

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Wydział Nauk o Żywności
Katedra Technologii Żywności

dr inż. Lech Maciej Adamczak

Załącznik 2 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
w dziedzinie Nauk Rolniczych w dyscyplinie Technologia Żywności i Żywnienia

Autoreferat

Możliwość wykorzystania pomiarów gęstości i cech geometrycznych do
szacowania jakości surowców mięsnych

Warszawa, 2019

Spis treści

1. Dane osobowe	5
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	5
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	6
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.).....	7
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	7
4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia	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	14
4.3.3. Podsumowanie.....	23
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych).....	29
5.1. Wpływ płci i masy ptaków na uzysk elementów zasadniczych z tusz strusi oraz właściwości technologiczne mięsa strusi	29
5.2. Wpływ czynników przyżyciowych i poubojowych na jakość mięsa	30
5.3. Wpływ wybranych dodatków funkcjonalnych na jakość przetworów mięsnych.....	34
5.4. Wpływ wybranych czynników na jakość konserw mięsnych	37
5.5. Wpływ warunków zootechnicznych na jakość mięsa	38
6. Podsumowanie pracy naukowo-badawczej	40
6.1. Dorobek publikacyjny	40
6.2. Udział i rola w projektach badawczych.....	43
6.3. Ekspertyzy	44
6.4. Krajowe nagrody za działalność naukową	45
7. Inne osiągnięcia związane z aktywnością dydaktyczną i organizacyjną.....	45
7.1. Działalność dydaktyczna	45
7.2. Działalność organizacyjna.....	46
7.3. Współpraca międzynarodowa, recenzje publikacji	48
7.4. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki.....	48
7.5. Współpraca z przemysłem.....	49

1. Dane osobowe

Imiona i nazwisko: Lech Maciej Adamczak

Miejsce pracy: Zakład Technologii Mięsa,
Katedra Technologii Żywności,
Wydział Nauk o Żywności,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa.

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- 15.10.1999** Doktor inżynier nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia człowieka, Wydział Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, praca doktorska pt. „Wpływ dodatku wybranych hydrokoloidów na właściwości niskotłuszczowych drobno rozdrobnionych farszów i kiełbas” wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Pisuli.
- 17.06.1994** Magister inżynier, Wydział Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, praca magisterska pt. „Badania nad poprawą barwy kiełbas zawierających dodatek oleju roślinnego” wykonana pod kierunkiem dr inż. Leonarda Jankiewicza.
- 23.06.1989** Technik technologii żywności, specjalność: przetwórstwo owoców i warzyw, Policealne Studium Zawodowe, Zespół Szkół Zawodowych w Sandomierzu.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

15.02.2000 – obecnie

Stanowisko: ADIUNKT

Miejsce zatrudnienia: Zakład Technologii Mięsa, Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

01.10.1994 – 15.02.2000

Stanowisko: ASYSTENT

Miejsce zatrudnienia: Zakład Technologii Mięsa, Katedra Technologii Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, Wydział Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

01.10.1993 – 01.10.1994

Stanowisko: ASYSTENT - STAŻYSTA

Miejsce zatrudnienia: Zakład Technologii Mięsa, Katedra Technologii Żywności, Wydział Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

Osiągnięciem naukowym, będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego na podstawie art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) jest monotematyczny cykl czterech publikacji naukowych.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Możliwość wykorzystania pomiarów gęstości i cech geometrycznych do szacowania jakości surowców mięsnych

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia

1. **Adamczak L.**, Chmiel M., Florowski T., Pietrzak D. (2013). Zastosowanie pomiarów gęstości do oceny podstawowego składu chemicznego modelowych układów mięsno-tłuszczowych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 573, 13–21. [MNiSW = 9; IF = 0].

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu układu badań, wykonywaniu doświadczeń polegających na pomiarach gęstości modelowych układów, współudziale w wykonywaniu oznaczeń podstawowego składu chemicznego badanych układów modelowych, przeprowadzeniu analizy statystycznej i interpretacji otrzymanych wyników badań, napisaniu wstępnej i końcowej wersji artykułu. Mój udział procentowy szacuję na 85%.

2. **Adamczak L.**, Chmiel M., Florowski T., Pietrzak D., Witkowski M., Barczak T. (2015). A potential use of 3-D scanning to evaluate the chemical composition of pork meat. Journal of Food Science 80, 1506-1511.

[MNiSW = 30; IF = 1,649; IF_{5year} = 2,315].

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu układu badań, współudziale w wykonywaniu oznaczeń podstawowego składu chemicznego elementów

mięśnych (karkówek), przeprowadzeniu analizy statystycznej, interpretacji otrzymanych wyników badań, napisaniu wstępnej i końcowej wersji artykułu. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

3. **Adamczak L.**, Chmiel M., Florowski T., Pietrzak D., Witkowski M., Barczak T. (2018). Using density measurement on *Semispinalis capitis* as a tool to determinate the composition of pork meat. Food Analytical Methods 11, 1728–1734. [MNiSW = 30; IF₂₀₁₇ = 2,245; IF_{5year} = 2,200].

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu układu badań, wykonywaniu pomiarów gęstości metodami hydrostatyczną i piknometryczną, współdziałale w wykonywaniu oznaczeń podstawowego składu chemicznego elementów mięśnych (karkówek), przeprowadzeniu analizy statystycznej, interpretacji otrzymanych wyników badań, napisaniu wstępnej i końcowej wersji artykułu. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

4. **Adamczak L.**, Chmiel M., Florowski T., Pietrzak D., Witkowski M., Barczak T. (2018). The use of 3D scanning to determine the weight of the chicken breast. Computers and Electronics in Agriculture 155, 394-399. [MNiSW = 40; IF₂₀₁₇ = 2,427; IF_{5year} = 2,761].

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu układu badań, współdziałale w wykonaniu dysekcji tuszek z określeniem masy poszczególnych mięśni fileta, określeniu miejsc przeprowadzenia płaszczyzn, dla których obliczono pola powierzchni, przeprowadzeniu analizy statystycznej, interpretacji otrzymanych wyników badań, napisaniu wstępnej i końcowej wersji artykułu. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

Podsumowanie dla publikacji wchodzących w skład osiągnięcia:

