

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Instytut Nauk o Żywności

dr inż. Marta Chmiel

Załącznik 3 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia

Autoreferat

Ocena zmian wybranych wyróżników jakości mięsa kurcząt, pakowanego
różnymi sposobami, w czasie chłodniczego przechowywania

Warszawa, 2019

Spis treści

1.	Imię i nazwisko	5
2.	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	5
3.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych	6
4.	Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy	7
4.1.	Tytuł osiągnięcia naukowego.....	7
4.2.	Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	7
4.3.	Omówienie celu naukowego publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	9
4.3.1.	Wstęp	9
4.3.2.	Cel naukowy osiągnięcia oraz omówienie wyników badań.....	13
4.3.3.	Podsumowanie	36
5.	Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	41
5.1.	Ocena możliwości wykorzystania komputerowej analizy obrazu (KAO) w technologii mięsa	42
5.2.	Ocena możliwości wykorzystania skanowania 3D (komputerowej analizy obrazu 3D) w technologii mięsa.....	44
5.3.	Ocena możliwości wykorzystania opakowań aktywnych w technologii mięsa.....	46
5.4.	Badania nad jakością mięsa i przetworów mięsnych	49
6.	Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę	59
6.1.	Osiągnięcia dydaktyczne.....	59
6.2.	Osiągnięcia organizacyjne	61
6.3.	Osiągnięcia popularyzujące naukę	62
7.	Inne ważne informacje dotyczące kariery zawodowej.....	62
7.1.	Dorobek publikacyjny	62
7.2.	Udział i rola w projektach badawczych	65
7.3.	Udział w konferencjach.....	66
7.4.	Działalność w towarzystwach naukowych i zespołach eksperckich oraz konsorcjach i sieciach badawczych, recenzje grantów.....	67
7.5.	Współpraca międzynarodowa, współpraca z przemysłem, recenzje publikacji.....	67
7.6.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia	68
7.7.	Odbyte szkolenia i kursy	68

1. Imię i nazwisko

Marta Chmiel

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- 2012** Doktor inżynier nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia człowieka, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, praca doktorska pt. „Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu (KAO) do wykrywania wady PSE wieprzowych mięśni najdłuższych” wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego. Praca została wyróżniona uchwałą Rady Wydziału Nauk o Żywności SGGW w Warszawie
- 2008-2009** Studia Doskonalenia Pedagogicznego (jedno-semesterne), Wydział Nauk Humanistycznych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, świadectwo ukończenia studiów podyplomowych nr SDP-655/2009
- 2008** Magister inżynier, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, praca magisterska pt. „Ocena możliwości zastosowania komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości drobnego mięsa wołowego pozyskanego z wykrawania i obróbki wybranych elementów” wykonana pod kierunkiem dr hab. Krzysztofa Dasiewicza
- 2007** Inżynier, Wydział Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, praca inżynierska pt. „Charakterystyka tłuszczów zwierzęcych” wykonana pod kierunkiem dr hab. Krzysztofa Dasiewicza

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

01.01.2014 – obecnie

Adiunkt

Katedra Technologii i Oceny Żywności

Instytut Nauk o Żywności

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

31.12.2012 – 31.12.2013

Asystent

Katedra Technologii Żywności

Wydział Nauk o Żywności

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

01.10.2008 – 09.11.2012

Doktorant

Katedra Technologii Żywności

Wydział Nauk o Żywności

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

W okresie 19.11.2018 – 07.04.2019 r. przebywałam na urlopie macierzyńskim, natomiast od 08.04. do 17.11.2019 r. na urlopie rodzicielskim (zał. 5).

4. Omówienie osiągnięć, 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. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) jest monotematyczny cykl czterech publikacji naukowych.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Ocena zmian wybranych wyróżników jakości mięsa kurcząt, pakowanego różnymi sposobami, w czasie chłodniczego przechowywania.

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

O1. **Chmiel M.**, Hać-Szymańczuk E., Adamczak L., Pietrzak D., Florowski T., Cegiełka A. (2018). Quality changes of chicken breast meat packaged in a normal and in a modified atmosphere. *Journal of Applied Poultry Research*, 27, 349-362.

Punkty MNiSW* = 30; IF** = 0,808, IF_{5-letni} = 1,398

*Mój wkład*** w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu eksperymentu, nadzorowaniu prowadzonych badań i współudziale w wykonaniu części badawczej, zestawieniu i interpretacji otrzymanych wyników, sformułowaniu wniosków, wiodącym udziale w przygotowaniu manuskryptu oraz prowadzeniu korespondencji z redaktorem (autor korespondujący).*

O2. **Chmiel M.**, Roszko M., Adamczak L., Florowski T., Pietrzak D. (2019). Influence of storage and packaging method on chicken breasts meat chemical composition and fat oxidation. *Poultry Science*, 98, 2679-2690.

Punkty MNiSW* = 140; IF**₂₀₁₈ = 2,027, IF_{5-letni} = 2,537

*Mój wkład*** w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu eksperymentu, nadzorowaniu prowadzonych badań i współudziale*

*Punkty MNiSW według Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2017 i 2018 roku przydzielono punkty zgodnie z Komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 stycznia 2017 r. zawierającym ujednoczony wykaz czasopism naukowych za lata 2013-2016).

**Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2019 roku, dla których IF nie został obliczony, podano IF za rok poprzedni).

***Oświadczenia współautorów, określające ich indywidualny wkład w powstanie wymienionych publikacji zebrano w załączniku 5.

w wykonaniu części badawczej, zestawieniu i interpretacji otrzymanych wyników, sformułowaniu wniosków, wiodącym udziale w przygotowaniu manuskryptu oraz prowadzeniu korespondencji z redaktorem (autor korespondujący).

O3. **Chmiel M.**, Roszko M., Hać-Szymańczuk E., Adamczak L., Florowski T., Pietrzak D., Cegiełka A., Bryła M. (2019). Time evolution of microbiological quality and content of volatile compounds in chicken fillets packed using various techniques and stored under different conditions. Poultry Science, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.045>.

Punkty MNiSW* = 140; IF**₂₀₁₈ = 2,027, IF_{5-letni} = 2,537

*Mój wkład*** w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu eksperymentu, nadzorowaniu prowadzonych badań i współudziale w wykonaniu części badawczej, zestawieniu i interpretacji otrzymanych wyników, sformułowaniu wniosków, wiodącym udziale w przygotowaniu manuskryptu oraz prowadzeniu korespondencji z redaktorem (autor korespondujący).*

O4. **Chmiel M.**, Słowiński M. (2018). Effect of storage in display case on sensory quality of chicken m. *pectoralis*. Brazilian Journal of Poultry Science, 20, 91-097.

Punkty MNiSW* = 20; IF** = 0,607, IF_{5-letni} = 0,739

*Mój wkład*** w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu eksperymentu, wykonaniu części badawczej, zestawieniu i interpretacji otrzymanych wyników, sformułowaniu wniosków, przygotowaniu manuskryptu oraz prowadzeniu korespondencji z redaktorem (autor korespondujący).*

Sumaryczny 5-letni Impact Factor (IF) dla czterech publikacji naukowych, stanowiących podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wynosi 7,211. Suma punktów według punktacji MNiSW wynosi 330.

*Punkty MNiSW według Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2017 i 2018 roku przydzielono punkty zgodnie z Komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 stycznia 2017 r. zawierającym ujednolicony wykaz czasopism naukowych za lata 2013-2016).

**Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2019 roku, dla których IF nie został obliczony, podano IF za rok poprzedni).

***Oświadczenia współautorów, określające ich indywidualny wkład w powstanie wymienionych publikacji zebrano w załączniku 5.

4.3. Omówienie celu naukowego publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.3.1. Wstęp

Od lat produkcja i spożycie mięsa kurcząt stale wzrasta, a według danych Komisji Europejskiej w 2014 r. Polska stała się największym producentem drobiu w Europie i nadal pozostaje liderem (Marquer i wsp. 2015, Szajner 2018). Wśród konsumentów mięso kurcząt cieszy się dużą popularnością, nie tylko ze względu na przystępną cenę, ale także jego walory sensoryczne i wysoką wartość odżywczą (Kozaciński i wsp. 2012, Mexis i wsp. 2012, Dogu-Baykut i Gunes 2014). Jest ono źródłem pełnowartościowego białka, związków mineralnych i witamin, cechuje się także małą zawartością tłuszczu, dlatego cieszy się dużą popularnością wśród osób aktywnych fizycznie (Cortez-Vega i wsp. 2012, Latou i wsp. 2014). Uważane jest ponadto za jedno ze źródeł wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA - polyunsaturated fatty acids) i zawiera ich właściwe proporcje. Ponadto konsumenci cenią je za delikatną smakowitość, kruchość oraz wszechstronność wykorzystania kulinarnego (Brenes i Roura 2010, Cortez-Vega i wsp. 2012, Santos-Mantilla i wsp. 2012). Ponad 60% konsumentów dokonując zakupu mięsa drobiowego wybiera filety kurcząt bez skóry (del Rio i wsp. 2007, Zhuang i wsp. 2007, Dawson i wsp. 2013).

Mięso kurcząt jest produktem łatwo psującym się, podatnym na zmiany fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne (Husak i wsp. 2008, Kozaciński i wsp. 2012), w wyniku których następuje wyraźne skrócenie jego okresu przydatności do spożycia, a według niektórych źródeł następuje to już nawet podczas tygodniowego przechowywania w warunkach chłodniczych (Lázaro i wsp. 2015). Okres przechowywania mięsa kurcząt jest zatem krótki, a tempo zachodzących w nim niekorzystnych zmian uzależnione jest od wielu czynników m.in. od temperatury przechowywania, czy też obecności sztucznego światła podczas ekspozycji na półkach sklepowych (Rogers i wsp. 2014).

Postęp w sprzedaży samoobsługowej oraz konieczność zapewnienia odpowiedniej jakości wymaga od producentów mięsa i przetworów mięsnych odpowiedniego przygotowania produktów do magazynowania, dystrybucji i eksponowania w placówkach handlowych. Konfekcjonowanie, czyli dzielenie mięsa na porcje kulinarne, a następnie pakowanie w opakowania jednostkowe (lub zbiorcze),

są obecnie istotnym etapem procesu produkcyjnego i działalności handlowej (Kozaciński i wsp. 2012). Rodzaj zastosowanego opakowania odgrywa ponadto istotną rolę w przedłużaniu trwałości mięsa (Byrd i wsp. 2011, Cortez-Vega i wsp. 2012, Orkusz i wsp. 2017). Także konsumenci stawiają coraz wyższe wymagania nie tylko co do jakości i trwałości nabywanego mięsa, ale i funkcjonalności, estetyki opakowania w jakim się ono znajduje (Bingol i Ergun 2011).

Powszechnym sposobem pakowania mięsa kurcząt jest umieszczenie surowca na styropianowych tackach (PVC-overwrap lub air packaging - AP), które następnie owija się folią PVC (polyvinyl chloride - polichlorek winylu; McMillin 2017). Trwałość tak zapakowanego mięsa jest jednak krótka (Fraqueza i wsp. 2008, Byrd i wsp. 2011). Głównymi zaletami tego systemu pakowania są natomiast niski koszt i łatwość zastosowania w warunkach przemysłowych, a także łatwość ekspozycji tacek w regałach chłodniczych. Z tych względów ta metoda pakowania jest często preferowana przez sieci handlowe. Zaletą pakowania mięsa na tackach jest także ewentualna możliwość ich umieszczenia w opakowaniach zbiorczych (tzw. masterpack/multipack/masterbag) z atmosferą modyfikowaną, z niską lub wysoką zawartością tlenu (McMillin 2008).

Od kilku lat najprężniej rozwijającym się sposobem pakowania mięsa, w tym także mięsa kurcząt, jest system pakowania w atmosferze modyfikowanej/ochronnej (MAP - modified atmosphere packaging). Najczęściej stosowanymi gazami w MAP są O_2 , CO_2 oraz N_2 jako wypełniacz opakowania (Rossaint i wsp. 2015, McMillin 2017). Właściwy dobór gazów i ich kombinacji, w połączeniu z niską temperaturą przechowywania surowca, może stanowić m.in. skuteczny czynnik ograniczający rozwój drobnoustrojów powodujących psucie się mięsa (Balamatsia i wsp. 2006, Patsias i wsp. 2006, Latou i wsp. 2014, Meredith i wsp. 2014). Warunkiem nieodzownym dla uzyskania tego celu jest dobra wyjściowa jakość surowca i zachowanie warunków higienicznych w procesie pakowania, a także wiele innych czynników (McMillin 2008). W przypadku mięsa kurcząt dobór odpowiedniej mieszaniny gazowej stanowi duży problem. Brak jest tak jednoznacznie, jak w przypadku mięsa czerwonego, zdefiniowanej mieszaniny, w której powinno być ono pakowane (Thoden van Velzen i Linnemann 2008). Jedną z najczęściej używanych w zakładach drobiarskich w Europie, w tym Polsce, mieszanin gazowych jest mieszanina składająca się z 75% O_2 i 25% CO_2 , czyli wysoko-tlenowe MAP (high-oxygen MAP; Thoden van Velzen i Linnemann 2008, Rossaint i wsp. 2014). Kwestia stosowania MAP o wysokiej

zawartości tlenu do pakowania tego gatunku mięsa pozostaje jednakże sporna (Rossaint i wsp. 2014). Głównym powodem stosowania mieszanin z wysoką zawartością tlenu jest wytworzenie, a także stabilizacja różowo-czerwonej barwy mięsa (szczególnie czerwonego) na skutek utleniania mioglobiny do oksymoglobiny (Zakrys i wsp. 2008) i spowolnienia powstawania metmioglobiny (Cornforth i Hunt 2008). Jednakże zawartość barwników w mięsie kurcząt, na przykład filecie, w porównaniu z mięsem czerwonym, jest niewielka i waha się pomiędzy 0,15 a 0,31 mg/g (Rossaint i wsp. 2015). Niektórzy autorzy (McMillin 2008, Rossaint i wsp. 2015) podają, że nie ma potrzeby stosowania do pakowania w MAP mięsa kurcząt mieszanin gazowych z wysoką zawartością tlenu ze względu na specyficzną mikroflorę tego gatunku mięsa oraz niższą, w porównaniu do mięsa czerwonego, zawartość barwników hemowych ogółem i znaczny udział w nim nienasyconych kwasów tłuszczowych (podatność na procesy utleniania). Dlatego też, pozytywny efekt wysokiego stężenia tlenu w pakowaniu tego gatunku mięsa jest dyskusyjny (Dhananjayan i wsp. 2006). Ponadto barwa mięsa kurcząt nie ma takiego znaczenia dla konsumentów jak barwa wieprzowiny, czy też wołowiny (Rossaint i wsp. 2015). Wysoka zawartość tlenu w opakowaniu może natomiast przyspieszyć utlenianie lipidów (Linares i wsp. 2007, Demirhan i Candogan 2017), a co za tym idzie pogorszyć jakość mięsa (Gutiérrez i wsp. 2013).

W przypadku zastosowania technologii pakowania próżniowego (vacuum packaging - VP) prawie całkowite ewakuowanie powietrza z wnętrza opakowania, a więc i tlenu, ogranicza utlenianie tłuszczów, działanie enzymów, czy też wzrost mikroflory tlenowej, przedłużając trwałość tak zapakowanego mięsa (McMillin 2008). Technologia pakowania próżniowego może jednak negatywnie oddziaływać na cechy sensoryczne pakowanego mięsa, co spowodowane jest powstawaniem zapachu próżniowego. Dłuższe przechowywanie w opakowaniu próżniowym, szczególnie niedostatecznie odpowietrzonym, wywołać może także negatywne zmiany barwy mięsa oraz problemy z wytworzeniem na jego powierzchni oksymoglobiny po otwarciu i usunięciu opakowania (Cayuela i wsp. 2004).

W odniesieniu do mięsa kulinarnego wpływ stosowanych technologii na pakowany surowiec jest zróżnicowany i dotyczy wielu wyróżników jego jakości (m.in. barwy), jakości mikrobiologicznej, czy też sensorycznej (Qiao i wsp. 2002, Petracci i Fletcher 2002, Droval i wsp. 2012). Sukces danej technologii pakowania zależy od wielu czynników, nie tylko od wyjściowej jakości mięsa (w tym

mikrobiologicznej), ale także m.in. od zachowania odpowiedniej temperatury w łańcuchu chłodniczym, rodzaju i właściwości użytych opakowań, składu mieszaniny gazowej w opakowaniach MAP, czy też efektywności urządzeń pakujących (Patsias i wsp. 2006, Fraqueza i wsp. 2008, Säde i wsp. 2013, Latou i wsp. 2014).

W handlu detalicznym mięso ekspozowane jest w ladach i regałach chłodniczych, gdzie narażone jest na wahania temperatury i bezpośrednie działanie światła, co w konsekwencji może być powodem pogorszenia jego jakości (Dogu-Baykut i Gunes 2014). Jak podają Jongberg i wsp. (2014) nawet niewielki wzrost temperatury przechowywania powoduje skrócenie i tak stosunkowo krótkiego okresu przydatności do spożycia mięsa. Według Limbo i wsp. (2010) oraz Rogers i wsp. (2014) zalety przypisywane zaawansowanym systemom pakowania, takim jak np. MAP są często marnowane podczas przechowywania i ekspozycji surowca w nieprawidłowych temperaturach. Podwyższona temperatura przyspiesza tempo wzrostu drobnoustrojów i reakcji chemicznych, przez co zmienia się atmosfera wewnątrz opakowania, potencjalnie likwidując jakiegokolwiek korzyści wynikające z pakowania w MAP. Handel detaliczny jest najsłabszym ogniwem łańcucha chłodniczego (Rogers i wsp. 2014). Mimo, że udowodniono, że MAP efektywnie wydłuża termin przydatności do spożycia mięsa przechowywanego w prawidłowych temperaturach, mało jest danych dotyczących skuteczności tej metody w nieodpowiednich warunkach temperaturowych, które często są powszechne podczas ekspozycji produktów na półkach sklepowych. W czasie chłodniczego przechowywania pogarsza się bowiem jakość mięsa m.in. na skutek działania drobnoustrojów, aktywności enzymów tkankowych i bakteryjnych, utleniania barwników hemowych, czy też lipidów.

W literaturze niewiele można znaleźć informacji na temat zmian w jakości mięsa kurcząt przechowywanego w warunkach typowych dla sieci handlowych (regały chłodnicze, których częstotliwość otwierania i zamykania jest znaczna, duże wahania temperatury, a surowiec ekspozowany jest w obecności światła) lub w chłodniach, a pakowanego na różne sposoby (na tacce, w MAP lub próżniowo). Ponadto w większości dostępnych artykułów naukowych dotyczących pakowania mięsa kurcząt surowiec do badań pozyskiwano od ptaków utrzymywanych w warunkach eksperymentalnych i karmionych specjalnie skomponowanymi paszami. Jakość mięsa kurcząt dostępnego w sprzedaży detalicznej nie jest dobrze opisana w literaturze, a jest

to interesujący temat ze względu na znaczący udział tego surowca na rynku, a więc i w diecie współczesnego konsumenta.

Z powyższych powodów warte zainteresowania wydawało się podjęcie badań, które przyczyniłyby się nie tylko do poszerzenia, ale i zweryfikowania dotychczasowej wiedzy na temat wpływu czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na jakość mięsa kurcząt. Monotematyczny cykl publikacji stanowiący podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego jest fragmentem badań, które prowadzone są w Zakładzie Technologii Mięsa SGGW w Warszawie. Badania te obejmują m.in. kwestie bezpieczeństwa, jakości i określenia terminu przydatności do spożycia mięsa z kurcząt. Ich celem jest kompleksowa charakterystyka surowca pakowanego na różne sposoby i przechowywanego w warunkach chłodniczych, w tym imitujących warunki panujące w sieciach handlowych. W badaniach tych skupiono się na określeniu nie tylko zmian w jakości fizykochemicznej, mikrobiologicznej oraz sensorycznej mięsa, ale i przeprowadzono badania nad zmianami w profilu kwasów tłuszczowych, występowaniem związków lotnych i amin biogennych w zależności od sposobu pakowania i przechowywania, co jest bardzo ważnym aspektem bezpieczeństwa żywności. Pozwoli to na określenie wpływu i wybór optymalnego sposobu pakowania mięsa, co jest kluczem do produkcji żywności o wysokiej jakości. Badania te mają zarówno charakter poznawczy, jak i praktyczny. Doskonale wpisują się także w ramy Krajowych Inteligentnych Specjalizacji: Biogospodarka rolno-spożywcza, leśno-drzewna i środowiskowa, KIS 2. Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego, VII. Produkcja, magazynowanie, przechowywanie, 3. Nowe technologie produkcji, pakowania, przechowywania wydłużające trwałość produktów żywnościowych, umożliwiające zachowanie wysokiej jakości, w tym bezpieczeństwa żywności.

4.3.2. Cel naukowy osiągnięcia oraz omówienie wyników badań

Celem osiągnięcia naukowego, będącego podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) była ocena zmian wybranych wyróżników jakości mięsa kurcząt, pakowanego różnymi sposobami, w czasie chłodniczego przechowywania.

Cele szczegółowe monotematycznego cyklu publikacji obejmowały określenie wpływu czasu i warunków przechowywania na:

1. skład atmosfery w opakowaniach MAP z badanym mięsem (publikacje O1., O2., O4.),

oraz określenie wpływu czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na:

2. wybrane wyróżniki jakości technologicznej (ilość wycieku do opakowania, pH, składowe barwy L*, a*, b* (publikacje O1., O4.), ilość wycieku po obróbce termicznej, siła penetracji (publikacja O1.)) badanego mięsa,
3. jakość mikrobiologiczną badanego mięsa (publikacje O1., O3.),
4. zawartość podstawowych składników chemicznych (publikacja O2.), aldehydu dimalonowego (TBARS; publikacje O1., O2.), profil kwasów tłuszczowych (publikacja O2.) oraz związków lotnych (publikacja O3.) badanego mięsa,
5. jakość sensoryczną badanego mięsa (publikacja O4.).

Surowiec do badań stanowiły filety kurcząt pozyskane z jednego zakładu ubojowego z tuszek schładzanych metodą powietrzno-wodną. Surowiec pakowano w warunkach przemysłowych na trzy sposoby:

- „na tacce” – porcję surowca umieszczano na styropianowej tacce, a następnie owijano folią PVC (publikacje O1., O2., O3., O4.),
- w atmosferze modyfikowanej (MAP) – porcję surowca umieszczano w pojemniku MAP, opakowanie wypełniano mieszaniną gazów składającą się z 75% O₂ i 25% CO₂, a następnie zamykano przez zgrzewanie folią górną (publikacje O1., O2., O3., O4.),
- próżniowo – porcję surowca umieszczano w workach, które następnie zamykano próżniowo i zgrzewano (publikacje O2., O3.).

Surowiec przechowywano, przez określony czas, na dwa sposoby, tj. w chłodni (temperatura: 0-2,2°C, bez dostępu światła) lub w regale chłodniczym (temperatura: -1,2-6,5°C, ekspozycja na działanie światła). Organizacja badań, materiały i metody zostały szczegółowo opisane w publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe.

