomiast na analizie właściwości sensorycznych mięsa drobiowego, które stanowią istotny element determinujący akceptację tego produktu przez konsumentów. Przedstawiono czynniki wpływające na smakowość i wartość odżywczą mięsa, z uwzględnieniem ich wpływu na postrzeganą jakość produktu. Szczególną uwagę poświęcono znaczeniu tych parametrów w kontekście rosnącej konsumpcji mięsa drobiowego w Polsce, podkreślając ich istotność dla kształtowania preferencji konsumenckich oraz potencjalnych implikacji dla rynku. Obie publikacje miały na celu weryfikację aktualnego stanu wiedzy na temat czynników wpływających na jakość mięsa drobiowego oraz identyfikację potencjalnych kierunków przyszłych badań zespołu. W kolejnej publikacji, skupiłam się na wpływie dymorfizmu płciowego na jakość mięsa drobiowego (zał.4: II.2.7.), jako jednego z czynników kształtujących ogólną jakość mięsa, o którym dotychczas brakowało szczegółowych informacji, gdyż wszystkie pisklęta, bez względu na płeć, przeznacza się do odchowu razem. Wyniki pracy „Wpływ płci na wybrane cechy jakości mięśni mieszańców (CCZk)” wykazały, że płeć kurcząt średnio rosnących ma istotny wpływ na właściwości fizykochemiczne oraz właściwości smakowe mięsa drobiowego. Mięso pochodzące od kur charakteryzowało się wyższą

zawartością tłuszczu śródmięśniowego, wyższym pH, niższymi stratami termicznymi, a także niższymi średnimi wartościami twardości mierzonymi metodami instrumentalnymi. Wyniki te mogą mieć znaczenie dla lepszej oceny semi-konsumenckiej, uzyskanej w tych badaniach właśnie dla mięśni pozyskanych od kur. Analiza barwy wykazała, że mięśnie piersiowe kur były ciemniejsze, co odzwierciedlają istotnie niższe wartości parametru L^* (jasność) ($P < 0,05$). Mięśnie piersiowe kogutów, charakteryzowały się wyższym udziałem barwy czerwonej (parametr a^*) i niższym udziałem składowej barwy żółtej (parametr b^*). Z kolei w publikacji pt. „Geese filets flavor stability and quality characteristics at different stages of sous-vide cooking” (zał. 4: II.1.16.) zespół Katedry Techniki i Projektowania Żywności, którego byłam członkiem ocenił wpływ czynników takich jak temperatura obróbki niskotemperaturowej sous-vide (60°C, 70°C, 80°C) oraz czas jej trwania (6 h, 24 h) na profil aromatycznych związków lotnych, stopień denaturacji białek, utlenianie lipidów, barwę, twardość, straty termiczne i pH filetów z gęsi. Analiza wyników umożliwiła określenie charakterystycznych zakresów temperatury, które mogą poprawić parametry fizykochemiczne analizowanych produktów. Zaobserwowano, że wydajność obróbki termicznej, wartości L^* (jasność) oraz a^* (udział składowej barwy czerwonej) i wartości twardości zmniejszały się wraz z wydłużeniem czasu obróbki termicznej i wzrostem temperatury, natomiast wartości b^* (udział składowej barwy żółtej) i TBARS wzrastały wraz z wydłużeniem czasu obróbki termicznej i wzrostem temperatury. Wydłużenie obróbki termicznej skutkowało także zwiększoną obecnością aromatycznych związków lotnych. Kolejne badanie zespołu, opublikowane pt. „Effect of temperature and oxygen dose during rendering of goose fat to promote fatty acid profiles” (zał. 4: II.1.17.), dostarczyło dodatkowej wiedzy na temat dwóch metod wytapiania tłuszczu gęsiego: sous-vide oraz standardowego. Analiza ta skupiła się na ich wpływie na profil kwasów tłuszczowych i aromatycznych związków lotnych, barwę oraz stopień oksydacji tłuszczu przechowywanego w warunkach chłodniczych. Wytapianie w niskiej temperaturze skutkowało zwiększeniem zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz obniżeniem zawartości kwasów tłuszczowych nasyconych ($P \leq 0,05$). Wyniki wskazują, że metoda sous-vide z ograniczonym dostępem tlenu skutecznie redukuje procesy utleniania tłuszczu. Analiza głównych składowych aromatycznych związków lotnych wykazała, że aldehydy były dominującą frakcją lotnych związków w tłuszczu gęsim, niezależnie od zastosowanej metody wytapiania. Tłuszcz wytapiany metodą sous-vide w temperaturze 90°C różnił się aromatem od tłuszczu surowego i tłuszczu wytapianego standardowo, a zawartość korzystnych kwasów tłuszczowych była wyższa. Z kolei wytapianie w temperaturze 130 °C miało negatywny wpływ na jakość tłuszczu gęsiego. Podsumowując, wyniki tych pięciu badań przyczyniają się do pogłębienia wiedzy na temat czynników wpływających na jakość mięsa drobiowego i wskazują potencjalne kierunki innowacji w zakresie metod przetwarzania i przechowywania, co może mieć istotną wartość wdrożeniową.

W ramach mojej działalności badawczej, zarówno przed, jak i po uzyskaniu stopnia doktora, zajmowałam się także szerokim zakresem zagadnień dotyczących mięsa wołowego i wieprzowego oraz produktów wytworzonych z tych mięs. Badania te pozwoliły mi na lepsze zrozumienie i rozwijanie innowacji w tym obszarze. Część z tych badań była związana

z realizowanymi przeze mnie eksperymentami w projektach takich jak „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” (nr projektu: POIG.01.01.02-14-090/09) oraz „Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody”” (nr projektu: PO IG.01.03.01-00-204/09) - zał. 4: II.9.1. i II.9.2.

W przypadku badań z udziałem mięsa wołowego w pierwszej kolejności, przed uzyskaniem stopnia doktora skupiłam się na aspektach odtworzenia źródła pochodzenia, autentyczności i znakowania wołowiny. Publikacja pt. „Mięso wołowe i produkty mięsne w świetle aktualnych przepisów dotyczących znakowania żywności” (zał. 4.: II.2.8.) zwraca uwagę na wymagania dotyczących znakowania mięsa wołowego, które mają znaczenie dla zapewnienia identyfikowalności i pełnych informacji o wołowinie. Przedstawiłam rolę i rosnące znaczenie transparentności informacji dotyczące tego typu mięsa. Mięso wołowe, ze względu na swoje różne zastosowania technologiczne, wymaga odmiennych podejść badawczych w porównaniu do innych gatunków mięs. Badania nad mięsem wołowym koncentrują się często na analizie procesu dojrzewania oraz wpływu obróbki termicznej na jego najważniejszy zespół atrybutów jakościowych takich jak tekstura, smak i aromat, które są kluczowe dla uzyskania optymalnej jakości. Artykuł pt. „Wpływ witaminy D₃ na kruchość kulinarnego mięsa wołowego” (zał. 4.: II.2.9.) dostarcza dowodów na to, że suplementacja pasz witaminą D₃ może istotnie poprawić teksturę mięsa, co przekłada się na jego właściwości technologiczne i jakościowe. Z kolei badanie pt. „Wpływ procesu dojrzewania i obróbki termicznej na kształtowanie jakości mięsa wołowego pozyskanego z systemu jakości” (zał. 4.: II.2.10.), którego jestem współautorem, szczegółowo przedstawia analizę wpływu różnych technik dojrzewania i obróbki termicznej na jakość mięsa wołowego pochodzącego z systemu jakości produkcji wołowiny System QMP. Wyniki tego badania wskazują, że zastosowane odpowiednie strategie dojrzewania oraz obróbki termicznej mogą znacznie poprawić jakość mięsa wołowego. Ponadto, przeanalizowano możliwości „kruszenia” wołowiny poprzez zastosowanie wprowadzania solanki do struktury mięsa wołowego - rozdział monografii zatytułowanej „Fizyczne właściwości surowców i ich wykorzystanie w procesach przetwórstwa spożywczego” (zał. 4.: II.4.2.).

Po uzyskaniu stopnia doktora, moje badania poszerzyły się o nowe technologie mające na celu poprawę jakości mięsa wołowego. W publikacji pt. „Sage extracts obtained with cold plasma improves beef quality” (zał. 4.: II.1.22) przeanalizowałam wraz z zespołem wpływ zastosowania ekstraktów z szalwii pozyskanych z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej na jakość burgerów wołowych. Warianty zawierające dwa poziomy ekstraktów szalwii (0,05% i 0,075%), uzyskanych metodą ekstrakcji standardowej (S0,05, S0,075) oraz przy pomocy zimnej plazmy (SP0,05, SP0,075), były pakowane w atmosferze modyfikowanej (80% O₂, 20% CO₂) a następnie przechowywane w warunkach chłodniczych przez 8 dni. Wyniki wykazały, że zastosowanie ekstraktów szalwii nie wpłynęło negatywnie na pH, straty przechowalnicze, barwę, zawartość poszczególnych form mioglobiny, teksturę, aromat ani ogólną akceptowalność burgerów. Jednak utlenianie lipidów było najbardziej hamowane w wariantach z najwyższym udziałem ekstraktu szalwii uzyskanego z wykorzystaniem zimnej plazmy ($P < 0,05$). Ta grupa charakteryzowała się również najwyższą ilością kwasów tłuszczowych n-3 na koniec okresu przechowywania.

Ponadto udział szaflwii w stężeniu 0,075% zapobiegł tworzeniu się heksanalu w próbkach, aldehydu powstającego w procesach utleniania lipidów. Wyniki te wskazują na potencjalne inne zastosowanie nietermicznej plazmy atmosferycznej w przemyśle spożywczym. Również w publikacji „The effect of *Solanum lycopersicum* L. extract on quality and flavor stability of ready to eat meat products” (zał. 4.: II.1.21.) oceniano wpływ ekstraktu roślinnego - ekstraktu z *Solanum lycopersicum* L. na parametry fizykochemiczne, aktywność antyoksydacyjną oraz aromat m.in. rozdrobnionych produktów wołowych przechowywanych w temperaturze -18°C przez 90 dni. Badano trzy warianty: kontrolny (C) bez antyoksydantu, z dodatkiem BHT (0,01%) oraz z ekstraktem z *Solanum lycopersicum* L. (1%, ET). Udział 1% ekstraktu z *Solanum lycopersicum* L. ograniczył utlenianie lipidów oraz poprawił stabilność barwy i intensywność aromatu analizowanych produktów w porównaniu do grupy kontrolnej. Wynika z tego, że ekstrakt ten może pełnić rolę skutecznego naturalnego antyoksydantu, który istotnie stabilizuje jakość i trwałość produktów mięsnych stanowiąc tym samym alternatywę dla syntetycznych przeciwutleniaczy. Z kolei w innej publikacji pt. “The effect of partial substitution of beef tallow on selected physicochemical properties, fatty acid profile and pah content of grilled beef burgers” (zał. 4.: II.1.23.) przeanalizowano wpływ częściowej substytucji tłuszczu wołowego olejem słonecznikowym, rzepakowym, lnianym, oliwą z oliwek oraz tłuszczem mlecznym na właściwości fizyczne, stabilność oksydacyjną, profil kwasów tłuszczowych oraz zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w burgerach wołowych. Badania wykazały silną korelację między profilem kwasów tłuszczowych, a zawartością WWA. Częściowa substytucja tłuszczu wołowego olejami roślinnymi oraz tłuszczem mlecznym prowadziła do zmiany profilu kwasów tłuszczowych i skutkowała obniżeniem twardości burgerów. Najwyższy poziom WWA stwierdzono w próbkach z olejem rzepakowym, który zawierał najwyższe stężenia jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) oraz w grupie kontrolnej, bez substytucji tłuszczu, która miała najwyższe poziomy nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i izomerów trans. Zamiana tłuszczu zwierzęcego na oleje roślinne wpłynęła na zmianę barwy powierzchni burgerów, co na co wskazywał statystycznie istotny wzrost jasności (L^*) analizowanych prób oraz niższy udział składowej barwy czerwonej (a^*). Burgery z olejem rzepakowym i olejem lnianym były najbardziej podatne na oksydację, podczas gdy burgery z obniżoną zawartością tłuszczu charakteryzowały się największą stabilnością w kontekście oksydacji, gdzie zawartość malondialdehydu (MDA) była o 32,8% niższa w porównaniu do grupy kontrolnej. Badania te potwierdziły, że częściowa zamiana tłuszczu wołowego na oleje roślinne i tłuszcz mleczny oraz redukcja zawartości tłuszczu w burgerach przeznaczonych do grillowania mogą być skuteczną metodą zmiany profilu kwasów tłuszczowych oraz redukcji reakcji cyklizacji związków organicznych prowadzących do powstawania WWA. Z kolei rozdział w monografii zatytułowany „Use of polysaccharides in production of low-fat meat products” (zał. 4.: II.4.6.) dotyczył możliwości zastosowania polisacharydów w produkcji niskotłuszczowych wyrobów mięsnych. Wszystkie wskazane powyżej badania prowadzą do rozwijania efektywnych strategii poprawy jakości mięsa wołowego i wołowych produktów mięsnych, zwiększania trwałości oraz redukcji WWA, które mogą powstawać w tego typu produktach.

Przed uzyskaniem stopnia doktora analizowałam również innowacje w przetwórstwie mięsa wieprzowego, co znalazło odzwierciedlenie w publikacji pt. „Biożywność – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” (zał. 4.: II.6.1.) oraz w rozdziale monografii pod tym samym tytułem, którego byłam współautorką (zał. 4.: II.4.1.). Obie pozycje przedstawiają możliwości wprowadzenia prozdrowotnych przetworów z mięsa wieprzowego oraz podkreślają rosnące znaczenie biożywności i jej właściwości prozdrowotnych. Po uzyskaniu stopnia doktora, moje badania w zakresie produktów z mięsa wieprzowego obejmowały m.in. zastosowanie naturalnych substancji i ekstraktów w produktach mięsnych. W odpowiedzi na rosnące oczekiwania rynkowe dotyczące produktów mięsnych o właściwościach prozdrowotnych, przeprowadziłam wraz z zespołem badania nad wpływem zestawu bioaktywnych składników (catuaba, galgant, różeniec górski, maca, guarana, miód) na jakość i trwałość wieprzowo-wołowych produktów średnio rozdrobnionych. Badania te stanowią istotny wkład w nauki o żywności i żywieniu, szczególnie w kontekście przeciwdziałania chorobom cywilizacyjnym takim jak m.in. miażdżyca i cukrzyca. W pierwszym etapie badań przedstawionym w publikacji pt. „The effect of bioactive components of plant origin on the physicochemical and sensory characteristics of functional sausages” (zał. 4.: II.1.12.) analizowano wpływ udziału tych składników na parametry jakościowe, takie jak pH, barwa, tekstura, akceptacja konsumencka oraz zawartość fenoli, zdolność antyoksydacyjna i przeciwzapalna. Wyniki wykazały, że wyroby eksperymentalne (E1, E2, E3) charakteryzowały się porównywalnymi właściwościami teksturalnymi z próbami kontrolnymi, a jednocześnie charakteryzowały się wyższymi właściwościami antyoksydacyjnymi i przeciwzapalnymi. Jednak udział składników bioaktywnych wpłynął na obniżenie jasności oraz zwiększenie nasycenia barwy i udziału składowej barwy żółtej. W drugim etapie badań, który opublikowano w ramach publikacji pt. „Evaluation of the antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial effects of catuaba, galangal, roseroot, maca root, guarana and polyfloral honey in sausages during storage” (zał. 4.: II.1.10.) skupiono się na ocenie jakości tych produktów podczas przechowywania. Analizowano zawartość fenoli, zdolność antyoksydacyjną, zdolność antyzapalną, poziom oksydacji lipidów (TBARS), profil kwasów tłuszczowych oraz ogólną liczbę bakterii mezofilnych tlenowych w dniu pakowania oraz po 10 i 20 dniach przechowywania. Wyniki wykazały, że składniki bioaktywne spowalniały zmiany oksydacyjne i ograniczały rozwój drobnoustrojów w porównaniu z kontrolą, co potwierdza ich korzystny wpływ na trwałość produktów. Rekomendowane proporcje tych składników wynosiły m.in. 17,3 g/kg kory catuaba, 4,58 g/kg różenca górskiego oraz 11,46 g/kg miodu wielokwiatowego. Wyniki obu publikacji potwierdzają, że odpowiednio dobrane składniki bioaktywne mogą znacząco poprawić jakość, trwałość oraz właściwości prozdrowotne produktów mięsnych. Również w publikacji pt. „Influence of plant extract addition to marinades on polycyclic aromatic hydrocarbon formation in grilled pork meat” (zał. 4.: II.1.24.) przeanalizowano wpływ dodania naturalnych ekstraktów roślinnych, takich jak liść laurowy, czarny pieprz, kurkuma, papryka jalapeño oraz pasta tamaryndowa do marynat na właściwości fizykochemiczne obrabianych termicznie produktów mięsnych. Zastosowanie ekstraktów przyprawowych do marynat zwiększyło udziały składowych barwy L* i b* badanych produktów. Największą zawartość WWA zaobserwowano w próbie kontrolnej ($\Sigma 12WWA$

98,48 ± 0,81 µg/kg), natomiast najniższą w próbie z udziałem ekstraktu z papryki jalapeño (4,76 ± 0,08 µg/kg), co przełożyło się na statystycznie istotną redukcję poziomu WWA (redukcja o 95%). Wyniki tych badań podkreślają rosnące znaczenie naturalnych ekstraktów w poprawie jakości, trwałości oraz bezpieczeństwa produktów mięsnych wieprzowych.

W kontekście badań nad mięsem, ostatnie dwie publikacje, których jestem współautorem, rozszerzają tę tematykę o różne aspekty dotyczące analizy jakości i bezpieczeństwa produktów mięsnych, skupiając się na konkretnych problemach związanych z obróbką termiczną oraz zastosowaniem nowoczesnych metod analitycznych. W publikacji pt. „Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons using different extraction methods and HPLC-FLD detection in smoked and grilled meat products” (zał. 4.: II.1.25.) przeanalizowano zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w produktach mięsnych poddanych wędzeniu i grillowaniu. Badania skupiły się na porównaniu skuteczności różnych metod ekstrakcji i detekcji, ukazując wyższy poziom WWA w produktach wędzonych w porównaniu do grillowanych oraz wskazując na najbardziej efektywne metody ekstrakcji dla precyzyjnego oznaczania tych toksycznych związków. Z kolei publikacja pt. „Effect of processing on volatile organic compounds formation of meat - review” (zał. 4.: II.1.26.) dostarcza wiedzy z zakresu analizy wpływu procesów przetwórczych na kształtowanie lotnych związków aromatycznych w produktach mięsnych. Artykuł przedstawia zarówno standardowe, jak i nowoczesne technologie przetwarzania oraz ich wpływ na aromat produktów mięsnych. Wskazano także na znaczenie identyfikacji i monitorowania markerów lotnych związków generowanych podczas obróbki termicznej, co ma istotne znaczenie dla jakości i bezpieczeństwa. Analizy obu publikacji wnoszą nową wiedzę do badań nad jakością i bezpieczeństwem produktów mięsnych, dostarczając danych na temat efektywności metod analitycznych oraz wpływu technologii przetwórczych na właściwości produktów mięsnych.