MNiSW = 109; IF_{z roku publikacji lub najbliższy} = 6,321; IF_{5year} = 7,276

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

4.3.1.1. Standardowość surowca pod kątem składu chemicznego

W przemyśle mięsnym niestandardowość surowca, głównie zawartości w nim tłuszczu, stwarza poważne problemy technologiczne, jak również odgrywa istotną rolę w aspekcie ekonomicznym i prawnym produkcji. Dotyczy to zarówno drobnego mięsa przerobowego, jak i elementów rozbiorowych, przeznaczanych do produkcji mięsa kulinarnego lub całomięśniowych przetworów mięsnych (Tøgersen i wsp. 1999, Brienne i wsp. 2001, Hansen i wsp. 2003). Dzięki znajomości podstawowego składu chemicznego można prawidłowo zaplanować produkcję oraz deklarować wartość odżywczą produktu na etykiecie. Obecnie w większości zakładów mięsnych klasyfikacja surowca pod względem zawartości tłuszczu opiera się na wzrokowej ocenie przeprowadzanej przez pracownika na linii rozbioru i wykrawania. Ocena ta jest jednak subiektywna i przez to niedokładna (Yam i Papadakis 2004). Jedynie w dużych zakładach mięsnych, posiadających własne laboratoria przyzakładowe, oznacza się skład chemiczny mięsa, w oparciu o standardowe metody analiz (np. suszenia, mineralizacji i ekstrakcji). Badania te są jednak pracochłonne, drogie i niemożliwe do zastosowania „on line” w linii produkcyjnej (Prieto i wsp. 2009), a wykorzystywane podczas analiz odczynniki chemiczne mają negatywny wpływ na środowisko. Wadą standardowych metod jest także konieczność destrukcji próbki w celu przygotowania jej do badania, co może stwarzać trudności, szczególnie w przypadku konieczności oznaczenia składu chemicznego elementów całomięśniowych. Charakteryzują się one bowiem dużą zmiennością, a zatem wynik oceny składu chemicznego jednej próbki nie musi być reprezentatywny dla całej partii produkcyjnej. Coraz częściej, w praktyce przemysłowej do oceny składu chemicznego mięsa i produktów mięsnych, stosowane są nowoczesne, mało pracochłonne metody pomiarowe wykorzystujące bliską podczerwień NIR (Tøgersen i wsp. 1999 i 2003, Savenije i wsp. 2006, Gaitán-Jurado i wsp. 2008, Wold i wsp. 2011), czy też promieniowanie rentgenowskie X-ray, DXR (Mitchell i wsp. 1997, Brienne i wsp. 2001, Hansen i wsp. 2003, Marcoux i wsp. 2003). Część z tych rozwiązań wykorzystywana jest w systemach on-line do oznaczania zawartości tłuszczu, bezpośrednio na linii rozbioru i wykrawania (X-ray, DXR). W przypadku zastosowania tych metod (X-ray, NIR) wymagane jest pobranie reprezentatywnej próbki oraz jej rozdrobnienie. Najbardziej pracochłonne i kosztowne jest stworzenie obszernej bazy danych potrzebnej w kalibracji

urządzeń. Wadą tych rozwiązań jest również bardzo wysoki koszt urządzeń, co ogranicza ich dostępność dla zakładów o małej lub średniej wielkości produkcji. Odpowiedzią na potrzeby przemysłu, szczególnie małych i średnich przedsiębiorstw, może być opracowanie szybkich, obiektywnych, bezinwazyjnych oraz relatywnie tanich metod szacowania składu chemicznego mięsa.

Założenia teoretyczne

Z danych literaturowych wynika, że skład chemiczny mięsa (szczególnie zawartość wody i tłuszczu) jest ściśle skorelowany z jego gęstością (Ginzburg 1990, Niesteruk 1996, Prost 2006). Wydaje się zatem możliwe wykorzystanie tej zależności w praktyce zarówno laboratoryjnej, jak i przemysłowej. Gęstość może być obliczana z zastosowaniem reguły addytywności. Przy założeniu, że mięso składa się z wody, białka, tłuszczu i popiołu, jego gęstość można wyrazić wzorem:

$$\rho = X_w\rho_w + X_p\rho_p + X_f\rho_f + X_a\rho_a \quad (1)$$

gdzie:

X_w, X_p, X_f, X_a - ułamki masowe odpowiednio: wody, białka, tłuszczu, popiołu,

$\rho_w, \rho_p, \rho_f, \rho_a$ - gęstość odpowiednio: wody, białka, tłuszczu, popiołu.

Stosowane dotychczas metody wyznaczania gęstości mięsa wymagają zanurzania próbek w płynie (metoda hydrostatyczna), co powoduje chłonięcie przez nie wody lub zniszczenie próbki w przypadku użycia toluenu, jako cieczy odniesienia. Zastosowanie piknometru gazowego jest również trudne do wykorzystania w praktyce ze względu na ograniczenie wielkości próbki, znaczny koszt urządzenia, długotrwałość procedury pomiarowej, a także konieczność rozdrobnienia surowca (zniszczenia próbki).

Podstawą określenia gęstości jest znajomość masy i objętości próbki. Nowatorską metodą pomiarową, pozwalającą na określenie objętości obiektu, jest metoda skanowania 3D, polegająca na zbieraniu chmur punktów odwzorowujących powierzchnie skanowanych elementów. Rozpatrując potencjalne możliwości zastosowania skanowania 3D do szacowania gęstości i przez to składu chemicznego mięsa, można przypuszczać, że metoda ta byłaby szczególnie przydatna do bezinwazyjnej analizy elementów całomięśniowych. Po wykonaniu pomiarów i oszacowaniu zawartości podstawowych składników chemicznych surowiec nie tylko będzie mógł być wykorzystany w produkcji, ale także prawidłowo zagospodarowany.

W badaniach wykorzystujących gęstość do szacowania składu chemicznego mięsa zastosowanie znalazły zależności opierające się na „liczbie Federa”, w krajach anglosaskich zwanej „liczbą Stubbs’a i More’a” (Feder 1913, Stubbs i More 1919, Reith i wsp. 1955, Prost 2006, Kenawi i wsp. 2009). Parametr ten określa stosunek zawartości wody do zawartości

białka (x_w/x_p) w badanym mięsie, w zależności od zawartości w nim tłuszczu. Wartości tej liczby są uzależnione również od gatunku zwierząt, z których pozyskuje się mięso oraz elementu tuszy. Przykładowo, dla mięsa drobiowego stosunek ten kształtuje się w zakresie 3,05-3,78, przy czym niższe wartości charakteryzuje mięso indycze. W przypadku mięsa wieprzowego stosunek x_w/x_p kształtuje się na poziomie od 3,24 do 3,85. W oparciu o tę zależność skonstruowane zostały Rozporządzenia Komisji Europejskiej: Rozporządzenie Komisji (EWG) NR 226/89 z dnia 26 stycznia 1989 r. w sprawie procedury oznaczania zawartości mięsa w produktach objętych kodami CN 1602 49 11, 1602 49 13, 1602 49 15, 1602 49 19, 1602 49 30 i 1602 49 50; Rozporządzenie Komisji (WE) NR 2004/2002 z dnia 8 listopada 2002 r. dotyczące procedury oznaczania zawartości mięsa i tłuszczu w niektórych produktach z wieprzowiny oraz Rozporządzenie Komisji (WE) NR 543/2008 z dnia 16 czerwca 2008 r. wprowadzające szczegółowe przepisy wykonawcze do rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w sprawie niektórych norm handlowych w odniesieniu do mięsa drobiowego. W przypadku mięsa drobiowego stosunek białka do fizjologicznej zawartości wody służy także do określenia ilości wody wchłoniętej przez tuszki lub elementy rozbiorowe kurcząt w trakcie poubojowego schładzania.