Ad. 1. Wpływ czasu i warunków przechowywania na skład atmosfery w opakowaniach MAP z badanym mięsem

Filety kurcząt pakowano w atmosferze modyfikowanej o założonym składzie 75% O₂ i 25% CO₂. W celu weryfikacji składu mieszaniny przed pakowaniem surowca przygotowywano kilka pustych opakowań, które wypełniano mieszaniną gazów, a następnie dokonywano pomiaru zawartości O₂ i CO₂. Skład mieszaniny w pustych opakowaniach tylko nieznacznie wahał się w porównaniu z zakładanym.

Stwierdzono istotny wpływ czasu i warunków (chłodnia lub regał chłodniczy) przechowywania na zawartość O₂ i CO₂ w opakowaniach MAP z filetemi kurcząt (publikacje O1., O2., O4.). Zawartość tlenu obniżała się w czasie przechowywania mięsa, zarówno w opakowaniach magazynowanych w chłodni (publikacje O1., O2.), jak i eksponowanych w regale chłodniczym (publikacje O1., O2., O4.). W porównaniu z wyjściowym składem mieszaniny oznaczonym w dniu 1, istotne ($P \leq 0,05$) zmiany w zawartości tego gazu podczas przechowywania filetów w chłodni obserwowano dopiero pod koniec trwania eksperymentu (najczęściej w 8 lub 9 dniu; publikacje O1., O2.), a w przypadku ekspozycji w regale chłodniczym wcześniej, tj. już w dniu 7 (publikacja O1.), 8 (publikacja O4.), a nawet w dniu 3 (dni 3-8 i 9; publikacja O2.). Różnice w wynikach zaprezentowanych w publikacjach O1., O2. oraz O4. wynikały z użycia do badań, na podstawie których powstała dana publikacja, różnego surowca. Wraz ze stopniowym obniżaniem się zawartości O₂ w opakowaniach MAP obserwowano istotny ($P \leq 0,05$), w porównaniu z dniem 1, wzrost zawartości CO₂ w opakowaniach z filetemi, w dniu 8 lub 9 (publikacje O1., O4.) lub nawet wcześniej tj. w dniu 3 (dni 3-8 i 9; publikacja O2.) podczas ekspozycji w regale chłodniczym. Podczas przechowywania filetów w chłodni zawartość CO₂ w opakowaniach zmieniała się tylko nieznacznie (publikacje O1., O4.), a istotne ($P \leq 0,05$) zmiany obserwowano tylko w jednym przypadku i dopiero pod koniec okresu przechowywania, tj. w dniu 9 (publikacja O2.). W badaniach przedstawionych w publikacji O1. w początkowym okresie przechowywania filetów, zarówno w chłodni, jak i regale chłodniczym, zawartość CO₂ w opakowaniach kształtowała się na poziomie ok. 20%. Obserwowane niższe stężenie CO₂ (w stosunku do jego stężenia w pustych opakowaniach) mogło być spowodowane rozpuszczeniem się części tego gazu w wodzie i tkance tłuszczowej surowca (Meredith i wsp. 2014).

Zbliżone do opisanych powyżej zależności, tj. stopniowe obniżanie się zawartości O₂ i wzrost zawartości CO₂ w opakowaniach MAP z mięsem drobiowym podczas jego przechowywania obserwowali Rossaint i wsp. (2015). Autorzy podają, że obniżenie zawartości O₂ w opakowaniach z mięsem może być spowodowane zużyciem tego gazu przez drobnoustroje, zużyciem przez enzymy własne i barwniki hemowe mięsa lub wymianą gazów pomiędzy opakowaniem a środowiskiem. Według Rotabakk i wsp. (2006), Simpson i wsp. (2009) oraz Zakrys-Waliwander i wsp. (2011) osiągnięcie skutecznego efektu bakteriostatycznego CO₂ i wydłużenie trwałości mięsa możliwe jest gdy stężenie tego gazu w opakowaniach MAP utrzymuje się przez cały okres przechowywania na poziomie >20%, a taką zawartość obserwowano w niniejszych badaniach. Natomiast, należy zwrócić uwagę, że wzrost zawartości CO₂, szczególnie pod koniec okresu przechowywania, wywoływany może być rozwojem i działalnością drobnoustrojów wykorzystujących O₂ do swoich procesów życiowych i produkujących CO₂ (Tománková i wsp. 2012). Według Rotabakk i wsp. (2006) oraz Al-Nehlawi i wsp. (2013) to wzrost ogólnej liczby drobnoustrojów w czasie przechowywania jest przyczyną stopniowego obniżania zawartości O₂ i wzrostu zawartości CO₂ w opakowaniach MAP. Zależność ta została także zaobserwowana w badaniach przedstawionych w publikacji O1.

Stwierdzono istotny wpływ warunków przechowywania (chłodnia lub regał chłodniczy) na zawartość O₂ (publikacje O1., O2., O4.) i CO₂ (publikacje O1., O2., O4.) w opakowaniach MAP z badanym mięsem kurcząt. Zawartość O₂ w opakowaniach MAP z filekami eksponowanymi w regale chłodniczym była istotnie ($P \leq 0,05$) niższa w porównaniu z zawartością tego gazu w opakowaniach przechowywanych w chłodni, najczęściej pod koniec trwania eksperymentu, tj. w dniach 8 lub 9 (publikacje O1., O4.), a nawet w dniach wcześniejszych, tj. dniu 3 (dni 3-9; publikacja O2.). Zawartość CO₂ w opakowaniach MAP eksponowanych w regale chłodniczym w ww. dniach była natomiast istotnie ($P \leq 0,05$) wyższa w porównaniu z zawartością tego gazu w opakowaniach przechowywanych w chłodni. Było to prawdopodobnie spowodowane działalnością drobnoustrojów (publikacja O1.).

Podsumowując, skład atmosfery wewnątrz opakowań MAP zmieniał się w czasie przechowywania. Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania obserwowano stopniowe obniżanie się zawartości O₂ i wzrost zawartości CO₂ w opakowaniach. Zmiany te, szczególnie pod koniec okresu przechowywania wywoływane były

rozwojem i działalnością drobnoustrojów i następowały szybciej w przypadku eksponowania surowca w regale chłodniczym.

Ad. 2. Wpływ czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na wybrane wyróżniki jakości technologicznej (ilość wycieku do opakowania, pH, składowe barwy L*, a*, b*, ilość wycieku po obróbce termicznej, siła penetracji) badanego mięsa

Stwierdzono istotny wpływ czasu (publikacje O1., O4.) i warunków (chłodnia lub regał chłodniczy) przechowywania (publikacja O1.) oraz sposobu pakowania (na tacke oraz w MAP; publikacje O1., O4.) filetów kurcząt na ilość wycieku do opakowania. Duża, wzrastająca w czasie przechowywania, ilość wycieku, szczególnie gdy przekracza pojemność wkładki higroskopijnej (absorpcyjnej), pogarsza wygląd zapakowanego mięsa i limituje jego trwałość (Al-Nehlawi i wsp. 2013).

Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania badanego surowca ilość wycieku do opakowania zwiększała się, niezależnie od warunków przechowywania i sposobu pakowania surowca (publikacje O1., O4.). W przypadku filetów kurcząt obserwowano, w porównaniu z 1 dniem, istotny ($P \leq 0,05$) wzrost ilości wycieku do opakowania typu MAP pomiędzy 3 a 9 dniem przechowywania (publikacja O1.) oraz w dniach 3 i 8 (publikacja O4.), zarówno w przypadku mięsa przechowywanego w chłodni, jak i eksponowanego w regale chłodniczym. Także podczas przechowywania filetów na tackach obserwowano wzrost ilości wycieku wraz z upływem czasu przechowywania, a istotną ($P \leq 0,05$) różnicę, w porównaniu z dniem 1, odnotowywano już od 6 lub 7 dnia (odpowiednio publikacja O1. i O4.) przechowywania zarówno dla surowca magazynowanego w chłodni, jak i eksponowanego w regale chłodniczym. Również według Abdalhai i wsp. (2014) wydłużenie czasu przechowywania wywiera negatywny wpływ na jakość mięsa powodując m.in. zwiększenie ilości wycieku do opakowania.

Dla większości analizowanych dni przechowywania ilość wycieku do opakowania MAP była większa w przypadku filetów kurcząt eksponowanych w regale chłodniczym w porównaniu z magazynowanymi w chłodni, jednakże istotne ($P \leq 0,05$) różnice odnotowywano od 7 dnia przechowywania (publikacja O1.). Podobne tendencje obserwowano w przypadku przechowywania surowca na tackach, a istotne ($P \leq 0,05$) różnice odnotowano od 6 dnia przechowywania (publikacja O1.).

Stwierdzono istotny wpływ sposobu pakowania na ilość wycieku do opakowań zarówno podczas przechowywania surowca w chłodni, jak i regale chłodniczym (publikacje O1., O4.). Filety pakowane w MAP charakteryzowały się większą ilością wycieku do opakowania w porównaniu z pakowanymi na tacce, a istotne ($P \leq 0,05$) różnice stwierdzono w dniach 3, 6 i 7 w przypadku przechowywania w chłodni (O1.), a nawet w dniu 1 (publikacja O4.). Podczas przechowywania filetów kurcząt w regale chłodniczym już od dnia 1 (publikacja O4.) i 3 (publikacja O1.) stwierdzono, że mięso charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższym wyciekem do opakowania MAP w porównaniu do mięsa pakowanego na tacce. Jak podają Traore i wsp. (2012), wysoka zawartość tlenu w opakowaniach MAP może mieć kluczowe znaczenie w procesach utleniania lipidów i białek. Utlenienie białek może powodować uszkodzenia ich struktury, które z kolei mogą mieć bezpośredni wpływ na zmiany we właściwościach fizykochemicznych mięsa, w tym powodować zwiększenie ilości wycieku. Zmiany w białkach, w tym enzymach, które redukują ich zdolność do zatrzymywania wody i zmiany w strukturze naczyń włosowatych miofibryli podczas przechowywania surowca mogą być, według Al-Nehlawi i wsp. (2013) jednymi z możliwych przyczyn powstawania wycieku.

Nie stwierdzono istotnego wpływu czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na pH filetów (publikacje O1., O4.). Uzyskane wyniki są zbliżone do otrzymanych przez Rossaint i wsp. (2015), którzy określali zmiany w pH mięśni piersiowych kurcząt podczas 20 dni przechowywania w modyfikowanej atmosferze o składzie 70% O₂ i 30% CO₂. Także w badaniach Dogu-Baykut i Gunes (2014) czas przechowywania i metoda pakowania (próżniowo lub MAP) nie miały istotnego wpływu na pH mięsa z ud z kurcząt. Uzyskane wyniki są natomiast sprzeczne z częścią danych literaturowych, przykładowo Marcinkowska-Lesiak i wsp. (2015) podają, że pH mięsa drobiowego w opakowaniach MAP wzrastało wraz z wydłużaniem z 5 do 15 dni czasu przechowywania. Z kolei według Fraqueza i Barreto (2009), ze względu na znaczną zawartość CO₂ w mieszaninie gazowej w opakowaniach MAP, powinno być obserwowane obniżanie się pH surowca. Gaz ten po rozpuszczeniu się w wodzie zawartej w mięsie tworzy słaby kwas węglowy zakwaszając jego powierzchniowe warstwy. Obniżenie pH mięsa wołowego podczas przechowywania w opakowaniach MAP z zastosowaniem mieszaniny gazowej o wysokim udziale CO₂ (60%) stwierdzili na przykład Abdalhai i wsp. (2014).

Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na składowe barwy L*, a* i b* badanych filetów kurcząt (publikacje O1., O4.). W badaniach przedstawionych w publikacji O1., stwierdzono istotny ($P \leq 0,05$) wpływ czasu i warunków przechowywania jedynie na składową barwę L* mięsa na tacce. Obserwowano istotne ($P \leq 0,05$) obniżenie jasności barwy filetów przechowywanych na tacce i eksponowanych w regale chłodniczym w dniach 8 i 9, w porównaniu z dniem 1 (publikacja O1.). W badaniach przedstawionych w publikacji O4. istotne ($P \leq 0,05$) obniżenie jasności barwy, w porównaniu z 1 dniem przechowywania, obserwowano w dniu 8, zarówno w przypadku mięsa pakowanego na tacce, jak i w MAP przechowywanego w regale chłodniczym.

Wartości składowych barwy a* i b*, mimo wysokiej zawartości tlenu w opakowaniach MAP (75%), nie zmieniały się istotnie w czasie przechowywania badanych filetów, niezależnie od warunków ich przechowywania. Także w przypadku surowca na tacce nie stwierdzono istotnych zmian w wartościach składowych barwy a* i b* w trakcie przechowywania w chłodni lub w regale chłodniczym (publikacje O1., O4.).

Sposób pakowania miał istotny ($P \leq 0,05$) wpływ tylko na wartości składowej barwy L* filetów przechowywanych w regale chłodniczym (publikacja O1.) lub nie stwierdzono wpływu sposobu pakowania na składowe barwy mięsa (publikacja O4.). Różnice w wynikach zaprezentowanych w publikacjach O1. i O4. wynikały z użycia do badań, na podstawie których powstała dana publikacja, różnego surowca. Mięso w opakowaniach MAP charakteryzowało się wyższymi wartościami składowej barwy L* w porównaniu z mięsem na tacce, ale istotne ($P \leq 0,05$) różnice stwierdzono pod koniec okresu przechowywania w regale chłodniczym, tj. w dniach 8 i 9 (publikacja O1.). Mogło to być spowodowane, jak podają Karamucki i wsp. (2013) wysokim udziałem O₂ w mieszaninie gazów wprowadzonej do opakowania MAP, który sprzyja tworzeniu się oksymoglobiny o barwie różowo-czerwonej. Podobne do zaobserwowanych zależności stwierdzili Chouliara i wsp. (2007) analizując zmiany barwy mięśni piersiowych kurcząt przechowywanych w powietrzu atmosferycznym przez 12 dni. Cortez-Vega i wsp. (2012) podają natomiast, że przechowywanie przez 9 dni mięśni piersiowych kurcząt w powietrzu atmosferycznym lub w modyfikowanej atmosferze o składzie 50% O₂ i 50% CO₂ powoduje obniżenie wartości składowych barwy a* i b* w miarę upływu czasu przechowywania.

Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu czasu i warunków przechowywania na ilość wycieku po obróbce termicznej filetów z kurcząt (O1.). Ilość wycieku po obróbce termicznej kształtowała się w większości przypadków na zbliżonym poziomie, co mogło mieć związek z wyrównanym pH filetów przez cały okres przechowywania. Pietrzak i wsp. (2013) podają, że ilość wycieku z mięsa po obróbce termicznej jest uwarunkowana wieloma czynnikami, a jednym z najważniejszych jest pH surowca, ponieważ determinuje zdolność białek do wiązania wody.

Siła penetracji badanych filetów kurcząt poddanych obróbce termicznej, a uprzednio przechowywanych w chłodni lub w regale chłodniczym w opakowaniach MAP lub na tacce była zbliżona (publikacja O1.). Brak wpływu czasu przechowywania na siłę penetracji mięśni piersiowych kurcząt zaobserwowali Marcinkowska-Lesiak i wsp. (2015).

Sposób pakowania miał istotny ($P \leq 0,05$) wpływ na siłę penetracji badanych filetów kurcząt (publikacja O1.) Filety pakowane w MAP były nieznacznie twardsze w porównaniu z filetami pakowanymi na tackach, niezależnie od warunków przechowywania, na co wskazują uzyskane wyższe wartości siły penetracji. Różnice w twardości były spowodowane utratą większej ilości wody przez filety przechowywane w opakowaniach MAP (większa ilość wycieku do opakowania w stosunku do filetów pakowanych na tackach). Według Jongberg i wsp. (2014) podczas przechowywania mięśni piersiowych kurcząt w atmosferze modyfikowanej o wysokiej zawartości tlenu następuje wzrost ich twardości. Autorzy podają, że tekstura mięśni jest ściśle związana z postępem procesu oksydacji białek, który jest nasilony w przypadku mięsa przechowywanego w atmosferze z wysoką zawartością O_2 .

Podsumowując, stwierdzono wpływ czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na ilość wycieku do opakowania z badanym surowcem. Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu ww. czynników na pH mięsa, ilość wycieku po obróbce termicznej oraz siłę penetracji. Pakowanie w MAP z wysoką zawartością tlenu nie wydaje się także konieczne do poprawy barwy mięsa kurcząt, ze względu na brak wyraźnego trendu w zmianach wartości składowych barwy L^* , a^* i b^* , może natomiast przyspieszyć utlenianie lipidów, a co za tym idzie pogorszyć jakość mięsa.

Ad. 3. Wpływ czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na jakość mikrobiologiczną badanego mięsa

Wpływ czasu i warunków (chłodnia lub regał chłodniczy) przechowywania oraz sposobu pakowania (na tacce, MAP lub próżniowo) na jakość mikrobiologiczną filetów z kurcząt scharakteryzowano w publikacjach O1. i O3. Badany surowiec charakteryzował się początkową (dzień 1) ogólną liczbą drobnoustrojów (OLD) na poziomie $<4 \log \text{ jtk/g}$, co według Dawson i wsp. (1995) oraz Latou i wsp. (2014) wskazuje na jego dobrą jakość mikrobiologiczną. Ogólna liczba drobnoustrojów systematycznie wzrastała z upływem czasu przechowywania filetów zarówno w chłodni, jak i w regale chłodniczym w opakowaniach MAP (publikacje O1., O3.), na tacce (publikacje O1., O3.) oraz próżniowo (publikacja O3.).

W przypadku mięsa w opakowaniach MAP przechowywanego w chłodni lub eksponowanego w regale chłodniczym, OLD przez cały 8 (publikacja O3.) lub 9 (publikacja O1.) dniowy okres trwania eksperymentu nie osiągnęła górnego limitu dla świeżego mięsa, który według ICMSF (1986), Balamatsia i wsp. (2007) oraz Latou i wsp. (2014) wynosi $7-8 \log \text{ jtk/g}$. W badaniach Rossaint i wsp. (2015) poziom ten w przypadku mięśni piersiowych przechowywanych w MAP z wysoką zawartością tlenu przekroczony został po 10 dniach przechowywania w warunkach chłodniczych.

W przypadku mięsa pakowanego na tacce przekroczenie limitu $7 \log \text{ jtk/g}$ dla OLD, odnotowano pod koniec okresu przechowywania zarówno w chłodni, tj. dnia 9 (publikacja O1.), jak i w regale chłodniczym, tj. dni 8 i 9 (publikacja O1.) oraz w dniu 8 (publikacja O3.). Poziom $7 \log \text{ cfu/g}$ przekroczony został także ostatniego, tj. 8 dnia w mięsie pakowanym próżniowo i eksponowanym w regale chłodniczym (publikacja O3.). Latou i wsp. (2014) podają, że mięso na tacce charakteryzowało się OLD na poziomie $7 \log \text{ jtk/g}$ w 4 dniu przechowywania, natomiast w przypadku badań prowadzonych przez Patsias i wsp. (2006) w dniu 12.

Porównując jakość mięsa pakowanego w MAP z mięsem na tacce (publikacja O1.) oraz pakowanym próżniowo (publikacja O3.) dla różnych warunków przechowywania (chłodnia lub regał chłodniczy) stwierdzono, że sposób pakowania miał istotny ($P \leq 0,05$) wpływ na poziom OLD. W poszczególnych dniach przechowywania w chłodni badane filety pakowane w MAP charakteryzowały się niższą OLD w porównaniu z mięsem na tacce lub pakowanym próżniowo, a istotne ($P \leq 0,05$) różnice odnotowano dnia 9 (publikacja O1.) oraz odpowiednio w dniach 6 i 7 oraz w dniu 6 (publikacja O3.). Mięso na tacce 9 dnia przechowywania (publikacja O1.)

charakteryzowało się $OLD > 7 \log \text{ jtk/g}$, podczas gdy poziom OLD mięsa w opakowaniach MAP był o $1,2 \log \text{ jtk/g}$ niższy. Surowiec na tacce eksponowany w regale chłodniczym charakteryzował się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą OLD już 8 dnia przechowywania w porównaniu z surowcem z opakowań MAP (publikacja O1.) oraz istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą OLD w dniach 3-7 w porównaniu z mięsem z opakowań próżniowych (publikacja O3.). Nie stwierdzono istotnych różnic w OLD mięsa pakowanego w MAP oraz próżniowo i eksponowanego w regale chłodniczym w dniach 3-7 (publikacja O3.).

Przekroczenie poziomu OLD wynoszącego $7 \log \text{ jtk/g}$ w przypadku przechowywania w regale chłodniczym mięsa na tacce odnotowano w dniach 8 i 9 (publikacja O1.) oraz mięsa na tacce i pakowanego próżniowo w dniu 8 (publikacja O3.). W przypadku filetów kurcząt w opakowaniach MAP eksponowanych w regale chłodniczym ten limit nie został przekroczony przez cały 8 (publikacja O3.) lub 9 (publikacja O1.) dniowy okres trwania eksperymentu. Zastosowanie opakowań MAP opóźniło zatem osiągnięcie poziomu zanieczyszczenia mikrobiologicznego $>7 \log \text{ jtk/g}$ o przynajmniej dwa dni w porównaniu z mięsem na tacce (publikacja O1.) oraz jeden dzień w porównaniu z mięsem na tacce oraz pakowanym próżniowo (publikacja O3.). Różnice w wynikach zaprezentowanych w publikacjach O1. i O3. wynikały z użycia do badań, na podstawie których powstała dana publikacja, różnego surowca. Niższy poziom OLD surowca w opakowaniach MAP, ze względu na obecność w nich CO_2 , w porównaniu z mięsem przechowywanym w powietrzu atmosferycznym odnotowali Patsias i wsp. (2006), Rotabakk i wsp. (2006), Latou i wsp. (2014), Meredith i wsp. (2014) oraz Rossaint i wsp. (2014).

W większości przypadków, począwszy od 6 dnia przechowywania, niezależnie od systemu pakowania, mięso eksponowane w regale chłodniczym charakteryzowało się wyższym lub istotnie ($P \leq 0,05$) wyższym poziomem OLD w porównaniu z przechowywanym w chłodni (publikacje O1., O3.).

Bakterie kwasu mlekowego (LAB) są jednymi z głównych mikroorganizmów powodujących psucie się mięsa drobiowego. Są one zdolne do wzrostu zarówno w obecności, jak i przy braku O_2 a zatem mogą znacząco przyczyniać się do psucia się mięsa kurcząt pakowanego na tacce, w MAP lub próżniowo (Dogu-Baykut i Gunes 2014, Latou i wsp. 2014).