Szczegółowe wyniki badań zostały omówione w publikacjach II.2.4., II.2.5., II.2.7., II.1.16., II.1.17., II.2.8., II.2.9., II.2.10., II.4.2., II.1.22, II.1.21., II.1.23., II.4.6., II.6.1., II.4.1., II.1.12., II.1.10., II.1.25., II.1.26. zgodnie z numeracją podaną w załączniku 4.

4.4.3. Zastosowanie innowacyjnych metod i składników w projektowaniu żywności innej niż mięso i wyroby mięsne

W trakcie mojego dotychczasowego dorobku naukowego koncentrowałem się głównie na badaniach dotyczących produktów mięsnych oraz opakowań, a ostatnio również na zastosowaniach nietermicznej plazmy atmosferycznej. Jednocześnie dostrzegłam istotność innowacyjnych metod i składników w projektowaniu żywności, które wykraczają poza obszar mięsa i wyrobów mięsnych. Badania, w których brałam aktywny udział, obejmują m.in. opracowanie innowacyjnych metod ekstrakcji (zał. 4: II.1.18.), nowoczesnych metod suszenia (zał. 4: II.1.20.) zastosowania polisacharydów w projektowaniu produktów spożywczych oraz opakowań jadalnych (zał. 4: II.2.3., II.4.3., II.4.4., II.4.5., II.4.7., II.4.8., II.4.9.,

II.4.10., II.4.11.) jak również badań nad wpływem obróbki mikrofalowej na właściwości polisacharydów (II.4.12.). Analiza tych zagadnień pozwoliła mi nie tylko na poszerzenie wiedzy z zakresu właściwości i jakości produktów spożywczych oraz opakowań jadalnych, ale także na wdrożenie nowoczesnych rozwiązań technologicznych, które mogą istotnie wpłynąć na poprawę efektywności procesów technologicznych i jakości produktów finalnych. Udział w publikacjach dotyczących wyżej wymienionych obszarów badawczych jest dla mnie niezwykle istotny, ponieważ umożliwił mi integrację wiedzy teoretycznej z praktycznymi aspektami wdrożeniowymi w przemyśle spożywczym. Praktyczne doświadczenia zdobyte podczas tych badań wzbogaciło moją wiedzę, co w rezultacie wpłynęło na jakość mojej pracy dydaktycznej i pozwoliło przekazywać studentom wiedzę o najnowszych trendach i technologiach w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

Szczegółowe wyniki badań zostały omówione w publikacjach II.1.18., II.1.20., II.2.3., II.4.3., II.4.4., II.4.5., II.4.7., II.4.8., II.4.9., II.4.10., II.4.11. zgodnie z numeracją podaną w załączniku 4.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Moje zainteresowania naukowe w zakresie przetwórstwa surowców pochodzenia zwierzęcego oraz roślinnego (wykraczające poza zagadnienia omówione w punkcie 4) obejmują również współpracę z krajowymi oraz zagranicznymi jednostkami badawczymi takimi jak: Instytutu Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu, Instytutu Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonce, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego Oddział Technologii Mięsa i Tłuszczu w Warszawie, Polskie Zrzeszenie Producentów Bydła Mięsnego, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, University College Dublin (Dublin, Irlandia), Università Di Padova (Padova, Włochy), University of Tabriz (Tabriz, Iran), Dalhousie University (Truro, Nova Scotia, Canada), Azad University of Khoy (Khoy, Iran), Azerbaijan State Oil and Industry University (Baku, Azerbejdżan), Shiraz University of Medical Sciences (Shiraz, Iran) czy Chiang Mai University (Chiang Mai, Tajlandia) – tabela 4.

Współpracę z jednostkami krajowymi rozpocząłam już na studiach doktoranckich, gdy w latach 2011-2014 byłam uczestnikiem Projektu „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” (zał. 4, II.9.1.) - nr projektu: POIG.01.01.02-14-090/09. Projekt ten, realizowany we współpracy z Instytutem Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, Instytutem Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN oraz Instytutem Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego (Oddział Technologii Mięsa i Tłuszczu) w Warszawie, miał na celu opracowanie innowacyjnych, funkcjonalnych produktów mięsnych, zgodnych z trendami produkcyjnymi. Efektem tej współpracy był m.in. cykl publikacji opisanych w pkt 4.4.1. (zał. 4.: II.1.5., II.1.6., II.1.7.). Ważnym osiągnięciem w tym czasie były również patenty związane z technologiami przetwarzania mięsa zrealizowane we współpracy z Instytutem Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, Instytutem Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN oraz Polskie Zrzeszenie Producentów Bydła Mięsnego (zał. 4: III.3.1. – III.3.8). Dwa z nich zostały opracowane wspólnie z prof. dr hab.

Maciejem Kuboniem z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Pierwszy patent dotyczył wytwarzania wyrobów mięsnych wieprzowych o kontrolowanej alergenicności, co stanowiło innowacyjne rozwiązanie w dziedzinie żywności funkcjonalnej (zał. 4, III.3.2.). Drugi patent obejmował zastosowanie trójwarstwowej folii oraz modyfikowanej atmosfery do pakowania prozdrowotnych wyrobów wieprzowych, co przyczyniło się do przedłużenia trwałości i poprawy bezpieczeństwa tego typu produktów (zał. 4, III.3.3.).

W zakresie współpracy międzynarodowej przed uzyskaniem stopnia doktora szczególnie istotna była dla mnie kooperacja z prof. Da Wen Sun (Agriculture and Food Science Centre, University College Dublin oraz National University of Ireland), w ramach której opublikowane zostały dwie prace naukowe w czasopiśmie *International Journal of Food Science and Technology*. Pierwsza publikacja (zał. 4, II.1.1.) dotyczyła porównania wpływu dwóch metod obróbki termicznej – mikrofali oraz konwekcji – na fizyczne właściwości mięśnia *Gluteus Medius* oraz na wydajność procesową. Druga publikacja (zał. 4, II.1.1.) badała natomiast zależności między wynikami instrumentalnych pomiarów tekstury i barwy serów, a ich oceną sensoryczną, w kontekście zawartości tłuszczu.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia, kontynuuję współpracę z krajowymi i międzynarodowymi jednostkami badawczymi. Podczas stażu naukowo-badawczego w Instytucie Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN (24.10.2016 – 31.01.2017) oraz we współpracy z Uniwersytetem w Padwie i Instytutem Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, przeprowadziłam badania dotyczące wpływu spiruliny (1%, 3%, 6%) na parametry jakościowe wybranych produktów zbożowych, które zostały opublikowane w czasopiśmie *Journal of Food Processing and Preservation* (zał. 4: II.1.11.). Wyniki badań wykazały, że produkty z udziałem spiruliny mimo że były twardsze i ciemniejsze od próbek kontrolnych przez cały okres przechowywania, to jednak nadal charakteryzowały się zadowalającą akceptowalnością w ocenie semi-konsumenckiej. Co więcej, produkty ze spiruliną zawierały wyższe stężenia związków fenolowych i charakteryzowały się wyższymi wartościami całkowitej aktywności przeciwutleniającej (TAA), które rosły wraz ze zwiększonym udziałem zastosowanej spiruliny. Zastosowanie spiruliny ograniczyło również skutecznie zmiany oksydacyjne 90-dniowego okresu przechowywania analizowanych prób.

Moja działalność badawcza obejmuje również współpracę z jednostkami naukowymi z Iranu, Kanady, Tajlandii oraz Azerbejdżanu, w tym przede wszystkim z profesorem nadzwyczajnym Uniwersytetu w Tebriz – Kazemem Alizeralu. Ta międzynarodowa współpraca jest dla mnie istotna, gdyż dotyczy obszarów ściśle związanych z moimi głównymi zainteresowaniami naukowymi, takimi jak rozwój opakowań jadalnych oraz innowacyjne metody przedłużania trwałości wyrobów mięsnych. W ramach tej współpracy dotychczas opublikowano wyniki badań w ramach trzech publikacji w międzynarodowych czasopismach naukowych o wysokim współczynniku wpływu (Impact Factor): *Food Science and Nutrition* (zał. 4.: II.1.27.) *Meat Science* (zał. 4.: II.1.28.) oraz *LWT – Food Science and Technology* (zał. 4.: II.1.29.). Pierwsza publikacja (zał. 4.: II.1.27.) dotyczyła wpływu powłok żelatynowych (2% i 4%) zawierających nanocząstki chitozanu (ChNPs; 1% i 2%) w połączeniu z powłoką z alginianu wapnia (CA; 2%) na cechy jakościowe oraz okres przydatności do spożycia mięśni piersiowych kurcząt przechowywanych przez 12 dni w temperaturze 4°C. Wyniki wykazały, że podwójne

powłoki aktywne z żelatyny i alginianu wapnia miały istotny wpływ na zawartość wody i białka w mięsie. Dodanie nanocząsteczek chitozanu znacząco obniżyło wartości TBARS, pH oraz całkowitą zawartość lotnych zasad azotowych (TVB-N) na końcu okresu przechowywania. Ogólna liczba drobnoustrojów oraz liczby *E. coli*, drożdży i pleśni były istotnie niższe w próbkach powlekanych, szczególnie w tych traktowanych powłoką z 4% roztworu żelatyny zawierającą 2% ChNPs oraz 2% CA (odpowiednio 6,85, 6,78 i 5,91 log jtk/g w porównaniu do 8,35, 8,76 i 7,71 log jtk/gw próbkach kontrolnych) na koniec przechowywania. Ocena sensoryczna wykazała wyższe ogólne oceny akceptowalności prób powlekanych w porównaniu z niepowlekаныmi. Zaobserwowano synergistyczny efekt między stężeniem żelatyny, a ChNPs w zachowaniu jakości mięsa podczas przechowywania. W drugiej publikacji (zał 4.: II.1.28.) przedstawiono wyniki badań oceny wpływu olejku eterycznego z liści oliwnika (OLEO: 1000 i 2000 ppm) w połączeniu z nanocząsteczkami nizyny (200 ppm) oraz nanocząsteczkami ϵ -polilizyny (2000 ppm) na właściwości fizykochemiczne, mikrobiologiczne oraz sensoryczne homogenizowanych produktów mięsnych bez dodatku syntetycznego azotynu sodu podczas 45 dni przechowywania. Przeanalizowano również właściwości nanocząsteczek, takie jak efektywność enkapsulacji (EE%), potencjał zeta, rozmiar nanocząstek, analiza FTIR czy stabilność termiczna (DSC). Nanocząstki ϵ -PL (ϵ -PL-NPs) wykazywały wyższą stabilność termiczną oraz większą efektywność enkapsulacji (91,52%) i potencjał zeta (37,80%) w porównaniu do nanocząsteczek nizyny (82,85% oraz 33,60%). Zastosowanie połączenia ϵ -PL-NPs (2000 ppm) + Ni-NPs (200 ppm) z olejkiem eterycznym z liści oliwnika (2000 ppm) skutkowało wyższą wartością pH (5,88), zawartością fenoli ogółem (10,45 mg/100 g), niższą wartością TBARS (2,11 mg·kg⁻¹) oraz mniejszą liczbą ogólnej liczby drobnoustrojów (1,28 log jtk/g), *Clostridium perfringens* (1,43 log jtk/g), *E. coli* (0,24 log jtk/g), *Staphylococcus aureus* (0,63 log jtk/g) oraz pleśni i drożdży (0,86 log jtk/g) w próbach po 45 dniach przechowywania w porównaniu do próby kontrolnej (120 ppm azotynu). W trzeciej pracy (zał 4.: II.1.29.) przedstawiono analizy wpływu powłok z alginianu wapnia (CA) wzbogaconych w nanocząsteczki ϵ -polilizyny (ϵ -PL-NPs) w stężeniach 500 i 1000 mg/L oraz nanocząsteczki nizyny (Ni-NPs) w stężeniach 100 i 200 mg/L, w połączeniu z ekstraktem z buraka ćwikłowego (3 g/hg) na jakość wołowych produktów rozdrobnionych. W porównaniu do standardowych powłok CA, aktywne powłoki z ϵ -PL-NPs charakteryzowały się lepszą elastycznością. Dodanie Ni-NPs i ϵ -PL-NPs poprawiło także właściwości barierowe powłok CA, z wyraźnym zmniejszeniem przepuszczalności dla pary wodnej w miarę wzrostu stężenia nanocząsteczek. Powłoki CA z ϵ -PL-NPs wykazywały silniejszy efekt antybakteryjny, skutecznie hamując wzrost różnych mikroorganizmów, w tym ogólnej liczby drobnoustrojów, bakterii *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, pleśni i drożdży w analizowanych produktach. Średnio rozdrobnione wyroby mięsne pakowane w powłokach CA z ϵ -PL-NPs charakteryzowały się niższymi wartościami TBARS i wyższą całkowitą zawartością fenoli w porównaniu do tych z Ni-NPs i próbek kontrolnych. Powłoki CA z ϵ -PL-NPs w stężeniu 1000 mg/L wykazały obiecujące właściwości w zakresie utrzymania jakości wołowych produktów średniorozdrobnionych, wydłużając ich trwałość o 25% i stanowiąc nowatorską opcję pakowania tych produktów z udziałem ekstraktu z buraka. Opisane wyżej innowacyjne podejścia pozwalają na wydłużenie trwałości mięsa, a w przypadku produktów mięsnych,

także na obniżenie poziomu azotynów, co jest dla mnie szczególnie ważnym i interesującym obszarem badań. Prof. nadzwyczajny Uniwersytetu w Tebriz, Kazem Alirezalu, brał również udział w dyskusjach merytorycznych dotyczących wyników badań, które przedstawiłam w moich trzech ostatnich publikacjach wchodzących w skład opisanego w pkt. 4.3. osiągnięcia naukowego (zał. 4.: I.O.4., zał. 4.: I.O.5., zał. 4.: I.O.6.).

Tabela 4. Współpraca naukowa z jednostkami krajowymi oraz zagranicznymi.

NR	JEDNOSTKA	RODZAJ AKTYWNOŚCI
1.	- Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu, - Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonie, - Instytut Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego w Warszawie	- współpraca w ramach Projektu „BIOŻYWNOŚĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” (zał. 4, II.9.2.), efektem cykl publikacji opisanych w pkt 4.4.1. (zał. 4.: II.1.5., II.1.6., II.1.7.)
2.	- Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu (obecnie Instytut Genetyki i Biotechnologii) Zwierząt PAN w Jastrzębcu, - Uniwersytet Rolniczy w Krakowie - Polskie Zrzeszenie Producentów Bydła Mięsnego	- zał 4., III.3.1.: Wierzbicka A., Gutkowska K., Horbańczuk J., Guzek D., Półtorak A., Poławska E., Marcinkowska-Lesiak M., Wyrwisz J., Tomasik C., Blicharski T: Sposób wytwarzania wieprzowych wyrobów mięsnych, Wynalazek, Numer patentu/prawa: Pat. 221480, 2016 - zał 4., III.3.2.: Wierzbicka A., Gutkowska K., Horbańczuk J., Guzek D., Poławska E., Półtorak A., Marcinkowska-Lesiak M., Wyrwisz J., Tomasik C., Kuboń M.: Sposób wytwarzania wyrobów mięsnych wieprzowych o kontrolowanej alergenicności, Wynalazek, Numer patentu/prawa: Pat. 220814, 2016 - zał 4., III.3.3.: Wierzbicka A., Gutkowska K., Horbańczuk J., Marcinkowska-Lesiak M., Poławska E., Półtorak A., Wyrwisz J., Guzek D., Tomasik C., Kuboń M.: Zastosowanie folii trójwarstwowej i modyfikowanej atmosfery do pakowania prozdrowotnych wyrobów wieprzowych, Wynalazek, Numer patentu/prawa: Pat. 221874, 2016 - zał 4., III.3.4.: Wierzbicka A., Horbańczuk J., Guzek D., Blicharski T., Półtorak A., Wyrwisz J., Stelmasiak A., Marcinkowska-Lesiak M., Głąbska D., Zaremba R., Gutkowska K., Poławska E., Tomasik C.: Sposób pozyskania kulinarnego mięsa wieprzowego i mięso wieprzowe, Wynalazek, Numer patentu/prawa: Pat. 225686, 2017 - zał 4., III.3.5.: Wierzbicka A., Horbańczuk J., Półtorak A., Poławska E., Stelmasiak A., Wyrwisz J., Guzek D., Głąbska D., Zaremba R., Gutkowska K., Marcinkowska-Lesiak M., Tomasik C.: Sposób wytwarzania wysokojakościowego wyrobu z mięsa strusiego, Wynalazek, Numer patentu/prawa: Pat. 226502, 2017 - zał 4., III.3.6.: Wierzbicka A., Półtorak A., Wierzbicki J., Pogorzelski G., Wyrwisz J., Wierzbicka A., Gutkowska K., Horbańczuk J., Cieszyńska K., Stelmasiak A., Szpicer

	A., Onopiuk A., Marcinkowska-Lesiak M.: Sposób wytwarzania suszonej wołowiny i suszona wołowina, zwłaszcza dla dzieci, Wynalazek, Numer patentu/prawa: Pat. 232488, 2019 - zał 4., III.3.7.: Wierzbicka A., Póttorak A., Pogorzelska-Nowicka E., Wierzbicki J., Wyrwisz J., Pogorzelski G., Moczowska-Wyrwisz M., Cieszyńska K., Stelmasiak A., Szpicer A., Onopiuk A., Marcinkowska-Lesiak M., Lipińska A.: Sposób wytwarzania suszonej wołowiny i suszona wołowina, zwłaszcza dla kobiet, Wynalazek, Numer patentu/prawa: Pat. 232489, 2019 (MNiSzW₂₀₁₉=75 pkt) - zał 4., III.3.8.: Wierzbicka A., Horbańczuk J., Tomasiak C., Gutkowska K., Marcinkowska-Lesiak M., Górka-Horczyzak E., Pogorzelska-Nowicka E., Poławska E., Brodowska-Trębacz M., Wojtasik-Kalinowska I., Strzałkowska N., Zdanowska-Sąsiadek Ż., Godziszewska J., Sakowska A.: Zastosowanie folii trójwarstwowej i modyfikowanej atmosfery do pakowania wyrobów z mięsa strusiego, Wynalazek, Numer patentu/prawa: Pat. 232495, 2019
3.	- publikacja: Póttorak A., Wyrwisz J., Moczowska M., Marcinkowska-Lesiak M., Stelmasiak A., Rafalska U., Wierzbicka A., Sun D.: Microwave vs. convection heating of bovine Gluteus Medius muscle: impact on selected physical properties of final product and cooking yield, International Journal of Food Science and Technology, vol. 50, nr 4, 2015, s. 958-965 (zał 4.: II.1.1.) - University College Dublin (Dublin, Irlandia) - publikacja: Póttorak A., Wyrwisz J., Moczowska M., Marcinkowska-Lesiak M., Stelmasiak A., Rafalska U., Zalewska M., Wierzbicka A., Sun D.: Correlation between instrumental texture and color quality attributes with sensory analysis of selected cheeses as affected by fat contents, International Journal of Food Science and Technology, vol. 50, nr 4, 2015, s. 999-1008, (zał 4.: II.1.1.)
4.	- University of Padova Legnano (Padova, Włochy) - Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, Jastrzębiec (obecnie Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN) - publikacja: Marcinkowska-Lesiak M., Onopiuk A., Zalewska M., Ciepluch A., Barotti L.: The effect of different levels of Spirulina powder on the chosen quality parameters of shortbread biscuits, Journal of Food Processing and Preservation, vol. 42, nr 3, 2018 (zał 4.: II.1.11.)
5.	- University of Tabriz (Tabriz, Iran) - Dalhousie University (Truro, Nova Scotia, Kanada) - Azad University of Khoy (Khoy, Iran) - publikacja: Safari R., Yaghoubi M., Marcinkowska-Lesiak M., Paya H., Sun X., Rastgoo A., Rafiee M., Alirezalu K.: The effects of double gelatin containing chitosan nanoparticles–calcium alginate coatings on the stability of chicken breast meat, Food Science and Nutrition, John Wiley and Sons Ltd, 2023, s. 1-13 (zał 4.: II.1.27.)