Teoretyczną zależność gęstości od zawartości tłuszczu z wykorzystaniem liczby Federa (N_{Fe}) przedstawiono w artykule I.A.2. (zał. 5.). Przy uwzględnieniu ułamków objętościowych w równaniu (1) uzyskuje się nie wprost proporcjonalną a wymierną teoretyczną zależność pomiędzy gęstością układu a zawartością tłuszczu (zał.5., I.A.3.).

Przyjmując małą zmienność „liczby Federa” oraz popiołu (zawartość popiołu w mięsie waha się w wąskim zakresie 0,9-1,1%), zawartość tłuszczu powinna być skorelowana z gęstością, a także pośrednio z zawartością pozostałych składników chemicznych (zawartością wody i białka).

4.3.1.2. Standardowość surowca pod kątem udziału elementów rozbiorowych w przemyśle drobiarskim

Ważnym problemem przemysłu drobiarskiego jest niestandardowość surowca, m.in. w zakresie wielkości i masy ubijanych kurcząt, a w efekcie pozyskiwanych tuszek. Taka niejednorodność surowca stwarza liczne problemy technologiczne i organizacyjne w liniach rozbiorowych i może przyczyniać się do pogorszenia wskaźników ekonomicznych zakładów (Brosnan i Sun 2004, Misimi i wsp. 2016). Problemem technologicznym jest m.in. ograniczona zdolność adaptacyjna automatycznych linii rozbiorowych do wielkości i masy tuszek (Zhou i wsp. 2007). Automatyczny rozbiór tuszek o rozmiarach większych niż

założone w ustawieniach linii rozbiorowych może powodować pozostawienie części mięsa przy korpusie, co generuje straty ekonomiczne. W przypadku rozbioru tuszek mniejszych od zakładanych w ustawieniach linii razem z filetem mogą być wycinane kości żeber i obojczyka. W efekcie pozyskany produkt będzie niższej jakości. Wydajności współczesnych linii ubojowych, wynoszące nawet kilkanaście tysięcy sztuk w ciągu godziny, nie pozwalają na dostosowanie ustawień urządzeń indywidualnie do wielkości każdej tuszki. Zautomatyzowanie wykrawania ogranicza pracochłonność i wymaganą powierzchnię, a jednak w przypadku pozyskiwania fileta bardzo ważna jest również wydajność oraz jakość pozyskanego mięsa (Itoh i wsp. 2009, Barbut 2014).

Straty wynikające z niedokładności wykrawania fileta przy zróżnicowanej wielkości tuszek wpływają na ekonomikę produkcji (Misimi i wsp. 2016). Coraz częściej producenci mięsa drobiowego są zobligowani przez odbiorców do klasyfikacji wagowej elementów tuszek. Duże sieci gastronomiczne wymagają surowca o standardowej masie, aby proces obróbki termicznej (np. smażenia) przebiegał zawsze jednakowo. Prowadzenie klasyfikacji tuszek drobiowych pozwala zatem na efektywny ekonomicznie i jakościowo ich rozbiór. Poza dokładniejszym ustawieniem urządzeń w automatycznych liniach rozbiorowych taka klasyfikacja może pozwolić na wydzielenie i rozbiór wyłącznie takich tuszek, z których możliwe jest pozyskanie fileta o najwyższej i wyrównanej jakości. Tuszki o zbyt małych mięśniach piersiowych nie powinny bowiem podlegać podziałowi a powinny być kierowane do sprzedaży w całości. Problemy może powodować również rozbiór zbyt dużych tuszek. Pozyskiwane z nich filety mogą bowiem wymagać dokrawania do określonej masy, co powoduje powstanie znaczących ilości mięsa drobnego o niższej wartości rynkowej i mniej ekonomicznie efektywnych kierunkach zagospodarowania (Misimi i wsp. 2016).

Obecnie klasyfikacja tuszek w większości zakładów drobiarskich uwzględnia jedynie masę całej tuszki. Z uwagi na zróżnicowanie ukształtowania tuszek taka klasyfikacja nie pozwala na dokładne oszacowanie wielkości i udziału poszczególnych mięśni w tuszce, w tym tych najcenniejszych handlowo *m. pectoralis major* i *minor*. Najnowocześniejsze rozwiązania w zakresie klasyfikacji surowca, oprócz klasyfikacji wagowej, wyposażone są dodatkowo w systemy video (2D), dzięki którym można precyzyjnie przyporządkować tuszki do klas jakościowych, uwzględniając przy tym takie cechy jak złamania skrzydeł i nóg, uszkodzenia skóry, krwawe wybroczyny. Pozwala to na lepsze wykorzystanie surowca i kierowanie tuszek o odpowiednich parametrach do dalszych etapów procesu dzielenia (Marty-Mahe i Marchal 1997, Mollah i wsp. 2010, Chmiel i wsp. 2011, Barbin i wsp. 2016, Teimouri i wsp. 2018). Automatyczne systemy video pozwalają również na

zobiektywizowanie oceny wizualnej i umożliwiają wyeliminowanie tuszek, pochodzących z padłych ptaków, które nie zostały wcześniej rozpoznane (Materiały informacyjne firmy Marel 2017; Materiały informacyjne firmy Meyn 2017). Powyższe systemy uwzględniają jednakże jedynie możliwość kierowania tuszek o określonej jakości i masie do ewentualnego rozbioru lub sprzedaży w całości, nie uwzględniając udziału mięśni piersiowych w poszczególnych tuszkach.

Skanowanie 3D jest coraz powszechniejszą praktyką w różnych gałęziach przemysłu, np. przy projektowaniu form wtryskowych, inżynierii odwrotnej i modelowaniu CAD podczas tworzenia modeli dla obrabiarek CNC. W przypadku przemysłu spożywczego wykazano, że istnieje możliwość wykorzystania techniki skanowania 3D do określania objętości produktów spożywczych o nieregularnych kształtach (banany, gruszki oraz jajka) oraz pieczywa (Uyar i Erdogdu 2009; Santos i wsp. 2010). Goñi i wsp. (2007) wskazali natomiast na przydatność tej metody do określania objętości kawałków mięsa, uzyskując średni błąd szacowania mniejszy niż 2%. W badaniach Aydin (2017) opracowano nową i nieinwazyjną metodę automatycznego oceniania kulawości brojlerów. W tym celu obrazy brojlerów były zarejestrowane za pomocą kamery 3D i poddawane analizie komputerowej. Mortensen i wsp. (2016) wykorzystali technikę 3D w badaniach mających na celu określenie masy kurcząt podczas ich chowu. Została ona również użyta przez Misimi i wsp. (2016) w projekcie "GRIBBOT", nowatorskiej koncepcji automatycznego rozbioru kurcząt kontrolowanego przez system 3D. Również w badaniach dotyczących łososi wykorzystano technikę 3D do klasyfikacji jakościowej surowca (Sture i wsp. 2016). W warunkach przemysłowych technika skanowania 3D została wykorzystana ponadto w krajalnicach mięsa. W rozwiązaniach tych skaner 3D tworzy obraz mięsa gotowego do pocięcia w plastry, a następnie, dzięki dokładnemu pomiarowi kształtu bryły mięsa, szacowana jest właściwa objętość potrzebna do uzyskania zdefiniowanej masy kawałka mięsa. Dzięki temu krajalnica tnie mięso na plasterki o tej samej wadze (Materiały informacyjne firmy Nantsune 2018).