Liczba bakterii kwasu mlekowego wzrastała w czasie przechowywania badanego surowca zarówno w chłodni, jak i regale chłodniczym, niezależnie

od sposobu pakowania (publikacje O1., O3.), co jest zgodne z wynikami zaprezentowanymi przez Patsias i wsp. (2006) oraz Rotabakk i wsp. (2006). Istotne ($P \leq 0,05$) zmiany liczby LAB w mięsie w opakowaniach MAP stwierdzono pod koniec okresu przechowywania mięsa, tj. w ostatnim 8 (publikacja O3.) lub 9 (publikacja O1.) dniu przechowywania w chłodni. Podczas ekspozycji w regale chłodniczym takie zmiany obserwowano w dniach 7 i 8 (publikacja O3.) oraz 8 i 9 (publikacja O1.). Wzrost LAB podczas chłodniczego przechowywania mięsa w opakowaniach MAP, szczególnie pod koniec jego trwania obserwowali także Pastias i wsp. (2006) oraz Rossaint i wsp. (2014). Także w przypadku mięsa na tacce, wraz z wydłużeniem czasu jego przechowywania liczba LAB wzrastała, a istotne ($P \leq 0,05$) zmiany, w porównaniu z dniem 1, odnotowano w dniach 8 i 9 w surowcu z chłodni oraz regału chłodniczego (publikacja O1.) oraz w dniach 7 i 8 mięsa z chłodni i w dniach 6, 7 i 8 mięsa eksponowanego w regale chłodniczym (publikacja O3.). Istotny ($P \leq 0,05$) wzrost LAB mięsa pakowanego próżniowo, w porównaniu z dniem 1 odnotowano natomiast w dniu 8 zarówno w przypadku mięsa z chłodni, jak i regału chłodniczego (publikacja O3.).

Według Nychas i wsp. (2008) oraz Meredith i wsp. (2014) LAB są mniej wrażliwe na obecność CO_2 w opakowaniu, a O_2 wspomaga ich wzrost. Bakterie te produkują śluz oraz są powodem kwaśnego i nieprzyjemnego zapachu, gdy osiągną poziom 7-8 log jtk/g. W niniejszych badaniach, przez cały okres przechowywania i niezależnie od warunków, poziom LAB mięsa w opakowaniach MAP nie przekroczył 7 jtk/g (publikacja O1.) lub przekroczony został 8 dnia przechowywania w chłodni (publikacja O3.). Poziom ten przekroczony został w ostatnich dniach przechowywania w chłodni oraz ekspozycji w regale chłodniczym, czyli w dniach 8 i 9 (publikacja O1.) oraz w 6 i 8 dniu ekspozycji w regale chłodniczym (publikacja O3.) w przypadku mięsa na tacce oraz w 8 dniu ekspozycji w przypadku mięsa pakowanego próżniowo (publikacja O3.).

Stwierdzono istotny ($P \leq 0,05$) wpływ sposobu pakowania na liczbę LAB mięsa przechowywanego w chłodni lub regale chłodniczym, jednak tendencje te nie były jednoznaczne (publikacje O1., O3.). Filety kurcząt pakowane na tacce, w porównaniu z filetami w opakowaniach MAP charakteryzowały się w dniach 3-7 jedynie nieznacznie wyższą liczbą LAB. Istotne ($P \leq 0,05$) różnice stwierdzono natomiast pod koniec trwania eksperymentu, tj. w dniach 8 i 9 (publikacja O1.). W przypadku danych zaprezentowanych w publikacji O3. surowiec z chłodni, pakowany w MAP charakteryzował się w dniu 8 istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą liczbą LAB, natomiast podczas

ekspozycji w regale chłodniczym istotnie ($P \leq 0,05$) niższą LAB w porównaniu z mięsem pakowanym na tace lub próżniowo.

W poszczególnych dniach przechowywania, w większości przypadków, poziom LAB był wyższy w przypadku mięsa eksponowanego w regale chłodniczym w porównaniu z przechowywanym w chłodni, niezależnie od sposobu pakowania (publikacje O1., O3.).

Jak podają Chouliara i wsp. (2007) oraz Herbert i wsp. (2013) *Pseudomonas* spp. są odpowiedzialne za powstawanie nieprzyjemnego zapachu i smaku mięsa drobiowego i według Rotobakk i wsp. (2006) ich wzrost powoduje jego psucie się. W niniejszych badaniach stwierdzono istotny ($P \leq 0,05$) wpływ czasu przechowywania na liczbę *Pseudomonas* spp., niezależnie od sposobu pakowania i warunków przechowywania (publikacje O1., O3.). W czasie przechowywania surowca w opakowaniach MAP obserwowano systematyczny wzrost liczby *Pseudomonas* spp., a istotne ($P \leq 0,05$) różnice, w porównaniu z dniem 1, odnotowano odpowiednio w dniu 8 (publikacja O3.) lub 9 (publikacja O1.) w przypadku mięsa z chłodni i dniach 7 i 8 (publikacja O3.) oraz 8 i 9 (publikacja O1.) dla mięsa eksponowanego na działanie światła w regale chłodniczym. W przypadku mięsa przechowywanego na tace w chłodni i w regale chłodniczym, istotny ($P \leq 0,05$) wzrost liczby *Pseudomonas* spp., w porównaniu z dniem 1, obserwowano już w 6 (publikacja O3.) i 8 (publikacja O1.) dniu trwania eksperymentu, co jest zgodne z wynikami uzyskanymi przez Rossaint i wsp. (2014). Stwierdzono także istotny ($P \leq 0,05$) wzrost, w porównaniu z dniem 1, liczby *Pseudomonas* spp. filetów kurcząt pakowanych próżniowo przechowywanych w chłodni w dniu 6, 7 i 8 oraz w dniu 8 podczas ekspozycji w regale chłodniczym (publikacja O3.). W badaniach Patsias i wsp. (2006) nie stwierdzono istotnych zmian w liczbie tych drobnoustrojów podczas przechowywania mięsa drobiowego w różnych mieszaninach MAP, natomiast autorzy stwierdzili, że przez cały okres przechowywania mięso zapakowane na tackach charakteryzowało się wyższą liczbą *Pseudomonas* spp. w porównaniu z mięsem w opakowaniach MAP. Także Rotobakk i wsp. (2006) nie stwierdzili zmian w liczbie *Pseudomonas* spp. podczas 17 dni chłodniczego przechowywania mięsa drobiowego. Wzrost liczby *Pseudomonas* spp. w mięsie w opakowaniach MAP podczas przechowywania obserwowali natomiast Meredith i wsp. (2014).

W porównaniu z mięsem w opakowaniach MAP, mięso na tace przechowywane w różnych warunkach (chłodnia lub regał chłodniczy),

charakteryzowało się w poszczególnych dniach trwania eksperymentu wyższą liczbą *Pseudomonas* spp., a istotne ($P \leq 0,05$) różnice stwierdzono w dniach 8 i 9 (publikacja O1.) oraz dniach 3, 6 i 7 podczas przechowywania w chłodni i dniu 6, 7 i 8 ekspozycji w regale chłodniczym (publikacja O3.). Podobnie w badaniach Patsias i wsp. (2006) przez cały okres przechowywania mięso drobiowe zapakowane na tackach charakteryzowało się wyższą liczbą *Pseudomonas* spp. w porównaniu z mięsem w opakowaniach MAP.

Pod koniec okresu przechowywania, niezależnie od systemu pakowania filety kurcząt przechowywane w regale chłodniczym charakteryzowały się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą liczbą *Pseudomonas* spp. w porównaniu z przechowywanymi w chłodni (publikacje O1., O3.).

Jak podają Charles i wsp. (2006) pakowanie w MAP (z CO₂ w mieszaninie) jest dobrym sposobem wydłużenia terminu przydatności do spożycia żywności, a w przypadku filetów z kurczaka polega na hamowaniu wzrostu właśnie bakterii *Pseudomonas* spp. Zbliżone tendencje obserwowano w badaniach przedstawionych w publikacjach O1. i O3. Według Charles i wsp. (2006) oraz Nychas i wsp. (2008) poziom 7 log jtk/g bakterii *Pseudomonas* spp. jest wyznacznikiem końca terminu przydatności do spożycia mięsa. W przedstawionych w publikacji O1. badaniach poziom ten w przypadku filetów na tacce zarówno z chłodni, jak i z regału chłodniczego został przekroczony odpowiednio 8 i 9 oraz 9 dnia przechowywania. Zastosowanie opakowania typu MAP pozwoliło zatem na wydłużenie terminu przydatności tego surowca przynajmniej o 2 dni. Z kolei w badaniach przedstawionych w publikacji O3. poziom ten został osiągnięty podczas ekspozycji w regale chłodniczym w dniu 8 dla mięsa pakowanego w MAP i próżniowo oraz jeden dzień wcześniej, tj. w dniu 7 w przypadku mięsa pakowanego na tacce.

Liczba *Enterobacteriaceae* w badanych filetach utrzymywała się na poziomie poniżej 3,5 log jtk/g przez cały czas przechowywania, niezależnie od warunków przechowywania i sposobu pakowania (publikacja O3.). Według Muriel i wsp. (2004) *Pseudomonas* spp. i *Enterobacteriaceae* to mikroorganizmy zdolne do wytwarzania największej liczby aldehydów. Do najczęściej występujących w zepsutym mięsie należą heksanal, nonanal i heptanal. Aldehydy te w znacznym stopniu przyczyniają się do tworzenia smakowości mięsa, ponieważ charakteryzują się niskim progiem wykrywalności zapachu. Związki te występowały w profilu związków lotnych badanego surowca (publikacja O3.).

Podsumowując, na początku okresu przechowywania rozwój bakterii wszystkich głównych grup następował w podobnym tempie, niezależnie od zastosowanego sposobu pakowania. Jednak pod koniec okresu przechowywania dynamika ich wzrostu była różna dla różnych sposobów pakowania mięsa. Filety pakowane w MAP charakteryzowały się lepszą jakością i dłuższą trwałością mikrobiologiczną w porównaniu do filetów pakowanych na tacce. Jakość filetów pakowanych próżniowo była natomiast pośrednia. Zmiany w jakości mikrobiologicznej surowca pakowanego w MAP przebiegały wolniej i mniej intensywnie. Przechowywanie surowca w regale chłodniczym skutkowało przyspieszeniem negatywnych zmian zachodzących w jego jakości mikrobiologicznej w porównaniu z surowcem przechowywanym w chłodni. Można założyć, że termin przydatności do spożycia filetów z kurcząt przechowywanych w chłodni, biorąc pod uwagę dopuszczalny limit OLD, wynosił w przypadku pakowanych na tacce, w MAP i próżniowo odpowiednio 8, >9 i 8 dni. Mięso na tacce lub pakowane próżniowo charakteryzowało się nieakceptowalną jakością mikrobiologiczną 8 dnia ekspozycji w regale chłodniczym, a mięso w opakowaniach MAP do dnia 9 charakteryzowało się jakością akceptowalną. Pakowanie w MAP pozwala zatem na wydłużenie terminu przydatności do spożycia mięsa, w porównaniu do pakowania na tacce przynajmniej o jeden dzień w przypadku przechowywania w chłodni i co ważniejsze przynajmniej o dwa dni podczas eksponowania w regale chłodniczym.

Ad. 4. Wpływ czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na zawartość podstawowych składników chemicznych, aldehydu dimalonowego (TBARS) oraz profil kwasów tłuszczowych i związków lotnych badanego mięsa

Nie stwierdzono wpływu czasu, warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na zawartość wody, białka i tłuszczu w badanych filetach z kurcząt (publikacja O2.). Obserwowano jedynie, iż pod koniec okresu przechowywania badane mięso charakteryzowało się nieznacznie niższą zawartością wody, prawdopodobnie ze względu na większą ilość obserwowanego wycieku w opakowaniu, jednak różnice te nie były istotne. Zawartość podstawowych składników chemicznych kształtowała się na poziomie typowym dla mięsa z fileta kurczaka, a więc ok. 74% wody, 23% białka oraz 1,5% tłuszczu. Zbliżoną zawartość podstawowych składników chemicznych w filetach z kurcząt obserwowali także Qiao i wsp. (2002) oraz Boschetti i wsp. (2016).

Według Lorenzo i Gómez (2012) to nieprzyjemny zapach (jełki) wywołany zmianami oksydacyjnymi jest poważnym problemem podczas przechowywania mięsa i jego przetworów. Jednym ze wskaźników zaawansowania procesów utleniania lipidów mięsa jest wskaźnik TBARS. Stwierdzono istotny ($P \leq 0,05$) wpływ czasu przechowywania surowca w chłodni (w opakowaniach MAP), jak również czasu ekspozycji w regale chłodniczym (na tacce i w opakowaniach MAP) na ilość powstającego aldehydu dimalonowego (publikacja O2.). Wraz z wydłużaniem czasu przechowywania wartości TBARS w mięsie przechowywanym na tacce i w opakowaniach MAP, szczególnie podczas ekspozycji w regale chłodniczym istotnie ($P \leq 0,05$) wzrastały. Pod koniec okresu przechowywania, czyli w dniu 9 w regale chłodniczym, mięso z opakowań MAP charakteryzowało się najwyższymi wartościami (0,52 mg MAD/kg produktu), podczas gdy mięso przechowywane próżniowo charakteryzowało się wartościami istotnie ($P \leq 0,05$) niższymi (0,25 mg MDA/kg produktu). W przypadku mięsa pakowanego próżniowo nie stwierdzono istotnego wzrostu wartości TBARS w czasie przechowywania (publikacja O2.).

Wartości wskaźnika TBARS mięsa na tacce i w opakowaniach MAP ekspozowanego w regale chłodniczym były, dla większości analizowanych dni, istotnie ($P \leq 0,05$) wyższe w porównaniu do wartości tego wskaźnika oznaczonych w surowcu przechowywanym w chłodni (publikacja O2.). To ekspozycja na działanie światła oraz fluktuacje temperatury prawdopodobnie spowodowały intensyfikację procesu utleniania lipidów surowca (Rogers i wsp. 2014).

Według Zakrys i wsp. (2008), Lorenzo i Gómez (2012) i Rogers i wsp. (2014) wraz ze wzrostem ilości tlenu w opakowaniu, w którym przechowywane jest mięso, powinna wzrastać wartość wskaźnika TBARS. Na wartość i zmiany wskaźnika TBARS wpływ może mieć także wyjściowa jakość surowca, w tym zawartość w nim tłuszczu i jego jakość (skład kwasów tłuszczowych). Wyniki oznaczeń TBARS przedstawione w publikacji O2. wskazują na pro-utleniający wpływ atmosfery ochronnej z wysokim stężeniem tlenu. Mięso w opakowaniach MAP podczas przechowywania w chłodni charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższymi wartościami TBARS odpowiednio w porównaniu z mięsem pakowanym na tacce (w dniach 7 i 9) oraz próżniowo (w dniach 7, 8 i 9). Podczas ekspozycji w regale chłodniczym istotne ($P \leq 0,05$) zmiany obserwowano wcześniej, a mięso z opakowań MAP charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższymi wartościami wskaźnika TBARS w porównaniu z mięsem pakowanym na tacce (w dniach 6-8) oraz próżniowo (w dniach 3-9). Obserwowane

tendencje były zbliżone do otrzymanych przez Cayuela i wsp. (2004) oraz Lorenzo i Gómez (2012). Także w badaniach zaprezentowanych w publikacji O1. stwierdzono nieznacznie wyższe wartości wskaźnika TBARS w przypadku filetów z kurcząt pakowanych w MAP w porównaniu do pakowanych na tacce, jednak różnice te nie były istotne.

Pomimo popularności i wysokiej konsumpcji filetów z kurcząt, profil kwasów tłuszczowych i jego zmiany podczas przechowywania w warunkach chłodniczych nie są dobrze udokumentowane. Stabilność oksydacyjna frakcji lipidowych w dużym stopniu zależy od składu ich kwasów tłuszczowych. Ponieważ podatność nienasyconych kwasów tłuszczowych na utlenianie jest związana ze stopniem ich nienasyceń, PUFA są bardziej podatne na utlenianie w porównaniu do jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA - monounsaturated fatty acids). Tak więc, zarówno skład kwasów tłuszczowych, jak i stopień utleniania lipidów podczas przechowywania mięsa są krytycznymi czynnikami, determinującym jakość mięsa, w tym jakość sensoryczną oraz jego trwałość (Kawahara i wsp. 2009, Xiao i wsp. 2011). Stosunkowo wysoka zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mięsa kurcząt może być powodem pogorszenia jego jakości sensorycznej i skrócenia okresu przydatności do spożycia na skutek procesów utleniania (Cortinas i wsp. 2004; Xiao i wsp. 2011). Według niektórych autorów pakowanie próżniowe (Ahmed i wsp. 2015, Orkus i wsp. 2017) lub w modyfikowanej atmosferze pozbawionej tlenu może ograniczyć utlenianie lipidów w mięsie podczas jego przechowywania (Lund i wsp. 2007). Zmiany profilu kwasów tłuszczowych w tłuszczu filetów z kurcząt pakowanych na różne sposoby podczas przechowywania w różnych warunkach zaprezentowano w publikacji O2.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono największy udział MUFA w profilu kwasów tłuszczowych w tłuszczu filetów z kurcząt, w tym kwasu cis C18:1 (n9 + n11) w zakresie 31,86 do 34,66%. Obserwowano również wysoki udział kwasów wielonienasyconych, w tym linolowego (C18:2 cis,cis) od 24,50 do 31,22% wszystkich kwasów tłuszczowych. Spośród kwasów nasyconych najwyższym udziałem charakteryzował się kwas palmitynowy (C16:0) - 16,60-19,43%. Ponadto, znaczny udział w profilu przypadają również na kwasy stearynowy (C18:0) i palmitoleinowy (C16:1). W badaniach Qiao i wsp. (2002), De Marchi i wsp. (2012) i Cui i wsp. (2017) za występujące w największej ilości w tłuszczu mięsa kurcząt uznano kwasy C18:2, C18:1, C16:0, C18:0 i C20:4.

Udziały SFA (saturated fatty acids - nasycone kwasy tłuszczowe), MUFA i PUFA w profilu kwasów tłuszczowych wahały się odpowiednio od 23,28 do 27,88%, 34,41 do 38,82%, 26,04 do 32,85%.

Nie stwierdzono istotnego wpływu czasu przechowywania na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu badanego mięsa pakowanego na różne sposoby przechowywanego w chłodni lub regale chłodniczym. Pomimo, że wartości TBARS mięsa pakowanego na tacce i w MAP wzrastały w czasie przechowywania, szczególnie w regale chłodniczym, nie stwierdzono istotnych zmian w profilu kwasów tłuszczowych.

W przypadku mięsa pakowanego na tacce i w MAP przechowywanego przez 9 dni, stwierdzono istotne ($P \leq 0,05$) różnice w całkowitym udziale MUFA. Mięso na tacce przechowywane w regale chłodniczym charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższym, zaś mięso w opakowaniach MAP istotnie ($P \leq 0,05$) niższym całkowitym udziałem MUFA w porównaniu z mięsem przechowywanym w chłodni. Miały na to wpływ istotne ($P \leq 0,05$) zmiany zaobserwowane w przypadku kwasów palmitoleinowego (mięso na tacce i w opakowaniach MAP) oraz oleinowego (w przypadku mięsa w opakowaniach MAP).

Istotne ($P \leq 0,05$) różnice w składzie kwasów tłuszczowych tłuszczu mięsa przechowywanego w różnych warunkach stwierdzono w dniu 9 w całkowitym udziale PUFA dla mięsa pakowanego na tacce i w MAP. Mięso na tacce przechowywane w regale chłodniczym charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) niższym, zaś mięso w opakowaniach MAP istotnie ($P \leq 0,05$) wyższym całkowitym udziałem PUFA w porównaniu z mięsem przechowywanym w chłodni, a składały się na to zmiany w udziale kwasu linolowego. Kwasy tłuszczowe PUFA są bardziej podatne na oksydację aniżeli SFA, czy MUFA (Gutiérrez i wsp. 2013, Trembecká i wsp. 2016), stąd też obserwowane różnice wynikały raczej ze składu wyjściowego surowca lub innych czynników np. mikroflory, której rozwój selektywnie wpłynął na profil kwasów tłuszczowych.

Niektórzy autorzy (Xiao i wsp. 2011, Gutiérrez i wsp. 2013) opisują znaczenie utleniających i hydrolitycznych procesów zachodzących w tłuszczu podczas przechowywania mięsa w warunkach chłodniczych, również w zależności od sposobu pakowania. Stwierdzono istotne ($P \leq 0,05$) różnice w całkowitym udziale SFA, MUFA oraz PUFA w 9 dniu przechowywania mięsa w chłodni w zależności od sposobu pakowania. Mięso pakowane na tacce charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) niższym

udziałem SFA, w tym kwasu palmitynowego, w porównaniu z mięsem pakowanym próżniowo i w MAP. Mięso pakowane na tacce i próżniowo, w porównaniu z mięsem w opakowaniach MAP charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższym całkowitym udziałem PUFA, w tym kwasu linolowego oraz eikozadienowego. Powyższą zmienność można tłumaczyć zmianami proporcji pomiędzy poszczególnymi grupami kwasów tłuszczowych i pro-oksydacyjnym charakterem atmosfery o wysokiej zawartości tlenu. W badaniach Gutiérrez i wsp. (2013) dotyczących wpływu różnych mieszanin gazowych na profil kwasów tłuszczowych jagnięciny stwierdzono istotne różnice, w całkowitym udziale SFA po 4 i 7 dniach chłodniczego przechowywania mięsa pakowanego w MAP o składzie 70% O₂ i 30% CO₂.

Zmiany w profilu związków lotnych filetów z kurcząt pakowanych na różne sposoby podczas przechowywania w różnych warunkach zaprezentowano w publikacji O3. W profilu związków lotnych izolowanych z fazy nad powierzchniowej mięsa zidentyfikowano głównie aldehydy, alkohole i kwasy organiczne. W przypadku aldehydów dominującymi zidentyfikowanymi w profilu związkami były *n*-heksanal i *n*-nonanal, dla których stwierdzono istotny ($P \leq 0,05$) wpływ czasu przechowywania na ich zawartości w badanych filetach przechowywanych w chłodni odpowiednio w opakowaniach MAP i na tacce. Istotnie ($P \leq 0,05$) najwyższą zawartość *n*-heksanal obserwowano 6 dnia przechowywania w chłodni w opakowaniach MAP, zaś *n*-nonanal w dniu 3 ekspozycji mięsa na tacce w regale chłodniczym. Istotne ($P \leq 0,05$) zmiany obserwowano także w przypadku zawartości *n*-pentanal w czasie przechowywania w chłodni filetów pakowanych na tacce. Zawartość tego aldehydu była istotnie ($P \leq 0,05$) najwyższa w 3 dniu przechowywania surowca. Obecność aldehydów we frakcji nad powierzchniowej mięsa można tłumaczyć zachodzącymi procesami oksydacji lipidów oraz procesami chemicznymi katalizowanymi przez rozwijającą się mikroflorę bakteryjną. Według Ercolini i wsp. (2011) i Casaburi i wsp. (2015) związkami najczęściej wykrywanymi w profilu związków lotnych mięsa po przechowywaniu w MAP są okt-1-en-3-ol, 3-metylo-1-butanol, acetoina, 1-heksanal, kwas butanowy, kwas heksanowy, etylooktanian i siarczek dimetylu. Związki te są związane ze wzrostem bakterii, w tym LAB i *Enterobacteriaceae*. W badaniach Wang i wsp. (2017) heksanal był dominującym związkiem w grupie aldehydów zidentyfikowanych w mięsie z kurcząt przechowywanym przez 7 dni w temperaturze 8°C. Z kolei Jääskeläinen i wsp. (2016) stwierdzili systematyczny wzrost zawartości

heksanalu i nonanal w mięsie wołowym w czasie 14 i 26 dni przechowywania odpowiednio w opakowaniach MAP i próżniowo.