6. - University of Tabriz (Tabriz, Iran) - Azerbaijan State Oil and Industry University (Baku, Azerbejdżan) - Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. W. Dąbrowskiego w Warszawie	- publikacja: Milad Y., Kazem A., Javad H., Seyed H., Marcinkowska-Lesiak M. , Younes B., Hoseinian-Khosrowshahi S., Marszałek K., Amin M.: Application of oleaster leaves (<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.) essential oil and natural nanoparticle preservatives in frankfurter-type sausages: An assessment of quality attributes and stability during refrigerated storage, <i>Meat Science</i> , vol. 198, 2023, Numer artykułu: 109097, s. 1-12 (zał 4.: II.1.28.)
---	--

7. - University of Tabriz (Tabriz, Iran) - Shiraz University of Medical Sciences (Shiraz, Iran) - Chiang Mai University, Chiang Mai, Tajlandia) - Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. W. Dąbrowskiego w Warszawie	- publikacja: Milad Y., Alirezalu K., Mazloomi S., Marcinkowska-Lesiak M. , Azadmard-Damirchi S., Peighambardous S., Hesari J., Rastgoo A., Phimolsiripol Y., Khaneghah A.: Enhancing beef sausage packaging with calcium alginate active film infused with nisin and ϵ -polylysine nanoparticles and beetroot extract, <i>LWT-Food Science and Technology</i> , Elsevier, vol. 191, 2024, Numer artykułu: 115665, s. 1-11 (zał 4.: II.1.29.)
--	---

8. - University of Tabriz (Tabriz, Iran)	- publikacja: Marcinkowska-Lesiak M. , Alirezalu K., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Szpicer, A., & Półtorak, A. (2023). Physicochemical Characteristics of Pork Liver Pâtés Containing Nonthermal Air Plasma-Treated Egg White as an Alternative Source of Nitrite. <i>Applied Sciences-Basel</i> , 13, 1–17. https://doi.org/10.3390/app13074464 , IF 5.561, 100 pkt 202211(13):1986. (zał. 4.: O.4.) - publikacja: Marcinkowska-Lesiak, M. , Zalewska, M., Alirezalu K., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., & Półtorak, A. (2023). Production of restructured beef jerky using blood plasma solutions activated by non-thermal atmospheric plasma. <i>Animal Science Papers and Reports</i> , 41, 195–218. https://doi.org/10.2478/aspr-2023-0008 (zał. 4.: O.5.) - publikacja: Marcinkowska-Lesiak, M. , Alirezalu K., Szpicer A., Pogorzelska-Nowicka E., Stelmasiak A. & Półtorak, A. (2024). Optimizing nitrite content in powders from plasma-activated egg whites for meat preservation using response surface methodology. <i>LWT</i> , 208, 116736, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116736 (zał. 4.: O.6.)
--	---

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Moja działalność dydaktyczna obejmuje szeroki zakres aktywności, które przyczyniają się do wysokiej jakości kształcenia studentów na różnych stopniach kształcenia. W ramach opracowywania materiałów dydaktycznych opracowałam nowe programy przedmiotów „Systemy pakowania żywności” oraz „Enzymy w projektowaniu i produkcji żywności”, które realizuję na I stopniu kierunku „Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności” (zał. 4.: V.1.1.). Programy te opracowałam tak, aby przekazać studentom nową wiedzę na temat technologii pakowania żywności oraz roli enzymów w procesach technologicznych. Obejmują one zarówno aspekty teoretyczne, jak i praktyczne, umożliwiając studentom pełne zrozumienie oraz właściwe zastosowanie omawianych zagadnień w rzeczywistych warunkach produkcyjnych. Dodatkowo, dla II stopnia kierunku „Projektowanie Żywności” (studia dualne), opracowałam zupełnie nowe programy dla przedmiotów „Nowoczesne systemy pakowania” oraz „Trendy w technologii żywności” (zał. 4.: V.1.2.). Te nowoczesne zakresy kształcenia z kolei koncentrują się na przełomowych rozwiązaniach w zakresie technologii pakowania oraz trendach w produkcji żywności. Szczególnie wartościowym osiągnięciem jest dla mnie współpraca z dr inż. Anną Florowską (Wydział Nauk o Żywności) przy opracowaniu programu przedmiotu anglojęzycznego „General Food Technology” na kierunku „Food Science – Technology and Nutrition” (zał.4.: V.1.3.). Program ten obejmuje szeroki zakres zagadnień związanych z nowoczesnymi technologiami produkcji żywności.

Ponadto w mojej pracy również opracowuję i realizuję wykłady oraz ćwiczenia na różnych kierunkach studiów:

- na kierunku „Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności” (Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie): (1) Systemy pakowania żywności (wykłady, ćwiczenia), (2) Ogólna Technologia Żywności (wykłady, ćwiczenia), (3) Enzymy w projektowaniu i produkcji żywności (wykłady, ćwiczenia), (4) Trendy w technologii żywności (wykłady, ćwiczenia), (5) Wyposażenie zakładów żywienia (ćwiczenia), (6) Urządzenia do produkcji żywności (ćwiczenia), (7) Alergeny pokarmowe (wykłady, ćwiczenia) i (8) Zasoby informatyczne w ocenie żywności (ćwiczenia) (zał. 4.: V.2.1.),
- na kierunku „Gastronomia i Hotelarstwo” (Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie): (1) Wyposażenie zakładów żywienia (ćwiczenia), (2) Alergeny pokarmowe (wykłady, ćwiczenia) oraz (3) Systemy pakowania żywności (wykłady, ćwiczenia) (zał. 4.: V.2.2.),
- na kierunku „Dietetyka”: (1) Wyposażenie zakładów żywienia zbiorowego oraz (2) Alergeny pokarmowe (zał. 4.: V.2.3.),
- na kierunku „Projektowanie Żywności” – studia dualne (2019/2020): (1) Nowoczesne systemy pakowania i (2) Trendy w technologii żywności (zał. 4.: V.2.4.).

Dodatkowo, od 2023 roku prowadzę zajęcia na kierunku anglojęzycznym „Food Science – Technology and Nutrition” na SGGW oraz na kierunku „Food Science and Engineering”

w Bohai University w Chinach. W ramach tych programów wykładam m.in. przedmioty takie jak: (1) General Food Technology oraz (2) Biochemistry and Enzymology (Polska, we współpracy z Wydziałem Nauk o Żywności, zał. 4: V.2.5.), a także (3) Food Technology Experiments i (4) Food Packaging (Chiny, zał. 4.: V.2.6.). Udział w międzynarodowym programie edukacyjnym stanowi dla mnie istotny element mojej pracy dydaktycznej, pozwalający na poszerzenie doświadczeń oraz nawiązywanie cennych kontaktów z zagranicznymi instytucjami akademickimi. Współpraca z Bohai University pozwala mi na możliwość zaprezentowania mojej wiedzy naukowej i doświadczalnej odnosząc to do potrzeb wyżej wymienionego Uniwersytetu. Tego typu współpraca przyczynia się także do wzbogacenia programu nauczania i wspiera rozwój innowacyjnych metod dydaktycznych, które są ważne w kształceniu przyszłych specjalistów w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

W latach 2019-2024 byłam promotorem 9 prac inżynierskich oraz 4 prac magisterskich. Tematyka tych prac koncentrowała się na innowacyjnych technologiach oraz ich wpływie na jakość produktów spożywczych (zał. 4: V.3.1-V.3.2.). Ponadto jako promotor pomocniczy rozprawy doktorskiej, wspieram badania dotyczące jakości produktów mięsnych pochodzących ze zwierząt łownych (zał. 4.: V.4.1.).

Moja działalność obejmuje również recenzowanie prac dyplomowych oraz udział w komisjach egzaminacyjnych. W latach 2022-2024 zrecenzowałam 3 prace inżynierskie oraz 4 prace magisterskie (zał. 4.: V.5.1-V.5.2.). Byłam także członkiem komisji egzaminacyjnej na kierunku „Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności” (zał. 4.: V.6.1.).

Wszystkie wymienione powyżej aktywności dydaktyczne mają na celu nie tylko przekazywanie wiedzy teoretycznej i praktycznej, ale także zapewnienie wysokiej jakości kształcenia w dziedzinie nauk o żywności, która charakteryzuje się dynamicznymi zmianami i postępem. Istotnym elementem tego procesu dydaktycznego jest integracja aktualnych osiągnięć naukowych oraz innowacyjnych rozwiązań technologicznych, co staram się konsekwentnie wprowadzać w mojej pracy. Dodatkowo, poprzez aktywne uczestnictwo w międzynarodowych programach edukacyjnych, dążę do poszerzania wiedzy oraz wzbogacania programu nauczania o międzynarodowe standardy i najnowsze osiągnięcia w dziedzinie nauki i technologii.

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

Moja działalność organizacyjna obejmuje aktywności, zarówno na Uczelni, jak i poza Uczelnią. Brałam udział w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych i międzynarodowych. Byłam członkiem komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji ProOptiBeef (2015), odpowiadałam za organizację paneli z udziałem krajowych jak i zagranicznych naukowców (zał. 4.: II.8.1.). Byłam również członkiem komitetów naukowych różnych ogólnopolskich konferencji naukowych, takich jak „Nauka okiem młodego naukowca” (2017), „Zrozumieć Naukę” (2017), „Pasja, Wiedza Nauka” (2017) „Nauka, Badania, Rozwój” (2017), „Wiedza Kluczem do Sukcesu 2018” (2018) oraz Ogólnopolska Konferencja Naukowa

dla Doktorantów (2018), gdzie moja rola polegała na ocenie zgłaszanych prac, organizacji sesji i wsparciu w zakresie merytorycznym (zał.4.: II.8.2. - II.8.7.).

W ramach pełnionych funkcji w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie byłem członkiem Senatu (kadencja 2016/2017–2019/2020) (zał.4.: VI.1.1.). W ramach pełnionych funkcji na Wydziale Nauk o Żywności byłem z kolei członkiem Rady Bibliotecznej Wydziału (2016/2017–2019/2020), gdzie brałem udział w decyzjach dotyczących rozwoju biblioteki (zał.4.: VI.1.2). Pełniłem również rolę członka Zespołu ds. Dyplomowania (2020/2021–2023/2024) oraz Zespołu ds. Upowszechniania oferty dydaktycznej, w ramach którego w 2024 roku objęłam funkcję przewodniczącej zespołu (zał.4.: VI.1.3. - XV.1.4.). Jako członek Zespołu ds. Dyplomowania byłem odpowiedzialna za ocenę i weryfikację prac dyplomowych. Z kolei w ramach Zespołu ds. upowszechniania oferty dydaktycznej byłem odpowiedzialna za działania mające na celu promowanie oferty dydaktycznej Uczelni, w tym organizację wydarzeń mających na celu prezentację programów studiów oraz prowadzenie działań promujących Uczelnię wśród potencjalnych studentów. Ponadto, w 2024 roku objęłam wydziałowe stanowisko Koordynatora ds. Kontaktu z Kandydatami na Studia (zał.4.: VI.1.5.).

W ramach działalności organizacyjnej na rzecz promocji Uczelni oraz Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka, aktywnie uczestniczyłam w Dniach SGGW, współprowadząc stoisko Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka (zał. 4.: VI.3.1.). Podczas tych wydarzeń prezentowałam badania realizowane w Katedrze Techniki i Projektowania Żywności oraz udzielałam informacji w zakresie realizowanych badań w Katedrze. Moje zaangażowanie w organizację i prowadzenie stoiska miało na celu bezpośrednie przekazywanie najnowszych wyników badań Katedry i ich wpływu na rozwój dyscypliny technologia żywności i żywienia potencjalnym studentom. Realizowałam to również dlatego, aby przyczynić się do zwiększenia widoczności oferty dydaktycznej i naukowej Wydziału. Dodatkowo, w latach 2023 i 2024 uczestniczyłam w Dniach Otwartych SGGW (zał. 4.: VI.3.2.), gdzie również reprezentowałam Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka. W ramach tych wydarzeń prowadziłam działania, które obejmowały prezentacje na temat aktualnych kierunków kształcenia oferowanych przez Wydział, a także przedstawiałam praktyczne aspekty pracy naukowej. Moje działania w tym zakresie miały na celu nie tylko prezentację oferty edukacyjnej, ale także interaktywne angażowanie uczestników, co wspierało efektywne promowanie naszego Wydziału. Dodatkowo, pełniłam rolę obserwatora przebiegu egzaminu maturalnego z języka polskiego i matematyki w 2023 roku (zał. 4: VI.3.3), co poszerzyło moje doświadczenie w zakresie organizacji i monitorowania wydarzeń egzaminacyjnych.

6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

Popularyzacja nauki stanowi ważny element działalności zawodowej każdego naukowca, a jej znaczenie przejawia się w różnych formach aktywności edukacyjnej i komunikacyjnej. Moje zaangażowanie w popularyzację nauki obejmuje współautorstwo w przygotowaniu opracowań i przewodników metodycznych, organizację wydarzeń

edukacyjnych oraz publikację artykułów popularno-naukowych, które mają na celu szerzenie wiedzy oraz promowanie aktualnych osiągnięć naukowych.

Jako współautor opracowania „Wieprzowina mięsem bezpiecznym dla konsumentów” (Blicharski T. (red.) i wsp., 2017), uczestniczyłam w analizie wyników badań laboratoryjnych dotyczących bezpieczeństwa mięsa wieprzowego. Publikacja ta, sfinansowana przez Fundusz Promocji Mięsa Wieprzowego, nie tylko dostarcza aktualnych danych i analiz, ale także ma potencjał wpływania na praktyki przemysłowe oraz podnoszenie standardów jakości i bezpieczeństwa mięsa wieprzowego (zał. 4.: V.7.1.).

W ramach przewodnika metodycznego „Junior-Edu-Żywienie” (Myszkowska-Ryciak J., Harton A. (red.), 2022), moje współautorstwo w rozdziale „Moc gotowania” przyczyniło się do opracowania materiałów edukacyjnych dla nauczycieli klas 4-6. Przewodnik ten ma celu wprowadzenie młodszych uczniów w podstawy nauk o żywieniu, oferując przystępne omówienie zagadnień związanych m.in. z gotowaniem i żywieniem (zał. 4.: V.7.2.).

W 2024 roku zrealizowałam otwarte laboratoria dla szkół średnich, organizowane przez Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Tematem zaproponowanych przeze mnie warsztatów były „Wybrane zagadnienia z zakresu ogólnej technologii żywności – zastosowanie enzymów w przemyśle spożywczym”, mające na celu zaprezentowanie praktycznego zastosowania enzymów w technologii żywności i przemyśle spożywczym oraz zwiększenie świadomości młodzieży w zakresie produkcji żywności (zał. 4.: V.7.3.).

Jako członek zespołu ds. upowszechniania oferty dydaktycznej (zał. 4.: VI.1.4.), realizuję także wykłady popularno-naukowe dla uczniów szkół średnich. Tematy tych wykładów obejmują: „Zastosowanie enzymów w produkcji żywności: aspekty naukowe i praktyczne wyzwania” oraz „Zaskakujący świat opakowań do żywności: jak wpływają na nasze wybory i co nowego oferują?”. Celem tych wykładów jest przybliżenie młodzieży aktualnych trendów i wyzwań w obszarze technologii żywności oraz wpływu opakowań na jakość produktu i nasze decyzje.

Dodatkowo jako autorka publikacji popularno-naukowych w prasie branżowej, staram się przybliżyć odbiorcom ważne zagadnienia związane z innowacjami w technologii żywności. Dotychczas opublikowałam sześć artykułów popularyzacyjnych (zał. 4.: II.6.1-II.6.6.), które przedstawiają różnorodne zagadnienia, od biożywności po nowoczesne technologie stosowane w przemyśle spożywczym. Celem tych publikacji jest szerzenie wiedzy oraz podnoszenie świadomości społecznej dotyczącej innowacji i trendów w branży spożywczej.

7. Pozostałe informacje dotyczące kariery zawodowej

7.1. Wskaźnik dokonań naukowych

Jestem autorem lub współautorem 35 publikacji naukowych indeksowanych w bazie JCR. Spośród nich 33 zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, w tym 6 stanowiących osiągnięcie naukowe (zał. 4.: I.O.1. - I.O.6. oraz II.1.1.-II.1.29.) - tabela 5.

Tabela 5. Spis autorski publikacji naukowych (czasopisma JCR).

nazwa czasopisma	liczba publikacji	rok publikacji	ilość punktów MNiSW/MEiN*	IF**
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora - czasopisma z listy JCR				
International Journal of Food Science and Technology	2	2015	2x25	2x1,504
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora - czasopisma z listy JCR				
CyTA-Journal of Food	1	2016	20	1,18
	2	2017	20	2 x 1,371
	1	2020	40	2,255
Poultry Science	1	2016	40	1,908
Food Science and Technology International	1	2017	25	1,081
Journal of Food Processing and Preservation	3	2018	3x20	3x1,288
	1	2019	40	1,405
LWT-Food Science and Technology	1	2018	40	3,714
	2	2024	2x100	2x6
Food Science and Technology	1	2019	40	1,443
Agriculture (Switzerland)	1	2021	100	3,408
Animal Science Papers and Reports	1	2021	100	0,967
European Journal of Lipid Science and Technology	1	2021	100	3,196
Antioxidants	1	2021	100	7,675
Coatings	1	2021	100	3,236
European Food Research and Technology	1	2022	70	3,3
Animal Science Papers and Reports	1	2022	100	1
	1	2023	100	0,9
Meat Science	3	2022	3x140	3x7,1
	1	2023	140	5,7
Foods	2	2022	2x100	2x5,2
Molecules	1	2022	140	4,6
Food Chemistry	1	2022	200	8,8
Applied Sciences-Basel	2	2023	2x100	2x2,5
Food Science and Nutrition	1	2023	100	3,5
SUMA przed uzyskaniem stopnia doktora	Σ2		50	3,008
SUMA po uzyskaniu stopnia doktora	Σ33		2715	114,574
SUMA	Σ35		2765	117,582

* Punkty za publikacje podano zgodnie z komunikatami MNiSW/MEiN, zgodnie z rokiem opublikowania

** Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), podano zgodnie z rokiem opublikowania

Ponadto opublikowałam 11 artykułów naukowych w czasopismach spoza bazy JCR, z czego 10 ukazało się przed uzyskaniem stopnia doktora, a tylko jeden po jego uzyskaniu (zał. 4.: II.2.1 - II.2.11.) – tabela 6.