Przy wykorzystaniu skanowania 3D możliwe jest wyznaczanie objętości obiektów. Jednakże w przypadku obrazów 3D całych tuszek kurcząt określenie objętości samych mięśni piersiowych nie jest możliwe. Dlatego w badaniach zdecydowano o poszukiwaniu innego parametru związanego z objętością/masą, a mianowicie pola powierzchni przekroju w największym stopniu skorelowanego z masą *m. pectoralis major* i *minor*.

4.3.2. Cel naukowy Osiągnięcia oraz omówienie wyników badań

Głównym celem Osiągnięcia będącego podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 ze zm.) jest ocena możliwości wykorzystania pomiarów gęstości i cech geometrycznych (pól przekrojów) do szacowania jakości surowców mięsnych.

Cele szczegółowe pracy:

- 1) ocena możliwości wykorzystania pomiarów gęstości (w tym z wykorzystaniem skanera 3D) do szacowania składu chemicznego mięsa,
- 2) ocena możliwości wykorzystania pomiarów geometrycznych (pól przekrojów uzyskanych ze skanowania 3D) do szacowania uzysku filetów z rozbioru tuszek kurcząt.

Ad. 1). Ocena możliwości wykorzystania pomiarów gęstości (w tym z wykorzystaniem skanera 3D) do szacowania składu chemicznego mięsa

W celu określenia możliwości wykorzystania pomiarów gęstości do szacowania składu chemicznego mięsa przeprowadzono badania na układach modelowych, których wyniki opublikowano w artykule I.A.1. (zał. 5.). Materiał w tych badaniach stanowił mięsień najdłuższy grzbietu oraz słonina. Analizowano mieszaniny o różnym stopniu rozdrobnienia – użyto sitek o średnicy otworów 10, 4 i 2 mm. Próbkę do badań przygotowano poprzez wymieszanie surowca mięsnego z tłuszczowym, przy czym udział poszczególnych składników zmieniał się w każdym modelowym układzie o 10%, uzyskując 9 mieszanin (o stosunku wagowym mięso/tłuszcz odpowiednio 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 60/40, 70/30, 80/20 i 90/10). Dodatkowo, badaniom poddano próbki zawierające tylko surowiec mięsny oraz tylko surowiec tłuszczowy. Łącznie przebadano 11 próbek. Do pomiarów gęstości mięsa posłużyły rury pomiarowe o zróżnicowanej średnicy i zbliżonej wysokości, a więc zróżnicowanej także objętości. Próbkę przed pomiarami odpowietrzano, umieszczając materiał we wnętrzu zamykarki próżniowej i kilkakrotnie obniżając ciśnienie do około 25 hPa. Rury pomiarowe napełniano materiałem, ustawiając je na płytce szklanej. Napełnianie przeprowadzano niewielkimi porcjami materiału w celu uniknięcia powstania wolnych przestrzeni. Górną powierzchnię wyrównywano również za pomocą płytki szklanej. Napełnione rury pomiarowe ważono na wadze analitycznej, a za wynik przyjmowano średnią

z pięciu pomiarów. Uzyskaną masę próbki dzielono przez jej objętość, uzyskując w ten sposób gęstość mieszaniny mięsno-tłuszczowej. Podczas badań kontrolowano temperaturę materiału przechowywanego w warunkach chłodniczych ($4 \pm 2^\circ\text{C}$), w celu uniknięcia zmian gęstości wraz z temperaturą. Po wyznaczeniu gęstości próbek o rozdrobieniu \varnothing 10 mm rozdrobiono je po raz drugi w wilku laboratoryjnym przy użyciu sitka o średnicy otworów 4 mm. Powtarzano następnie czynności związane z wyznaczaniem gęstości układu mięsno-tłuszczowego przy dalszym rozdrobieniu. Po zakończeniu tego etapu pomiaru gęstości, próbki rozdrobiono w wilku z sitkiem o średnicy otworów 2 mm i powtarzano procedurę.

W celu określenia korelacji między gęstością a składem chemicznym próbek metodami odwoławczymi oznaczono zawartość wody [PN-ISO 1442: 2000], zawartość białka [PN-75/A-04018] oraz zawartość tłuszczu [PN-ISO 1444: 2000]. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, wyznaczając współczynniki korelacji i równania regresji prostoliniowej.

Wraz ze zmniejszeniem się udziału mięsa w próbce zmniejszała się zawartość wody – od początkowych 72,9% do 12,6%. Dodatek do układu składnika tłuszczowego spowodował zwiększenie zawartości tłuszczu – od 7,4% w próbce składającej się tylko z mięsa do 83,7% w próbce, którą stanowiła słonina. Wraz ze zmniejszaniem udziału składnika mięsnego w mieszaninie zmniejszała się zawartość białka – z 19,6 do 4,9%.

W przypadku korelacji zaobserwowanych przy 10-milimetrowym rozdrobieniu układu stwierdzono istotność jej współczynników między gęstością wyznaczoną za pomocą wszystkich rur pomiarowych a zawartością wszystkich podstawowych składników chemicznych. Zastosowanie rury pomiarowej o największej objętości pozwoliło na uzyskanie wyższych (w wartości bezwzględnej) i istotnych statystycznie współczynników korelacji.

Rozdrobienie analizowanych modelowych mieszanin mięsno-tłuszczowych z zastosowaniem sitka o rozmiarze otworów \varnothing 4 mm spowodowało, że otrzymane współczynniki korelacji były istotne statystycznie i wyższe niż współczynniki stwierdzone w przypadku zastosowania rozdrobienia o większych wymiarach cząstek. Zależność tę zaobserwowano dla wszystkich składników chemicznych i stosowanych przyrządów pomiarowych. W przypadku tego stopnia rozdrobienia nie można jednoznacznie wskazać objętości rury pomiarowej, która pozwala na osiągnięcie najwyższych (w wartości bezwzględnej) współczynników korelacji.

Również przy 2-milimetrowym rozdrobieniu modelowych układów mięsno-tłuszczowych stwierdzono istotność wszystkich współczynników korelacji wyznaczonych

między gęstością a zawartością wody, białka i tłuszczu. Wartość bezwzględna otrzymanych współczynników korelacji była większa niż wyznaczona przy 10-milimetrycznym rozdrobieniu surowca. Różnice w wartościach bezwzględnych współczynników korelacji między pomiarami dla rozdrobienia 4 i 2 mm są niewielkie, co wskazuje, że zwiększenie stopnia rozdrobienia w tym przypadku nie skutkuje poprawą siły korelacji.