Związkami dominującymi zidentyfikowanymi w profilu związków lotnych w grupie alkoholi były *n*-pentanol, etyloheksanol i okt-1-en-3-ol. Obserwowano istotne ($P \leq 0,05$) zmiany w zawartości *n*-pentanolu i okt-1-en-3-olu w czasie przechowywania filetów z kurcząt na tacce w chłodni, a istotnie ($P \leq 0,05$) najwyższą zawartością tych związków charakteryzowało się mięso 3 dnia przechowywania. Obserwowano znaczne wahania udziału niektórych alkoholi w profilu związków lotnych w trakcie przechowywania mięsa. Przykładowo w początkowych dniach przechowywania (dni 1-3) zarówno w chłodni, jak i regale chłodniczym, nie stwierdzono zawartości alkoholu izopentylowego w badanym surowcu pakowanym na tacce, jednakże w 7 dniu eksponowania w regale chłodniczym zawartość tego związku była istotnie ($P \leq 0,05$) najwyższa. W badaniach Jääskeläinen i wsp. (2016) w mięsie wołowym pakowanym w MAP lub próżniowo i przechowywanym odpowiednio przez 14 lub 26 dni zawartość okt-1-en-3-olu w czasie przechowywania ulegała znacznym wahaniom. Silva i wsp. (2017) podają, że obecność krótkołańcuchowych alkoholi może być jednym z wskaźników mikrobiologicznego psucia się mięsa.

Wśród kwasów organicznych występujących w badanym surowcu związkami dominującymi były kwas pentanowy, *n*-oktanowy i *n*-nonanowy, jednakże nie obserwowano zmian w ich udziale w profilu związków lotnych w czasie przechowywania, niezależnie od warunków przechowywania i sposobu pakowania. Wpływ czasu eksponowania filetów kurcząt w regale chłodniczym obserwowano natomiast w przypadku surowca pakowanego na tacce, na zawartość kwasu propanowego i heksanowego, których najwyższą zawartość obserwowano ostatniego, tj. 8 dnia przechowywania. W badaniach Jääskeläinen i wsp. (2016) w mięsie wołowym pakowanym w MAP lub próżniowo dominującymi kwasami były kwas octowy i heksanowy, a ich zawartość wzrastała wraz z wydłużaniem czasu przechowywania mięsa (odpowiednio do 14 i 26 dni).

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono jednoznacznych zależności pomiędzy profilem związków lotnych a czasem przechowywania mięsa.

Dla większości związków w grupie aldehydów nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu pakowania na ich zawartości w poszczególnych dniach przechowywania. Przykładowo filety pakowane próżniowo, w porównaniu do pakowanych na tacce lub w MAP charakteryzowały się istotnie ($P \leq 0,05$)

wyższą zawartością hept-2-enalu (dzień 7), *n*-heptanal (dzień 3), *n*-heksanal (dni 7 i 8) i *n*-pentanal (dzień 7 i 8) podczas przechowywania w chłodni. Także w przypadku *n*-nonanal obserwowano, że w dniach 3-8 mięso przechowywane w chłodni próżniowo charakteryzowało się wyższą zawartością tego aldehydu w porównaniu z mięsem na tacce i w opakowaniach MAP. Z kolei istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą zawartością dekanal charakteryzowało się mięso na tacce w dniu 3, w porównaniu z mięsem pakowanym próżniowo. Podczas eksponowania filetów z kurcząt w regale chłodniczym mięso pakowane próżniowo charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą zawartością *n*-pentanal i *n*-heksanal w dniu 6 oraz 2-okten-1-alu i *n*-nonanal odpowiednio w dniu 3 lub dniach 3 i 6, w porównaniu z mięsem na tacce lub w opakowaniach MAP. Uzyskane wyniki są zbliżone do danych literaturowych. Według Casaburi i wsp. (2011) heksanal, nonanal, dekanal, tetradekanal to aldehydy powszechnie występujące w zepsutym mięsie pakowanym próżniowo.

Mięso na tacce lub w opakowaniach MAP przechowywane w chłodni charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) niższą zawartością *n*-pentanolu (w dniach 7 i 8) oraz okt-1-en-3-olu (w dniu 8) w porównaniu z filetami pakowanymi próżniowo. Z kolei mięso na tacce charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą zawartością odpowiednio *n*-heksan-1-olu (dzień 3) i etyloheksanolu (dzień 7) w porównaniu z mięsem w opakowaniach MAP. Podczas eksponowania surowca w regale chłodniczym obserwowano natomiast, że mięso na tacce charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą zawartością alkoholu izopentylowego (dzień 7), etyloheksanolu (dzień 3) oraz *n*-heksan-1-olu (dzień 3) w porównaniu z mięsem w opakowaniach MAP.

Filety pakowane na tacce i przechowywane w chłodni charakteryzowały się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą zawartością kwasu *n*-oktanowego (dzień 3), *n*-nonanowego (dzień 8) i propanowego (dzień 8), w porównaniu z filetami w opakowaniach MAP. Podczas eksponowania surowca w regale chłodniczym jedyną istotną różnicę obserwowano w dniu 7 dla kwasu *n*-dodekanowego, a mięso na tacce charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą jego zawartością w porównaniu z mięsem w opakowaniach MAP i próżniowych. W badaniach Jääskeläinen i wsp. (2016) nad jakością mięsa wołowego zawartość związków lotnych takich jak, diacetyl, okt-1-en-3-ol i kwas heksanowy, była wyższa w mięsie w opakowaniach MAP w porównaniu z mięsem z opakowań próżniowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono jednoznacznego wpływu warunków przechowywania (chłodnia lub regał chłodniczy) na profil badanych związków lotnych.

Podsumowując, zawartość wody, białka i tłuszczu kształtowała się na poziomie typowym dla fileta z kurcząt. Uzyskane wyniki oznaczeń TBARS pokazały protleniający wpływ atmosfery ochronnej z wysokim stężeniem tlenu (MAP). Mięso w opakowaniach MAP podczas przechowywania w chłodni lub ekspozycji w regale chłodniczym charakteryzowało się wyższymi wartościami wskaźnika TBARS w porównaniu z mięsem pakowanym na tacce lub próżniowo. Pakowanie próżniowe może być z powodzeniem stosowane w celu ograniczenia zmian oksydacyjnych tłuszczu.

Czas i warunki przechowywania oraz sposób pakowania miały tylko nieznaczny wpływ na profil kwasów tłuszczowych filetów z kurcząt. Nie określono prostej zależności w zmianach profilu kwasów tłuszczowych mięsa pakowanego na różne sposoby oraz w czasie przechowywania, prawdopodobnie ze względu na samą zmienność składu kwasów tłuszczowych w filetach z kurcząt i ogólną niską zawartość w nich tłuszczu. Obserwowane niewielkie zmiany wskazują także na wystąpienie procesów oksydacyjnych, najprawdopodobniej głównie w powierzchniowych warstwach surowca.

W profilu związków lotnych filetów z kurcząt zidentyfikowano głównie aldehydy, alkohole i kwasy organiczne. Związkami dominującymi w grupie aldehydów były *n*-heksanal i *n*-nonanal, powstałe podczas utleniania lipidów oraz procesów chemicznych katalizowanych przez rozwijającą się mikroflorę bakteryjną. *N*-pentanol, etyloheksanol, i okt-1-en-3-ol były dominującymi związkami w grupie alkoholi, natomiast kwas pentanowy, kwas *n*-oktanowy i kwas *n*-nonanowy były dominującymi kwasami organicznymi. Czas i warunki przechowywania, oraz sposób pakowania nie wpłynęły jednoznacznie na zawartość większości zidentyfikowanych związków lotnych w badanym mięsie kurcząt.

Ad. 5. Wpływ czasu i warunków przechowywania oraz sposobu pakowania na jakość sensoryczną badanego mięsa

Ocenę jakości sensorycznej badanego mięsa, uwzględniającą wygląd ogólny (w tym barwę i ilość przebarwień) oraz zapach, przeprowadzano po 3 minutach od otwarcia opakowania MAP lub usunięcia folii z tacki, w skali od 1 (minimum) do 5

(maksimum). Dokładny opis zastosowanej metodyki oraz uzyskane wyniki przedstawiono w publikacji O4.

Stwierdzono, że w pierwszym dniu przechowywania (zarówno w chłodni, jak i w regale chłodniczym) badane filety kurcząt pakowane na tackach oraz w MAP charakteryzowały się barwą od jasno-różowej do intensywnie różowej, a na powierzchni mięsa nie obserwowano przebarwień; zapachem swoistym, typowym dla świeżego mięsa drobiowego.

Wraz z upływem czasu przechowywania mięsa na tacce w regale chłodniczym następowało pogorszenie jego barwy (pojawienie się szaro-różowej barwy), a istotnie ($P \leq 0,05$) niższe noty za wygląd ogólny surowca stwierdzono odpowiednio w 7 i 8 dniu przechowywania. W ostatnim dniu przechowywania (dzień 8), w przypadku mięsa eksponowanego w regale chłodniczym na tacce, można było zaobserwować zmiany barwy filetów na szarą z pomarańczowo-żółtymi przebarwieniami widocznymi szczególnie na krawędziach. Z kolei barwa filetów przechowywanych w chłodni nie ulegała tak drastycznym zmianom (w ostatnim dniu noty na poziomie 4,7 pkt w przypadku mięsa z opakowań MAP oraz 4,6 pkt w przypadku mięsa na tacce). W trakcie przechowywania surowca na tacce w regale chłodniczym stwierdzano także systematyczny, w przeciwieństwie do przechowywania w chłodni, istotny zanik swoistego zapachu mięsa drobiowego. Zapach mięsa w dniu 8 był nietypowy, lekko kwaśny lub kwaśny, nieprzyjemny, a mięso wykazywało cechy zepsucia (większość not na poziomie 2,0 pkt). W przypadku niektórych opakowań na mięsie występował śluz.

Podczas przechowywania mięsa w opakowaniach MAP w regale chłodniczym utrata różowej barwy (pojawienie się szaro-różowych przebarwień) skutkowało istotnie ($P \leq 0,05$) niższymi notami za wygląd ogólny w dniu 7, w porównaniu z dniami 1 i 3, jednakże nie były to noty dyskryminujące produkt. W ostatnim dniu przechowywania (dzień 8) w regale chłodniczym mięso w opakowaniach MAP nie wykazywało cech zepsucia. Dla porównania mięso w opakowaniach MAP przechowywane w chłodni charakteryzowało się wysoką jakością (w ostatnim dniu przechowywania średnia nota za wygląd ogólny wynosiła 4,7 pkt.). Zapach mięsa w opakowaniach MAP eksponowanych w regale chłodniczym pogarszał się wraz z upływem czasu przechowywania, począwszy od dnia 7. Takich wyraźnych zmian nie obserwowano w przypadku przechowywania surowca w chłodni, choć w porównaniu z dniem 1, obserwowano niższe noty za ten wyróżnik jakości sensorycznej mięsa w dniu 8. Uzyskane wyniki są zbliżone do danych literaturowych (Jongberg i wsp. 2014).

Stwierdzono istotny ($P \leq 0,05$) wpływ warunków przechowywania na noty przyznane za jakość sensoryczną mięsa pakowanego na tacce oraz w MAP. Surowiec eksponowany na tacce w regale chłodniczym charakteryzował się istotnie ($P \leq 0,05$) niższymi notami przyznanymi za wygląd ogólny oraz zapach odpowiednio w dniach 3, 7 i 8 oraz 7 i 8 a surowiec w opakowaniach MAP w dniach 7 i 8. Mięso przechowywane w chłodni charakteryzowało się zatem lepszą jakością sensoryczną, w porównaniu z eksponowanym w regale chłodniczym, do ostatniego dnia przechowywania.

Na trwałość badanych filetów kurcząt oraz uzyskane pod koniec ich okresu przechowywania niższe noty za wygląd ogólny wpływ mogła mieć zwiększająca się ilość wycieku do opakowania. Należy zwrócić uwagę, że ilość wycieku w opakowaniach MAP, w większości analizowanych dni przechowywania była istotnie ($P \leq 0,05$) wyższa w porównaniu z ilością wycieku mięsa na tacce. Zwiększona ilość wycieku mogła być spowodowana wysoką (~ 75%) zawartością tlenu w opakowaniach MAP (Arvanitoyannis i Stratakos 2012).

Stwierdzono, że na zaobserwowane zmiany jakości sensorycznej filetów kurcząt pakowanych na tacce oraz w opakowaniach MAP w trakcie przechowywania nie miało wpływu pH mięsa. Zmiany barwy podczas przechowywania mięsa na tacce oraz w opakowaniach MAP oceniane sensorycznie nie znalazły także jednoznacznego przełożenia w jej instrumentalnym pomiarze (publikacja O4.).

Podsumowując, w początkowych okresach przechowywania w regale chłodniczym badane filety z kurcząt w opakowaniach MAP charakteryzowały się zbliżoną jakością sensoryczną w porównaniu do mięsa pakowanego na tacce. W przypadku filetów na tacce niekorzystne zmiany cech sensorycznych, na granicy akceptowalności, pojawiły się już w 6 dniu przechowywania. Tak zapakowane mięso charakteryzowało się nieakceptowaną jakością sensoryczną 7 dnia przechowywania. Mięso zapakowane w MAP charakteryzowało się akceptowalną, ale nie najwyższą jakością sensoryczną, do końca trwania eksperymentu, a więc 8 dnia przechowywania. W porównaniu z jakością sensoryczną mięsa przechowywanego w regale chłodniczym, zarówno surowiec na tackach, jak i w opakowaniach MAP przechowywany w chłodni charakteryzował się wysoką akceptowalnością do końca trwania eksperymentu (odpowiednio 7 i 8 dzień). Pakowanie w MAP pozwoliło na wydłużenie o jeden dzień trwałości surowca w porównaniu z trwałością mięsa na tacce, podczas eksponowania w regale chłodniczym.

4.3.3. Podsumowanie

Zrealizowane badania przedstawione w cyklu publikacji naukowych pozwoliły na pogłębienie wiedzy na temat zmian jakości mięsa kurcząt pakowanego różnymi sposobami w czasie chłodniczego przechowywania. Do najważniejszych osiągnięć badań, istotnych z punktu widzenia technologii mięsa, należało wykazanie, że:

- skład atmosfery wewnątrz opakowań MAP zmieniał się w czasie przechowywania, a wraz z wydłużaniem czasu przechowywania obserwowano stopniowe obniżanie się zawartości O₂ i wzrost zawartości CO₂ w opakowaniach. Zmiany te, szczególnie pod koniec okresu przechowywania wywoływane mogły być rozwojem i działalnością drobnoustrojów wykorzystujących O₂ do swoich procesów życiowych i wytwarzających CO₂. Zmiany te następowały szybciej w przypadku ekspozycji surowca w regale chłodniczym,
- spośród wybranych wyróżników jakości technologicznej czas i warunki przechowywania oraz sposób pakowania miały istotny wpływ tylko na ilość wycieku do opakowania z badanymi filedami kurcząt. Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu ww. czynników na pH mięsa, ilość wycieku po obróbce termicznej oraz siłę penetracji. Pakowanie w MAP z wysoką zawartością tlenu nie wydaje się także konieczne do poprawy barwy mięsa kurcząt, ze względu na brak jednoznacznych zmian w wartościach składowych barwy L*, a* i b*, może natomiast przyspieszyć utlenianie lipidów, a co za tym idzie pogorszyć jakość mięsa,
- na początku okresu przechowywania filetów z kurcząt rozwój bakterii następował w podobnym tempie, niezależnie od zastosowanego sposobu pakowania. Jednak pod koniec przechowywania dynamika ich wzrostu była różna dla różnych sposobów pakowania mięsa. Filety pakowane w MAP charakteryzowały się lepszą jakością i dłuższą trwałością mikrobiologiczną w porównaniu do filetów pakowanych na tacce. Jakość filetów pakowanych próżniowo była natomiast pośrednia. Zmiany w jakości mikrobiologicznej surowca pakowanego w MAP przebiegały wolniej i mniej intensywnie, w porównaniu z filedami pakowanymi na tacce. Przechowywanie surowca w regale chłodniczym skutkowało przyspieszeniem negatywnych zmian zachodzących w jego jakości mikrobiologicznej w porównaniu z surowcem przechowywanym w chłodni,

- termin przydatności do spożycia filetów z kurcząt przechowywanych w chłodni, biorąc pod uwagę dopuszczalny limit ogólnej liczby drobnoustrojów, wynosił w przypadku pakowanych na tacce, w MAP i próżniowo odpowiednio 8, >9 i 8 dni. Mięso na tacce lub pakowane próżniowo charakteryzowało się nieakceptowalną jakością mikrobiologiczną 8 dnia ekspozycji w regale chłodniczym, a mięso w opakowaniach MAP do dnia 9 charakteryzowało się jakością akceptowalną. Pakowanie w MAP pozwala zatem na wydłużenie terminu przydatności do spożycia mięsa, w porównaniu do pakowania na tacce przynajmniej o jeden dzień w przypadku przechowywania w chłodni i przynajmniej o dwa dni podczas eksponowania w regale chłodniczym,
- wyniki oznaczeń TBARS pokazały pro-utleniający wpływ atmosfery ochronnej z wysokim stężeniem tlenu (MAP). Mięso w opakowaniach MAP podczas przechowywania w chłodni lub eksponowania w regale chłodniczym charakteryzowało się wyższymi wartościami wskaźnika TBARS w porównaniu z mięsem pakowanym na tacce lub próżniowo. Pakowanie próżniowe może być z powodzeniem stosowane w celu ograniczenia zmian oksydacyjnych tłuszczu mięsa, gdyż nie stwierdzono istotnego wzrostu wartości TBARS w czasie przechowywania tak zapakowanego mięsa,
- czas i warunki przechowywania oraz sposób pakowania miały tylko nieznaczny wpływ na profil kwasów tłuszczowych filetów z kurcząt. Nie określono prostej zależności w zmianach profilu kwasów tłuszczowych mięsa pakowanego na różne sposoby oraz w czasie przechowywania, prawdopodobnie ze względu na samą zmienność składu kwasów tłuszczowych w filetach z kurcząt i ogólną niską zawartość w nich tłuszczu. Obserwowane niewielkie zmiany wskazują także na wystąpienie procesów oksydacyjnych, najprawdopodobniej głównie w powierzchniowych warstwach surowca,
- związkami dominującymi w profilu związków lotnych filetów z kurcząt w grupie aldehydów były *n*-heksanal i *n*-nonanal, powstałe podczas utleniania lipidów oraz procesów chemicznych katalizowanych przez rozwijającą się mikroflorę bakteryjną. *N*-pentanol, etyloheksanol, i okt-1-en-3-ol były dominującymi związkami w grupie alkoholi, natomiast kwasy pentanowy, *n*-oktanowy i *n*-nonanowy były dominującymi kwasami organicznymi. Czas i warunki przechowywania oraz sposób

pakowania nie wpłynęły jednoznacznie na profil związków lotnych w badanym mięsie kurcząt,

- w początkowych okresach przechowywania w regale chłodniczym badane filety z kurcząt w opakowaniach MAP charakteryzowały się zbliżoną jakością sensoryczną w porównaniu do mięsa pakowanego na tacce. W przypadku filetów na tacce niekorzystne zmiany cech sensorycznych, na granicy akceptowalności, pojawiły się już w 6 dniu przechowywania. Tak zapakowane mięso charakteryzowało się nieakceptowaną jakością sensoryczną 7 dnia przechowywania. Mięso zapakowane w MAP charakteryzowało się akceptowalną jakością sensoryczną do 8 dnia przechowywania. W porównaniu z jakością sensoryczną mięsa przechowywanego w regale chłodniczym, zarówno surowiec na tackach, jak i w opakowaniach MAP przechowywany w chłodni charakteryzował się wysoką akceptowalnością odpowiednio do 7 i 8 dnia przechowywania. Pakowanie w MAP pozwoliło na wydłużenie o jeden dzień trwałości surowca w porównaniu z trwałością mięsa na tacce podczas eksponowania w regale chłodniczym.

*

* *

Na podstawie zrealizowanych badań wykazano, że pakowanie filetów kurcząt w MAP jest lepszą metodą zachowania wysokiej jakości przechowywanego mięsa, w porównaniu z pakowaniem na tacce, biorąc pod uwagę zarówno jego jakość mikrobiologiczną, jak i sensoryczną. Pakowanie w MAP pozwala bowiem na wydłużenie terminu przydatności do spożycia mięsa, w porównaniu do pakowania na tacce przynajmniej o jeden dzień w przypadku przechowywania w chłodni i co ważniejsze przynajmniej o dwa dni podczas eksponowania w regale chłodniczym. Uzyskane wyniki potwierdzają także kluczowy wpływ warunków przechowywania na jakość filetów z kurcząt. Mięso przechowywane w chłodni charakteryzowało się lepszą jakością w porównaniu z mięsem eksponowanym w regale chłodniczym, szczególnie pod koniec okresu przechowywania. W handlu detalicznym niezbędne wydaje się być zatem zapewnienie stabilności temperatury w czasie dystrybucji i ekspozycji na półkach sklepowych mięsa drobiowego, gdyż jest to czynnik determinujący czas ich chłodniczego przechowywania oraz warunek dostarczenia konsumentowi produktów o pożądanej jakości w terminie przydatności do spożycia. Wskazuje to także pośrednio na potrzebę monitorowania pracy urządzeń chłodniczych i warunków magazynowania w jednostkach handlu hurtowego i detalicznego, stanowiących ostatnie ogniwo

łańcucha produkcyjnego. Jeśli jest to możliwe w praktyce handlowej należałoby na bieżąco uzupełniać regały chłodnicze surowcem przechowywanym początkowo w chłodni (magazynie), tak aby czas ekspozycji nie był długi.