Tabela 6. Spis autorski publikacji naukowych (czasopisma naukowe z wykluczeniem listy JCR).

nazwa czasopisma	liczba publikacji	rok publikacji	ilość punktów MNiSW/MEiN*	IF**
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora - czasopisma z wykluczeniem listy JCR				
Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego	3	2012	3x5	-
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	2	2013	2x13	-
Bromatologia i Chemia Toksykologiczna	1	2013	6	-
Aparatura Badawcza i Dydaktyczna	1	2013	10	-
Gospodarka Mięsna	1	2013	7	-
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora - czasopisma z wykluczeniem listy JCR				
Aparatura Badawcza i Dydaktyczna	1	2016	10	-
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora - czasopisma z wykluczeniem listy JCR				
SUMA przed uzyskaniem stopnia doktora	Σ10		76	-
SUMA po uzyskaniu stopnia doktora	Σ1		10	-
SUMA	Σ11		86	-

* Punkty za publikacje podano zgodnie z komunikatami MNiSW/MEiN, zgodnie z rokiem opublikowania

Dodatkowo opublikowałam 12 rozdziałów w monografiach naukowych, z czego 10 ukazało się po uzyskaniu stopnia doktora (Σ pkt przed uzyskaniem stopnia doktora = 10, Σ pkt po uzyskaniu stopnia doktora = 65; zał. 4.: II.4.1. – II.4.12.). Byłam także współtwórcą 8 patentów (Σ pkt przed uzyskaniem stopnia doktora = 0, Σ pkt po uzyskaniu stopnia doktora = 465; zał. 4.: III.3.1. – III.3.1.) oraz współautorem 38 doniesień na konferencjach krajowych i międzynarodowych (zał. 4.: II.7.1 – II.7.38.).

Łączna liczba punktów MNiSW/MEiN za prace i patenty, których jestem autorem lub współautorem, wynosi 3391 pkt, z czego 3255 uzyskałam po uzyskaniu stopnia doktora. Całkowita wartość współczynnika IF (Impact Factor) moich publikacji naukowych wynosi 117,582, w tym 114,574 po uzyskaniu stopnia doktora. Po wyłączeniu prac stanowiących osiągnięcie naukowe (IF=28,8, 680 pkt), wartość mojego pozostałego dorobku naukowego wynosi: suma IF = 88,782 oraz 2711 pkt. Pełna i szczegółowa lista moich osiągnięć znajduje się w załączniku 4 do wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

7.2. Udział w Konferencjach

Moja aktywność naukowa obejmuje m.in. uczestnictwo w konferencjach naukowych, które często wiążą się z publikacją rozdziałów w monografiach pokonferencyjnych. Do tej pory uczestniczyłam jako główny autor lub współautor łącznie w 38 doniesieniach naukowych (w formie doniesień ustnych i posterów) na konferencjach krajowych jak i zagranicznych. Z tego 12 doniesień zostało przedstawionych na konferencjach krajowych (6 przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora: zał. 4.: II.7.1.-II.7.6. oraz 6 po uzyskaniu stopnia naukowego

doktora: zał. 4.: II.7.7.-IV.1.12.), natomiast 26 doniesień naukowych zaprezentowano na konferencjach międzynarodowych (7 przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora: zał. 4.: II.7.13.-II.7.19. oraz 19 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora: zał. 4.: II.7.20.-IV.2.38.). Pod względem rodzaju wystąpień, zespół, którego jestem członkiem, zrealizował 25 doniesień ustnych oraz 13 prezentacji w formie posterów. W kontekście roli autorskiej, w 13 przypadkach pełniłam funkcję głównego autora, prezentując zarówno referaty ustne (8) jak i postery (5), obejmujące szeroki zakres tematów badawczych. Jako współautor uczestniczyłam w przygotowaniu 25 doniesień. Tematyka doniesień obejmowała różnorodne aspekty związane z jakością żywności, zaawansowanymi technologiami produkcyjnymi oraz zastosowaniem innowacyjnych składników żywności (zał. 4. II.7.1.-II.7.38.). Dodatkowo, miałam możliwość występować jako prelegentka na zaproszenie podczas konferencji naukowej, gdzie dzieliłam się wiedzą na temat alergenów w paszach i ich wpływu na produkty mięsne (zał. 4.: II.7.39.).

W ramach działalności naukowej opublikowałam dwanaście rozdziałów w monografiach naukowych (zał. 4.: II.4.1-II.4.12.), z których większość jest powiązana z tematyką moich wystąpień konferencyjnych. Przed uzyskaniem stopnia doktora moje rozdziały w monografiach koncentrowały się na produktach pochodzenia zwierzęcego, z uwagi na moje zaangażowanie w projekty „BIOŻYWNOŚĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” (nr projektu: POIG.01.01.02-14-090/09) i Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce, zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody” (nr projektu: PO IG.01.03.01-00-204/09) (zał. 4.: II.9.1-II.9.2.). Po uzyskaniu stopnia doktora zespół, którego byłam członkiem, skoncentrował swoje badania na polisacharydach. Szczególną uwagę poświęcono ich zastosowaniu w produkcji opakowań jadalnych oraz ich wpływowi na poprawę jakości produktów mięsnych, pieczywa, wyrobów cukierniczych i mlecznych (II.4.3-II.4.12.).

7.3. Udział i rola w Projektach

Brałam również udział w projektach badawczo-rozwojowych finansowanych zarówno z funduszy europejskich, jak i krajowych, które obejmowały różnorodne zagadnienia, takie jak optymalizacja produkcji mięsa, rozwój innowacyjnych technologii przetwórstwa zbożowego, a także wytwarzanie prozdrowotnych tłuszczów spożywczych (zał. 4.: II.9.1., II.9.2., II.9.3., II.9.6.). Łączą one zatem praktyczne zastosowanie wyników badań z rozwojem innowacyjnych rozwiązań w przemyśle spożywczym, co ma na celu wzmocnienie transferu wiedzy naukowej do gospodarki. Swoje zaangażowanie w Projekty rozpoczęłam w 2011 roku udziałem w Projekcie „BIOŻYWNOŚĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego”, który był współfinansowany przez Unię Europejską, nr projektu: POIG.01.01.02-14-090/09 (zał. 4.: II.9.1.) realizowanego przez duże Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe. W ramach zadania badawczego nr 7 zrealizowałam badania dotyczące wpływu różnych czynników, takich jak żywienie zwierząt, warunki przechowywania oraz rodzaj opakowania, na wybrane właściwości fizyczne mięsa wieprzowego i wyrobów mięsnych. Część z tych wyników posłużyły mi jako podstawa do napisania i obrony mojej rozprawy doktorskiej, która dotyczyła jakości

mięsa wieprzowego w zależności od warunków przechowywania. W latach 2012-2013 w ramach stażu w Projekcie „Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce, zgodnie ze strategią 'od widelca do zagrody' (ProOptiBeef)” (zał. 4.: II.9.2.), współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (nr projektu: PO IG.01.03.01-00-204/09), realizowałam analizy w laboratorium, zdobywając umiejętności w zakresie fizykochemicznej analizy mięsa co pozwoliło mi na rozwinięcie kompetencji w zakresie wpływu różnych czynników na jego właściwości. W 2013 roku rozpoczęłam również prace w ramach Zadania 4 „Innowacyjne technologie produkcji wyrobów zbożowych o właściwościach prozdrowotnych” w projekcie „Bioprodukty, innowacyjne technologie wytwarzania prozdrowotnych produktów piekarskich i makaronu o obniżonej kaloryczności” (zał. 4.: II.9.3.) realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (nr projektu: UDA-POIG.01.03.01-14-041/12). Moje badania koncentrowały się na analizie wpływu preparatów błonnikowych na właściwości teksturalne wyrobów piekarskich i makaronów, a wyniki zostały przedstawione w formie szczegółowych opracowań naukowych. W latach 2021-2023 brałam także czynny udział naukowo-wdrożeniowy w pracach badawczo-rozwojowych realizowanych w ramach Projektu „Innowacyjne funkcjonalne tłuszcze spożywcze o podwyższonej wartości odżywczej, prozdrowotnej i technologicznej w systemie: "spray-off" oraz "friendly use", nr projektu POIR.01.01.01-00-1066/19 (zał. 4.: II.9.6.). Prace te obejmowały opracowanie składów oraz technologii produkcji funkcjonalnych tłuszczów smakowych pochodzenia zwierzęcego do smarowania, charakteryzujących się podwyższoną stabilnością oksydacyjną, a także opracowanie technologii nanoszenia cienkiej warstwy nieutlenionego tłuszczu zwierzęcego w środowisku gazów natywnych, z zastosowaniem technologii m.in. "spray-out" oraz "friendly use". Dodatkowo, na przełomie 2022 i 2023 roku kierowałam projektem „Mechanizm wytwarzania azotynów in situ z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej oraz ich stabilność w wybranych odwodnionych układach białek komplementarnych” finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki - nr Nr DEC-2022/06/X/NZ9/00648 (zał. 4.: zał. 4.: II.9.7.). Przygotowanie wniosku oraz raportu do tego projektu badawczego znacząco wzbogaciło moje kompetencje w zakresie pozyskiwania funduszy na działalność badawczo-rozwojową. Z kolei zarządzanie nim przez rok pozwoliło mi na doskonalenie umiejętności organizacyjnych i kierowniczych, w tym efektywnego planowania oraz koordynowania działań badawczych. Co istotne, wyniki uzyskane w ramach tego projektu stanowią podstawę do mojej ostatniej publikacji naukowej (zał. 4.: O.6.).

Współpracowałam również przy realizacji projektów ukierunkowanych na rozwój programów studiów dualnych oraz podnoszenie jakości kształcenia na poziomie akademickim. W ramach projektów „Projektowanie żywności – studia dualne II stopnia” (zał. 4.: II.9.4.), realizowanego w Programie Operacyjnym Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020 oraz „Sukces z natury – kompleksowy program podniesienia jakości zarządzania procesem kształcenia i jakości nauczania Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie” (zał. 4.: II.9.5.), realizowanego w Programie Operacyjnym Wiedza Edukacja Rozwój, byłam zaangażowana w tworzenie jak również udoskonalanie programów studiów oraz w przygotowywanie

i prowadzenie przedmiotów. Tym samym mogę stwierdzić, iż moje działania w ramach obu projektów przyczyniły się do podniesienia jakości kształcenia oraz efektywności procesu nauczania. Ostatecznie w ramach projektu "Przeprowadzenie badań naukowych z zakresu żywienia dzieci i młodzieży oraz opracowanie i wdrożenie programu edukacji żywieniowej uczniów klas I-VI szkół podstawowych" (zał. 4.: II.15.1.) uczestniczyłam także w latach 2022-2023 w realizacji działania „MOC GOTOWANIA”. Moja rola polegała na opracowaniu jako współautor scenariuszy 2 lekcji dla nauczycieli szkół podstawowych, dotyczących kuchni świata oraz umiejętności obróbki wybranych produktów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. Scenariusze te zostały następnie umieszczone w przewodniku metodycznym dla nauczycieli, wspierając ich w przekazywaniu praktycznej wiedzy o zdrowym odżywianiu.

Udział w wymienionych wyżej projektach badawczo-rozwojowych, wdrożeniowych i edukacyjnych pozwolił mi na implementowanie nowoczesnych technologii w przemyśle, doskonalenie umiejętności zarządzania projektami oraz podnoszenie standardów kształcenia. Dzięki Projektom mogę efektywnie łączyć wiedzę teoretyczną z umiejętnościami praktycznymi oraz doskonalić zdolności w obszarze zarządzania badaniami i projektami. Co istotne jako Ekspert Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) (zał. 4.: II.16.1) oraz Ekspert Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości (zał. 4.: II.16.2.) mam możliwość aktywnie uczestniczyć w ocenie projektów badawczo-rozwojowych, co pozwala mi na bieżąco monitorować trendy i innowacyjne rozwiązania w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

7.4. Nagrody i wyróżnienia

W latach 2013-2015 zespół, do którego należałam, zdobył prestiżowe nagrody i wyróżnienia za innowacje technologiczne w przemyśle mięsnym na międzynarodowych targach, w tym Złoty Medal z Wyróżnieniem, a także Srebrne i Brązowe Medale na Światowych Targach Wynalazczości BRUSSELS INNOVA oraz Międzynarodowej Wystawie Wynalazków INNOVA w Zagrzebiu (zał. 4.: VII.1.-VII.9.). W 2016 roku nasz zespół został także uhonorowany Dyplomem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wynalazek „Sposób wytwarzania suszonej wołowiny” (zał. 4.: VII.10.). W latach 2016-2023 otrzymałam wielokrotnie (9) nagrody I i II stopnia od JM Rektora SGGW za osiągnięcia naukowe, zarówno indywidualne (zał. 4.: VII.12.), jak i zespołowe (zał. 4.: VII.11., VII.13., VII.14., VII.15., VII.16., VII.17., VII.19., VII.20.), co potwierdza wysoką aktywność i jakość mojej pracy badawczej. W 2022 roku jako członek zespołu, otrzymałam również Nagrodę I stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia organizacyjne związane z opracowaniem studiów dualnych (zał. 4: VII.18.). W 2024 roku zostałam także uhonorowana Brązowym Medalem za Długoletnią Służbę, który otrzymałam z rąk Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej (zał. 4: VII.21.).

7.5. Inne informacje

Działalność naukowa, którą staram się realizować na różnych płaszczyznach obejmuje również wkład w międzynarodową współpracę redakcyjną oraz recenzowanie publikacji

naukowych, co przyczynia się do rozwoju nauki na poziomie globalnym. Odgrywam aktywną rolę jako członek Tematycznego Panelu Doradczego w renomowanym czasopiśmie *Applied Sciences* (zał. 4.: II.12.1.), gdzie współpracuję z ekspertami z różnych krajów nad oceną oraz kierunkowaniem badań naukowych związanych z jakością żywności. W ramach mojej działalności redakcyjnej, pełniłam natomiast funkcję redaktora trzech specjalnych wydań w czasopiśmie *Applied Sciences*, razem z dr hab. Andrzejem Półtorakiem, prof. SGGW, oraz dr inż. Iwoną Wojtasik-Kalinowską. Wspólnie opracowaliśmy wydania poświęcone nowym nietermicznym technologiom w przetwórstwie żywności („Emerging Non-thermal Technology Applications for Food Processing”, zał. 4.: II.12.2.), innowacjom w przetwórstwie mięsa („Processing, Preservation, and Quality Evaluation for Meat and Meat Products”, zał. 4.: II.12.3.) oraz zrównoważonym rozwiązaniom w produkcji, pakowaniu i przechowywaniu żywności („Sustainable Innovations in Food Production, Packaging and Storage”, zał. 4.: II.12.4.). Dodatkowo, moje zaangażowanie w międzynarodową wymianę naukową potwierdza liczba przeprowadzonych przeze mnie recenzji prac naukowych w latach 2019-2024. W tym okresie zrealizowałam łącznie 42 recenzji dla czasopism o wysokim wpływie na naukę międzynarodową, takich jak *Meat Science*, *Food Chemistry*, *LWT – Food Science and Technology*, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* i innych (zał. 4.: II.13, Tabela 3), co świadczyć może o zaufaniu jakim darzą mnie redakcje międzynarodowych czasopism, rzetelności oraz kompetencji w ocenie prac naukowych.

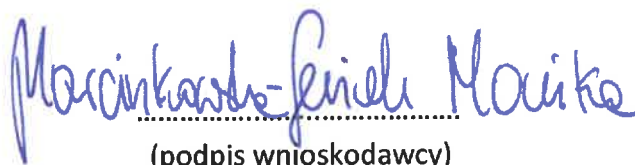
W ramach mojego zaangażowania w działalność międzynarodową i zdobywanie doświadczeń praktycznych, istotnym etapem mojego rozwoju zawodowego był staż w Parlamencie Europejskim w Brukseli, który odbyłam w kwietniu 2013 roku (zał. 4: II.11.1.). Moja praca w tym okresie koncentrowała się na przygotowywaniu raportów dotyczących kwestii związanych z bezpieczeństwem żywności, w tym znakowania i bezpieczeństwa produktów spożywczych oraz przepisów weterynaryjnych dotyczących ochrony zdrowia. W efekcie tej współpracy powstał artykuł naukowy, który ukazał się w czasopiśmie *Gospodarka Mięsna*: „Mięso wołowe i produkty mięsne w świetle aktualnych przepisów dotyczących znakowania żywności” (zał. 4.: II.2.8.). Ta inicjatywa stanowiła dla mnie ważne źródło wiedzy na temat prawnych regulacji europejskich, co w połączeniu z moimi późniejszymi badaniami umożliwiło mi skuteczniejsze wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa żywności oraz praktyk produkcyjnych, zgodnych z obowiązującymi prawem żywnościowym i wymogami rynkowymi.

Ważnym elementem mojej działalności naukowo-wdrożeniowej są osiągnięcia w zakresie praw własności przemysłowej, które ilustrują istotny wkład w rozwój przemysłu mięsnego. W 2016 roku współzyskałam patenty odnośnie metod wytwarzania funkcjonalnych wieprzowych wyrobów mięsnych (Pat. 221480, zał. 4: II.3.1.) oraz wyrobów wieprzowych o kontrolowanej alergenicności (Pat. 220814, zał. 4: II.3.2.), a także na innowacyjne rozwiązanie w zakresie doboru materiału i atmosfery ochronnej w pakowaniu prozdrowotnych wyrobów wieprzowych (Pat. 221874, zał. 4: II.3.3.). W 2017 roku współpracowałam metody pozyskiwania kulinarnego mięsa wieprzowego (Pat. 225686, zał. 4: II.3.4.) oraz produkcji wysokojakościowych wyrobów z mięsa strusiego (Pat. 226502, zał. 4: II.3.5.). W 2019 roku mój współudział w patentowaniu dotyczył innowacyjnych

rozwiązań w zakresie produkcji suszonej wołowiny dostosowanej do potrzeb dzieci (Pat. 232488, zał. 4: II.3.6.) i kobiet (Pat. 232489, zał. 4: II.3.7.) oraz zaawansowanych metod pakowania wyrobów z mięsa strusiego (Pat. 232495, zał. 4: II.3.8.). Te patenty podkreślają moje zaangażowanie w rozwój nowoczesnych technologii, odpowiadających na specyficzne potrzeby zdrowotne i rynkowe oraz stanowią istotny wkład w poprawę jakości i funkcjonalności produktów mięsnych. Również współpraca z sektorem gospodarczym stanowi integralną część mojej działalności badawczo-wdrożeniowej, umożliwiając transfer wiedzy naukowej do przemysłu. W latach 2011-2014 byłam zaangażowana w projekt „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” (nr projektu: UDA-POIG.01.03.01-14-041/12), realizowany we współpracy z partnerami branżowymi, takimi jak Związek „Polskie Mięso” w Warszawie, Zakłady Mięsne „Olewnik-Bis” Sp. z o.o. oraz Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS” (zał. 4.: II.9.2.). W ramach tego projektu opracowane zostały innowacyjne rozwiązania, które znalazły bezpośrednie zastosowanie w praktyce przemysłowej, przyczyniając się do zwiększenia konkurencyjności polskich producentów na rynku mięsnym. W latach 2022-2024 kontynuowałam współpracę z sektorem przemysłowym, biorąc udział w pracach badawczo-rozwojowych na zlecenie Zakładów Mięsnych "Wierzejki" J. M. Zdanowscy Spółka Jawna, realizowanych w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Jako członek zespołu ds. badań i rozwoju, uczestniczyłam w opracowywaniu nowych technologii produkcji, co umożliwiło wdrożenie przez zakład zaawansowanych rozwiązań technologicznych w przemyśle mięsnym (zał. 4.: II.9.6.).