Marcotte i wsp. [2008] określili wartość współczynników korelacji między gęstością produktów drobiowych a podstawowym składem chemicznym na zdecydowanie niższym poziomie (zawartość wody 0,53, zawartość tłuszczu – 0,39, zawartość białka – 0,05). W przypadku tych badań najwyższy współczynnik korelacji (w wartości bezwzględnej) stwierdzono między gęstością a zawartością węglowodanów w analizowanych wyrobach (–0,83). W badaniach tych autorów podkreślono również wpływ temperatury pomiaru na uzyskiwaną gęstość produktów. W badaniach Zorba i Şükrü [2006] stwierdzono, że gęstość emulsji mięsnej jest uzależniona od wzajemnego udziału w niej wołowiny, wieprzowiny i mięsa drobiowego, z czego można wnioskować o uzależnieniu gęstości mięsa od gatunku zwierzęcia, z którego to mięso pochodzi.

Na podstawie tej części badań stwierdzono, że pomiary we wszystkich zastosowanych rurach pomiarowych pozwoliły na wyznaczenie istotnych korelacji o wysokich współczynnikach między gęstością a wyróżnikami składu chemicznego. Wartość uzyskanych współczynników korelacji zależała od stopnia rozdrobienia modelowego układu mięsno-tłuszczowego. W przypadku mniejszych cząstek (2 i 4 mm) uzyskiwano wyższe współczynniki korelacji niż przy rozdrobieniu 10 mm.

Badania układów modelowych potwierdziły istnienie istotnej korelacji pomiędzy gęstością a wyróżnikami podstawowego składu chemicznego mięsa. Dodatkowo wykazano, że pomiary techniczne gęstości mogą być metodą o zadowalającej dokładności.

Zadowalające wyniki badań układów modelowych skłoniły do ich kontynuowania w oparciu o surowiec przemysłowy. Wejście w życie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25.10.2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom deklaracji wartości odżywczej żywności, w tym też przetworów mięsnych skłoniło do poszukiwania również niedestrukcyjnej metody określania gęstości, mogącej być zastosowaną do szacowania składu chemicznego elementów całomięśniowych. Takim rozwiązaniem było zastosowanie skanera 3D. W tym celu nawiązano współpracę z Wydziałem Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej jako jednostką posiadającą niezbędny sprzęt i doświadczenie w jego stosowaniu.

Pozytywne wyniki wstępnych badań z zastosowaniem skanera 3D skłoniły do próby złożenia zgłoszenia patentowego. Przygotowane w trakcie opracowywania zgłoszenia opracowanie literaturowe dotyczące skanowania 3D w przemyśle spożywczym skłoniło, do przedstawienia wyników dotyczących wykorzystania pomiarów 3D do szacowania składu chemicznego jako odrębnej publikacji (zał. 5., I.A.2.) a całości wyników z wykorzystaniem innych metod oznaczania gęstości w postaci kolejnego artykułu (zał. 5., I.A.3.).

Zatem celem badań w kolejnym etapie była próba wykorzystania pomiarów gęstości różnymi metodami (skanowania 3D, hydrostatyczną, piknometryczną) do szacowania składu chemicznego mięsa. Materiał do badań stanowiło 20 wieprzowych mięśni karkówki (*m. semispinalis capitis*). Surowiec pobrano z 20 różnych prawych półtuszy wieprzowych z 3 różnych dni ubojowych. Masa ubijanych w warunkach przemysłowych tuczników (świń krzyżówek ras wielka biała polska lub polska biała zwisłoucha z rasami mięsnymi) wahała się w przedziale 95 - 110 kg. Tusze wychładzano zgodnie z procedurami zakładu ubojowego, tj. przez 24 h z zastosowaniem wychładzania dwustopniowego (I^o temperatura powietrza: -10°C, czas 1-2 h, II^o temperatura powietrza: 0-4°C, czas około 22 h, do uzyskania temperatury w centrum termicznym szynki nie wyższej niż 4°C). Po tym czasie pobierano próbki mięśni o masie około 1000 g. Do badań wybierano surowiec, którego przetłuszczenie, w ocenie wzrokowej, było znacznie zróżnicowane.

W pierwszej kolejności dokonywano skanowania 3D całych karkówek. Obraz 3D badanych elementów wygenerowano na podstawie zebranych chmur punktów przy pomocy skanera ScanBright archeo 2 VOLUME. Skaner ten ma możliwość pomiaru w dwóch objętościach. Skaner wyposażony był w fabryczny stół obrotowy oraz statyw z głowicą kulową. Aby uzyskać pełen obraz elementu wykonywano 9 skanów co 40°, a za pomocą fabrycznego oprogramowania Mesh3D usunięto artefakty w wygenerowanych obrazach. W oprogramowaniu Leios2 (E.G.S., Włochy), na podstawie uproszczonych chmur punktów tworzono obrazy 3D i wyznaczano objętość. Następnie każdą karkówkę ważono przy pomocy wagi o dokładności pomiaru 0,01 g. Po dokonaniu określenia gęstości tą metodą każdą próbkę surowca rozdrobniono w wilku z siatką o średnicy otworów 2 mm i ujednolicono poprzez dokładne mieszanie. Następnie z tak przygotowanego surowca pobierano niezależne próbki mięsa do oznaczenia gęstości metodami piknometryczną i hydrostatyczną.

Do pomiarów gęstości metodą piknometryczną rozdrobnionego mięsa posłużyła rura pomiarowa o objętości 94,76 cm³. Postępowano zgodnie z metodyką zawartą w artykule I.A.1. (zał. 5.).

Metoda hydrostatyczna pomiaru gęstości opiera się na prawie Archimedesesa, z którego wynika, że ciało zanurzone w cieczy pozornie traci na wadze tyle, ile wynosi masa wypartej przez to ciało cieczy. Do pomiarów gęstości wykorzystano wagę wyposażoną w przystawkę do wyznaczania gęstości ciał stałych metodą hydrostatyczną (WPS 360/C/2, Radwag, Radom, Poland). Jako ciecz odniesienia stosowano wodę, a jej temperaturę kontrolowano i uwzględniano w późniejszych przeliczeniach. Dokonywano pomiaru trzech próbek mięsa o masie ok. 50 g pobranych z każdej rozdrobnionej karkówki. Uzyskane wyniki uśredniano. Próbkę, które posłużyły do oznaczenia gęstości metodą hydrostatyczną nie były wykorzystywane do oznaczania podstawowego składu chemicznego mięsa.

W próbkach określono również zawartość wody, tłuszczu, białka i popiołu metodami odwoławczymi (AOAC 2000).

Otrzymane wyniki poddano analizie równań regresji. Z uwagi na fakt uzyskania najwyższych (w wartości bezwzględnej) współczynników korelacji dla zależności liniowej przedstawiono jedynie wyniki korelacji liniowej Pearsona. Wyznaczono współczynniki korelacji oraz równania regresji pomiędzy zawartością wody, białka, tłuszczu i popiołu a gęstością badanego mięsa. Na potrzeby określenia dokładności szacowania zawartości poszczególnych składników chemicznych na podstawie gęstości mięsa wyznaczonej różnymi metodami obliczono standardowy błąd predykcji (Standard Error Prediction - SEP).