Literatura

1. Abdalhai, M. H., Bashari, M., Lagnika, C., He, Q., Sun, X. 2014. Effect of ultrasound treatment prior to vacuum and modified atmosphere packaging on microbial and physical characteristics of fresh beef. *J. Food Nutr. Res.* 2, 312–320.
2. Ahmed, S. T., Islam, Md M., Bostami, A. B. M. R., Mun, H.-S., Kim, Y.-J., Yang, C.-J. 2015. Meat composition, fatty acid profile and oxidative stability of meat from broilers supplemented with pomegranate (*Punica granatum L.*) by-products. *Food Chem.* 188, 481–488.
3. Al-Nehlawi, A., Saldo, J., Vega, L. F., Guri, S. 2013. Effect of high carbon dioxide atmosphere packaging and soluble gas stabilization pre-treatment on the shelf-life and quality of chicken drumsticks. *Meat Sci.* 94, 1–8.
4. Arvanitoyannis, I. S., Stratakos, A. Ch. 2012. Application of Modified Atmosphere Packaging and Active/Smart Technologies to Red Meat and Poultry: A Review. *Food Bioprocess Tech.* 5, 1423–1446.
5. Balamatsia, C. C., Paleologos, E. K., Kontominas, M. G., Savvaiddis, I. N. 2006. Correlation between microbial flora, sensory changes and biogenic amines formation in fresh chicken meat stored aerobically or under modified atmosphere packaging at 4 degrees C: possible role of biogenic amines as spoilage indicators. *Antonie Van Leeuwenhoek International J. General Mol. Microbiol.* 89, 9-17.
6. Balamatsia, C. C., Patsias, A., Kontominas, M. G., Savvaiddis, I. N. 2007. Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: correlation with microbiological and sensory attributes. *Food Chem.* 104, 1622-1628.
7. Bingol, E. B., Ergun, O. 2011. Effects of modified atmosphere packaging (MAP) on the microbiological quality and shelf life of ostrich meat. *Meat Sci.* 88, 774–785.
8. Boschetti, E., Bordoni, A., Meluzzi, A., Castellini, C., Dal Bosco, A., Sirri, F. 2016. Fatty acid composition of chicken breast meat is dependent on genotype-related variation of FADS1 and FADS2 gene expression and desaturating activity. *Animal.* 10, 700–708.
9. Brenes, A., Roura, E. 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Anim. Feed Sci. Technol.* 158, 1–14.
10. Byrd, J. A., Sams, A. R., Hargis, B. M., Caldwell, D. J. 2011. Effect of selected modified atmosphere packaging on *Campylobacter* survival in raw poultry. *Poult. Sci.* 90, 1324-1328.
11. Casaburi, A., Nasi, A., Ferrocino, I., Di Monaco, R., Mauriello, G., Villani, F., Ercolini, D. 2011. Spoilage-related activity of *Carnobacterium maltaromaticum* strains in air stored and vacuum packed meat. *Appl. Environ. Microbiol.* 77, 7382–7393.
12. Casaburi, A., Piombino, P., Nychas, G. J., Villani, F., Ercolini, D. 2015. Bacterial populations and the volatilome associated to meat spoilage. *Food Microbiol.* 45, 83–102.
13. Cayuela, J. M., Gil, M. D., Bañón, S., Garrido, M. D. 2004. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality of pork loin. *Eur. Food Res. Technol.* 219, 316-320.
14. Charles, N., Williams, S. K., Rodrick, G. E. 2006. Effects of packaging systems on the natural microflora and acceptability of chicken breast meat. *Poult. Sci.* 85, 1798–1801.
15. Chouliara, E., Karatapanis, A., Savvaiddis, I., Kontominas M. G. 2007. Combined effect of oregano oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4°C. *Food Microbiol.* 24, 607–617.
16. Cornforth, D. P., Hunt, M. C. 2008. Low-oxygen packaging of fresh meat with carbon monoxide: meat quality, microbiology, and safety. *AMSA White Paper Series* (No. 2, pp. 1–10), Savoy, Illinois: American Meat Science Association.
17. Cortez-Vega, W. R., Pizato, S., Prentice, C. 2012. Quality of raw chicken breast stored at 5°C and packaged under different modified atmospheres. *J. Food Safety.* 32, 360–368.
18. Cortinas, L., Villaverde, C., Galobart J., Baucells, M. D., Codony R., Barroeta A. C. 2004. Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. *Poult. Sci.* 83, 1155–1164.
19. Cui, X., Liu, R., Cui, H., Zhao G., Zheng, M., Li, Q., Liu J., Liu Z., Wen, J. 2017. Effects of caponization and ovariectomy on objective indices related to meat quality in chickens. *Poult. Sci.* 96, 770–777.
20. Dawson, P. L., Chaves, B. D., Northcutt, J. K., Han, I. Y. 2013. Quality and shelf life of fresh chicken breasts subjected to crust freezing with and without skin. *J. Food Quality.* 36, 361–368.
21. Dawson, P. L., Han, I. Y., Voller L. M., Clardy, C. B., Martinez, R. M., Acton, J. C. 1995. Film oxygen transmission rate effects on ground chicken meat quality. *Poult. Sci.* 74, 1381–1387.
22. De Marchi, M., Riovanto, R., Penasa, M., Cassandro, M. 2012. At-line prediction of fatty acid profile in chicken breast using near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Sci.* 90, 653-657.
23. del Rio, E., Panizo-Moran, M., Prieto, M., Alonso-Calleja, C., Capita, R. 2007. Effect of various chemical decontamination treatments on natural microflora and sensory characteristics of poultry. *Int. J. Food Microbiol.* 115, 268–280.
24. Demirhan, B., Candogan, K. 2017. Active packaging of chicken meats with modified atmosphere including oxygen scavengers. *Poult. Sci.* 96, 1394–1401.
25. Dhananjayan, R., Han, I. Y., Acton, J. C., Dawson, P. L. 2006. Growth depth effects of bacteria in ground turkey meat patties subjected to high carbon dioxide or high oxygen atmospheres. *Poult. Sci.* 85, 1821–1828.
26. Dogu-Baykut, E., Gunes, G. 2014. Quality of ready-to-cook marinated chicken drumsticks as affected by modified atmosphere packaging during refrigerated storage. *J. Food Process. Pres.* 38, 615–621.
27. Droval, A. A., Benassi, V. T., Rossa, A., Prudencio, S. H., Paião, F. G., Shimokomaki, M. 2012. Consumer attitudes and preferences regarding pale, soft, and exudative broiler breast meat. *J. Applied Poult. Res.* 21, 502-507.
28. Ercolini, D., Ferrocino, I., Nasi, A., Ndagijimana, M., Vernocchi, P., La Storia, A., Laghi, L., Mauriell, G., Guerzoni, M. E., Villani, F. 2011. Monitoring of microbial metabolites and bacterial diversity in beef stored in different packaging conditions. *App. Environ. Microb.* 77, 7372–7381.
29. Fraqueza, M. J., Barreto, A. S. 2009. The effect on turkey meat shelf life of modified-atmosphere packaging with an argon mixture. *Poult. Sci.* 88, 1991–1998.

30. Fraqueza, M. J., Ferreira, M. C., Barreto, A. S. 2008. Spoilage of light (PSE-like) and dark turkey meat under aerobic or modified atmosphere package: microbial indicators and their relationship with total volatile basic nitrogen. *British Poult. Sci.* 49, 12-20.
31. Gutiérrez, J. I., Tejada, J. F., Parra, V., Andrés, A. I. 2013. Evolution of the fatty acid composition and oxidative stability of Merino lamb meat stored under different modified atmospheres. *Irish J. Agr. Food Res.* 52, 81–92.
32. Herbert, U., Rossaint, S., Khanna, M. A., Kreyenschmidt, J. 2013. Comparison of argon-based and nitrogen-based modified atmosphere packaging on bacterial growth and product quality of chicken breast fillets. *Poult. Sci.* 92, 1348–1356.
33. Husak, R. L., Sebranek, J. G., Bregendahl K. 2008. A survey of commercially available broilers marketed as organic, free-range, and conventional broilers for cooked meat yields, meat composition, and relative value. *Poult. Sci.* 87, 2367–2376.
34. ICMSF - International Commission on Microbiological Specifications for Foods. (1986). *Microorganisms in foods. 2. Sampling for microbiological analysis, in: Principles and specific applications (2nd ed.)*. Toronto: University of Toronto Press.
35. Jääskeläinen, E., Hultman, J., Parshintsev, J., Riekkola, M. L., Björkroth, J. 2016. Development of spoilage bacterial community and volatile compounds in chilled beef under vacuum or high oxygen atmospheres. *Int. J. Food Microbiol.* 223, 25–32.
36. Jongberg, S., Wen, J., Tørngren, M. A., Lund, M. N. 2014. Effect of high-oxygen atmosphere packaging on oxidative stability and sensory quality of two chicken muscles during chill storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 1, 38-48.
37. Karamucki, T., Jakubowska, M., Rybarczyk, A., Gardzielewska, J. 2013. The influence of myoglobin on the colour of minced pork loin. *Meat Sci.* 94, 234–238.
38. Kawahara, S., Takenoyama, S., Takuma K., Muguruma M., Yamauchi, K. 2009. Effects of dietary supplementation with conjugated linoleic acid on fatty acid composition and lipid oxidation in chicken breast meat. *Anim. Sci. J.* 80, 468–474.
39. Kozaciński, L., Fleck, Ž. C., Kozaciński, Z., Filipović, I., Mitak, M., Bratulić, M., Mikuš, T. 2012. Evaluation of shelf life of pre-packed cut poultry meat. *Vet. Arhiv.* 82, 47-58.
40. Latou, E., Mexis, S. F., Badeka, A. V., Kontakos, S., Kontominas, M. G. 2014. Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets. *LWT - Food Sci. Technol.* 55, 263-268.
41. Lázaro, C. A., Conte-Júnior, C. A., Canto, A. C., Monteiro, M. L. G., Costa-Lima, B., da Cruz, A. G., Mársico, E. T., Franco, R. M. 2015. Biogenic amines as bacterial quality indicators in different poultry meat species. *LWT - Food Sci. Technol.* 60, 15-21.
42. Limbo, S., Torri, L., Sinelli, L., Franzetti, Casiraghi, E. 2010. Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures. *Meat Sci.* 84, 129–136.
43. Linares, M. B., Berruga M. I., Bórnez, R., Vergara, H. 2007. Lipid oxidation in lamb meat: Effect of the weight, handling previous slaughter and modified atmospheres. *Meat Sci.* 76, 715–720.
44. Lorenzo, J. M., Gómez, M. 2012. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Sci.* 92, 610–618.
45. Lund, M. N., Hviid, M. S., Skibsted, L. H. 2007. The combined effect of antioxidants and modified atmosphere packaging on protein and lipid oxidation in beef patties during chill storage. *Meat Sci.* 76, 226–233.
46. Marcinkowska-Lesiak, M., Zdanowska-Szsiadek, Ż., Stelmasiak, A., Damaziak, K., Michalczyk, M., Polawska, E., Wyrwisz, J., Wierzbicka, A. 2016. Effect of packaging method and cold-storage time on chicken meat quality. *CyTA-J. Food.* 14, 41–46.
47. Marquer, P., Rabade, T., Forti, R. 2015. Meat production statistics (Eurostat). http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Meat_production_statistics. Accessed Nov. 2017.
48. McMillin, K. W. 2008. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Sci.* 80, 43–65.
49. McMillin, K. W. 2017. Advancements in meat packaging. *Meat Sci.* 132, 153–162.
50. Meredith, H., Valdramidis, V., Rotabakk, B. T., Sivertsvik, M., McDowell, D., Bolton, D. J. 2014. Effect of different modified atmospheric packaging (MAP) gaseous combinations on *Campylobacter* and the shelf-life of chilled poultry fillets. *Food Microbiol.* 44, 196-203.
51. Mexis, S. F., Chouliara, E., Kontominas, M. G. 2012. Shelf life extension of ground chicken meat using an oxygen absorber and a citrus extract. *LWT - Food Sci. Technol.* 49, 21-27.
52. Muriel, E., Antequera, T., Petron, M. J., Andres, A. I., Ruiz, J. 2004. Volatile compounds in Iberian dry-cured loin. *Meat Sci.* 68, 391–400.
53. Nychas, G.-J. E., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., Koutsoumanis, K. P. 2008. Meat spoilage during distribution. *Meat Sci.* 78, 77–89.
54. Orkusz, A., Haraf, G., Okruszek, A., Wereńska-Sudnik, M. 2017. Lipid oxidation and color changes of goose meat stored under vacuum and modified atmosphere conditions. *Poult. Sci.* 96, 731-737.
55. Patsias, A., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G. 2006. Shelf-life of a chilled precooked chicken product stored in air and under modified atmospheres: microbiological, chemical, sensory attributes. *Food Microbiol.* 23, 423-429.
56. Petracchi, M., Fletcher, D. L. 2002. Broiler skin and meat color changes during storage. *Poult. Sci.* 81, 1589–1597.
57. Pietrzak, D., Michalczyk, M., Niemiec, J., Mroczek, J., Adamczak, L., Łukasiewicz, M. 2013. Comparison of selected quality attributes of meat originating from fast- and slow growing chickens. *ZYWN-NAUK TECHNOL JA.* 87, 30–38.
58. Qiao, M., Fletcher, D. L., Northcutt, J. K., Smith, D. P. 2002. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poult. Sci.* 81, 422–427.
59. Rogers, H. B., Brooks, J. C., Martin, J. N., Tittor, M A., Miller F., Brashears, M. M. 2014. The impact of packaging system and temperature abuse on the shelf life characteristics of ground beef. *Meat Sci.* 97, 1–10.
60. Rossaint, S., Klausmann S., Kreyenschmidt, J. 2015. Effect of high-oxygen and oxygen-free modified atmosphere packaging on the spoilage process of poultry breast fillets. *Poult. Sci.* 94, 93–103.
61. Rossaint, S., Klausmann, S., Herbert, E., Kreyenschmidt, J. 2014. Effect of package perforation on the spoilage process of poultry stored under different modified atmospheres. *Food Packaging and Shelf Life*, 1, 68-76.
62. Rotabakk, B. T., Birkeland, S., Jeksrud, W. K., Sivertsvik, M. 2006. Effect of modified atmosphere packaging and soluble gas stabilization on the shelf life of skinless chicken breast fillets. *J. Food Sci.* 71, 124-131.
63. Säde, E., Murros, A., Björkroth, J. 2013. Predominant enterobacteria on modified-atmosphere packaged meat and poultry. *Food Microbiol.* 34, 252-258.
64. Santos-Mantilla, S. P., Barbosa Santos, É., de Freitas, M. Q., de Carvalho, Vital, H., Borges Mano, S., Franco, R. M. 2012. Refrigerated poultry breast fillets packed in modified atmosphere and irradiated: bacteriological evaluation, shelf life and sensory acceptance. *Braz. J. Microbiol.* 43, 1385-1392.
65. Silva, F. A. P., Ferreira, V. C. S., Madruga, M. S., Estévez, M. 2017. Aroma profile and consumer liking of salted and dried chicken meat: effects of desalting and cooking methods. *Int. J. Food Prop.* 20, 2954–2965.

66. Simpson, R., Acevedo C., Almonacid, S. 2009. Mass transfer of CO₂ in MAP systems: Advances for non-respiring foods. *J. Food Eng.* 92, 233–239.
67. Szajner P. 2018. Rynek drobiu i jaj. Stan i perspektywy. *Analizy Rynkowe*, 54, # 10. Wydawnictwo IERiGŻ-PIB.
68. Thoden van Velzen, E. U., Linnemann, A. R. 2008. Modified atmosphere packaging of fresh meats – Sudden partial adaption caused an increase in sustainability of dutch supply chains of fresh meat. *Pack. Technol. Sci.* 21, 37-46.
69. Tománková, J., Bořilová, G., Steinhauserová, I., Gallas, L. 2012. Volatile organic compounds as biomarkers of the freshness of poultry meat packaged in a modified atmosphere. *Czech J. Food Sci.* 5, 395–403.
70. Traore, S., Aubry, L., Gatellier, P., Przybylski, W., Jaworska, D., Kajak-Siemaszko, K., Santé-Lhoutellier, V. 2012. Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat Sci.* 90, 917–924.
71. Trembecká, L., Hašík, P., Čuboň, J., Bobko, M., Pavelková, A. 2016. Fatty acids profile of breast and thigh muscles of broiler chickens fed diets with propolis and probiotics. *J. Centr. Europ. Agri.* 17, 1179–1193.
72. Wang, G. Y., Wang, H. H., Han, Y. W., Xing, T., Ye, K. P., Xu, X. L., Zhu, G. H. 2017. Evaluation of the spoilage potential of bacteria isolated from chilled chicken in vitro and in situ. *Food Microbiol.* 63, 139–146.
73. Xiao, S., Zhang, W. G., Lee, E. J., Ma, C. W., Ahn, D. U. 2011. Effects of diet, packaging, and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation, and color of raw broiler thigh meat during refrigerated storage. *Poult. Sci.* 90, 1348–1357.
74. Zakrys, P. I., Hogan, S. A., O'Sullivan, M. G., Allen, P., Kerry, J. P. 2008. Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. *Meat Sci.* 79, 648–655.
75. Zakrys-Waliwander, P. I., O'Sullivan, M. G., Walsh, H., Kerry J. P. 2011. Sensory comparison of commercial low and high oxygen modified atmosphere packed sirloin beef steaks. *Meat Sci.* 88, 198–202.
76. Zhuang, H., Savage, E. M., Kays, S. E., Himmelsbach, D. S. 2007. A survey of the quality of six retail brands of boneless, skinless chicken breast fillets obtained from retail supermarkets in the Athens, Georgia area. *J. Food Quality.* 30, 1068–1082.

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

Pracą naukową zajmuję się od 2008 r., kiedy to rozpoczęłam Stacjonarne Studia Doktoranckie na Wydziale Nauk o Żywności SGGW w Warszawie. Pracę doktorską realizowaną pod promotorstwem prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego obroniłam przed Radą Wydziału Nauk o Żywności, z wyróżnieniem, dnia 09.11.2012 r. Tytuł pracy doktorskiej brzmiał „Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu (KAO) do wykrywania wady PSE wieprzowych mięśni najdłuższych”. W 2009 roku ukończyłam jedno-semestralne Studia Doskonalenia Pedagogicznego na Wydziale Nauk Humanistycznych SGGW w Warszawie. W grudniu 2012 r. zostałam zatrudniona w Katedrze Technologii Żywności WNoŻ SGGW w Warszawie (obecnie Katedra Technologii i Oceny Żywności, Instytut Nauk o Żywności SGGW w Warszawie), na stanowisku asystenta, a w styczniu 2013 r. na stanowisku adiunkta.

Główna tematyka prowadzonych przeze mnie badań naukowych lub prac rozwojowych obejmuje:

1. Ocenę możliwości wykorzystania komputerowej analizy obrazu (KAO) w technologii mięsa.
2. Ocenę możliwości wykorzystania skanowania 3D (komputerowej analizy obrazu 3D) w technologii mięsa.
3. Ocenę możliwości wykorzystania opakowań aktywnych w technologii mięsa.
4. Badania nad jakością mięsa i przetworów mięsnych.

5.1. Ocena możliwości wykorzystania komputerowej analizy obrazu (KAO) w technologii mięsa

Jednym z moich przewodnich tematów badawczych jest wykorzystanie komputerowej analizy obrazu (KAO) do oceny jakości mięsa wieprzowego, wołowego i drobiowego, z uwzględnieniem aplikacji przemysłowych.

Celem mojej pracy doktorskiej była próba wykorzystania komputerowej analizy obrazu do wykrywania wady PSE wieprzowych m. *longissimus lumborum*. Materiał do badań stanowiły 262 wieprzowe mięśnie najdłuższe pozyskane w warunkach przemysłowych. Tematyka pracy była bezpośrednio związana z problemem występowania wad jakości mięsa wieprzowego, który od lat wzbudza zainteresowanie naukowców i przetwórców zarówno w Polsce, jak i na świecie. Wada PSE (pale, soft, exudative – jasne-blade, różowo-szare, miękkie, wodniste-ciekące) jest jednym z najważniejszych i najczęściej występujących odchyień jakościowych wieprzowiny. Szacuje się, że roczne straty spowodowane występowaniem mięsa wadliwego (głównie mięsa PSE) w czasie przetwarzania, pakowania i dystrybucji wynoszą ok. 2,5% kosztów zakupu żywca. Za powstałe straty płacą przetwórcy i dystrybutorzy mięsa, jak również konsumenci, gdyż zakład mięsny musi je odpowiednio wkalkulować w cenę wyrobu. W praktyce przemysłowej problemem jest jednoznaczne zidentyfikowanie wad jakości mięsa. Wyrywkowo wykorzystywane do tego celu pomiary pH, jasności barwy, czy też przewodności elektrycznej (PE) są praco- i czasochłonne oraz nie ma możliwości wykorzystania ich on-line, natomiast często stosowana wzrokowa ocena jakości wieprzowiny jest metodą subiektywną, obarczoną błędem. Metodą zaproponowaną przeze mnie w celu wykrywania wady PSE mięsa wieprzowego była komputerowa analiza obrazu (KAO). Zaletami tej metody są przede wszystkim nieinwazyjność i obiektywność, a także możliwość wykorzystania on-line bezpośrednio w linii rozbioru i wykrawania. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że istnieje możliwość wykrywania wady PSE, a także DFD (dark, firm, dry – ciemno purpurowo-czerwone, bardzo twarde, suche–niewilgotne na powierzchni) wieprzowych mięśni najdłuższych oraz ich klasyfikacji na grupy jakości metodą KAO, a prawidłowość klasyfikacji surowca wynosiła 81,7%. Część badań do pracy doktorskiej zrealizowałam w ramach grantu promotorskiego prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego finansowanego przez MNiSW/NCN (zał. 4, II.9.A.1.1.; zał. 5), a którego byłam głównym wykonawcą. O istotności podjętej przez mnie problematyki badawczej

świadczyło również przyznanie mi środków finansowych na prowadzenie badań w ramach programu MNiSW „Juventus Plus”. W latach 2010-2011 byłam kierownikiem projektu „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do wykrywania wad jakości mięsa dużych zwierząt rzeźnych” (zał. 4, II.9.A.1.2.; zał. 5). Wyniki uzyskane w trakcie realizacji powyższego projektu wskazały m.in. na możliwość wykorzystania KAO do wykrywania wady DFD mięsa wołowego (*m. semimembranosus*). Przy zachowaniu określonych warunków pomiaru możliwe było uzyskanie 90% skuteczności detekcji tej wady jakości mięsa.

Przeprowadzone przeze mnie badania nad możliwościami wykorzystania KAO w przemyśle mięsnym wykazały ponadto, że prócz wykrywania wad jakości mięsa (PSE i DFD) dużych zwierząt rzeźnych, użycie KAO umożliwia szacowanie zawartości tłuszczu w drobnym mięsie wieprzowym i wołowym, a także drobiowym.

Należy podkreślić potencjalny aplikacyjny charakter uzyskanych przeze mnie wyników. Wszystkie przeprowadzone badania realizowane były i nadal są w ścisłej współpracy z zakładami mięsnymi. Wprowadzenie metody KAO do praktyki przemysłowej przyniosłoby wymierne efekty zarówno dla producentów, jak i konsumentów, poprzez dokonanie prawidłowej selekcji surowca mięsnego, np. o obniżonej jakości przetwórczej, jego optymalne zagospodarowanie, a w konsekwencji poprawę jakości produkowanych wyrobów. Jakość surowca jest bowiem istotnym czynnikiem wpływającym na jakość wyrobu gotowego, jego akceptowalność i decyzję zakupu podejmowaną przez konsumenta, a więc przekłada się na wyniki ekonomiczne zakładu przetwórczego. Jest to szczególnie ważne w czasie starań polskich zakładów mięsnych o rynek zbytu. Pomiary wykonywane metodą KAO, oparte na pojedynczym zdjęciu, umożliwiają wiarygodną, a przede wszystkim szybką ocenę jakości mięsa, przeprowadzaną on-line w linii rozbioru i wykrawania. Prawidłowe podejmowanie decyzji o kierunku zagospodarowania mięsa pozwoli na ograniczenie strat i racjonalne wykorzystanie surowca, co wpłynie na opłacalność produkcji zakładów mięsnych.