Na zakończenie, chciałabym podkreślić, że moja działalność zawodowa obejmuje szerokie spektrum aktywności w zakresie ciągłego i ustawicznego doskonalenia naukowego i zawodowego oraz szkoleń, które znacząco przyczyniają się do podniesienia moich kwalifikacji w dziedzinie nauki, dydaktyki oraz zarządzania. W 2007 roku uzyskałam certyfikat specjalisty ds. systemów GMP/GHP oraz HACCP, co potwierdza moje wysokie umiejętności w zakresie zarządzania jakością i bezpieczeństwem żywności (zał. 4: VIII.1.). W 2011 roku uczestniczyłam w szkoleniu „Realizacja i rozliczanie projektów badawczych (w tym z UE)” w Szczecinie (zał. 4: VIII.2.), co umożliwiło mi zdobycie praktycznej wiedzy na temat prowadzenia projektów badawczych, w tym finansowanych ze środków Unii Europejskiej. Równocześnie, w Krakowie ukończyłam szkolenie z podstaw statystyki przy użyciu programu STATISTICA (zał. 4: VIII.3.), co uzupełniło moje umiejętności analityczne w zakresie przetwarzania i interpretacji danych. Dalszym krokiem w moim rozwoju zawodowym były studia podyplomowe w Szkole Głównej Handlowej (SGH) na kierunku Menadżer Innowacji, gdzie obroniłam pracę dyplomową pt.: „Administrowanie wdrożeniami innowacyjnej żywności. Możliwości komercjalizacji” (zał. 4: VIII.4.). Ukończenie tych studiów istotnie poszerzyło moją wiedzę i umiejętności oraz kompetencje w zakresie zarządzania innowacjami i komercjalizacji nowych produktów w branży żywnościowej. W 2016 roku uczestniczyłam w szeregu warsztatów i szkoleń, które znacząco przyczyniły się do mojego rozwoju. Wzięłam udział w warsztatach dla młodej Kadry Naukowej organizowanych przez Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej (zał. 4: VIII.5.), a także w szkoleniu „Bilateralne badania biegłości, unikalne rozwiązania od Era Waters jako odpowiedź na rosnące zapotrzebowanie laboratoriów akredytowanych według normy

ISO 17025” (zał. 4: VIII.6.). Uczestniczyłam również w szkoleniu „Omówienie normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 – Podstawy dla nowych pracowników laboratorium i osób planujących rozpocząć pracę w laboratorium” realizowanym przez Centrum Edukacji CE2 (zał. 4: VIII.7.) oraz w szkoleniu „Kompetencje i obowiązki kierownictwa do spraw jakości oraz spraw technicznych w laboratorium akredytowanym” (zał. 4: VIII.8.). W tym samym roku ukończyłam również szkolenie z obsługi urządzenia do plazmowej modyfikacji powierzchni (zał. 4: VIII.9.) oraz szkolenie z zakresu obsługi systemu pomiarowego Track Sense Pro VAL i oprogramowania Valsuite (zał. 4: VIII.10.), a także szkolenie z obsługi systemu skanowania 3D ATOS Core 200 5M (zał. 4: VIII.11.) oraz z oznaczania białka metodą Kiejdahla (zał. 4: VIII.12.). W 2023 roku, z myślą o dalszym doskonaleniu umiejętności dydaktycznych, ukończyłam szkolenie „Statystyka dla dydaktyków” (zał. 4: VIII.13.) oraz „Narzędzia statystyczne dla dydaktyków i komputerowa analiza danych jakościowych” (zał. 4: VIII.14.), które umożliwiły mi pogłębienie wiedzy w zakresie analizy danych i zastosowania narzędzi statystycznych w pracy dydaktycznej. Ukończenie szkolenia „Język angielski – poziom średniozaawansowany i zaawansowany – dla kadry dydaktycznej” (zał. 4: VIII.15.) poprawiło moje umiejętności językowe, co jest niezbędne w kontekście współpracy międzynarodowej oraz prowadzenia zajęć w języku angielskim. Ponadto, szkolenie „Pakiet MS Office dla dydaktyków” (zał. 4: VIII.16.) pozwoliło mi na efektywne wykorzystanie narzędzi pakietu MS Office w codziennej pracy dydaktycznej i naukowej. Te różnorodne formy doskonalenia zawodowego i szkoleń stanowią integralną część mojej działalności naukowej i dydaktycznej, przyczyniając się do ciągłego rozwoju moich kompetencji oraz podnoszenia jakości pracy w obszarze nauki i edukacji.



(podpis wnioskodawcy)

dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak
Katedra Techniki i Projektowania Żywności
Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wykaz osiągnięć stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

Załącznik 4

Warszawa, 2025

Spis treści

I. Wykaz osiągnięć naukowych o których mowa w art. 219 UST. 1. PKT 2 Ustawy	4
II. Wykaz aktywności naukowej	7
1. Wykaz publikacji naukowych w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR/lista A Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego) z wyłączeniem prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego	7
2. Wykaz publikacji naukowych w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	11
3. Wykaz opublikowanych monografii naukowych	12
4. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych	12
5. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii	14
6. Wykaz publikacji popularno-naukowych	14
7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych (referaty, doniesienia ustne, doniesienia posterowe)	15
8. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych	20
9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych	21
10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych	22
11. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych	23
12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	23
13. Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych	23
14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych	24
15. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w PKT II.9	24
16. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny	24
III. Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym	25
1. Wykaz dorobku technologicznego	25
2. Współpraca z sektorem gospodarczym	25
3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych	25
4. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców	26

5. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych	26
6. Wykaz przeprowadzonych szkoleń we współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym	26
IV. Informacje naukometryczne.....	27
1. Impact Factor	27
2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań ..	28
2. Indeks Hirscha	28
V. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	28
1. Autorstwo materiałów dydaktycznych	28
2. Realizowane przedmioty dydaktyczne.....	29
3. Opieka naukowa nad studentami.....	30
4. Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego	31
5. Recenzowanie prac dyplomowych / członkowstwo w komisji egzaminacyjnej egzaminu dyplomowego	31
6. Członkowstwo w komisji egzaminacyjnej egzaminu dyplomowego.....	31
7. Popularyzacja nauki.....	31
VI. Osiągnięcia organizacyjne	32
1. Pełnione funkcje z wyboru lub powołania w SGGW	32
2. Pełnione funkcje wychowawczo-organizacyjne	32
3. Inne osiągnięcia organizacyjne	32
VII. Nagrody.....	33
VIII. Inne osiągnięcia, nie wymienione w pkt V-VII.....	34

I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

Osiągnięciem naukowym, będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) jest cykl powiązanych tematycznie sześciu artykułów naukowych.

Tytuł osiągnięcia naukowego:

**„Wykorzystanie nietermicznej plazmy atmosferycznej (NPA)
jako niekonwencjonalnej metody kształtowania jakości wyrobów mięsnych”**

Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

O.1. Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Application of atmospheric pressure cold plasma activated plant protein preparations solutions as an alternative curing method for pork sausages. *Meat Science*, 187, 1–9, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108751>

MEIN₂₀₂₂ = 140

IF₂₀₂₂ = 7.1

IF_{5-letni} = 5.9

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (19), Scopus (23), Research Gate (22).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.2. Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2022). Plasma-activated milk powder as a sodium nitrite alternative in pork sausages. *Meat Science*, 192, 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108880>

MEIN₂₀₂₂ = 140

IF₂₀₂₂ = 7.1

IF_{5-letni} = 5.9

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (10), Scopus (12), Research Gate (11).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.3. Marcinkowska-Lesiak, M., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Stelmasiak, A., Wierzbicka, A., & Półtorak, A.. (2022). Green technology for pork loin wet curing - unconventional use of cow and soy milk treated with non-thermal atmospheric plasma. *Foods*, 11, 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods11162523>

MEiN₂₀₂₂ = 100IF₂₀₂₂ = 5.2IF_{5-letni} = 5.1

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (6), Scopus (6), Research Gate (6).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.4. Marcinkowska-Lesiak M., Alirezalu K., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., Szpicer, A., & Półtorak, A. (2023). Physicochemical characteristics of pork liver pâtés containing nonthermal air plasma-treated egg white as an alternative source of nitrite. *Applied Sciences-Basel*, 13, 1–17. <https://doi.org/10.3390/app13074464>

MEiN₂₀₂₃ = 100IF₂₀₂₃ = 2.5IF_{5-letni} = 2.7

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (2), Scopus (2), Research Gate (2).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.5. Marcinkowska-Lesiak, M., Zalewska, M., Alirezalu K., Wojtasik-Kalinowska, I., Onopiuk, A., & Półtorak, A. (2023). Production of restructured beef jerky using blood plasma solutions activated by non-thermal atmospheric plasma. *Animal Science Papers and Reports*, 41, 195–218. <https://doi.org/10.2478/aspr-2023-0008>

MEiN₂₀₂₃ = 100IF₂₀₂₃ = 0.9IF_{5-letni} = 0.7

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (1), Scopus (1), Research Gate (1).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

O.6. Marcinkowska-Lesiak, M., Alizeralu K., Szpicer A., Pogorzelska-Nowicka E., Stelmasiak A. & Półtorak, A. (2024). Optimizing nitrite content in powders from plasma-activated egg whites for meat preservation using response surface methodology. *LWT*, 208, 116736, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116736>

MNiSW₂₀₂₄ = 100

IF₂₀₂₃ = 6.0

IF_{5-letni} = 6.0

Liczba cytowań publikacji według: Web of Science (-), Scopus (-), Research Gate (-).

Mój wkład w powstanie niniejszej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i założeń badań, wykonaniu głównych prac badawczych oraz analitycznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu, a także współredagowaniu odpowiedzi na recenzje i prowadzeniu korespondencji z redaktorem czasopisma jako autor korespondencyjny.

Sumaryczny Impact Factor (IF) dla 6 publikacji naukowych, stanowiących podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, wynosi: **28,8** (IF_{5-letni} = 26,3), natomiast suma punktów zgodnie z wykazem czasopism naukowych oraz recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych, opublikowana przez MEiN/MNiSW wynosi **680 pkt.**

Suma pkt = 680

IF = 28,8

IF_{5-letni} = 26,3

Liczba cytowań wszystkich 6 publikacji według: Web of Science (38), Scopus (44), Research Gate (42).

Wyniki moich badań przedstawione w osiągnięciu naukowym i opisane poniżej, zostały opublikowane w istotnych czasopismach naukowych mających wpływ na rozwój dyscypliny, przy wsparciu środków Instytutu Nauk o Żywności w ramach finansowania zadań badawczych dla Naukowców i Zespołów (2021-2022 r.) oraz w ramach finansowania zadania badawczego Miniatura 6 ("Mechanizm wytwarzania azotynów "in situ" z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej oraz ich stabilność w wybranych odwodnionych układach białek komplementarnych") z Narodowego Centrum Nauki (2022-2023 r.).

II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

1. Wykaz publikacji naukowych w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR/lista A Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego) z wyłączeniem prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

II.1.1. Półtorak A., Wyrwisz J., Moczowska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Stelmasiak A., Rafalska U., Wierzbicka A., Sun D.: Microwave vs. convection heating of bovine Gluteus Medius muscle: impact on selected physical properties of final product and cooking yield, International Journal of Food Science and Technology, vol. 50, nr 4, 2015, s. 958-965, DOI:10.1111/ijfs.12729, MNiSW₂₀₁₅=25 punktów, IF₂₀₁₅=1,504

II.1.2. Półtorak A., Wyrwisz J., Moczowska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Stelmasiak A., Rafalska U., Zalewska M., Wierzbicka A., Sun D.: Correlation between instrumental texture and color quality attributes with sensory analysis of selected cheeses as affected by fat contents, International Journal of Food Science and Technology, vol. 50, nr 4, 2015, s. 999-1008, DOI:10.1111/ijfs.12707, MNiSW₂₀₁₅=25 punktów, IF₂₀₁₅=1,504

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

II.1.3. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Zdanowska-Sąsiadek Ż., Stelmasiak A., Damaziak K., Michalczyk M., Poławska E., Wyrwisz J., Wierzbicka A.: Effect of packaging method and cold-storage time on chicken meat quality, CyTA-Journal of Food, vol. 14, nr 1, 2016, s. 41-46, DOI:10.1080/19476337.2015.1042054, MNiSW₂₀₁₆=20 punktów, IF₂₀₁₆=1,18

II.1.4. Damaziak K., Stelmasiak A., Michalczyk M., Wyrwisz J., Moczowska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Niemiec J., Wierzbicka A.: Analysis of storage possibility of raw and smoked breast meat of oat-fattened White Kołuda® goose based on their quality characteristics, Poultry Science, vol. 95, nr 9, 2016, s. 2186-2197, DOI:10.3382/ps/pew138, MNiSW₂₀₁₆=40 punktów, IF₂₀₁₆=1,908

II.1.5. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Poławska E., Wierzbicka A.: The effect of different gas permeability of packaging on physicochemical and microbiological parameters of pork loin storage under high O₂ modified atmosphere packaging conditions, Food Science and Technology International, vol. 23, nr 2, 2017, s. 174-184, DOI:10.1177/1082013216671406, MNiSW₂₀₁₇=25 punktów, IF₂₀₁₅=1,081

II.1.6. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Poławska E., Półtorak A., Wierzbicka A.: The effect of varying gas headspace to meat ratio on the quality of pork loin stored in high O₂ modified atmosphere, CyTA-Journal of Food, vol. 15, nr 2, 2017, s. 226-233, DOI:10.1080/19476337.2016.1240237, MNiSW₂₀₁₇=20 punktów, IF₂₀₁₇=1,371

II.1.7. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Poławska E., Stelmasiak A., Wierzbicka A.: Quality of pork loin stored under different light intensity, *CyTA-Journal of Food*, vol. 15, nr 3, 2017, s. 336-343, DOI:10.1080/19476337.2016.1256912, MNiSW₂₀₁₇=20 punktów, IF₂₀₁₅=1,371

II.1.8. Zalewska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A., Stelmasiak A., Półtorak A.: Modified atmosphere packaging for extending the shelf life of fresh *Agaricus bisporus*, *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 42, nr 12, 2018, Numer artykułu: e13839, s. 1-9, DOI:10.1111/jfpp.13839, MNiSW₂₀₁₈=20 punktów, IF₂₀₁₈=1,288

II.1.9. Zalewska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A.: Physicochemical properties of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) as affected by coating, *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 42, nr 2, 2018, Numer artykułu: e13419, s. 1-8, DOI:10.1111/jfpp.13419, MNiSW₂₀₁₈=20 punktów, IF₂₀₁₈=1,288

II.1.10. Półtorak A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Lendzion K., Moczowska M., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., Wierzbicka A.: Evaluation of the antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial effects of catuaba, galangal, roseroot, maca root, guarana and polyfloral honey in sausages during storage, *LWT-Food Science and Technology*, vol. 96, 2018, s. 364-370, DOI:10.1016/j.lwt.2018.05.035, MNiSW₂₀₁₈=40 punktów, IF₂₀₁₈=3,714

II.1.11. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A., Zalewska M., Ciepluch A., Barotti L.: The effect of different levels of Spirulina powder on the chosen quality parameters of shortbread biscuits, *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 42, nr 3, 2018, Numer artykułu: e13561, s. 1-10, DOI:10.1111/jfpp.13561, MNiSW₂₀₁₈=20 punktów, IF₂₀₁₈=1,288

II.1.12. Półtorak A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Lendzion K., Onopiuk A., Moczowska M., Wojtasik-Kalinowska I., Wierzbicka A.: The effect of bioactive components of plant origin on the physicochemical and sensory characteristics of functional sausages, *Food Science and Technology, SciELO*, vol. 39, nr 1, 2019, s. 232-239, DOI:10.1590/fst.03018, MNiSW₂₀₁₉=40 punktów, IF₂₀₁₉=1,443

II.1.13. Onopiuk A., Półtorak A., Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Pogorzelski G., Wierzbicka A.: Impact of the storage atmosphere enriched with ozone on the quality of *Lycopersicon esculentum* tomatoes, *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 43, nr 12, 2019, s. 1-10, DOI:10.1111/jfpp.14252, MNiSW₂₀₁₉=40 punktów, IF₂₀₁₉=1,405

II.1.14. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., Zalewska M., Półtorak A., Wierzbicka A.: The influence of sage and hemp oil addition to gelatin-based edible coating on the quality features of pork, *CyTA-Journal of Food*, vol. 18, nr 1, 2020, s. 719-727, DOI:10.1080/19476337.2020.1836027, MEiN₂₀₂₀=40 punktów, IF₂₀₂₀=2,255

II.1.15. Zalewska M., Górską-Horczyczak E., **Marcinkowska-Lesiak M.**: Effect of Applied Ozone Dose, Time of Ozonization, and Storage Time on Selected Physicochemical Characteristics of Mushrooms (*Agaricus bisporus*), Agriculture (Switzerland), Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 11, nr 8, 2021, Numer artykułu: 748, s. 1-13, DOI:10.3390/agriculture11080748, MEiN₂₀₂₀=100 punktów, IF₂₀₂₀=3,408

II.1.16. Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A., Stelmasiak A., Szpicer A., Holc D., Wierzbicka A., Półtorak A.: Geese fillets flavor stability and quality characteristics at different stages of sous-vide cooking, Animal Science Papers and Reports, vol. 39, nr 4, 2021, s. 419-435, MEiN₂₀₂₁=100 punktów, IF₂₀₂₁=0,967

II.1.17. Wojtasik-Kalinowska I., Górską-Horczyczak E., Stelmasiak A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A., Wierzbicka A., Półtorak A.: Effect of Temperature and Oxygen Dose During Rendering of Goose Fat to Promote Fatty Acid Profiles, European Journal of Lipid Science and Technology, vol. 123, nr 12, 2021, Numer artykułu: 2100085, s. 1-8, DOI:10.1002/ejlt.202100085, MEiN₂₀₂₁=100 punktów, IF₂₀₂₁=3,196

II.1.18. Pogorzelska-Nowicka E., Hanula M., Brodowska-Trębacz M., Górską-Horczyczak E., Jankiewicz U., Mazur T., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A., Wierzbicka A.: The effect of cold plasma pretreatment on water-suspended herbs measured in the content of bioactive compounds, antioxidant activity, volatile compounds and microbial count of final extracts, Antioxidants, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 10, nr 11, 2021, Numer artykułu: 1740, DOI:10.3390/antiox10111740, MEiN₂₀₂₁=100 punktów, IF₂₀₂₁=7,675

II.1.19. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Zalewska M., Półtorak A.: Application of propolis extract in gelatin coatings as an environmentally friendly method for extending the shelf life of pork loin, Coatings, vol. 11, nr 8, 2021, Numer artykułu: 979, s. 1-14, DOI:10.3390/coatings11080979, MEiN₂₀₂₁=100 punktów, IF₂₀₂₁=3,236