Badane karkówki charakteryzowały się znaczną zmiennością składu chemicznego, np. zawartość tłuszczu kształtowała się w szerokim zakresie od 9,59 do 22,91%. Zbliżone wartości średniej zawartości i median wszystkich składników chemicznych świadczą o równomiernym rozkładzie próbek w całym zakresie zmienności. Zróżnicowanie składu chemicznego mięsa wpłynęło na zróżnicowanie gęstości, niezależnie od zastosowanej metody jej określania. Średnie gęstości mięsa wyznaczone metodą skanowania 3D i metodą hydrostatyczną były do siebie zbliżone i wynosiły odpowiednio 1,0410 i 1,0382 g/cm³. Wyższą gęstość mięsa odnotowano natomiast w przypadku pomiarów wykonywanych metodą piknometryczną. Analizowane karkówki charakteryzowały się największą zmiennością pod względem zawartości tłuszczu (różnica między wartością minimalną a maksymalną to ok. 13 jednostek %), a najniższą białka (ok. 5 jednostek %). Zmiana zawartości tłuszczu w próbkach mięsa w zakresie od minimalnej do maksymalnej powodowała zróżnicowane zmiany gęstości w zależności od stosowanej metody jej wyznaczania (od ok. 0,03 do 0,1 g/cm³).

W mniejszym zakresie (niż w przypadku tłuszczu) zmieniała się zawartość wody w karkówkach (ok. 10 jednostek %). Najmniejsze zróżnicowanie obserwowano w zawartości

popiołu w mięsie, która kształtowała się na średnim poziomie 0,92%, a więc zbliżonym do przyjętego w rozważaniach teoretycznych tematyki niniejszych badań.

Stwierdzono istotność korelacji pomiędzy zawartością wody, białka i tłuszczu a gęstością analizowanych próbek mięsa wyznaczoną różnymi metodami. Najwyższe (w wartości bezwzględnej) współczynniki korelacji stwierdzono pomiędzy zawartością tłuszczu i wody a gęstością mięsa, niezależnie od metody jej wyznaczania. Ujemne wartości współczynnika korelacji świadczą o odwrotnie proporcjonalnej zależności pomiędzy zawartością tłuszczu a gęstością mięsa. Niższe wartości współczynników korelacji stwierdzono w przypadku analizy wyników dotyczących zawartości białka.

Spośród zastosowanych metod wyznaczania gęstości mięsa najwyższymi współczynnikami jej korelacji (w wartości bezwzględnej) z wyróżnikami składu chemicznego charakteryzowała się metoda hydrostatyczna. Najsilniejszą korelację stwierdzono pomiędzy gęstością mięsa wyznaczoną tą metodą a zawartością tłuszczu i wody. Na uwagę zasługuje fakt znacznego zróżnicowania równań pomiędzy poszczególnymi metodami oznaczania gęstości. Wynika z niego, że w przypadku próby zastosowania każdej z tych metod do szacowania składu chemicznego mięsa, należałoby stosować indywidualnie wyznaczone równania regresji.

Na podstawie wartości standardowych błędów predykcji dokładność szacowania zawartości wody, białka i tłuszczu na podstawie gęstości badanego mięsa wyznaczonej metodą hydrostatyczną wynosiła odpowiednio: 1,7; 0,7 i 2,2%. Wyższe wartości SEP stwierdzono w przypadku metody piknometrycznej oraz skanowania 3D. Wydaje się, że wyliczona dokładność szacowania może być wystarczającą dla właściwego planowania produkcji oraz ewentualnego umieszczania deklaracji żywieniowej na etykiecie. Mimo że metoda 3D charakteryzowała się niższymi współczynnikami korelacji oraz wyższym błędem predykcji, to w przypadku szacowania składu chemicznego elementów całościowych to właśnie ona mogłaby być stosowana w warunkach przemysłowych (nie wymaga rozdrobnienia lub zanurzenia próbki w cieczy odniesienia). Również dokładność tej metody może być zadowalająca do celów informacji żywieniowej na opakowaniu, dotyczącej zarówno zawartości tłuszczu, jak i białka w mięsie i jego przetworach.

Ad. 2). Ocena możliwości wykorzystania pomiarów geometrycznych (pól przekrojów uzyskanych ze skanowania 3D) do szacowania uzysku filetów z rozbioru tuszek kurcząt

Badania opisane w punkcie 1). określiły przydatność skanera 3D do obrazowania produktów mięsnych, co skłoniło do kontynuacji badań z jego wykorzystaniem, w zakresie możliwości szacowania udziału elementów rozbiorowych. Z uwagi na możliwości techniczne skanera (ograniczona objętość skanowania) zdecydowano o próbie zastosowania tej metody do oceny uzysków fileta z tuszek kurcząt.

Celem badań w tym etapie było określenie możliwości wykorzystania skanowania 3D do określenia masy całego fileta oraz masy *m. pectoralis major* i *minor* w tuszkach kurcząt. Surowiec do badań stanowiły tuszki kurcząt (n=25) zakupione w sprzedaży detalicznej, znacząco zróżnicowane pod względem masy. Obraz 3D badanych tuszek kurcząt wygenerowano na podstawie zebranych chmur punktów przy pomocy skanera ScanBright archeo 2 VOLUME. Skaner wyposażony był w fabryczny stół obrotowy, na którym ustawiano statyw ze standardowym strzemieniem przemysłowym używanym w liniach transportowych zakładów drobiarskich. Strzemiono wykorzystywano do zawieszenia kolejnych badanych tuszek kurcząt.

Obrazy tuszek tworzone w sposób opisany w poprzednim punkcie autoreferatu. Obrazy 3D każdej z tuszek podzielono na szereg przekrojów: P, W i O (w różnych płaszczyznach, przedstawionych na rysunkach 1, 2 i 3, zał. 5., I.A.4.).

Pierwszą płaszczyznę przekroju (P1) wyznaczano poprzez połączenie trzech punktów, dwóch w miejscach połączenia skrzydeł z tułowiem i trzeciego w miejscu zakończenia mostka tuszki. Następnie wyznaczano wysokość piersi, definiując ją jako odległość od wyznaczonej płaszczyzny (P1) do najdalszego punktu w obrazie 3D, położonego na grzebieniu mostka tuszki. Odległość tę dzielono na 5 równych odcinków, przez końce których prowadzono kolejne równoległe do P1 płaszczyzny przekrojów (P2-P5). Następnie obliczano pole powierzchni przekroju tuszki wyznaczonego przez poszczególne płaszczyzny.

Płaszczyznę przekroju W3 wyznaczano jako płaszczyznę symetrii tuszki (Rys. 2, zał. 5., I.A.4.). Następnie wyznaczano szerokość piersi definiując ją jako długość odcinka prostopadłego do wyznaczonej płaszczyzny łączącego miejsca połączenia skrzydeł z tułowiem. Odcinek ten dzielono na sześć części, przez końce których prowadzono kolejne równoległe do W3 płaszczyzny przekrojów (od lewej W1-W2, W4-W5). Następnie obliczano pole powierzchni przekroju tuszki wyznaczonego przez poszczególne płaszczyzny.