Opublikowane z zakresu tej tematyki artykuły w czasopismach z listy JCR (m.in. Meat Science, Food Control, LWT - Food Science and Technology, Journal of Animal Science) wskazują na prawidłowość przyjętej koncepcji badawczej, jak również na ważność podejmowanego problemu badawczego w skali globalnej. Na podstawie przeprowadzonych badań dotyczących zastosowania KAO w technologii mięsa w latach 2010–2017 opublikowanych zostało 10 artykułów naukowych

w czasopismach indeksowanych na liście Journal Citation Reports (zał. 4, II.4.A.1.1.-II.4.A.1.6., II.4.B.1.12., II.4.B.1.15., II.4.B.1.16.), w tym jeden artykuł przeglądowy (zał. 4, II.4.B.1.22.). Ponadto wyniki uzyskanych badań opublikowane zostały w czasopismach krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR (zał. 4, II.4.A.2.2., II.4.A.2.4., II.4.A.2.5., II.4.A.2.6.) oraz w jednej monografii w języku angielskim (zał. 4, II.2.A.1.). Z zakresu tej tematyki przygotowano także artykuł przeglądowy (zał. 4, II.4.A.2.3.). Część z uzyskanych wyników była także prezentowana w postaci posterów na 2 konferencjach międzynarodowych (zał. 4, II.7.A.2.1., II.7.A.2.2.) oraz 6 krajowych (zał. 4, II.7.A.1.1.-II.7.A.1.4., II.7.B.1.16., II.7.B.1.17.).

5.2. Ocena możliwości wykorzystania skanowania 3D (komputerowej analizy obrazu 3D) w technologii mięsa

Obecnie wraz z zespołem pracowników Zakładu Technologii Mięsa kontynuuję badania nad możliwościami zastosowania KAO w przemyśle mięsnym i zajmuję się m.in. określeniem zależności pomiędzy objętością/gęstością mięsa (uzyskanymi metodą skanowania obrazu 3D), a zawartością w nim podstawowych składników chemicznych (wody, białka i tłuszczu), a więc możliwością wykorzystania tej metody do szacowania podstawowego składu chemicznego mięsa. Ponadto zajmuję się także określeniem zależności pomiędzy polami powierzchni przekrojów fileta z kurczaka (określonymi na podstawie skanów 3D) a jego masą, co może następnie zostać wykorzystane w segregacji tuszek drobiu. Badania z zakresu skanowania 3D prowadzone są we współpracy z pracownikami Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej.

W przypadku badań nad możliwością wykorzystania metody skanowania 3D do szacowania składu chemicznego mięsa określana jest korelacja pomiędzy objętością/gęstością mięsa uzyskanymi ze skanów 3D a zawartością wody, białka i tłuszczu w mięsie. Postawienie takiej hipotezy badawczej związane jest z istnieniem zależności pomiędzy zawartością podstawowych składników chemicznych w mięsie (szczególnie zawartością wody i tłuszczu) a jego gęstością, którą to przedstawiono w pracy nad zastosowaniem pomiarów gęstości do oceny podstawowego składu chemicznego modelowych układów mięsno-tłuszczowych (zał. 4, II.4.B.2.11.), a której byłam współautorem. Uzyskane wyniki dotyczące próby zastosowania pomiaru gęstości

do szacowania składu chemicznego wieprzowego mięsa drobnego klasy II przedstawiono z kolei w postaci posteru na konferencji naukowej (zał. 4, II.7.B.1.15.).

Gęstość może być obliczana z zastosowaniem reguły addytywności, dlatego też jej zmiany związane będą z proporcjami zawartości wody, białka i tłuszczu w mięsie. Gęstość jest także wypadkową objętości i masy, a więc do jej określenia można wykorzystać nowatorską metodę pomiarową, pozwalającą na nieinwazyjny pomiar objętości badanego mięsa (nierozdrobnionego, jako elementu) jaką jest metoda skanowania 3D (analizy obrazu 3D). Metoda ta polega na zebraniu chmur punktów odwzorowujących powierzchnie skanowanych elementów, a następnie analizie zarejestrowanego obrazu. Uzyskane wyniki otrzymane metodą KAO 3D odnoszone są następnie do tradycyjnych, odwoławczych metod określania składu chemicznego i gęstości mięsa, stosowanych dotychczas w warunkach laboratoryjnych. Metoda skanowania 3D praktycznie nie była dotychczas stosowana do tego celu na skalę zarówno krajową, jak i światową, a jej wdrożenie do praktyki przemysłowej umożliwi standaryzację partii mięsa przed rozpoczęciem procesu przetwórczego. Zapewni to nie tylko powtarzalność cech jakościowych produktu, ale również optymalne wykorzystanie surowców – chudego i tłustego mięsa.

Celem prowadzonych badań, których byłam współwykonawcą, było m.in. określenie możliwości wykorzystania skanowania 3D mięsa wieprzowego do szacowania jego składu chemicznego. Materiał do badań stanowiło 20 wieprzowych karkówek (*m. semispinalis capitis*) o masie ok. 1000 g. Objętość karkówek określano na podstawie chmury punktów zbieranych przy pomocy skanera 3D, a przy znanej ich masie obliczano gęstość, którą następnie skorelowano z zawartością podstawowych składników chemicznych mięsa (zawartością wody, białka, tłuszczu). Uzyskano istotne ($P \leq 0,05$) korelacje pomiędzy gęstością karkówek, a zawartością wody ($r=0,5213$), białka ($r=0,5887$) i tłuszczu ($r=-0,6601$). Na podstawie uzyskanych wyników wydaje się możliwe wykorzystanie metody skanowania 3D do szacowania składu chemicznego mięsa. Wyniki te, uzyskane we współpracy z pracownikami Wydziału MEiL PW, opublikowano w czasopiśmie *Journal of Food Science* (zał. 4, II.4.B.1.18.).

Celem badań przedstawionych w czasopiśmie *Food Analytical Methods* (zał. 4, II.4.B.1.8.), była z kolei próba wykorzystania gęstości określonej przy użyciu różnych metod, tj. skanowania 3D, metody hydrostatycznej i piknometrycznej do szacowania składu chemicznego mięsa wieprzowego. Gęstość mięsa określona tymi metodami została skorelowana z zawartością w nim wody, białka, tłuszczu i popiołu.

Najwyższe współczynniki korelacji (w wartości bezwzględnej) otrzymano pomiędzy gęstością badanego mięsa wyznaczoną metodą hydrostatyczną a zawartością w nim wody ($r=0,86$), białka ($r=0,79$) oraz tłuszczu ($r=-0,87$). Pomimo faktu, iż standardowy błąd predykcji (SEP; standard error of prediction) otrzymany dla gęstości wyznaczonej przy użyciu metody skanowania 3D był bliski dopuszczalnemu zakresowi tolerancji, który jest zalecany przez UE, a który wynosi do 20% średniej wartości na podstawie deklarowanej zawartości tłuszczu i białka w produkcie, potrzebne są dalsze badania w tym zakresie na większej populacji próbek.

Metoda skanowania 3D z powodzeniem została także wykorzystana do określenia masy całego fileta oraz masy m. *pectoralis major* i *minor* w tuszkach kurcząt. Surowiec do badań stanowiły tuszki kurcząt ($n=25$) znacząco zróżnicowane pod względem masy. W celu uzyskania obrazów 3D wykorzystano zestaw składający się ze skanera i stołu obrotowego, na którym ustawiano statyw ze standardowym strzemieniem przemysłowym. Zawieszano na nim kolejne badane tuszki kurcząt. Obrazy 3D każdej z tuszek podzielono na szereg przekrojów, w różnych płaszczyznach i wyznaczano ich pola powierzchni. Następnie po dysekcji tuszek określono masę całej piersi, m. *pectoralis major* i *minor*, a które następnie skorelowano z polami powierzchni przekrojów. Stwierdzono, że spośród wyznaczonych powierzchni przekrojów najmniejsze błędy predykcji uzyskano wykorzystując przekrój w płaszczyźnie przechodzącej przez miejsce połączenia skrzydeł z tułowiem i prostopadłej do płaszczyzny symetrii tuszki. Stwierdzane wartości SEP były w tym przypadku niższe niż uzyskiwane w przemysłowej metodzie klasyfikacji na podstawie masy całej tuszki (w przypadku której SEP był prawie dwukrotnie wyższy). Pomiar powierzchni przekroju w tym miejscu może być zatem rekomendowany do klasyfikacji tuszek pod względem uzysku filetów. Z zakresu tych badań, dotychczas powstała, także we współpracy z pracownikami MEiL PW, publikacja w czasopiśmie indeksowanym na liście JCR - Computers and Electronics in Agriculture (zał. 4, II.4.B.1.7.). Dokonano także zgłoszenia patentowego (zał. 4, III.3.B.1.), którego jestem współtwórcą pt. „Sposób klasyfikacji tuszek drobiu” (P.424332 [WIPO ST 10/C PL424332]).

5.3. Ocena możliwości wykorzystania opakowań aktywnych w technologii mięsa

Od 2013 r. do dzisiaj jestem koordynatorem merytorycznym ze strony SGGW w Warszawie współpracy z firmą Multisorb Technologies Inc., Buffalo, New York,

USA (zał. 4, III.2.B.1.1.; zał. 5), a współpraca ta pozwoliła mi na odbycie łącznie 3 miesięcznego (09.11.-28.11.2013 r., 01.06.-14.08.2015 r.) stażu zawodowego w dziale Badań i Rozwoju tej firmy, poświęconego badaniom nad wykorzystaniem opakowań aktywnych (m.in. absorbery tlenu i wilgoci, emitory CO₂) w przemyśle spożywczym (zał. 4, II.11.B.1.1, II.11.B.1.2.; zał. 5). Wieloletnia, międzynarodowa współpraca z firmą Multisorb Technologies Inc., zaowocowała także realizacją kilkudziesięciu wspólnych projektów naukowych, objętych klauzulą poufności. Projekty te koncentrowały się na dwóch aspektach, tj. 1) określeniu stabilności mikrobiologicznej i stabilności barwy mięsa (wołowego lub wieprzowego – różne elementy) przechowywanego w opakowaniach zbiorczych z atmosferą modyfikowaną (30% CO₂/70% N₂) i absorberami tlenu o różnej pojemności O₂, a następnie (po wyjęciu z opakowań zbiorczych) eksponowanego w regale chłodniczym przez określony czas oraz 2) określeniu wpływu zastosowania absorberów tlenu na jakość przechowalniczą przetworów mięsnych. W pierwszym obszarze badań, w ramach współpracy nauki i przemysłu, wraz z polskimi i węgierskimi zakładami mięsnymi, w każdym z projektów dokonywano szczegółowej analizy jakości technologicznej, mikrobiologicznej i sensorycznej badanego mięsa przechowywanego w opakowaniach zbiorczych z absorberem tlenu przez określony czas, a następnie eksponowanego w regale chłodniczym. Wykonywano także dokumentację fotograficzną w każdym z dni analiz. W drugim przypadku badania dotyczyły określenia wpływu zastosowania absorberów tlenu o różnej pojemności O₂ na jakość przechowalniczą przetworów mięsnych (w zależności od projektu były to różne wędliny plasterkowane, salami oraz kabanosy) oraz określenia wpływu umieszczenia w opakowaniu absorbera tlenu na stabilność barwy tych produktów podczas przechowywania w regale chłodniczym. Jakość przechowalniczą charakteryzowano na podstawie zmian wybranych wyróżników fizykochemicznych, jakości mikrobiologicznej oraz jakości sensorycznej w trakcie przechowywania produktów w chłodni i/lub regale chłodniczym w różnych przedziałach czasowych. Jakość przechowalniczą produktów zapakowanych z absorberami tlenu porównywano z jakością przechowalniczą produktów zapakowanych bez absorberów (kontrolnych). W każdym dniu analiz wykonywano także dokumentację fotograficzną.

Wyniki badań dotyczących zastosowania absorberów tlenu do pakowania mięsa i przetworów mięsnych zostały opracowane w formie 36 ekspertyz (zał. 4, III.5.B.2.-III.5.B.4., III.5.B.16.-III.5.B.30., III.5.B.32.-III.5.B.38.), z czego 11 (zał. 4, III.5.B.5.-

III.5.B.15.) zrealizowano w 6 projektach naukowych ujętych pod wspólnym tytułem „Wpływ absorberów tlenu i wilgoci na jakość przechowalniczą przetworów mięsnych” w ramach podpisanej 2014 r. Umowy o Świadczeniu Usług Badawczych pomiędzy SGGW w Warszawie a Multisorb Technologies Inc., której byłam Liderem (2014-2015; zał. 4, II.15.B.2.1.; zał. 5).

Badania z zakresu wpływu warunków przechowywania i sposobu pakowania, z wykorzystaniem innowacyjnych opakowań jakimi są opakowania aktywne, na jakość mięsa prowadziłam także w ramach projektu pt. „Wpływ zawartości tlenu resztkowego w opakowaniu na barwę mięsa i jego trwałość podczas chłodniczego przechowywania” przyznanego w 2013 r. w ramach wewnętrznego trybu konkursowego dla młodego pracownika nauki / uczestnika studiów doktoranckich przez Dziekana Wydziału Nauk o Żywności SGGW w Warszawie (zał. 4, II.9.B.1.1.; zał. 5). Celem badań była charakterystyka zmian barwy kulinarnego mięsa wołowego (szpondra) przechowywanego przez okres do 16 dni w opakowaniach zbiorczych z atmosferą modyfikowaną beztlenową (30% CO₂/70% N₂) i absorberem tlenu resztkowego oraz w czasie jego późniejszej ekspozycji w regale chłodniczym w warunkach dostępu tlenu atmosferycznego. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zastosowanie absorberów tlenu spowodowało już w 24 h od zapakowania usunięcie tlenu resztkowego z opakowań zbiorczych i utrzymanie tego stanu przez cały okres przechowywania mięsa tj. przez 16 dni. Mięso zapakowane w opakowaniach zbiorczych charakteryzowało się ciemno-purpurową barwą, typową dla mięsa pakowanego bez dostępu tlenu. Po otwarciu opakowania i ekspozycji na działanie tlenu atmosferycznego, czasem wystarczającym do powrotu barwy mięsa do czerwonej i jej stabilizacji było 30 do 60 minut. Ta korzystna barwa mięsa wołowego utrzymywała się przez 48 h jego przechowywania w regale chłodniczym. Uzyskane w projekcie wyniki prezentowane były na międzynarodowej konferencji naukowej w formie posteru (zał. 4, II.7.B.2.5.) oraz na seminarium doktoranckim WNoŻ (zał. 4, II.7.B.1.13).

Otrzymane wyniki stanowią mogą cenne źródło informacji zarówno dla naukowców, jak i dla pracowników przemysłu mięsnego zainteresowanych technologią pakowania mięsa kulinarnego m.in. w opakowania zbiorcze z absorberami tlenu (opakowania aktywne). Aktualnie stosowane technologie pakowania mięsa kulinarnego (w atmosferze modyfikowanej, próżniowo lub „na tacce”) nie gwarantują zachowania prawidłowej i atrakcyjnej barwy mięsa eksponowanego w regałach chłodniczych. Uzyskane wyniki dają także odpowiedź na pytanie w jakim stopniu

zmieniająca się zawartość tlenu w opakowaniu mięsa wpływa na jego barwę, a przez to na akceptację przez konsumenta.

5.4. Badania nad jakością mięsa i przetworów mięsnych

Prowadzone przeze mnie w pracy doktorskiej badania dotyczyły nie tylko wykorzystania KAO w przemyśle mięsnym, ale także jakości pozyskanego mięsa wieprzowego, wołowego i drobiowego i możliwości ich zagospodarowania. Badania te kontynuowałam w trakcie pracy na stanowisku asystenta i adiunkta wraz z zespołem pracowników Zakładu Technologii Mięsa SGGW w Warszawie. Część badań powstała także we współpracy z pracownikami innych jednostek SGGW w Warszawie oraz pracownikami Zakładu Analizy Żywności Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego.

Celem badań wykonanych we współpracy z pracownikami Katedry Botaniki Instytutu Rolnictwa SGGW w Warszawie, było określenie wybranych wyróżników jakości wieprzowych m. *longissimus lumborum* normalnej jakości (RFN, red, firm, normal, nonexudative - czerwone, twarde, normalne, nie ciekące) oraz PSE z uwzględnieniem ich mikrostruktury. Materiał do badań stanowiło 100 próbek mięsa wieprzowego normalnej jakości (RFN) oraz 100 próbek mięsa obarczonego wadą PSE. Wykonano zdjęcia mikrostruktury wybranych próbek mięsa w Transmisyjnym Mikroskopie Elektronowym (TEM) Philips-Morgagni oraz oznaczono wybrane wyróżniki jego jakości, w tym pH, przewodność elektryczną (PE), ilość wycieku swobodnego, zdolność utrzymywania wody własnej (WHC - water holding capacity) i barwę w skali CIEL*a*b*. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że mięso obarczone wadą PSE ($\text{pH}_{24\text{h}} \leq 5,5$) charakteryzowało się większą dezintegracją struktur włókienek mięśniowych w porównaniu z mięsem normalnej jakości (RFN). Różnice w mikrostrukturze mięsa PSE oraz RFN wpłynęły na jego barwę, PE, ilość wycieku swobodnego oraz WHC. Mięso obarczone wadą PSE charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) jaśniejszą barwą, istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą przewodnością elektryczną, a także większą ilością wycieku swobodnego oraz gorszą zdolnością utrzymywania wody własnej, w porównaniu z mięsem RFN (zał. 4, II.4.B.1.20.).

W kolejnych badaniach porównano jakość technologiczną mięsa wieprzowego pozyskanego z m. *longissimus lumborum* zaklasyfikowanego do różnych grup jakości. W mięsie oznaczono m.in. wybrane wyróżniki jakości technologicznej oraz

podstawowy skład chemiczny. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że mięso wieprzowe obarczone wadą PSE charakteryzowało się istotnie ($P \leq 0,05$) większą ilością wycieku swobodnego i wycieku po obróbce termicznej, gorszą zdolnością utrzymywania wody własnej oraz jaśniejszą barwą w porównaniu z mięsem normalnej jakości (RFN). Między badanymi grupami jakości mięsa nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w zawartości podstawowych składników chemicznych, barwników hemowych ogółem, wydajności solankowania i obróbki termicznej oraz sile penetracji. Stwierdzono, że mięso PSE w porównaniu z mięsem RFN, charakteryzowało się gorszymi właściwościami technologicznymi, co z kolei wiąże się z ograniczonymi możliwościami wykorzystania tego rodzaju surowca zarówno do celów kulinarnych, jak i przetwórczych (zał. 4, II.4.A.2.1.).

W mojej pracy naukowej badałam także możliwości zagospodarowania mięsa wieprzowego obarczonego wadą PSE. Celem badań była m.in. ocena możliwości wykorzystania mięsa wieprzowego obarczonego wadą PSE do produkcji konserw mięsnych typu mięso w swoim sosie własnym. Konserwy produkowane były z 50 oraz 100% udziałem mięsa PSE, a następnie ich jakość porównywano z jakością konserw wyprodukowanych z mięsa normalnej jakości (RFN). Stwierdzono, że użycie mięsa o obniżonej jakości, czyli PSE miało tylko niewielki wpływ na jakość konserw mięsnych. Zastąpienie zarówno 50%, jak i całkowitej ilości mięsa RFN mięsem obarczonym wadą PSE nie wpłynęło na przebieg procesu sterylizacji, na ilość wytopionego tłuszczu i galaretki. Nie miało również wpływu na teksturę i jakość sensoryczną produktów (zał. 4, II.4.B.1.14.).

W kolejnych badaniach określano zróżnicowanie jakościowe mięśnia półbłoniastego i wpływ tego zróżnicowania na wybrane wyróżniki jakości modelowych szynek parzonych. Badane mięśnie półbłoniaste dzielono na trzy części, a następnie dokonywano charakterystyki wybranych wyróżników ich jakości. Z uzyskanych próbek mięsa produkowano modelowe szynki parzone. W pracy określano wpływ części mięśnia na wybrane wyróżniki produkcyjne oraz wyróżniki jakości gotowych wyrobów. Stwierdzono, że mięsień półbłoniasty jest mięśniem niejednorodnym pod względem barwy. To zróżnicowanie miało z kolei wpływ na barwę wyprodukowanych modelowych szynek parzonych. W celu uzyskania jednolitej szarży produkcyjnej i uniknięcia zbytniego zróżnicowania barwy wyrobów gotowych celowym wydaje się być oddzielenie z mięśnia półbłoniastego części o bardziej czerwonej i ciemniejszej barwie. Szynki parzone wytworzone z różnych części mięśnia półbłoniastego

odznaczały się natomiast podobną teksturą oraz zbliżonym składem chemicznym. Ich produkcja skutkowała jednak uzyskaniem różnych wyników produkcyjnych, w tym różnego przyrostu masy w trakcie peklowania zalewowego i różnej ilości ubytków masy w trakcie parzenia (zał. 4, II.4.B.2.7.).

W ramach współpracy z pracownikami Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności INoŻ prowadziłam badania dotyczące przeciwutleniającego oraz przeciwdrobnoustrojowego wpływu oregano (*Origanum vulgare* L.) na jakość modelowych farszów z mięsa wieprzowego (zał. 4, II.4.B.1.11.). Surowcami do produkcji farszu mięsnego były mięso wieprzowe z szynki oraz podgardle. Do farszów dodawano oregano w postaci suszu, ekstraktu wodnego oraz ekstraktu etanolowego (40 lub 70% (v/v)). Stwierdzono, iż możliwe jest wytworzenie modelowych farszów z dodatkiem preparatów z oregano o zadowalającej jakości, przechowywanych w warunkach chłodniczych przez 10 dni. Najbardziej efektywne działanie przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe obserwowano w przypadku ekstraktu etanolowego 40% (v/v) z oregano. W farszu z jego dodatkiem stwierdzono najmniejsze zaawansowanie procesu oksydacji lipidów oraz najmniejszy przyrost liczby większości badanych grup drobnoustrojów. Zastosowaniu tego ekstraktu towarzyszyło istotne ($P \leq 0,05$) obniżenie udziału barwy czerwonej, co jednak nie miało negatywnego wpływu na ocenę sensoryczną barwy badanych modelowych farszów mięsnych. Dodatek różnych form oregano do farszów mięsnych poddanych obróbce termicznej i pakowaniu może stanowić zatem dodatkowy czynnik przedłużający ich trwałość.

Prace z zakresu oceny jakości mięsa wieprzowego prezentowane były także na 2 konferencjach krajowych w postaci posterów (zał. 4, II.7.B.1.7., II.7.B.1.14.).

Jakość mięsa wołowego określano w badaniach nad wyznaczeniem minimalnego czasu niezbędnego do wykształcenia i ustabilizowania się barwy m. *semimembranosus* normalnej jakości (RFN) oraz obarczonego cechami DFD (zał. 4, II.4.B.2.3.). Surowiec klasyfikowano na grupy jakości na podstawie pomiaru pH przeprowadzonego po 48 h od uboju. Pomiar składowych L^* , a^* , b^* , nasycenia (C^*) oraz tonu (h°) barwy prowadzono w warunkach chłodniczych od momentu przecięcia powierzchni mięsa (czas 0 min) aż do 190 min trwania "kwitnienia mięsa" („blooming time”). W badanym surowcu oznaczono ponadto ilość wycieku po obróbce termicznej, zdolność utrzymania wody własnej, zawartość podstawowych składników chemicznych oraz barwników hemowych ogółem. Nie stwierdzono istotnego wpływu „blooming time” na jasność barwy obu grup jakości mięsa. Wskazuje to na możliwość szacowania

ostatecznej jasności mięsa wołowego już w momencie przecięcia jego powierzchni, co z kolei umożliwi dokonanie klasyfikacji surowca (na podstawie składowej barwy L*) bez konieczności oczekiwania na stabilizację pozostałych składowych barwy. Stabilizację składowej barwy a*, nasycenia (C*) oraz tonu (h°) barwy mięsa normalnej jakości (RFN) zaobserwowano w 15 ÷ 20 minucie procesu "blooming", a mięsa DFD po 20 ÷ 25 min. Wyniki badań dotyczących zmian barwy mięsa wołowego podczas chłodniczego przechowywania prezentowano także na konferencji naukowej w formie posteru (zał. 4, II.7.B.1.4.).