II.1.20. Zalewska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A.: Application of different drying methods and their influence on the physicochemical properties of tomatoes, European Food Research and Technology, vol. 248, nr 11, 2022, 2727–2735, DOI:10.1007/s00217-022-04081-0, 70 punktów, IF(3,3) MEiN₂₀₂₂=70 punktów, IF₂₀₂₂=3,3

II.1.21. Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A., Szpicer A., Wierzbicka A., Półtorak A.: The effect of *Solanum lycopersicum* L. extract on quality and flavor stability of ready to eat meat products, Animal Science Papers and Reports, vol. 40, 2022, s. 423-438, MEiN₂₀₂₂=100 punktów, IF₂₀₂₁=1

II.1.22. Pogorzelska-Nowicka E., Górską-Horczyczak E., Hanula M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Pogorzelski G., Wierzbicka A., Półtorak A.: Sage extracts obtained with cold plasma

improves beef quality, *Meat Science*, vol. 194, 2022, Numer artykułu: 108988, s. 1-9, DOI:10.1016/j.meatsci.2022.108988, MEiN₂₀₂₂=140 punktów, IF₂₀₂₂=7,1

II.1.23. Onopiuk A., Kołodziejczak K., Szpicer A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Stelmasiak A., Półtorak A.: The Effect of Partial Substitution of Beef Tallow on Selected Physicochemical Properties, Fatty Acid Profile and PAH Content of Grilled Beef Burgers, *Foods*, MDPI, vol. 11, nr 13, 2022, Numer artykułu: 1986, s. 1-18, MEiN₂₀₂₂=100 punktów, IF₂₀₂₂=5,2

II.1.24. Onopiuk A., Kołodziejczak K., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., Stelmasiak A., Półtorak A.: Influence of plant extract addition to marinades on polycyclic aromatic hydrocarbon formation in grilled pork meat, *Molecules*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 27, nr 1, 2022, Numer artykułu: 175, s. 1-18, DOI:10.3390/molecules27010175, MEiN₂₀₂₂=140 punktów, IF₂₀₂₂=4,6

II.1.25. Onopiuk A., Kołodziejczak K., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A.: Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons using different extraction methods and HPLC-FLD detection in smoked and grilled meat products, *Food Chemistry*, vol. 373, 2022, Numer artykułu: 131506, s. 1-7, DOI:10.1016/j.foodchem.2021.131506, MEiN₂₀₂₂=200 punktów, IF₂₀₂₂=8,8

II.1.26. Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., Bińkowska W., Hanula M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A.: Effect of processing on volatile organic compounds formation of meat - review, *Applied Sciences-Basel*, MDPI, vol. 13, 2023, Numer artykułu: 705, s. 1-13, DOI:10.3390/app13020705, MEiN₂₀₂₃=100 punktów, IF₂₀₂₃=2,5

II.1.27. Safari R., Yaghoubi M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Paya H., Sun X., Rastgoo A., Rafiee M., Alirezalu K.: The effects of double gelatin containing chitosan nanoparticles-calcium alginate coatings on the stability of chicken breast meat, *Food Science and Nutrition*, John Wiley and Sons Ltd, 2023, s. 1-13, DOI:10.1002/fsn3.3686, MEiN₂₀₂₃=100 punktów, IF₂₀₂₃=3,5

II.1.28. Milad Y., Kazem A., Javad H., Seyed H., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Younes B., Hoseinian-Khosrowshahi S., Marszałek K., Amin M.: Application of oleaster leaves (*Elaeagnus angustifolia* L.) essential oil and natural nanoparticle preservatives in frankfurter-type sausages: An assessment of quality attributes and stability during refrigerated storage, *Meat Science*, vol. 198, 2023, Numer artykułu: 109097, s. 1-12, DOI:10.1016/j.meatsci.2023.109097, 140 punktów, IF(5,7) MEiN₂₀₂₃=140 punktów, IF₂₀₂₃=5,7

II.1.29. Milad Y., Alirezalu K., Mazloomi S., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Azadmard-Damirchi S., Peighambardous S., Hesari J., Rastgoo A., Phimolsiripol Y., Khaneghah A.: Enhancing beef sausage packaging with calcium alginate active film infused with nisin and ϵ -polylysine

nanoparticles and beetroot extract, LWT-Food Science and Technology, Elsevier, vol. 191, 2024, Numer artykułu: 115665, s. 1-11, DOI:10.1016/j.lwt.2023.115665, 100 punktów, IF(6) MEiN₂₀₂₄=100 punktów, IF₂₀₂₄=6

2. Wykaz publikacji naukowych w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

II.2.1. Zalewska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A., Wyrwisz J., Zaremba R.: Wpływ sposobu pakowania na zachowanie barwy mięsa i przetworów z mięsa wieprzowego, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, Wyższa Szkoła Menadżerska, nr 2, 2012, s. 127-131, MNiSW₂₀₁₂=5 punktów

II.2.2. Półtorak A., Zalewska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**: Możliwość wykorzystania nowoczesnych systemów pakowania w produkcji przetworów z mięsa wieprzowego, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, Wyższa Szkoła Menadżerska, nr 2, 2012, s. 91-95, MNiSW₂₀₁₂=5 punktów

II.2.3. Marciniak-Łukasiak K., Żbikowska A., **Marcinkowska-Lesiak M.**: Wpływ dodatku skrobi na jakość smażonych makaronów instant, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, Wyższa Szkoła Menadżerska, nr 2, 2012, s. 27-31, MNiSW₂₀₁₂=5 punktów

II.2.4. Zdanowska-Sąsiadek Ż., Michalczuk M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Damaziak K.: Czynniki warunkujące przebieg utleniania lipidów w mięsie drobiowym, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 2013, s. 77-84, MNiSW₂₀₁₃=13 punktów

II.2.5. Zdanowska-Sąsiadek Ż., Michalczuk M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Damaziak K.: Czynniki kształtujące cechy sensoryczne mięsa drobiowego, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, nr 3, 2013, s. 344-353, MNiSW₂₀₁₃=6 punktów

II.2.6. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wyrwisz J., Stelmasiak A., Rafalska U.: Wpływ rodzaju opakowania na pH oraz barwę wybranych wyrobów mięsnych o podwyższonej wartości prozdrowotnej, Aparatura Badawcza i Dydaktyczna, Centralny Ośrodek Badawczo Rozwojowy Aparatury Badawczej i Dydaktycznej COBRABiD sp. z o. o., nr 2, 2013, s. 155-160, MNiSW₂₀₁₃=10 punktów

II.2.7. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Moczowska M., Wyrwisz J., Stelmasiak A., Zdanowska-Sąsiadek Ż., Damaziak K., Michalczuk M.: Wpływ płci na wybrane cechy jakości mięśni mieszkańców (CCZk), Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 2013, s. 39-47, MNiSW₂₀₁₃=13 punktów

II.2.8. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wierzbicka A.: Mięso wołowe i produkty mięsne w świetle aktualnych przepisów dotyczących znakowania żywności, *Gospodarka Mięsna*, nr 11, 2013, s. 28-32, MNiSW₂₀₁₃=7 punktów

II.2.9. Rafalska U., Stelmasiak A., Moczowska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wyrwisz J., Półtorak A.: Wpływ witaminy D3 na kruchość kulinarnego mięsa wołowego, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, Wyższa Szkoła Menadżerska, nr 2, 2014, s. 125-130, MNiSW₂₀₁₄=6 punktów

II.2.10. Półtorak A., Wyrwisz J., Moczowska M., **Marcinkowska-Lesiak M.**: Wpływ procesu dojrzewania i obróbki termicznej na kształtowanie jakości mięsa wołowego pozyskanego z systemu jakości, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, Wyższa Szkoła Menadżerska, nr 2, 2014, s. 112-119, MNiSW₂₀₁₄=6 punktów

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

II.2.11. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Zaremba R.: Effect of pig diet composition and type of packaging material on the chosen quality parameters of smoked bacon as related to storage time, *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna, Centralny Ośrodek Badawczo Rozwojowy Aparatury Badawczej i Dydaktycznej COBRABiD sp. z o. o.*, nr 4, 2016, s. 221-229, MNiSW₂₀₁₆=10 punktów

3. Wykaz opublikowanych monografii naukowych

brak

4. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

II.4.1. Guzek D., Głąbska D., Molęda Z., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Gutkowska K., Horbańczuk J., Wierzbicka A.: Biożywność – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego – możliwość wdrożenia produkcji prozdrowotnych przetworów z mięsa wieprzowego, W: *Nauka o żywieniu człowieka :osiągnięcia i wyzwania* / Guzek Dominika, Głąbska Dominika (red.), 2013, Wydawnictwo SGGW, ISBN 978-83-7583-546-5, s. 540-547, MNiSW₂₀₁₃=5 punktów

II.4.2. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Stelmasiak A., Zaremba R., Wierzbicka A.: Wpływ nastrzyku na wybrane właściwości fizyczne przechowywanej wołowiny, W: *Fizyczne właściwości surowców i ich wykorzystanie w procesach przetwórstwa spożywczego* / Sobczak Paweł, Ślaska-Grzywna Beata (red.), 2014, Polskie Towarzystwo Inżynierii i Techniki Przetwórstwa Spożywczego "SPOMASZ", ISBN 978-83-63761-52-3, s. 23-33 MNiSW₂₀₁₄=5 punktów

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

II.4.3. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Półtorak A., Wierzbicka A.: Application of hydrogen peroxide oxidation in production of starch-based films, W: Proceedings of the 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience: Prague, Czech Republic, 7 - 9 November 2018 / Řápková Radmila[i in.](red.), International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, 2018, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-86238-80-7, s. 280-284, MNiSW₂₀₁₈=5 punktów

II.4.4. Onopiuk A., Półtorak A., Szpicer A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wierzbicka A.: The influence of polysaccharides edible coatings on the physical and chemical properties of strawberry fruits, W: Proceedings of the 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience: Prague, Czech Republic, 7 - 9 November 2018 / Řápková Radmila[i in.](red.), International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, 2018, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-86238-80-7, s. 285-290, MNiSW₂₀₁₈=5 punktów

II.4.5. Półtorak A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., Wierzbicka A.: Volatile compounds profile of white bread with addition of chosen glycoside hydrolases as improvers, W: Proceedings of the 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience: Prague, Czech Republic, 7 - 9 November 2018 / Řápková Radmila[i in.](red.), International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, 2018, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-86238-80-7, s. 312-316, MNiSW₂₀₁₈=5 punktów

II.4.6. Szpicer A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A., Wierzbicka A.: Use of polysaccharides in production low-fat meat products, W: Proceedings of the 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience: Prague, Czech Republic, 7 - 9 November 2018 / Řápková Radmila[i in.](red.), International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, 2018, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-86238-80-7, s. 390-395, MNiSW₂₀₁₈=5 punktów

II.4.7. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Półtorak A., Wierzbicka A.: THE INFLUENCE OF CELLULASE PREPARATION ON THE QUALITY OF YEAST MUFFIN MADE FROM WHOLE GRAIN WHEAT FLOUR, W: Proceedings of the 16th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience / Řápková Radmila[i in.](red.), 2020, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-88307-05-1, s. 9-13, MNiSW₂₀₂₀=5 punktów

II.4.8. Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wierzbicka A., Półtorak A.: STABILIZATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF BERRY FRUITS USING OF POLYSACCHARIDE EDIBLE COATINGS, W: Proceedings of the 16th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience / Řápková Radmila[i in.](red.), 2020, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-88307-05-1, s. 14-18, MNiSW₂₀₂₀=5 punktów

II.4.9. Szpicer A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Pogorzelski G., Wierzbicka A., Póltorak A.: MODELLING OF VOLATILE COMPOUNDS AND FATTY ACIDS PROFILES USING POLYSACCHARIDES AND VEGETABLE OILS IN FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS, W: Proceedings of the 16th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience / Řápková Radmila[i in.](red.), 2020, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-88307-05-1, s. 28-33, MNiSW₂₀₂₀=5 punktów

II.4.10. Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Onopiuk A., Orlowski M., Wierzbicka A., Póltorak A.: RHEOLOGICAL PROPERTIES AND FLAVOUR EVALUATION OF LOW FAT YOGHURTS, W: Proceedings of the 16th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience / Řápková Radmila[i in.](red.), 2020, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-88307-05-1, s. 36-40, MNiSW₂₀₂₀=5 punktów

II.4.11. Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Póltorak A., Wierzbicka A.: Modeling the structure of yogurts containing oat beta-glucan, W: Proceedings of the 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience: Prague, Czech Republic, 7 - 9 November 2018 / Řápková Radmila[i in.](red.), International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, 2018, Czech Chemical Society, ISBN 978-80-86238-80-7, s. 433-438, MNiSW₂₀₂₀=5 punktów

II.4.12. Kurek Marcin, Wojtasik-Kalinowska Iwona, **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A., Szpicer A., Kultys E., Zalewska M.: Effect of Microwaves on Food Carbohydrates, W: Microwave Processing of Foods: Challenges, Advances and Prospects. Microwaves and Food / Singh Anubhav Pratap[i in.](red.), 2024, Springer, ISBN 978-3-031-51613-9, s. 221-249, DOI:10.1007/978-3-031-51613-9_12, MNiSW₂₀₂₄=20 punktów

5. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii

brak

6. Wykaz publikacji popularno-naukowych

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

II.6.1. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wierzbicka A.: Biożywność - innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego, Polskie Mięso, nr 10, 2013, s. 26-27

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

II.6.2. **Marcinkowska-Lesiak M.** (2017): Bemary, czyli sposób na ciepły posiłek przez długi czas, Szef Kuchni, nr 2, 20-22

II.6.3. **Marcinkowska-Lesiak M.** (2017): Jak w prosty sposób zapobiegać marnowaniu żywności, czyli o pakowaniu i przechowywaniu słów kilka, *Szef Kuchni*, nr 2, 26-29

II.6.4. **Marcinkowska-Lesiak M.** (2017): Chłodne oblicze Gastronomii, *Szef Kuchni*, nr 4, 34-36

II.6.5. **Marcinkowska-Lesiak M.** (2017): Systemy wentylacji i klimatyzacji w zakładach żywienia zbiorowego, *Szef Kuchni*, nr 4, 38-40

II.6.6. **Marcinkowska-Lesiak M.,** Wojtasik-Kalinowska I. (2023): Jakość żywności na pierwszym miejscu. Nowe trendy w produkcji, pakowaniu i magazynowaniu. Food and Design e-book, Nowe technologie i AI w branży spożywczej i HoReCa, 7-9

7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych (referaty, doniesienia ustne, doniesienia posterowe)

- KONFERENCJE KRAJOWE

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

II.7.1. Półtorak A., Zaremba R., Wyrwisz J., Zalewska M., Kaźmierczak J., **Marcinkowska M.,** Wierzbicka A. (2012): „Zastosowanie termografii w podczerwieni do estymacji zmienności rozkładu temperatury powierzchni grillowanych steków wołowych”, XV Konferencja Naukowo-Techniczna „Budowa i Eksploatacja Maszyn Przemysłu Spożywczego” BEMS, wrzesień 2012, Koszalin-Kołobrzeg (poster - współautor)

II.7.2. Półtorak A., Wyrwisz J., Zalewska M., Zaremba R., Kaźmierczak J., **Marcinkowska M.,** Wierzbicka A. (2012): „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do oceny ilości tłuszczu śródmięśniowego w mięsie wieprzowym”, XV Konferencja Naukowo-Techniczna „Budowa i Eksploatacja Maszyn Przemysłu Spożywczego” BEMS, wrzesień 2012, Koszalin-Kołobrzeg (poster - współautor)

II.7.3. **Marcinkowska-Lesiak M.** (2012): „Wpływ warunków przechowywania na wybrane właściwości fizyczne wędzonek z mięsa wieprzowego”, Sympozjum Naukowe projektu „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego”, Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu, 10 październik 2012, Jastrzębiec (doniesienie ustne)

II.7.4. Ulanicka U., Stelmasiak A., Moczowska M., **Marcinkowska-Lesiak M.** (2013): „Wpływ dodatku witaminy D3 do paszy zwierząt na jakość kulinarnego mięsa wołowego”, Krajowa Konferencja Doktorantów „Nauki przyrodnicze kreują przyszłość”, 12 październik 2013 (poster - współautor)

II.7.5. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Poławska E., Wyrwisz J., Stelmasiak A., Choiński W., Wierzbicka A. (2013): „The effect of the diet and type of packaging on the selected physical properties of smoked bacon as related to storage time”, Konferencja podsumowująca kolejny etap Projektu BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego, POLAGRA, 25 wrzesień 2013, Poznań (poster)

II.7.6. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Stelmasiak A., Zaremba R., Wierzbicka A. (2014): „Wpływ nastrzyku na wybrane właściwości fizyczne przechowywanej wołowiny”, XVI Konferencja Naukowo-Techniczna „Budowa i Eksploatacja Maszyn Przemysłu Spożywczego” BEMS, 9-12 wrzesień 2014, Lublin (poster)

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

II.7.7. Półtorak A., Szpicer A., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Kalinowska-Wojtasik I., Wierzbicka A. (2018): „Analiza możliwości wykorzystania różnicowej kolorymetrii skaningowej do oceny stabilności oksydacyjnej produktów rolnych”, XXV Jubileuszowa Konferencja Naukowa w Zakopanem z cyklu „Postęp Naukowo-Techniczny i Organizacyjny w Rolnictwie”, Zakopane, 2018 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.8. Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Stelmasiak A., Szpicer A., Wierzbicka A., Półtorak A. (2022): „Wpływ parametrów niskotemperaturowej obróbki cieplnej na wybrane cechy jakościowe produktu finalnego”, Konferencja Naukowa „Postęp Naukowo-Techniczny i Organizacyjny w Rolnictwie” organizowana przez Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Zakopane, 7-10 lutego 2022 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.9. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Wierzbicka A., Półtorak A. (2023): „Wpływ nietermicznej plazmy atmosferycznej na parametry jakościowe tłuszczu podskórnego wieprzowego oraz wołowego”, XXIX Konferencja Naukowa „Postęp Naukowo-Techniczny i Organizacyjny w Rolnictwie”, Zakopane, 2023 (doniesienie ustne)

II.7.10. Stelmasiak A., Szpicer A., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Wierzbicka A., Półtorak A. (2023): „Wpływ udziału naturalnych ekstraktów roślinnych na jakość kulinarnych tłuszczów smakowych”, XXIX Konferencja Naukowa „Postęp Naukowo-Techniczny i Organizacyjny w Rolnictwie”, Zakopane, 2023 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.11. Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Wierzbicka A., Półtorak A. (2023): „Analiza profilu kwasów tłuszczowych i oksydacji lipidów w tłuszczach pochodzenia zwierzęcego”, XXIX Konferencja Naukowa „Postęp Naukowo-Techniczny i Organizacyjny w Rolnictwie”, Zakopane, 2023 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.12. Półtorak A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Wierzbicka A. (2023): „Analiza wpływu zmian współczynnika lepkości dynamicznej na ilość

i jakość paniery produktu finalnego”, XXIX Konferencja Naukowa „Postęp Naukowo-Techniczny i Organizacyjny w Rolnictwie”, Zakopane, 2023 (doniesienie ustne - współautor)

- KONFERENCJE MIĘDZYNARODOWE

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

II.7.13. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wyrwisz J., Stelmasiak A., Ulanicka U., Wierzbicka A. (2013): „The influence of packaging material on pH and color stability during chilled storage of different types of functional smoked pork loin, packaged in modified atmosphere”, 18th Conference of Young Researchers Section of Polish Society of Food Technologists, 2nd International Session – Quo Vadis Alimentum?, 14-16.05.2013, Puszczykowo (doniesienie ustne)

II.7.14. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wyrwisz J., Stelmasiak A., Zdanowska-Sąsiadek Ż., Damaziak K., Michalczyk M. (2013): „Evaluation of selected quality characteristics of Cobb x (Cobb x Zk) hybrids breast muscles according to sex”, XXV Międzynarodowe Sympozjum Drobiarskie PO WPSA „Nauka praktyce drobiarskiej – praktyka drobiarska nauce”, 2-4 wrzesień 2013, Zegrze (doniesienie ustne)

II.7.15. Guzek D., Głębska D., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Gutkowska K., Horbańczuk J.O., Wierzbicka A. (2013): „Biożywność – innowacyjne produkty pochodzenia zwierzęcego - ocena jakości wybranych surowców zwierzęcych i przetworów prozdrowotnych”, Międzynarodowa Konferencja Jubileuszowa z okazji 35-lecia istnienia WNoŻCiK, 28 czerwiec 2013, Warszawa (doniesienie ustne – współautor)

II.7.16. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Stelmasiak A., Półtorak A., Wierzbicka A. (2014): „The effects of two different packaging materials on the chosen physical properties of beef as related to storage time”, 19th Conference of Young Researchers Section of Polish Society of Food Technologists, 3rd International Conference „Food Science Horizon”, 7-9 maj 2014, Warszawa (poster)

II.7.17. Zaremba R., Wierzbicka A., Półtorak A., Wyrwisz J., Piwińska M., **Marcinkowska-Lesiak M.** (2014): „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu w ocenie jakości mięsa wieprzowego o zróżnicowanej zawartości tłuszczu śródmięśniowego”, Międzynarodowe warsztaty naukowe „Computer Image Analysis in Bio-Sciences”, 23-24 czerwiec 2014, Olsztyn (poster - współautor)

II.7.18. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wyrwisz J., Stelmasiak A., Zdanowska-Sąsiadek Ż., Michalczyk M., Wierzbicka A. (2014): „Effect of packaging method and cold storage time on meat quality of hybrids breast muscles ‘Broiler Q’”, XXVI Międzynarodowe Sympozjum

Drobiarskie Polskiego Oddziału World's Poultry Science Association „Nauka praktyce - praktyka nauce”, Kazimierz Dolny, 2014 (doniesienie ustne).