Płaszczyznę przekroju O4 wyznaczano jako prostopadłą do płaszczyzny W1 i prowadzono poprzez miejsca połączenia skrzydeł z tułowiem. Następnie wyznaczano płaszczyznę równoległą do O4 i przechodzącą przez miejsca połączenia ud z tułowiem (O1). Odległość pomiędzy płaszczyznami dzielono na trzy równe części, przez końce których prowadzono kolejne równoległe do O4 płaszczyzny przekrojów (O2 i O3). Następnie obliczano pole powierzchni przekroju tuszki wyznaczonego przez poszczególne płaszczyzny.

Po wykonaniu skanowania 3D każdą tuszkę ważono z dokładnością do 0,01 g. Następnie dokonywano dysekcję zgodnie z wytycznymi WPSA (1984) i Goliomytis i wsp. (2003). Po określeniu masy całego fileta dzielono go na *m. pectoralis major* i *minor*, które następnie także ważono.

Otrzymane wyniki poddano analizie regresji. Zależności między badanymi parametrami szacowano przy pomocy korelacji liniowej Pearsona. Wyznaczono współczynniki korelacji oraz równania regresji pomiędzy powierzchnią pól przekrojów [cm²] a masą całego fileta i masami *m. pectoralis major* i *minor* [g]. Dla potrzeb określenia dokładności szacowania masy mięśni na podstawie pola powierzchni przekrojów otrzymanych metodą skanowania 3D obliczono również standardowy błąd predykcji (Standard Error Prediction - SEP).

Zgodnie z założeniami badań masa tuszek była znacząco zróżnicowana i zawierała się w przedziale od 1021,4 do 2570,8 g. Ze znacznego zróżnicowania masy tuszek wynikały zróżnicowane masy *m. pectoralis major* i *minor*. Analizując masy minimalną i maksymalną całego fileta stwierdzono ponad 3-krotną różnicę. Wskazuje to na potrzebę klasyfikacji wstępnej tuszek kurcząt pod kątem udziału tego najcenniejszego elementu rozbiorowego. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż wartości minimalne i maksymalne masy całego fileta nie stanowiły sumy wartości minimalnych i maksymalnych poszczególnych mięśni wchodzących w skład tego elementu. Wynika to prawdopodobnie z różnego udziału *m. pectoralis major* i *minor* w filecie w zależności od jego masy [Havenstein i wsp. 2003].

Stwierdzono istotność współczynników korelacji pomiędzy polami powierzchni wszystkich analizowanych przekrojów P, W i O a masą tuszki, całego fileta i masą *m. pectoralis major* i *minor*.

Najwyższe, niezależnie od miejsca określenia pola powierzchni P, współczynniki korelacji stwierdzono w przypadku korelacji z masą tuszki. W przypadku zależności z masą fileta oraz jego poszczególnych mięśni, najwyższe współczynniki korelacji stwierdzono w przypadku pola przekroju P1. Standardowy błąd predykcji (SEP) dla tego pola przekroju w

przypadku całego fileta, jak również jej poszczególnych części, tj. *m. pectoralis major* i *minor*, wynosił odpowiednio 104,82; 89,85 i 22,58 g. Odnosząc wartości te do średnich mas całego fileta oraz poszczególnych jego mięśni, procentowa dokładność szacowania wynosiła odpowiednio 21,7; 23,0 i 24,3%. Należy to uznać za niewystarczającą dokładność do szacowania masy całego fileta i *m. pectoralis major* i *minor*.

W przypadku przekrojów W również najwyższe współczynniki korelacji stwierdzono pomiędzy ich polami powierzchni a masą tuszki, niezależnie od miejsca przeprowadzenia przekroju (W1-W5). Współczynniki korelacji pomiędzy polem powierzchni przekroju W3 a masą fileta oraz masami *m. pectoralis major* i *minor* kształtowały się na poziomie ok. 0,63. Przeprowadzenie kolejnych przekrojów (W2 i W4), w odległości 1/6 szerokości tuszki od płaszczyzny symetrii (W3), spowodowało zmniejszenie wartości współczynników korelacji do poziomu od 0,46 do 0,56. Z kolei przesunięcie miejsca określenia pola powierzchni przekrojów do płaszczyzny W1 i W5 spowodowało wzrost współczynników korelacji do poziomu od 0,70 do 0,80. Wyższe współczynniki korelacji w przypadku przekrojów W1 i W5, w porównaniu z uzyskanymi dla przekroju P1, skutkowały niższymi wartościami SEP. Przykładowo, dla W5, odnosząc wartości te do średnich mas całego fileta oraz poszczególnych jego mięśni, procentowa dokładność szacowania wynosiła odpowiednio 17,4; 19,0 i 21,0%. Szacowanie masy fileta oraz masy mięśni wchodzących w jego skład na podstawie równań regresji z wykorzystaniem pól przekroju W1 i W5 dało zatem większą dokładność w porównaniu z wykorzystaniem pola przekroju P1. Natomiast zróżnicowanie wartości współczynników korelacji w przypadku przekrojów W1 i W5 wskazuje na brak idealnej symetrii tuszki kurczaka.

Także w przypadku przekrojów O najwyższe współczynniki korelacji stwierdzono pomiędzy masą całej tuszki a polami przekrojów O, niezależnie od miejsca prowadzenia płaszczyzny (O1-O4). Najsilniejsze korelacje (wysokie wartości współczynników) stwierdzono w przypadku zależności pomiędzy masą fileta, masą *m. pectoralis major* i *minor* oraz polem powierzchni przekroju O4. Wartości współczynników korelacji dla przekrojów O były wyższe w stosunku do otrzymanych dla pozostałych płaszczyzn, a więc P i W. Na podstawie równania regresji dla pola powierzchni przekroju O4 możliwe jest zatem szacowanie masy fileta z dokładnością 36,99 g, co w odniesieniu do średniej masy daje możliwość szacowania z dokładnością wynoszącą 7,6%. W przypadku mięśni *pectoralis major* i *minor* dokładność ta wynosiła odpowiednio 8,5 i 19,6%. Dokładność szacowania, w przypadku całego fileta oraz *m. pectoralis major*, wydaje się być zatem zadowalająca na

potrzeby ewentualnego wykorzystania do ich klasyfikacji. W przypadku klasyfikacji przemysłowej filetów stosowane są najczęściej przedziały 30 lub 50 g.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że wykorzystanie do klasyfikacji tuszek pod względem ewentualnego uzysku fileta lub *m. pectoralis major* pola przekroju O4 (prostopadłego do osi symetrii tuszki (W1) i prowadzonego poprzez miejsca połączenia skrzydeł z tułowiem) może być metodą o większej dokładności niż klasyfikacja oparta na masie całej tuszki.