Wraz z zespołem pracowników Zakładu Technologii Mięsa SGGW w Warszawie prowadziłam także badania dotyczące jakości filetów z piersi kurcząt dostępnych na rynku warszawskim w zakresie ich zgodności z wymaganiami Rozporządzenia Komisji Europejskiej nr 543/2008, dotyczącymi maksymalnego stosunku zawartości wody do zawartości białka (W/RP), czyli liczby Federa (zał. 4, II.4.B.2.8.). Stosunek ten jest wykorzystywany w wielu aktach prawnych UE jako wyznacznik poprawnej jakości mięsa, a w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 543/2008 ta zależność wykorzystywana jest w celu kontroli nadmiernego wchłaniania wody przez tuszki kurcząt podczas ich schładzania. Graniczna wartość ilorazu W/RP w przypadku filetów z piersi kurcząt wynosi 3,40. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że 40% przebadanych filetów cechowało się większym niż dopuszczalny stosunkiem wody do białka. Wskazuje to na większe niż uzasadnione technologicznie wchłanianie wody podczas procesu produkcyjnego. Może być to wynikiem braku wymaganej (prowadzonej raz na 8 godzin na terenie zakładu) kontroli procesu schładzania. Wydaje się zatem celowe zintensyfikowanie kontroli jakości mięsa drobiowego w zakresie wymagań zawartych w przytaczanym Rozporządzeniu.

We współpracy z pracownikami Instytutu Nauk o Zwierzętach SGGW w Warszawie prowadziłam badania dotyczące wpływu wybranych dodatków paszowych na jakość mięsa drobiowego. Wyniki dotyczące wpływu dodatku opoki do paszy na jakość mięsa kurcząt zaprezentowano w postaci posterów na 2 konferencjach, w tym 1 międzynarodowej (zał. 4, II.7.B.1.10., II.7.B.2.3.). Badania te dotyczyły także wpływu dodatków paszowych stosowanych w profilaktyce kokcydiozy u szybko rosnących kurcząt Hubbard Flex (zał. 4, II.4.B.1.21.). Zastosowanie kokcydiostatyków nie miało istotnego wpływu na zawartość podstawowych składników chemicznych badanych mięśni piersiowych. Z kolei mięśnie

udowe pozyskane od ptaków karmionych paszami z kokcydiostatykami charakteryzowały się istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą zawartością białka w porównaniu mięsem pozyskanym od ptaków karmionych paszą bez dodatków. Dodatek kokcydiostatyków do mieszanki paszowej obniżył tempo utleniania tłuszczu sadełkowego kurcząt, na co wskazywały niższe wartości TBARS oznaczane 72 h, 7 dni i 8 tygodni po uboju.

Współpraca z pracownikami Katedry Hodowli Zwierząt (dawniej Katedry Szczegółowej Hodowli Zwierząt) Instytutu Nauk o Zwierzętach dotyczyła także wpływu wybranych czynników genetycznych na jakość mięśni piersiowych i udowych indyków. W pracach tych porównywano jakość mięśni piersiowych i udowych indyków wolno i szybko rosnących i ich wzajemnych krzyżówek, a także oszacowano korelacje genetyczne i odziedziczalność analizowanych cech. Stwierdzono, że mięśnie udowe indyków wolno rosnących (SG) charakteryzowały się najszybszym metabolizmem *post mortem* i jednocześnie najniższą zawartością tłuszczu. Jednakże, ze względu na niską wydajność rzeźną indyków wolno rosnących ich chów jest nieefektywny. Z kolei w przypadku mięśni piersiowych indyków pomimo różnic w przebiegu metabolizmu *post mortem*, nie stwierdzono istotnych różnic dla większości badanych wyróżników jakości mięsa analizowanych 24 h po uboju. Z zakresu tych badań opublikowano 2 prace w czasopiśmie *British Poultry Science*, których jestem współautorem (zał. 4, II.4.B.1.9., II.4.B.1.17.).

Celem badań dotyczących jakości mięsa kaczek było określenie wpływu systemu utrzymania na wybrane cechy jakościowe mięśni piersiowych kaczek piżmowych oraz kaczek Pekin. Zarówno w przypadku mięśni piersiowych kaczek piżmowych (MR71), jak i kaczek Pekin (P-44) nie stwierdzono wpływu systemu ich utrzymania na skład chemiczny mięśni. System chowu miał natomiast znaczący wpływ na straty podczas obróbki cieplnej oraz jakość sensoryczną mięsa (zał. 4, II.4.B.2.2., II.4.B.2.5.).

W latach 2011-2014 we współpracy z pracownikami Katedry Hodowli Zwierząt INoZ uczestniczyłam w badaniach dotyczących właściwości fizykochemicznych mięśni piersiowych kogutów z 4 grup żywieniowych oraz zmian zachodzących w tłuszczu sadełkowym podczas przechowywania, porównania wybranych wyróżników jakości mięsa i tłuszczu kurcząt wolno rosnących w zależności od warunków odchowu, określenia wpływu płci na jakość mięsa i tłuszczu kurcząt *Ayam cemani* utrzymywanych w Polsce, a także porównania wybranych wyróżników jakości mięsa

i tłuszczu kurcząt trzech linii hodowlanych. Z zakresu tych badań wykonane zostały opracowania oraz opinie (zał. 4, III.5.A.3.-III.5.A.5., III.5.B.31.). W badaniach dotyczących właściwości mięsa egzotycznego gatunku kurcząt *Ayam cemani* materiał do badań stanowiło 30 kurcząt wolno rosnących (15 kogutów i 15 kur) odchowywanych od wylęgu do 18 tygodnia życia. W mięśniach oznaczono zawartość podstawowych składników chemicznych (sucha masa, białko i tłuszcz), zawartość barwników hemowych oraz wybrane właściwości technologiczne, tj. pH, wodochłonność i ilość wycieku po obróbce termicznej (48 h po uboju). Mięśnie nóg charakteryzowały się wyższą zawartością tłuszczu (kury 3,7%, koguty 3,6%) w porównaniu do mięśni piersiowych (kury 1,0%; koguty 0,6%) oraz zawierały prawie 3-krotnie więcej barwników hemowych (od 57 do 157 ppm heminy). Nie wykazano istotnych różnic w zawartości podstawowych składników i właściwościach fizykochemicznych mięśni piersiowych i nóg, w zależności od płci ptaków.

W ramach badań nad jakością mięsa prowadzonych w Zakładzie Technologii Mięsa SGGW w Warszawie zajmowałam się także analizą wydajności rzeźnej strusi i uzysku wybranych elementów kulinarnych, a także określeniem składu chemicznego jadalnych podrobów strusich (zał. 4, II.4.B.2.10., II.4.B.1.10). Podczas rozbiórów tusz strusich stwierdzono znacznie niższe uzyski mięsa zarówno w stosunku do masy ptaka, jak i masy tuszy niż podawane dotychczas w literaturze. Nie wynikało to jednak z nadmiernego odfuszczenia tusz, ponieważ uzysk tłuszczu był zbliżony do danych literaturowych. Powodem różnic mógł być natomiast proces starannego odbłania poszczególnych elementów anatomicznych powodujący powstawanie znacznej ilości błon z mięsem (8,8% w stosunku do masy tuszy). Ujemne współczynniki korelacji pomiędzy masą ptaka a jego wydajnością rzeźną wskazują na potrzebę uzyskiwania optymalnej ekonomicznie masy ubojowej, mimo większej ilości mięsa pozyskiwanego od cięższych ptaków (zał. 4, II.4.B.2.10.).

Badania dotyczące surowców pochodzących z uboju strusi dotyczyły charakterystyki jakości ich podrobów. Materiał do badań stanowiły podroby (serca, żołądki oraz wątroby) pozyskane z 24 strusi afrykańskich (*Strutio camelus var. domesticus*) pochodzących z polskich hodowli. Podroby do badań pobierano bezpośrednio na linii produkcyjnej, ważono a następnie określono w nich metodami odwoławczymi zawartość wody, białka, tłuszczu i popiołu oraz kolagenu. Stwierdzono, że serca i żołądki strusi charakteryzowały się wysoką, typową dla chudego mięsa zawartością białka (odpowiednio 18,1 i 19,0%) i niską zawartością tłuszczu

(odpowiednio 2,0 i 0,9%). Z tego względu mogłyby być one wykorzystane jako surowce w produkcji wędlin podrobowych lub karmy dla zwierząt. Wątroby strusi odznaczały się natomiast nieznacznie niższą zawartością białka (16,6%) i znacznie wyższą oraz bardzo zróżnicowaną zawartością tłuszczu (4,4-28,4%). Wątroby o większej masie odznaczały się istotnie większą zawartością tłuszczu, a mniejszą białka, wody i popiołu. Wykorzystanie w przetwórstwie wątroby strusiej musiałyby być poprzedzone jej klasyfikacją pod kątem otluszczenia (zał. 4, II.4.B.1.10.).

W obszarze jakości i technologii produkcji przetworów mięsnych prowadzone badania obejmowały m.in. określenie wpływu parametrów procesu suszenia (temperatury i wilgotności względnej powietrza) na jakość kabanosów wieprzowych i drobiowo-wieprzowych wytwarzanych według receptury gwarantowanej tradycyjnej specjalności (GTS - traditional speciality guaranteed). Celem przeprowadzonych badań opublikowanych w czasopiśmie *Journal of Food Quality* (zał. 4, II.4.B.1.13.) było określenie wpływu zróżnicowanej wilgotności względnej powietrza podczas procesu suszenia kabanosów wieprzowych (GTS) oraz drobiowo-wieprzowych na wybrane wyróżniki ich jakości. Wyroby po procesie obróbki termicznej i 24 h wychłodzeniu w temperaturze 4-6°C umieszczano w 3 komorach w temperaturze 15°C przy zróżnicowanej wilgotności względnej powietrza wynoszącej, odpowiednio 60, 70 i 80%. Proces suszenia prowadzono do momentu uzyskania przez wszystkie warianty produktu wymaganej wydajności końcowej nie wyższej niż 68%. W kabanosach oznaczano składowe barwy L^* , a^* i b^* , dokonywano pomiaru aktywności wody oraz siły cięcia, a ponadto oznaczano zawartość wody, białka, tłuszczu i soli, a także wartości wskaźnika TBARS. Otrzymane w niniejszych badaniach wyniki wskazują na możliwość skrócenia procesu suszenia (~50%) wraz z obniżeniem wilgotności w komorze suszarniczej z 80 do 60%. Zmiany zawartości poszczególnych składników chemicznych w kabanosach wieprzowych w porównaniu do wieprzowo-drobiowych wskazują na odmienną dynamikę suszenia obydwu rodzajów kabanosów i konieczność doboru optymalnych warunków suszenia pod kątem składu surowcowego. Zróżnicowanie wilgotności względnej powietrza w komorach suszarniczych wpłynęło na dynamikę zmian przede wszystkim w zakresie parametrów barwy i aktywności wody wyprodukowanych kabanosów. Efekt ekonomiczny zastosowania niższych wilgotności powinien zostać natomiast zbadany w warunkach konkretnego zakładu produkcyjnego.

Wyniki badań prowadzonych w tematyce wpływu parametrów suszenia na jakość kabanosów prezentowane były także na 4 konferencjach

naukowych (zał. 4, II.7.B.1.1., II.7.B.1.8., II.7.B.1.11.), w tym 1 międzynarodowej (zał. 4, II.7.B.2.2.).

Poruszana w badaniach nad jakością i technologią produkcji przetworów mięsnych problematyka związana była także z możliwością wzbogacania burgerów z mięsa drobiowego olejami roślinnymi, inuliną oraz błonnikiem pszennym (zał. 4, II.4.B.1.19.). W badaniach zastępowano 20% zwyczajowo dodawanego do burgerów podgardla wieprzowego mieszaniną oleju rzepakowego i oleju lnianego oraz dodatkiem inuliny (1%) lub błonnika pszenne (3%). Burgery z mięsa drobiowego wzbogacone w oleje zawierały znacznie mniej kwasów SFA i więcej PUFA, w tym kwasów tłuszczowych z grupy PUFA n-3, w porównaniu z produktem kontrolnym. Dodatek błonnika pszenne (na poziomie 3%) do produktu przygotowanego z mieszaniną olejów roślinnych jako 20% zamiennika podgardla wieprzowego w recepturze przeciwdziałał niekorzystnym zmianom tekstury produktu. Jakość mikrobiologiczna burgerów pakowanych próżniowo i przechowywanych przez 21 dni w temperaturze $+4^{\circ}\text{C}\pm 1$ i $-20^{\circ}\text{C}\pm 1$ była zadowalająca. Z kolei możliwości wykorzystania błonnika jęczmiennego i inuliny jako zamienników tłuszczu w produkcji pulpetów z mięsa drobiowego zaprezentowano na konferencji naukowej w postaci posteru (zał. 4, II.7.B.1.6.).

W przypadku przetworów z mięsa drobiowego jednym z kierunków badawczych prowadzonych w Zakładzie Technologii Mięsa było określenie wpływu wysokich ciśnień na ich jakość mikrobiologiczną podczas przechowywania w warunkach chłodniczych. Próbki pasztetów, pieczeni oraz formowanych wyrobów z mięsa rozdrobnionego (kotletów) pakowano próżniowo, a następnie poddawano działaniu wysokich ciśnień (500 MPa, 10°C , 10 min). Grupę kontrolną stanowiły próbki przetworów, których nie poddawano HPP. Po określonym czasie przechowywania przeprowadzano ocenę jakości mikrobiologicznej. Wykazano, że dzięki metodzie wysokich ciśnień można w znaczący sposób obniżyć liczbę bakterii mezofilnych, psychrotrofowych oraz kwasu mlekowego, a przez to wydłużyć trwałość (przynajmniej do 14 dni) tego typu wyrobów, jednak pod warunkiem przechowywania w temperaturze $4\text{--}6^{\circ}\text{C}$. Zastosowanie HPP może być zatem skutecznym sposobem na poprawę jakości mikrobiologicznej zapakowanych próżniowo przetworów z mięsa drobiowego. Uzyskane wyniki przedstawiono w publikacji II.4.B.2.9. (zał. 4) oraz na konferencji naukowej w formie posteru (zał. 4, II.7.B.1.12.).

Brałam także udział w badaniach nad określeniem wpływu dodatku orzechów i nasion roślin oleistych na jakość restrukturyzowanych steków wołowych, a wyniki uzyskanych badań opublikowane zostały w czasopiśmie LWT - Food Science and Technology (zał. 4, II.4.B.1.4.). Dodatek orzechów i nasion roślin oleistych miał istotny wpływ na właściwości fizykochemiczne i jakość sensoryczną restrukturyzowanych steków wołowych. Wpływ ten był różnicowany rodzajem wprowadzanych orzechów i nasion. Najbardziej niekorzystny wpływ na właściwości reologiczne i jakość sensoryczną restrukturyzowanych steków wołowych miał dodatek nasion lnu, jednakże ich wprowadzenie do produktu pozwoliło na znaczne zwiększenie w nim zawartości PUFA n-3 (z 0,49 do 22,24%). Spośród porównywanych orzechów i nasion najmniejszy niekorzystny wpływ na jakość restrukturyzowanych steków wołowych miał dodatek orzechów pekan, włoskich, ziemnych i pistacji. Spośród nich najbardziej korzystną żywieniowo modyfikację profilu lipidowego produktów uzyskano natomiast dzięki dodatkowi orzechów włoskich.

Kolejnym obszarem moich zainteresowań jest wpływ dodatków stosowanych w przemyśle mięsnym na jakość przetworów mięsnych. Określałam m.in. wpływ dodatku preparatów fosforanowych w postaci 1% wodnych roztworów o różnym pH na jakość kielbas homogenizowanych (zał. 4, II.4.B.2.6.). Produkowano 4 warianty kielbas: kontrolny, tj. bez dodatku oraz 3 warianty z dodatkiem preparatów fosforanowych o różnym pH: 7,3, 8,3 i 9,7. W badaniach dokonano oznaczeń pH farszów oraz wyrobów gotowych, a także obliczono wydajność wyrobów gotowych. W badanych kielbasach homogenizowanych oznaczono m.in. zawartość barwników hemowych ogółem i nitrozylobarwników, a także obliczono stopień przereagowania barwników. Stwierdzono, że dodatek preparatów fosforanowych wpłynął na pH gotowego wyrobu, jego wydajność, a także zawartość barwników hemowych ogółem, nitrozylobarwników oraz stopień przereagowania barwników. Stwierdzono także pozytywny wpływ preparatów fosforanowych na teksturę wyrobów (twardość i żujność) w porównaniu z kielbasami bez ich dodatku. Dowiedziono celowości użycia w produkcji kielbas homogenizowanych z odścięgniętego mięsa drobiowego 1% roztworów preparatów fosforanowych o wyższym pH, na co wskazuje m.in. wzrost wydajności gotowego wyrobu ze 117,9 w przypadku kielbas kontrolnych do 122,8% w przypadku wariantu kielbas z dodatkiem preparatu fosforanowego o pH 1% roztworu wodnego wynoszącego 9,7. Najlepsze wyniki uzyskano przy użyciu 1% wodnych roztworów preparatów fosforanowych o pH 9,7.

W ramach współpracy z pracownikami Katedry Chemii INoŻ prowadziłam także badania dotyczące jakości i stabilności oksydacyjnej modelowych farszów mięsnych z mięsa kurcząt wyprodukowanych z wykorzystaniem przeestryfikowanej mieszaniny tłuszczów (zał. 4, II.4.B.1.3.). Modelowe farsze mięsne wyprodukowano z dodatkiem smalcu, mieszaniny smalcu i oleju rzepakowego oraz przeestryfikowanej mieszaniny tych tłuszczów, a następnie określono ich jakość (lepkość pozorną, ilość wycieku po obróbce termicznej, tekstura – siła penetracji, składowe barwy L^* , a^* i b^*). Badania obejmowały także określenie stabilności oksydacyjnej tłuszczów użytych do produkcji farszów mięsnych oraz tłuszczu z nich wyekstrahowanego. Stwierdzono, że modelowe farsze mięsne wyprodukowane z użyciem nieprzeestryfikowanej lub przeestryfikowanej mieszaniny tłuszczów charakteryzowały się niższą lepkością pozorną oraz niższymi wartościami siły penetracji, w porównaniu z farszem mięsnym wyprodukowanym z udziałem smalcu. Ponadto przeestryfikowanie spowodowało znaczne skrócenie czasu indukcji (z 70,3 do 21,6 min) i obniżenie początkowej temperatury utlenienia (z 162–193,7 do 136–154°C) w otrzymanym tłuszczu, przy każdej szybkości ogrzewania. Tematyka dotycząca wykorzystania przeestryfikowanej mieszaniny oleju rzepakowego z tłuszczem zwierzęcym w technologii modelowych farszów mięsnych oraz zastosowania metod DSC i PDSC (differential scanning calorimetry i pressure differential scanning calorimetry - różnicowa kalorymetria skaningowa i ciśnieniowa różnicowa kalorymetria skaningowa) do scharakteryzowania tłuszczu z modelowych farszów mięsnych została także zaprezentowana w postaci posterów na 2 konferencjach naukowych, w tym 1 międzynarodowej (zał. 4, II.7.B.1.5., II.7.B.2.4.).

Jestem także współautorem dwóch prac przeglądowych, w których poruszono aspekty związane z barwą peklowanych przetworów mięsnych (zał. 4, II.4.B.2.1.) oraz charakterystyką tłuszczów zwierzęcych i aspektami zdrowotnymi związanymi z ich spożywaniem (zał. 4, II.4.B.2.4.) oraz doniesienia na konferencję naukową w formie posteru dotyczącego jakości rynkowych jaj od kur z różnych systemów chowu (zał. 4, II.7.B.1.9.).

Prowadzone przez zespół pracowników Zakładu Technologii Mięsa badania obejmowały szeroki zakres problematyki istotnej dla rozwoju współczesnej nauki o mięsie i jego przetworach, a także dla przemysłu mięsnego i konsumentów. Za wymienione wyżej osiągnięcia naukowe w 2013 r. otrzymałam Dyplom Uznania

JM Rektora SGGW w Warszawie, a w 2017, 2018 i 2019 r. Nagrody Zespołowe II stopnia (zał. 5).

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

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

W ramach działalności dydaktycznej zajmuję się m.in. przygotowaniem i realizacją zajęć dydaktycznych w Zakładzie Technologii Mięsa Wydziału Technologii Żywności SGGW w Warszawie zarówno dla studentów studiów stacjonarnych, jak i niestacjonarnych. W 2009 r., w trakcie studiów doktoranckich (2008-2012), ukończyłam jedno-semestralne Studium Doskonalenia Pedagogicznego, prowadzone na Wydziale Nauk Humanistycznych SGGW w Warszawie (zał. 5). Wykonując pracę doktorską równolegle zrealizowałam 330 h zajęć dydaktycznych, natomiast po rozpoczęciu pracy na stanowisku asystenta (od 2013 r.), a następnie na stanowisku adiunkta (od 2014 r.) moje obciążenie roczne wynosiło/wynosi ok. 250 h ćwiczeń i wykładów. Prowadziłam/prowadzę ćwiczenia laboratoryjne (ćw) i wykłady (w) z następujących przedmiotów, dla studentów następujących kierunków studiów: Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka (Technologia mięsa - ćw + w; Surowce pochodzenia roślinnego i zwierzęcego - ćw; Przetwórstwo surowców roślinnych i zwierzęcych - ćw + w; Ocena jakości produktu i logistyka - ćw + w; Współczesne technologie - ćw; Podstawy technologii gastronomicznej - ćw; Propedeutyka przemysłu spożywczego - ćw; Projektowanie produktu - ćw; Ogólna technologia żywności - ćw; Podstawy opracowania wyników badań naukowych - ćw); Bezpieczeństwo Żywności (Technologia i higiena żywności pochodzenia zwierzęcego - ćw); Towaroznawstwo (Towaroznawstwo żywności - przedmiot specjalizacyjny - ćw), a także na kierunku Zootechnika (Obrót i podstawy przetwórstwa surowców pochodzenia zwierzęcego - ćw). Dla kierunku Zootechnika (Wydział Nauk o Zwierzętach) zajmowałam się także koordynacją i układaniem rozkładu zajęć dydaktycznych na semestr studiów z przedmiotu „Obrót i podstawy przetwórstwa surowców pochodzenia zwierzęcego”.