II.7.19. Stelmasiak A., Wyrwisz J., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A., Wierzbicka A. (2014): „The effect of herb extracts addition on colour of smoked ostrich products”, XXVI Międzynarodowe Sympozjum Drobiarskie Polskiego Oddziału World's Poultry Science Association „Nauka praktyce – praktyka nauce”, Kazimierz Dolny, 2014 (doniesienie ustne - współautor).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

II.7.20. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Onopiuk A., Zalewska M., Sakowska A., Zaremba R. (2016): „Effect of different level of spirulina on the chosen quality parameters of shortbread biscuits”, Bonding Tradition with Innovation- Successful Strategies in Food Chain Value, Olsztyn, Polska (poster)

II.7.21. Wierzbicka A., Półtorak A., Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Pogorzelski G., Stelmasiak A. (2018): „Applied of polysaccharides to create the structure of selected food products”, The 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 7–9 listopada 2018 (doniesienie ustne-współautor)

II.7.22. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Półtorak A., Wierzbicka A. (2018): „Application of hydrogen peroxide oxidation in production of starch-based films”, 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 7–9 listopada 2018 (poster)

II.7.23. Onopiuk A., Półtorak A., Szpicer A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Wierzbicka A. (2018): „The influence of polysaccharides edible coatings on the physical and chemical properties of strawberry fruits”, 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 7–9 listopada 2018 (poster - współautor)

II.7.24. Szpicer A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A., Wierzbicka A. (2018): „Use of polysaccharides in production low-fat meat products”, 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 7–9 listopada 2018 (poster - współautor)

II.7.25. Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A., Wierzbicka A. (2018): „Modelling the structure of yoghurts containing oat β -glucan”, 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy (poster - współautor)

II.7.26. Półtorak A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., Wierzbicka A. (2018): „Volatile compounds profile of white bread with an addition of chosen glycoside hydrolases as improvers”, 14th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 7–9 listopada 2018 (poster - współautor)

II.7.27. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Półtorak A., Wierzbicka A. (2020): „The influence of cellulase preparation on the quality of yeast muffin made from whole grain wheat flour”, 16th International (Web-) Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 4–6 listopada 2020 (doniesienie ustne)

II.7.28. Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Onopiuk A., Orłowski M., Wierzbicka A., Półtorak A. (2020): „Rheological properties and flavour evaluation of low fat yoghurts”, 16th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 4–6 listopada 2020 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.29. Szpicer A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wierzbicka A., Półtorak A. (2020): „Modelling of volatile compounds and fatty acids profiles using polysaccharides and vegetable oils in functional food products”, 16th International (Web-) Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 4–6 listopada 2020 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.30. Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Wierzbicka A., Półtorak A. (2020): „Stabilization of the physical properties of berry fruits using polysaccharide edible coatings”, 16th International (Web-) Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 4–6 listopada 2020 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.31. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Półtorak A. (2021): „Effect of oxidized starch-based coatings on quality of stored strawberries”, 17th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 11–12 listopada 2021 (doniesienie ustne)

II.7.32. Onopiuk A., Kołodziejczak K., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Półtorak A. (2021): „The use of edible coatings based on chitosan and pullulan to extend the shelf life of apples”, 17th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 11–12 listopada 2021 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.33. Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Petri D., Półtorak A. (2021): „Modeling the consistency of curd cheese using enzymes from the transferase class”, 17th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 11–12 listopada 2021 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.34. Szpicer A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wierzbicka A., Półtorak A. (2021): „The use of polysaccharides and polyphenols in modeling the physicochemical parameters of innovative pro-health biscuits”, 17th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience, Praga, Czechy, 11–12 listopada 2021 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.35. **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Półtorak A. (2021): „Quality of pork loin during storage affected by gelatin edible coatings enriched with propolis extract”, Webinar Conference On Food Science & Nutrition, 27–28 stycznia 2021 (doniesienie ustne)

II.7.36. Szpicer A., Onopiuk A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wierzbicka A., Półtorak A. (2021): „Improving the nutritional and technological properties of food products through the use of oat beta-glucan and rapeseed oil as health-promoting ingredients in the meat industry”, Webinar Conference On Food Science & Nutrition, 27–28 stycznia 2021 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.37. Wojtasik-Kalinowska I., Stelmasiak A., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Szpicer A., Półtorak A. (2021): „Analysis of selected physicochemical parameters in goose meat treated to low temperature heat treatment”, Webinar Conference On Food Science & Nutrition, 27–28 stycznia 2021 (doniesienie ustne - współautor)

II.7.38. Onopiuk A., Kołodziejczak K., Szpicer A., Wojtasik-Kalinowska I., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Półtorak A. (2021): „Analysis of the profile of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat by traditional method”, Webinar Conference On Food Science & Nutrition, 27–28 stycznia 2021 (doniesienie ustne - współautor)

- WYKAZ WYKŁADÓW NA ZAPROSZENIE I WYKŁADÓW PLENARNYCH

II.7.39. Marcinkowska-Lesiak M. (2017): Alergeny w paszy a alergen w mięsie wieprzowym - prelegentka na konferencji naukowej podczas Centralnych Targów Rolniczych w Nadarzynie

8. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych

II.8.1. Członek komitetu organizacyjnego - Międzynarodowa Konferencja ProOptiBeef – optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią "od widelca do zagrody" (27.05.2015)

II.8.2. Członek komitetu naukowego - Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka okiem młodego naukowca” (10.06.2017, Łódź)

II.8.3. Członek komitetu naukowego - Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Zrozumieć Naukę” (30.09.2017, Łódź)

II.8.4. Członek komitetu naukowego - Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka, Badania, Rozwój” (04.11.2017, Warszawa)

II.8.5. Członek komitetu naukowego - Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Pasja, Wiedza Nauka” (1-2.12.2017, Łódź)

II.8.6. Członek komitetu naukowego - Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Wiedza Kluczem do Sukcesu 2018” (20.01.2018, Łódź)

II.8.7. Członek komitetu naukowego - Ogólnopolska Konferencja Naukowa dla Doktorantów (10.03.2018, Łódź)

9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych

Projekty zrealizowane

II.9.1. Od 01.2011 do 06.2014 - uczestnik zadania 7 (Ocena jakości surowca i przetworów z wieprzowiny w zakresie właściwości funkcjonalnych (wartości odżywczej, prozdrowotnej, fizykochemicznej i sensorycznej) z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz modyfikacji procesów technologicznych i warunków przechowywania) w ramach Projektu pt. „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” (nr projektu: POIG.01.01.02-14-090/09) realizowany przez Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe utworzone przez Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN (Lider Projektu) oraz partnerów naukowych i przemysłowych w latach 2009 – 2015. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka w Działaniu 1.1 „Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy”, Poddziałaniu 1.1.2 „Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych”. Okres realizacji: 01.02.2009 -31.12.2015.

II.9.2. Stażystka (05/06.2012; 05/06.2013) w ramach Projektu Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce, zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody” (ProOptiBeef) współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Priorytet 1. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.3. Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe, Poddziałanie 1.3.1. Projekty rozwojowe (nr projektu: PO IG.01.03.01-00-204/09). Okres realizacji Projektu: 01.10.2009-30.11.2015.

II.9.3. Uczestnik (08.2013-06.2015) zadania 4 (Innowacyjne technologie produkcji wyrobów zbożowych o właściwościach prozdrowotnych) w ramach Projektu pt. „Bioprodukty, innowacyjne technologie wytwarzania prozdrowotnych produktów piekarskich i makaronu o obniżonej kaloryczności” (nr projektu: UDA-POIG.01.03.01-14-041/12) realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Priorytet I. Badania i Rozwój nowoczesnych technologii. Działanie 1.3. Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe. Poddziałanie 1.3.1. Projekty rozwojowe. Okres realizacji 28.05.2013 r. – 30.09.2015 r.

II.9.4. Uczestnik Projektu pt. Projektowanie żywności – „studia dualne II stopnia” w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020 współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach osi priorytetowej III. Szkolnictwo Wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działanie nr 3.1 Kompetencje w szkolnictwie wyższym, Nr projektu: POWR.03.01.00-00-DU61/18. Okres realizacji projektu: 01.09.201 – 30.09.2020.

II.9.5. Wykonawca (09.2020) zadania w Projekcie pt. Sukces z natury – kompleksowy program podniesienia jakości zarządzania procesem kształcenia i jakości nauczania Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój); Okres realizacji projektu: 01.03.2018 - 31.12.2023

II.9.6. Uczestnik (09.2021-10.2023) zespołu B+R - Projekt badawczo-rozwojowy POIR.01.01.01-00-1066/19 pt. „Innowacyjne funkcjonalne tłuszcze spożywcze o podwyższonej wartości odżywczej, prozdrowotnej i technologicznej w systemie: "spray-off" oraz "friendly use"” w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020; Okres realizacji projektu: 01.04.2020-31.10.2023

II.9.7. Kierownik projektu/zadania badawczego Miniatura 6: „Mechanizm wytwarzania azotynów in situ z wykorzystaniem nietermicznej plazmy atmosferycznej oraz ich stabilność w wybranych odwodnionych układach białek komplementarnych” (Narodowe Centrum Nauki); Nr DEC-2022/06/X/NZ9/00648; Okres realizacji projektu: 16.09.2022 – 30.09.2023

Projekty w toku realizacji

Brak

10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

II.10.1. Członek Polskiego Oddziału Światowego Stowarzyszenia Wiedzy Drobiarskiej PB WPSA (2019-2020)

11. Wykaz staży w instytucjach, w tym zagranicznych

II.11.1. staż w Parlamencie Europejskim, Bruksela – przygotowywanie raportów dot. kwestii związanych z bezpieczeństwem żywności, w szczególności: znakowania i bezpieczeństwa produktów spożywczych, przepisów weterynaryjnych dotyczących ochrony zdrowia (04.2013)

II.11.2. staż naukowo-badawczy w Instytucie Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN (24.10.2016 – 31.01.2017) - oznaczania parametrów fizyko-chemicznych metodą bliskiej podczerwieni FT-NIR w surowcach i produktach pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, pomiar zawartości substancji dających reakcję barwną z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBARS) w surowcach i produktach pochodzenia roślinnego i zwierzęcego; interpretacja wyników w zakresie wybranych właściwości fizyko-chemicznych surowców i produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, szkolenie z technik ELISA, prac nad wnioskiem do VII edycji programu Lider

12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

II.12.1. Członek Tematycznego Panelu Doradczego w czasopiśmie Applied Sciences

II.12.2. Redaktor gościnny (wraz z dr hab. Andrzejem Półtorakiem, prof. SGGW oraz dr inż. Iwoną Wojtasik-Kalinowską) wydania specjalnego „Emerging Non-thermal Technology Applications for Food Processing” w czasopiśmie Applied Sciences

II.12.3. Redaktor gościnny (wraz z dr hab. Andrzejem Półtorakiem, prof. SGGW oraz dr inż. Iwoną Wojtasik-Kalinowską) wydania specjalnego „Processing, Preservation, and Quality Evaluation for Meat and Meat Products” w czasopiśmie Applied Sciences

II.12.4. Redaktor gościnny (wraz z dr hab. Andrzejem Półtorakiem, prof. SGGW oraz dr inż. Iwoną Wojtasik-Kalinowską) wydania specjalnego „Sustainable Innovations in Food Production, Packaging and Storage” w czasopiśmie Applied Sciences

13. Wykaz recenzowanych prac naukowych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych

II.13.1. Suma zrealizowanych recenzji za lata 2019-2024 w czasopismach międzynarodowych wynosi 42 – łącznie 12 czasopism (tabela 1).

Tabela 1. Zestawienie recenzji w czasopismach międzynarodowych (2019-2024).

czasopismo międzynarodowe	Liczba recenzji
<i>LWT – Food Science and Technology</i>	7
<i>Meat Science</i>	3
<i>Food Chemistry</i>	1
<i>Innovative Food Science and Emerging Technologies</i>	1
<i>Foods</i>	15
<i>Applied Sciences</i>	2
<i>Coatings</i>	2
<i>Polymers</i>	4
<i>Gels</i>	1
<i>Metabolites</i>	1
<i>Molecules</i>	4
<i>Antioxidants</i>	1

14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych

brak

15. WYKAZ UDZIAŁU W ZESPOŁACH BADAWCZYCH, REALIZUJĄCYCH PROJEKTY INNE NIŻ OKREŚLONE W PKT II.9

II.15.1. Wykonawca działania „MOC GOTOWANIA” - Program "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-Żywnienie (JEŻ)" realizowany w roku 2022. Zadanie finansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki na podstawie Umowy nr MEiN/2022/DPI/96 z dnia 07.03.2022 r.

16. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny

II.16.1. Ekspert NCBiR (Narodowe Centrum Badań i Rozwoju)

II.16.2. Ekspert PARP (Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości)

III. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

1. Wykaz dorobku technologicznego

brak

2. Współpraca z sektorem gospodarczym

III.2.1. Współpraca z partnerami branżowymi/przemysłowymi w ramach Projektu „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” w latach 2009 – 2015 (Związek „Polskie Mięso” w Warszawie, Zakłady Mięsne „Olewnik-Bis” Sp. z o.o. w Świerczynku, Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody, Chlewnej „POLSUS”) w tym m.in. staż w Zakładach Mięsnych Olewnik w okresie od 01.03.2013 do 31.03.2013 r. oraz w Związku Polskie Mięso w okresie od 01.08.2013 do 31.08.2013 r.

III.2.2. Udział w latach 2022-2024 w pracach badawczo-rozwojowych realizowanych na zlecenie Zakładów Mięsnych "Wierzejki" J. M. Zdanowscy Spółka Jawna w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, jako członek zespołu ds. badań i rozwoju (umowa zlecenie).

3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych

III.3.1. Wierzbicka A., Gutkowska K., Horbańczuk J., Guzek D., Półtorak A., Poławska E., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wyrwisz J., Tomasik C., Blicharski T: Sposób wytwarzania wieprzowych wyrobów mięsnych, Wynalazek, Numer patentu: Pat. 221480, 2016 (MNIŚW₂₀₁₆=30 pkt)

III.3.2. Wierzbicka A., Gutkowska K., Horbańczuk J., Guzek D., Poławska E., Półtorak A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Wyrwisz J., Tomasik C., Kuboń M.: Sposób wytwarzania wyrobów mięsnych wieprzowych o kontrolowanej alergenicności, Wynalazek, Numer patentu: Pat. 220814, 2016 (MNIŚW₂₀₁₆=30 pkt)

III.3.3. Wierzbicka A., Gutkowska K., Horbańczuk J., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Poławska E., Półtorak A., Wyrwisz J., Guzek D., Tomasik C., Kuboń M.: Zastosowanie folii trójwarstwowej i modyfikowanej atmosfery do pakowania prozdrowotnych wyrobów wieprzowych, Wynalazek, Numer patentu: Pat. 221874, 2016 (MNIŚW₂₀₁₆=30 pkt)

III.3.4. Wierzbicka A., Horbańczuk J., Guzek D., Blicharski T., Półtorak A., Wyrwisz J., Stelmasiak A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Głąbska D., Zaremba R., Gutkowska K., Poławska E., Tomasiak C.: Sposób pozyskania kulinarnego mięsa wieprzowego i mięso wieprzowe, Wynalazek, Numer patentu: Pat. 225686, 2017 (MNiSzW₂₀₁₇=75 pkt)

III.3.5. Wierzbicka A., Horbańczuk J., Półtorak A., Poławska E., Stelmasiak A., Wyrwisz J., Guzek D., Głąbska D., Zaremba R., Gutkowska K., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Tomasiak C.: Sposób wytwarzania wysokojakościowego wyrobu z mięsa strusiego, Wynalazek, Numer patentu: Pat. 226502, 2017(MNiSzW₂₀₁₇=75 pkt)

III.3.6. Wierzbicka A., Półtorak A., Wierzbicki J., Pogorzelski G., Wyrwisz J., Wierzbicka A., Gutkowska K., Horbańczuk J., Cieszyńska K., Stelmasiak A., Szpicer A., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**: Sposób wytwarzania suszonej wołowiny i suszona wołowina, zwłaszcza dla dzieci, Wynalazek, Numer patentu: Pat. 232488, 2019 (MNiSzW₂₀₁₉=75 pkt)

III.3.7. Wierzbicka A., Półtorak A., Pogorzelska-Nowicka E., Wierzbicki J., Wyrwisz J., Pogorzelski G., Moczowska-Wyrwisz M., Cieszyńska K., Stelmasiak A., Szpicer A., Onopiuk A., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Lipińska A.: Sposób wytwarzania suszonej wołowiny i suszona wołowina, zwłaszcza dla kobiet, Wynalazek, Numer patentu: Pat. 232489, 2019 (MNiSzW₂₀₁₉=75 pkt)

III.3.8. Wierzbicka A., Horbańczuk J., Tomasiak C., Gutkowska K., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Górka-Horczyzak E., Pogorzelska-Nowicka E., Poławska E., Brodowska-Trębacz M., Wojtasik-Kalinowska I., Strzałkowska N., Zdanowska-Sąsiadek Ż., Godziszewska J., Sakowska A.: Zastosowanie folii trójwarstwowej i modyfikowanej atmosfery do pakowania wyrobów z mięsa strusiego, Wynalazek, Numer patentu: Pat. 232495, 2019 (MNiSzW₂₀₁₉=75 pkt)

4. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

brak

5. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych

brak

6. Wykaz przeprowadzonych szkoleń we współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

brak

IV. INFORMACJE NAUKOMETRYCZNE

1. Impact Factor

Sumaryczny Impact Factor za publikacje, których jestem autorem lub współautorem liczony na podstawie roku opublikowania artykułu naukowego wynosi **117,582** (IF przed uzyskaniem stopnia doktora **3,008**; po uzyskaniu stopnia doktora **114,574**) – tabela 2.