Jestem także autorem lub współautorem wielu instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych, np. dla studentów specjalizacji technologia mięsa pt. „Diagnozowanie odchyleń jakościowych mięsa, właściwości technologiczne oraz skład chemiczny

mięsa”, a prowadzone przeze mnie wykłady także dla studentów tej specjalizacji pt. „Nowoczesne systemy pakowania mięsa i przetworów mięsnych” oraz „Opakowania aktywne w przemyśle mięsnym” opracowałam w oparciu o najnowszą literaturę, wiedzę zdobytą podczas odbytych staży i na konferencjach naukowych oraz spostrzeżenia wynikające z prowadzonych przeze mnie badań. Jestem także współautorem trzech rozdziałów w skrypcie „Wybrane zagadnienia z technologii żywności pochodzenia zwierzęcego i podstaw gastronomii” pod redakcją prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego (zał. 4, II.2.B.1.-II.2.B.3.).

W latach 2014-2018 byłam promotorem 15 zakończonych prac dyplomowych inżynierskich (13 na kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka (2014-2018), 1 na kierunku Towaroznawstwo (2018) oraz 1 na kierunku Bezpieczeństwo Żywności (2018)), a w latach 2015-2018 promotorem 8 zakończonych prac dyplomowych magisterskich na kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka. Ponadto w latach 2009-2016 byłam opiekunem 13 zrealizowanych pod promotorstwem prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego prac magisterskich na kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka. W 2014 i 2015 r. byłam opiekunem roku, odpowiednio studentów studiów stacjonarnych rozpoczynających się w roku akademickim 2014/2015 na kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka i studentów studiów stacjonarnych rozpoczynających naukę w roku akademickim 2015/2016 na kierunku Towaroznawstwo. W 2015 r. zostałam promotorem pomocniczym doktorantki przed otwarciem przewodu doktorskiego, mgr inż. Katarzyny Wrońskiej. W 2017 r. mgr inż. Katarzyna Wrońska zrezygnowała ze studiów doktoranckich.

W 2017 r. z ramienia Wydziału Nauk o Żywności (obecnie Wydziału Technologii Żywności) zostałam wyznaczona do przygotowania zadania w ramach projektu dydaktycznego pt. „Sukces z natury - kompleksowy program podniesienia jakości zarządzania procesem kształcenia i jakości nauczania Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie”. Projekt uzyskał finansowanie i jest współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020 (PO WER) Europejskiego Funduszu Społecznego; Działanie 3.5. Kompleksowe programy szkół wyższych; Oś III Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju (nr POWR.03.05.00 00Z033/17). Na Wydziale Technologii Żywności realizowane jest zadanie 12 pt. „Działania

podnoszące kompetencje studentów i studentek Wydziału Nauk o Żywności” (zał. 4, II.15.B.1.1.).

Za osiągnięcia dydaktyczne w 2015 r. otrzymałam Nagrodę Zespołową I stopnia JM Rektora SGGW w Warszawie (zał. 5).

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

Istotnym elementem mojej aktywności zawodowej, obok działalności naukowej i dydaktycznej, jest działalność organizacyjna. W ramach tej działalności byłam/jestem współorganizatorem oraz prowadzącym lekcję pokazową pt. „Prawda i mity o parówkach” organizowaną przez ZTM w ramach Festiwalu Nauki (2008-2018), „Otwartych laboratoriów w SGGW” (2014-2016) oraz lekcji dla młodzieży licealnej mających na celu popularyzację przemysłu mięsnego (2010-2018). Od 2008 roku, biorę również udział w organizacji „Dni SGGW” w ramach akcji „Ciekawe laboratoria” (lekcja pokazowa pt. „Prawda i mity o parówkach”) oraz na stanowisku Wydziału (różne pokazy tematyczne, np. „Mięso w paczce” oraz „Pokaz z jajem”).

W 2015 r. współorganizowałam oraz prowadziłam warsztaty pt. „Truths and myths about scalded sausages”, w ramach projektu Exchange Week - Taste of Poland dla Międzynarodowego Stowarzyszenia Studentów Kierunków Rolniczych i Nauk Pokrewnych IASS Polska. W 2018 r. prowadziłam także wykład pt. „Innovative packaging systems of meat and meat products”, dla studentów HAS Hogeschool (Holandia) w ramach „Student Day” na III Międzynarodowych Targach Techniki Pakowania i Opakowań Warsaw Pack, Nadarzyn, Ptak Warsaw Expo, Międzynarodowe Centrum Targowo - Kongresowe (zał. 4, II.7.B.2.1.).

W 2012 r. byłam opiekunem merytorycznym badań realizowanych przez studentów Koła Naukowego Technologów Żywności, które przedstawiono na XXXVIII Przeglądzie Dorobku Kół Naukowych SGGW, natomiast w 2016 r. byłam członkiem jury XLII Przeglądu Dorobku Kół Naukowych SGGW w Warszawie. W latach 2011-2013 aktywnie brałam udział w cyklicznych spotkaniach z młodzieżą szkół średnich w ramach „Rendez vous w SGGW” organizowanych pod patronatem JM Rektora SGGW w Warszawie. W latach 2013-2015 oraz w 2017 r. byłam egzaminatorem studenckich praktyk zawodowych odbywających się w zakładach przemysłu mięsnego i drobiarskiego (zakłady ubojowe i przetwórcze). W 2017 r. zostałam kierownikiem bloku tematycznego „Technologia Żywności” Olimpiady

Wiedzy i Umiejętności Rolniczych i współorganizowałam XLI (2016/2017) i XLII (2017/2018) Eliminacje Okręgowe OWiUR (zał. 4, III.6.B.1., zał. 5). W 2019 r. zostałam powołana w skład Komitetu Okręgowego OWiUR w Warszawie, edycja 2019-2022 (zał. 5). W 2017 i 2018 r. byłam także członkiem Komitetu Organizacyjnego ze strony SGGW w Warszawie, Wydziału Nauk o Żywności, odpowiednio II i IV Forum Technologicznego, we współpracy z AMCO® Sp. z o.o. (zał. 4, II.8.B.1.1., II.8.B.1.2.)

6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

Jestem autorem/współautorem czterech publikacji w pismach branżowych: Przemysł Spożywczy (zał. 4, II.4.A.2.2.), Polskie Mięso (zał. 4, II.4.A.3.1.), Magazyn Przemysłu Mięsnego (zał. 4, II.4.A.3.2.), Bilans Dodatni (zał. 4, II.4.B.3.1.) oraz Gospodarka Mięsna (zał. 4, II.4.B.2.1.), w których przedstawiłam problematykę związaną z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu w technologii mięsa, najnowszymi systemami pakowania mięsa i przetworów mięsnych oraz barwą peklowanych przetworów mięsnych.

W trakcie studiów doktoranckich oraz późniejszej pracy brałam i nadal biorę udział w pokazach i lekcjach w ramach „Dni SGGW”, „Otwartych laboratoriów w SGGW”, Festiwalu Nauki, lekcjach dla młodzieży gimnazjalnej i licealnej, mających na celu popularyzację przemysłu mięsnego. Prowadziłam także wykłady dotyczące innowacyjnych sposobów pakowania mięsa i przetworów mięsnych, w tym wykorzystania opakowań aktywnych i inteligentnych w przemyśle mięsnym (zał. 4, II.7.B.1.2., II.7.B.1.3., II.7.B.2.1.).

7. Inne ważne informacje dotyczące kariery zawodowej

7.1. Dorobek publikacyjny

Pełna lista moich osiągnięć naukowych oraz popularno-naukowych znajduje się w Załączniku 4 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego (Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny). W tabeli 1 zestawiono dorobek przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, natomiast w tabeli 2 przedstawiono zestawienie publikacji.

Tabela 1. Zestawienie dorobku przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

	Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	Łącznie
1. Publikacje znajdujące się w bazie JCR			
1.1. w j. polskim	3	1	4
1.2. w j. angielskim	3	21	24
2. Publikacje i rozdziały w monografiach nie znajdujące się w bazie JCR			
2.1. w j. polskim	6	8	14
2.2. w j. angielskim	1	3	4
2.3. publikacje popularnonaukowe	1	2	3
2.4. opracowania zbiorowe – rozdziały w skryptach i podręcznikach	0	3	3
Razem publikacje	14	38	52
3. Projekty naukowo-badawcze			
3.1. Projekty badawcze finansowane przez NCN, NCBiR lub MNiSW	2	0	2
3.2. Projekty badawcze finansowane z przez SGGW w Warszawie	0	1	1
3.3. Projekty badawcze finansowane z innych źródeł	0	7	7
Razem projekty	2	8	10
4. Doniesienia konferencyjne			
4.1. Referaty na międzynarodowych konferencjach	0	1	1
4.2. Referaty na krajowych konferencjach	0	3	3
4.3. Postery na międzynarodowych konferencjach	2	4	6
4.4. Postery na krajowych konferencjach	4	14	18
Razem doniesienia	6	22	28

Tabela 2. Zestawienie oryginalnych prac twórczych

Lp.	Nazwa czasopisma	Ilość	Pkt MNiSW*	IF**	IF _{5-letni}
Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora					
1	Journal of Animal Science (2012)	1	50	2,093	2,155
2	Meat Science (2011)	1	40	2,275	3,919
3	Food Control (2011)	1	35	2,656	4,391
4	Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. (2010, 2010, 2011)	3	2x9+1x15	2x0,157+1x0,155	3x0,295
5	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych (2010, 2012)	2	1x6+1x0	-	-
6	Przemysł Spożywczy (2011)	1	6	-	-
7	Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego (2009, 2011)	2	1x4+1x5	-	-
8	Rozdziały w monografiach (2011)	1	1x5	-	-
9	Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu (2011)	1	-	-	-
10	Magazyn Przemysłu Mięsnego	1	-	-	-
Razem (pozycje 1-10)		14	184	7,493	11,350
Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora					
Wchodzące w skład Osiągnięcia					
11	Journal of Applied Poultry Research (2018)	1	30	0,808	1,398
12	Poultry Science (2019, 2019)	2	2x140	2x2,027	2x2,537
13	Brazilian Journal of Poultry Science (2018)	1	20	0,607	0,739
Razem (pozycje 11-13)		4	330	5,469	7,211
Pozostałe					
14	International Journal of Food Properties (2019)	1	70	1,398	1,405
15	Computers and Electronics in Agriculture (2018)	1	40	3,171	3,538
16	Food Analytical Methods (2018)	1	30	2,413	2,295
17	British Poultry Science (2016, 2018)	2	2x30	0,884+1,421	2x1,587
18	Journal of Poultry Science (2017)	1	25	0,860	0,929
19	Journal of Food Processing and Preservation (2017)	1	20	1,510	1,342
20	Czech Journal of Food Sciences (2017)	1	20	0,868	1,223
21	Journal of Food Quality (2017)	1	20	0,841	1,492
22	Meat Science (2017)	1	40	2,821	3,919
23	LWT - Food Science and Technology (2016, 2016, 2019)	3	2x35+1x100	2x2,329+1x3,714	3x4,000
24	Journal of Food Science (2015)	1	30	1,649	2,416
25	Italian Journal of Food Science (2015)	1	15	0,504	0,728
26	Annals of Animal Science (2014)	1	20	0,613	1,246
27	European Poultry Science/Archiv für Geflügelkunde (2014)	1	20	0,531	0,586
28	Medycyna Weterynaryjna - Veterinary Medicine - Science & Practice (2013)	1	15	0,196	0,257
29	Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. Animal Science (2016, 2017)	2	2x12	-	-
30	Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. (2015, 2016)	2	2x13	-	-
31	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych (2013, 2013, 2014, 2014, 2015)	5	4x9+1x13	-	-
32	Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego (2016)	1	6	-	-
33	Gospodarka Mięсна (2018)	1	7	-	-
34	Bilans Dodatni (2017)	1	-	-	-
35	Rozdziały w skryptach i podręcznikach (2014)	3	-	-	-
36	Polskie Mięso (2013)	1	-	-	-
Razem (pozycje 14-36)		34	707	28,052	36,550
Razem po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (pozycje 11-36)		38	1037	33,521	43,761
RAZEM (pozycje 1-35)		52	1221	41,014	55,111

*Punkty MNiSW według Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2017 i 2018 roku przydzielono punkty zgodnie z Komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 stycznia 2017 r. zawierającym ujednolicony wykaz czasopism naukowych za lata 2013-2016).

**Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2019 roku, dla których IF nie został obliczony, podano IF za rok poprzedni).

Mój dotychczasowy dorobek publikacyjny obejmuje 52 pozycje, w tym 28 publikacji znajdujących się w bazie JCR oraz 21 w czasopismach spoza bazy JCR, w tym 1 rozdział w monografii w języku angielskim oraz 3 prace popularno-naukowe. Ponadto jestem współautorem 3 rozdziałów w skrypcie „Wybrane zagadnienia z technologii żywności pochodzenia zwierzęcego i podstaw gastronomii” pod redakcją prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego. Spośród 52 publikacji 4 z nich to prace przeglądowe, w tym 1 w czasopiśmie znajdującym się w bazie JCR. Sumaryczna liczba punktów za publikacje wg listy MNiSW* wynosi 1221 pkt. (w tym 1037 pkt. po uzyskaniu stopnia naukowego doktora). Mój sumaryczny IF** według listy JCR, zgodnie z rokiem opublikowania to 41,014 ($IF_{5-letni} = 55,111$), w tym po uzyskaniu stopnia naukowego doktora 33,521 ($IF_{5-letni} = 43,761$). Po wyłączeniu 4 prac stanowiących szczególne osiągnięcie naukowe ($IF^{**} = 5,469$, $IF_{5-letni} = 7,211$, $MNiSW^* = 330$ pkt.), wartość mojego pozostałego dorobku naukowego wynosi $IF^{**} = 35,545$, $IF_{5-letni} = 47,900$ i $MNiSW^* = 891$ pkt. Liczba cytowań moich publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi 104, a nie uwzględniając autocytowań 82. Mój Indeks Hirscha według bazy WoS wynosi obecnie 5.

7.2. Udział i rola w projektach badawczych

W trakcie studiów doktoranckich, w latach 2010-2012, byłam głównym wykonawcą projektu badawczego - grantu promotorskiego prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego pt. „Badania nad zastosowaniem komputerowej analizy obrazu do wykrywania wady PSE mięsa wieprzowego” (zał. 4, II.9.A.1.1.; zał. 5). Posiadam także doświadczenie w kierowaniu projektami badawczymi, gdyż w latach 2010-2011 byłam kierownikiem projektu badawczego pt. „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do wykrywania wad jakości mięsa dużych zwierząt rzeźnych” przyznanego w ramach programu Iuventus Plus przez MNiSW (zał. 4, II.9.A.1.2.; zał. 5). W latach 2013-2014 byłam także kierownikiem projektu badawczego pt. „Wpływ zawartości tlenu resztkowego w opakowaniu na barwę mięsa i jego trwałość podczas chłodniczego przechowywania” przyznanego w ramach wewnętrznego trybu konkursowego dla młodego pracownika nauki / uczestnika studiów doktoranckich przez Dziekana

*Punkty MNiSW według Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2017 i 2018 roku przydzielono punkty zgodnie z Komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 stycznia 2017 r. zawierającym ujednoczony wykaz czasopism naukowych za lata 2013-2016).

**Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2019 roku, dla których IF nie został obliczony, podano IF za rok poprzedni).

Wydziału Nauk o Żywności SGGW w Warszawie (zał. 4, II.9.B.1.1.; zał. 5). W latach 2014-2015 zostałam Liderem 6 projektów badawczych ujętych pod wspólnym tytułem „Wpływ absorberów tlenu i wilgoci na jakość przechowalniczą przetworów mięsnych”, realizowanych dla Multisorb Technologies Inc. w ramach Umowy o Świadczeniu Usług Badawczych (zał. 4, II.15.B.2.1.; zał. 5). W 2018 r. w projekcie współfinansowanym z funduszy UE, zostałam kierownikiem kierunku badawczego pt. „Technologie elastycznych procesów pakowania żywności oraz aktywnych, inteligentnych i wygodnych systemów pakowania” w ramach Centrum żywności i żywienia - modernizacja kampusu SGGW w celu stworzenia Centrum Badawczo-Rozwojowego Żywności i Żywnienia (CŻiŻ; zał. 4, II.9.B.2.1.; zał. 5).

7.3. Udział w konferencjach

W trakcie studiów doktoranckich brałam aktywny udział w 6 konferencjach (zał. 4, II.7.A.1.1.-II.7.A.1.4.), w tym 2 międzynarodowych przedstawiając wyniki w postaci posterów (zał. 4, II.7.A.2.1., II.7.A.2.2.). W okresie zatrudnienia jako asystent, a następnie adiunkt brałam udział w 18 konferencjach naukowych (II.7.B.1.1., II.7.B.1.4.-II.7.B.1.12., II.7.B.1.14.-II.7.B.1.17.) w tym 4 międzynarodowych (zał. 4, II.7.B.2.2.-II.7.B.2.5.) oraz 4 seminariach, prezentując wyniki prac w postaci 18 posterów oraz 3 referatów/wykładów w języku polskim (zał. 4, II.7.B.1.2., II.7.B.1.3., II.7.B.1.13.) oraz 1 w języku angielskim (zał. 4, II.7.B.2.1.). W 2014 r. brałam także udział w Międzynarodowej konferencji naukowej „6th Shelf Life International Meeting SLIM 2014” organizowanej przez GSICA, Rutgers University, Department of Food Science, and Packaging Engineering Program Michigan State University. New Brunswick, New Jersey, USA (11-13.06.2014) oraz seminarium pt. „Technologii Kontroli Pakowania w Atmosferze Ochronnej” organizowanej przez COMEF Aparatura Naukowo-Badawcza, Dansensor A/S, Warszawa (12.03.2014). W 2011 r. byłam uczestnikiem międzynarodowej konferencji naukowej „Prokonsumencka gospodarka żywnościowa w krajach Unii Europejskiej” realizowanej w ramach projektu naukowego „Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią od widelca do zagrody” przez SGGW w Warszawie (12-13.09.2011), a w 2010 r. konferencji naukowej “Using Science to Drive Success In the Food Market” w Warszawie (25-26.05.2010).

7.4. Działalność w towarzystwach naukowych i zespołach eksperckich oraz konsorcjach i sieciach badawczych, recenzje grantów

Od 2017 r. pełnię funkcję kierownika i egzaminatora bloku tematycznego „Technologia Żywności” Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Rolniczych. W 2019 r. zostałam powołana w skład Komitetu Okręgowego OWiUR w Warszawie, edycja 2019-2022 (zał. 4, III.6.B.1.; zał. 5).

7.5. Współpraca międzynarodowa, współpraca z przemysłem, recenzje publikacji

W ramach współpracy z przemysłem od 2013 r. jestem koordynatorem merytorycznym ze strony SGGW w Warszawie współpracy z Zakładem Masarskim Henryka Zychowicz w Daleszycach (zał. 4, III.2.B.2.1., zał. 5) oraz w ramach współpracy międzynarodowej z firmą Multisorb Technologies Inc. Buffalo, New York, USA (zał. 4, III.2.B.1.1., zał. 5). W trakcie stażu zawodowego w dziale R&D tej firmy zrealizowałam m.in. 5 projektów dotyczących wykorzystania absorberów O₂ i emiterów CO₂ w pakowaniu mięsa drobiowego i wołowego. Szeroko zakrojona współpraca z firmą Multisorb Technologies Inc. pozwoliła także na realizację kilkadziesiątu wspólnych projektów badawczych we współpracy z polskimi i węgierskimi zakładami mięsnymi.

Wykonałam także 2 ekspertyzy dla Grupy Animex (zał. 4, III.2.B.2.4., III.5.A.1., III.5.B.1.) oraz brałam udział w programie badań międzylaboratoryjnych analizatora FoodScan, dla Foss Polska (zał. 4, III.2.B.2.5., III.5.A.7.).

Dzięki nawiązanej z przedsiębiorcami współpracy współorganizowałam zajęcia terenowe dla studentów specjalizacji technologia mięsa w zakładach: Animex Foods Sp. z o. o. sp.k. Oddział w Starachowicach, Zakład Masarski Henryka Zychowicz w Daleszycach, Eco-Beef Sp. z o. o. w Rzeniszowie, SuperDrob S.A. w Karczewie oraz AMCO® Sp. z o.o. w Radzyminie. W ramach współpracy z AMCO® Sp. z o.o. odbyłam 2 miesięczny staż zawodowy w Centrum Rozwoju Produktu oraz laboratorium Działu Research and Development tej firmy, poświęcony m.in. technologii zestawiania mieszanek funkcjonalnych (zał. 4, II.11.B.2.1.; zał. 5) oraz byłam członkiem komitetu organizacyjnego dwóch konferencji (II i IV Forum Technologiczne) organizowanych we współpracy z tą firmą (zał. 4, III.2.B.2.3.).

Od 2017 r. współpracuję ze Stowarzyszeniem Rzeźników i Wędliniarzy RP prowadząc wykłady dla członków Stowarzyszenia (zał. 4, III.2.B.2.2.).

Moja współpraca międzynarodowa przejawia się także w ramach działalności dla wydawnictw naukowych. Wykonałam 18 recenzji publikacji naukowych m.in. w następujących czasopismach: Journal of Food Quality, Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, LWT - Food Science and Technology, Meat Science. Pełen wykaz czasopism, dla których wykonywałam recenzje znajduje się w załączniku 4 (II.13).

7.6. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

Moja praca doktorska pt. „Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu (KAO) do wykrywania wady PSE wieprzowych mięśni najdłuższych” wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego została wyróżniona przez Radę Wydziału Nauk o Żywności SGGW w Warszawie w dniu 09.11.2012 (zał. 5).

W trakcie pracy w Instytucie Nauk o Żywności SGGW w Warszawie (dawniej Wydziale Nauk o Żywności) trzykrotnie otrzymałam Nagrodę Zespołową II stopnia JM Rektora SGGW w Warszawie za osiągnięcia naukowe (2017, 2018 i 2019 r.) oraz w 2013 r. Dyplom Uznania JM Rektora SGGW w Warszawie także za osiągnięcia naukowe. W 2015 r. otrzymałam Nagrodę Zespołową I stopnia JM Rektora SGGW w Warszawie za osiągnięcia dydaktyczne (zał. 5).

7.7. Odbyte szkolenia i kursy

Swoje kwalifikacje zawodowe podnosiłam biorąc udział w szeregu szkoleń i kursów. W 2014 r. uczestniczyłam w szkoleniu pt. “Obsługa system monitorowania wskaźników Strategii SGGW dotyczących Jakości Kształcenia - Podnoszenie jakości zarządzania zasobami SGGW” (30.04.2014), zorganizowanym w ramach realizacji projektu nr KSI-POKL.04.01.01 - 00 - 051/11 - 00 (zad. 3 poz. 40), a w 2013 r. w szkoleniach pt. „Pomiar i recepturowanie barw w praktyce” zorganizowanym przez Konica Minolta Sensing Europe B.V. Sp. z o.o. Oddział w Polsce (05.2013) i pt. „Mycie i dezynfekcja w zakładach przemysłu mięsnego” zorganizowanym przez CID Lines Sp. z o.o. (01.2013). W latach 2009-2010 brałam udział w kursie organizowanym przez Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych Politechniki Warszawskiej pt. „Wybrane zagadnienia wnioskowania statystycznego”. W 2009 r.

ukończyłam jedno-semestralne Studia Doskonalenia Pedagogicznego na Wydziale Nauk Humanistycznych Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Koniec załącznika 3.

Marta Chmiel

(podpis wnioskodawcy)