Tabela 2. Dane bibliometryczne na dzień 23.12.2024 – dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak.

POZYCJE	PRZED DOKTORATEM	PO DOKTORACIE	OGÓŁEM	ΣPKT*	ΣIF**
1. publikacje naukowe stanowiące osiągnięcie naukowe, znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	-	6	6	680	28,8
2. publikacje naukowe znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	2	27	29	2085	88,782
3. publikacje naukowe nie znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	10	1	11	86	-
4. rozdziały w recenzowanych monografiach	2	10	12	75	-
5. patenty	-	8	8	465	-
Σ				3391	117,582

* Przygotowano na podstawie Analizy bibliometrycznej Biblioteki Głównej SGGW - punkty za publikacje podano zgodnie z komunikatami MNiSW/MEIN, zgodnie z rokiem opublikowania (kolejno: z dnia 26 stycznia 2017r. zawierającym ujednolicony wykaz czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach za lata 2013-2016; z dnia 31 lipca 2019 r. i 18 grudnia 2019r. komunikat Ministerstwa Edukacji i Nauki; z dnia 1 grudnia 2021r. o zmianie i sprostowaniu komunikatu w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych, zasady obowiązujące za lata 2019-2021; z dnia 17 lipca 2023 w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych; komunikat Ministra Nauki z dnia 5 stycznia 2024 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych)

** Przygotowano na podstawie Analizy bibliometrycznej Biblioteki Głównej SGGW - Impact Factor (IF) podano według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania.

2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań

Liczbę cytowań w poszczególnych bazach wiedzy na dzień 23.12.2024 przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie cytowań na dzień 23.12.2024 – dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak.

BAZA DANYCH	LICZBA CYTOWAŃ	LICZBA CYTOWAŃ BEZ AUTOCYTOWAŃ
<i>Web of Science</i>	413	371
<i>Scopus</i>	467	426
<i>ResearchGate</i>	507	-

3. Indeks Hirscha

Indeks Hirscha w poszczególnych bazach wiedzy na dzień 23.12.2024 przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie H-index na dzień 23.12.2024 – dr inż. Monika Marcinkowska-Lesiak.

BAZA DANYCH	INDEKS HIRSCHA
<i>Web of Science</i>	12
<i>Scopus</i>	13
<i>ResearchGate</i>	14

V. OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE I W ZAKRESIE POPULARYZACJI NAUKI

1. Autorstwo materiałów dydaktycznych

V.1.1. Opracowanie programu przedmiotu Systemy pakowania żywności oraz Enzymy w projektowaniu i produkcji żywności, które są realizowane m.in. dla studentów I stopnia kierunku Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności, a także przygotowanie wybranych wykładów i ćwiczeń z tych przedmiotów.

V.1.2. Opracowanie programu przedmiotu Nowoczesne systemy pakowania oraz Trendy w Technologii Żywności, które były realizowane m.in. dla studentów II stopnia kierunku Projektowanie Żywności (studia dualne), a także przygotowanie wybranych wykładów i ćwiczeń z tych przedmiotów.

V.1.3. Opracowanie wspólnie z dr inż. Anną Florowską (Wydział Nauk o Żywności) programu przedmiotu General Food Technology który jest realizowany dla studentów I stopnia kierunku Food Science – Technology and Nutrition, a także przygotowanie wybranych wykładów i ćwiczeń z tego przedmiotu.

2. Realizowane przedmioty dydaktyczne

V.2.1. Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku Żywność Człowieka i Ocena Żywności (Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie):

- Systemy pakowania żywności (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne i niestacjonarne)
- Ogólna Technologia Żywności (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne i niestacjonarne)
- Enzymy w projektowaniu i produkcji żywności (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne)
- Trendy w technologii żywności (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne i niestacjonarne)
- Wyposażenie zakładów żywienia (ćwiczenia – studia stacjonarne i niestacjonarne)
- Urządzenia do produkcji żywności (ćwiczenia – studia stacjonarne)
- Alergeny pokarmowe (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne)
- Zasoby informatyczne w ocenie żywności (ćwiczenia – studia stacjonarne)

V.2.2. Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku Gastronomia i Hotelarstwo (Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie):

- Wyposażenie zakładów żywienia (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne i niestacjonarne)
- Alergeny pokarmowe (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne)
- Systemy pakowania żywności (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne)

V.2.3. Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku Dietetyka (Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie):

- Wyposażenie zakładów żywienia zbiorowego (ćwiczenia – studia stacjonarne i niestacjonarne)
- Alergeny pokarmowe (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne)

V.2.4. Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku Projektowanie Żywności - studia dualne (Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie):

- Nowoczesne systemy pakowania (wykłady – studia stacjonarne)
- Trendy w Technologii Żywności (wykłady – studia stacjonarne)

V.2.5. Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku anglojęzycznym Food Science – Technology and Nutrition (Wydział Nauk o Żywności + Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie: 2023, 2024):

- General Food Technology (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne)
- Biochemistry and Enzymology (wykłady, ćwiczenia – studia stacjonarne)

V.2.6. Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku Food Science and Engineering (Bohai University, Chiny: 2023, 2024):

- Food Technology Experiments (ćwiczenia – studia stacjonarne)
- Food Packaging (wykłady – studia stacjonarne)

3. Opieka naukowa nad studentami

V.3.1. Promotor 9 prac inżynierskich w latach 2019-2024:

- Wielądek Weronika: Zastosowanie spożywczych preparatów celulolitycznych w projektowaniu wybranych wyrobów cukierniczych, 2019 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- Musiał Agnieszka: Zastosowanie spożywczych preparatów ksylanolitycznych w projektowaniu wybranych wyrobów cukierniczych, 2019 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- Modrzewska Marta: Zastosowanie spożywczych preparatów amylolitycznych w projektowaniu wybranych wyrobów cukierniczych, 2019 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- Harlej Marta: Wpływ zimnej plazmy na wybrane właściwości filmów jadalnych na bazie żelatyny, 2022 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- Breńska Ewa: Analiza wybranych wyróżników jakościowych ciast wegańskich w zależności od rodzaju zastosowanej mąki bezglutenowej, 2023 (kierunek: Gastronomia i Hotelarstwo)
- Gogulski Łukasz: Analiza wybranych właściwości fizykochemicznych kiełbas homogenizowanych zawierających azotyn sodu, 2023 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- Niziołek Kinga: Wpływ preparatu transglutaminazy na jakość chleba pszenno-żytniego na zakwasie, 2023 (kierunek: Gastronomia i Hotelarstwo)
- Mazurkiewicz Grzegorz: Charakterystyka filmów jadalnych na bazie białek grochu wytworzonych z udziałem nietermicznej plazmy atmosferycznej, 2024 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- Sobiecka Ada: Analiza wybranych wyróżników jakościowych przekąsek z suszonej wołowiny zawierających pasternak, 2024 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)

V.3.2. Promotor 4 prac magisterskich w latach 2017-2024:

- Bartnik Katarzyna: Analiza wpływu preparatu transglutaminazy na jakość wybranych wyrobów cukierniczych, 2021 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- Danilewicz Joanna: Wpływ pakowania w atmosferze modyfikowanej na jakość truskawek przechowywanych w warunkach chłodniczych, 2019 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- Kłopotcka Magdalena: Wpływ wybranych powłok jadalnych na jakość truskawek przechowywanych w warunkach chłodniczych, 2019 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)

- Czapla Marta: Wpływ nietermicznej plazmy atmosferycznej na wybrane wyróżniki jakościowe soku gruszkowego, 2024 (kierunek: Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności)
- 4. Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego
 - V.4.1. Promotor pomocniczy pracy doktorskiej mgr Romana Millera pt. Wpływ regionu oraz metody pozyskania zwierząt łownych na jakość produktów finalnych (praca pod kierunkiem: dr hab. Andrzeja Półtoraka, prof. SGGW) – otwarty przewód
- 5. Recenzowanie prac dyplomowych / członkostwo w komisji egzaminacyjnej egzaminu dyplomowego
 - V.5.1. Recenzja 3 prac inżynierskich w latach 2022-2024
 - V.5.2. Recenzja 4 prac inżynierskich w latach 2022-2024
- 6. Członkostwo w komisji egzaminacyjnej egzaminu dyplomowego
 - V.6.1. Członkostwo w komisji egzaminacyjnej egzaminu dyplomowego na kierunku Żywnienie Człowieka i Ocena Żywności (2016)
- 7. Popularyzacja nauki
 - V.7.1. współautor monografii - opracowania wyników laboratoryjnych: Blicharski T. (red.) Samoliński B., Przybylski W., Poławska E., **Marcinkowska-Lesiak M.**, Lisiak D., Hammermeister A., Warda A., Horbańczuk J.: Wieprzowina mięsem bezpiecznym dla konsumentów: opracowanie wyników badań laboratoryjnych: praca zbiorowa, 2017, Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej "POLSUS" sfinansowanego ze środków Funduszu Promocji Mięsa Wieprzowego
 - V.7.2. współautor rozdziału 11 (Moc gotowania) przewodnika metodycznego Junior-Edu-Żywnienie będącego materiałami edukacyjnymi dla nauczycieli klas 4-6 (Myszkowska-Ryć J., Harton A. (red): Przewodnik metodyczny Junior-Edu-Żywnienie. Instytut Nauk o Żywnieniu Człowieka SGGW w Warszawie, 2022, ISBN: 978-83-967259-1-2)
 - V.7.3. Realizacja otwartych laboratoriów dla szkół średnich w ramach akcji SGGW, temat: "Wybrane zagadnienia z zakresu ogólnej technologii żywności - zastosowanie enzymów w przemyśle spożywczym" (2023/2024)

V.7.4. Oferta prelekcji oraz wykładów popularno-naukowych dla szkół średnich w ramach działalności zespołu ds. upowszechniania oferty dydaktycznej (Wyposażenie technologiczne w zakładach gastronomicznych; Zastosowanie enzymów w produkcji żywności: aspekty naukowe i praktyczne wyzwania; Zaskakujący świat opakowań do żywności: jak wpływają na nasze wybory i co nowego oferują?)

VI. OSIĄGNIĘCIA ORGANIZACYJNE

1. Pełnione funkcje z wyboru lub powołania w SGGW

VI.1.1. Członek Senatu (kadencja 2016/2017 – 2019/2020)

VI.1.2. Członek Rady Bibliotecznej (kadencja 2016/2017 – 2019/2020)

VI.1.3. Członek Zespołu ds. Dyplomowania (kadencja 2020/2021– 2023/2024)

VI.1.4. Członek Zespołu ds. Upowszechniania oferty dydaktycznej (kadencja 2020/2021– 2023/2024, w 2024 roku – objęcie funkcji przewodniczącej zespołu)

VI.1.5. Koordynator ds. Kontaktu z Kandydatami na Studia (2024)

2. Pełnione funkcje wychowawczo-organizacyjne

brak

3. Inne osiągnięcia organizacyjne

VI.3.1. Czynny udział w Dniach SGGW – stoisko Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka (2022-2024)

VI.3.2. Czynny udział w Dniach otwartych SGGW – stoisko Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka (2023, 2024)

VI.3.3. Obserwator przebiegu egzaminu maturalnego z języka polskiego i matematyki (2023)

VII. NAGRODY

VII.1. Nagroda zespołowa - Złoty Medal z Wyróżnieniem otrzymany w 2013 roku za wynalazek: „Sposób wytwarzania wyrobów mięsnych wieprzowych o kontrolowanej alergenicności” - 62. Światowe Targi Wynalazczości BRUSSELS INNOVA Nagroda zespołowa.

VII.2. Nagroda zespołowa - Złoty Medal otrzymany w 2013 roku za wynalazek: „Sposób wytwarzania wyrobów mięsnych wieprzowych o kontrolowanej alergenicności” - 38. Międzynarodowa Wystawa Wynalazków INNOVA, Zagrzeb, Chorwacja, Nagroda zespołowa.

VII.3. Nagroda zespołowa - Srebrny medal otrzymany w 2013 roku za wynalazek: „Sposób pakowania prozdrowotnych wyrobów wieprzowych” - 62. Światowe Targi Wynalazczości BRUSSELS INNOVA, Nagroda zespołowa.

VII.4. Nagroda zespołowa - Srebrny medal otrzymany w 2013 roku za wynalazek: „Wyrób mięsny wieprzowy i sposób jego wytwarzania” - 62. Światowe Targi Wynalazczości BRUSSELS INNOVA, Nagroda zespołowa.

VII.5. Nagroda zespołowa - Brązowy medal otrzymany w 2014 roku za wynalazek: „Produkcja kulinarnego mięsa wieprzowego o podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej oraz o podwyższonych parametrach przydatności technologicznej” - 63. Światowe Targi Wynalazczości BRUSSELS INNOVA, Nagroda zespołowa.

VII.6. Nagroda zespołowa - Złoty Medal z Wyróżnieniem otrzymany w 2014 roku za wynalazek: „Innowacyjny sposób produkcji wysokojakościowego wędzonego wyrobu o kontrolowanej alergenicności z mięsa strusiego i wieprzowego zapakowanego w opakowania pozwalające na wydłużenie terminu przydatności do spożycia” – 63. Światowe Targi Wynalazczości BRUSSELS INNOVA, Nagroda zespołowa.

VII.7. Nagroda zespołowa - nagroda Stowarzyszenia Wynalazców z Tajwanu na Międzynarodowych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technologii BRUSSELS INNOVA 2015 za opracowanie i zgłoszenie do ochrony patentowej „Sposób wytwarzania wołowiny funkcjonalnej dla dzieci”

VII.8. Nagroda zespołowa - złoty medal z wyróżnieniem na Międzynarodowych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technologii BRUSSELS INNOVA 2015 za opracowanie i zgłoszenie do ochrony patentowej „Sposób wytwarzania suszonej wołowiny i wołowiny funkcjonalnej dla dzieci”

VII.9. Nagroda zespołowa - INSTITUTE OF HEALTH AND BEAUTY of Russia na Międzynarodowych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technologii BRUSSELS INNOVA 2015 za opracowanie i zgłoszenie do ochrony patentowej „Sposób wytwarzania wołowiny funkcjonalnej dla dzieci”

VII.10. Nagroda zespołowa - dyplom Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wynalazek „Sposób wytwarzania suszonej wołowiny i suszona wołowina, zwłaszcza dla dzieci; 2016

VII.11. Nagroda zespołowa I stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2016

VII.12. Nagroda indywidualna III stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2017

VII.13. zespołowa I stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2018

VII.14. Nagroda zespołowa II stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2019

VII.15. Nagroda zespołowa II stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2020

VII.16. Nagroda zespołowa II stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2022

VII.17. Nagroda zespołowa III stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2022

VII.18. Nagroda zespołowa I stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia organizacyjne, 2022

VII.19. Nagroda zespołowa I stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2023

VII.20. Nagroda zespołowa I stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia badawcze, 2024

VII.21. Medal Brązowy za długoletnią służbę przyznany przez Prezydenta RP, 2024

VIII. INNE OSIĄGNIĘCIA, NIE WYMIENIONE W PKT V-VII

VIII.1. Certyfikat: Specjalista ds. systemów GMP/GHP oraz HACCP (2007)

VIII.2. Udział w szkoleniu: „Realizacja i rozliczanie projektów badawczych (w tym z UE)”, Szczecin (2011)

VIII.3. Udział w szkolenie – STATISTICA - podstawy statystyki, Kraków (2011)

VIII.4. Ukończenie studiów podyplomowych na kierunku Menadżer Innowacji (tytuł pracy dyplomowej: „Administrowanie wdrożeniami innowacyjnej żywności. Możliwości komercjalizacji”)

VIII.5. Warsztaty dla młodej Kadry Naukowej realizowane przez Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej (2016)

VIII.6. Uczestnictwo w szkoleniu „Bilateralne badania biegłości, unikalne rozwiązania od Era Waters jako odpowiedź na rosnące zapotrzebowanie laboratoriów akredytowanych według normy ISO 17025 (2016)

VIII.7. Uczestnictwo w szkoleniu „Omówienie normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 – Podstawy dla nowych pracowników laboratorium i osób planujących rozpocząć pracę w laboratorium” - Centrum Edukacji CE2 (2016)

VIII.8. Uczestnictwo w szkoleniu „Kompetencje i obowiązki kierownictwa do spraw jakości oraz spraw technicznych w laboratorium akredytowanym” - Centrum Edukacji CE2 (2016)

VIII.9. Udział w szkoleniu z obsługi urządzenia do plazmowej modyfikacji powierzchni - PAKT ELECTRONICS (2016)

VIII.10. Udział w szkoleniu z zakresu obsługi systemu pomiarowego Track Sense Pro VAL oraz obsługi oprogramowania Valsuite firmy Ellab S/A - PPH KOMANDER (2016)

VIII.11. Udział w podstawowym szkoleniu z zakresu obsługi systemu skanowania #D ATOS Core 200 5M - Lenso (2016)

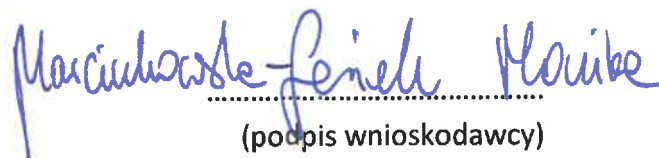
VIII.12. Ukończenie szkolenia z zakresu oznaczania białka metodą Kiejdahla - DONSERV (2016)

VIII.13. Ukończenie szkolenia „Statystyka dla dydaktyków” (2023)

VIII.14. Ukończenie szkolenia szkolenie „Narzędzia Statystyczne Dla Dydaktyków i Komputerowa Analiza Danych Jakościowych” (2023)

VIII.15. Ukończenie szkolenia szkolenie „Język angielski – poziom średniozaawansowany i zaawansowany – dla kadry dydaktycznej” (2023)

VIII.16. Ukończenie szkolenia szkolenie „Pakiet MS Office dla dydaktyków” (2023)


(podpis wnioskodawcy)