4.3.3. Podsumowanie

Niezależnie od zastosowanej metody oznaczania gęstości karkówek, może ona stanowić podstawę do szacowania zawartości w nich podstawowych składników chemicznych (wody, białka i tłuszczu). Metody hydrostatyczna i piknometryczna, ze względu na łatwość oznaczenia oraz niski koszt aparatury, mogą stanowić alternatywę do metod wymagających droższych urządzeń, pozwalających oznaczać skład chemiczny mięsa. Mimo wysokich korelacji pomiędzy gęstością oznaczoną metodami hydrostatyczną i piknometryczną a zawartością wody, białka i tłuszczu w badanych karkówkach ich zastosowanie może być jednak ograniczone w praktyce przemysłowej. Ograniczenie to wynika bowiem z konieczności rozdrobnienia i ujednoczenia próbki pobieranej z partii produkcyjnej, a więc metody te nie mogą być zastosowane do szacowania składu chemicznego elementów całościowych (szynka, karkówka). Takimi ograniczeniami nie charakteryzuje się metoda skanowania 3D. Uzyskane w niniejszych badaniach SEP na poziomie 3,3% dla średniej zawartości tłuszczu wynoszącej 15,39% oraz dla białka na poziomie 1,0% przy średniej zawartości 17,37% są zbliżone do dopuszczalnego zakresu tolerancji przewidzianego prawem UE, wynoszącego 20% wartości średniej dotyczącej deklaracji zawartości tłuszczu i białka w produkcie (według Wytycznych dla właściwych organów w sprawie kontroli zgodności z prawodawstwem UE w odniesieniu do: Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r., Internet 1).

Stwierdzono, że skanowanie 3D może być użyteczną metodą do pozyskiwania danych przydatnych do szacowania masy fileta kurcząt. Spośród analizowanych pól przekrojów wyznaczonych z wykorzystaniem tej techniki najwyższe współczynniki korelacji i najniższe błędy predykcji uzyskiwano w przypadku pola przekroju O4 (w płaszczyźnie przechodzącej przez miejsca połączenia skrzydeł z tułowiem i prostopadłej do płaszczyzny symetrii tuszki). Wykorzystanie tego parametru pozwala na szacowanie masy fileta z dokładnością większą niż

z wykorzystaniem masy tuszek. Stwierdzono natomiast, że powierzchnia pól przekrojów wyznaczonych przez płaszczyzny P i W pozwala na szacownie masy fileta i *m. pectoralis major* (na podstawie równań regresji) z mniejszą dokładnością niż określenie ich masy na podstawie masy całej tuszki.

Ponadto, na wynikach tych badań oparto zgłoszenie patentowe dotyczące klasyfikacji tuszek kurcząt pod względem ilości pozyskiwanego z nich fileta (zał. 5., II.B.).

Literatura

1. AOAC (2000). Official methods of analysis of AOAC international. (17th ed.). Gaithersburg, MD, Association of Official Analytical Chemists.
2. Aydin A. (2017). Using 3D vision camera system to automatically assess the level of inactivity in broiler chickens. *Computers and Electronics in Agriculture* 135, 4–10.
3. Barbin D. F., Mastelini S. M., Barbon Jr. S., Campos G. F. C., Paula A., Barbon A. C., Shimokomaki M. N. (2016). Digital image analyses as an alternative tool for chicken quality assessment. *Biosystems Engineering* 144, 85-93.
4. Barbut S. (2014). Review: automation and meat quality-global challenges. *Meat Science* 96, 335–345.
5. Brienne J. P., Denoyelle C., Baussart H., Daudin J. D. (2001). Assessment of meat fat content using dual energy X-ray absorption. *Meat Science* 57, 235-244.
6. Brosnan T., Sun D. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. *Journal of Food Engineering* 61, 3-16.
7. Chmiel M., Dasiewicz K., Słowiński M. (2011). Application of computer vision systems for estimation of fat content in poultry meat. *Food Control* 22, 1424-1427.
8. Feder E. (1913). Eine Grundlage zur Erkennung eines übermäßigen Wasser-zusatzes zu zerkleinerten Fleischwaren. *Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel* 10, 577-588.
9. Gaitán-Jurado A. J., Ortiz-Somovilla V., España- España F., Pérez-Aparicio J., De Pedro-Sanz E. J. (2008). Quantitative analysis of pork dry-cured sausages to quality control by NIR spectroscopy. *Meat Science* 78, 391-399.
10. Ginzburg A. S., Gromow M. A., Krasowskaja G. I. (1990). Tiepłofiziczeskije charakteristiki puszczewych produktów. *Sprawocznik izdiela 3 dopołoczennoje i piererobotannoje. Maskwa. WO. Agropromizdat.*

11. Goñi S. M., Purlis E., Salvadori V. O. (2007). Three-dimensional reconstruction of irregular foodstuffs. *Journal of Food Engineering* 82, 536–547.
12. Hansen P. W., Tholl I., Christensen C., Jehg H. C., Borg J., Nielsen O., Østergaard B., Nygaard J., Andersen O. (2003). Batch accuracy of on-line fat determination. *Meat Science* 64, 141-147.
13. Havenstein G. B., Ferket P. R., Qureshi M. A. (2003). Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science* 82, 1509-1518.
14. Internet 1. Draft guidance document for competent authorities for the control of compliance with eu legislation on: Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011, Council Directive 90/496/EEC, Council Directive 90/496/. with regard to the setting of tolerances for nutrient values declared on a label. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/212935/EU-Guidance-on-Tolerance.pdf. Dostęp w dniu: 26.11.15.
15. Itoh A., Mori Y., Sugiyama Y., Mammoto S. (2009). Intelligent cutter for pork deboning robot-automatic processing of complete pre-deboning process of pork arm. *Journal of Robotics Mechatronics* 21, 301-310.
16. Kenawi M. A., Abdelsalam R. R., El-Sherif S. A. (2009). The effect of mung bean powder, and/or low fat soy flour as meat extender on the chemical, physical, and sensory quality of buffalo meat product. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25, 327-337.
17. Marcotte M., Taherian A. R., Karimi Y. (2008). Thermophysical properties of processed meat and poultry products. *Journal of Food Engineering* 88, 315–322.
18. Marcoux M., Bernier J. F., Pomar C. (2003). Estimation of Canadian and European lean yields and composition of pig carcasses by dual-energy X-ray absorptiometry. *Meat Science* 63, 359-365.
19. Marty-Mahe P., Marchal P. (1997). Grading turkey carcass by colour machine vision: colour defect detection. *Comptes-rendus de l'Academie d'Agriculture France* 83, 128.
20. Materiały informacyjne firmy Marel (2017) - <http://marel.com/poultry-processing/systems-and-equipment/broilers/grading-weighing-and-distribution/automatic-quality-grading/iris---intelligent-reporting-inspection--selection/432?prdc=1&parent=432>. Dostęp w dniu 28.09.2017 r.

21. Materiały informacyjne firmy Meyn (2017) - <http://www.meyn.pl/pl/produkty/rozwiązania-kompleksowe.html>. Dostęp w dniu 28.09.2017 r.
22. Materiały informacyjne firmy Nantsune. (2018). http://www.nantsune.com/products/highspeed_slicer/index.html. Dostęp w dniu 09.04.2018.
23. Misimi E., Øye E. R., Eilertsen A., Mathiassen J. R., Åsebø O. B., Gjerstad T., Buljo J., Skotheim Ø. (2016). GRIBBOT – Robotic 3D vision-guided harvesting of chicken fillet. *Computers and Electronics in Agriculture* 121, 84–100.
24. Mitchell A. D., Solomon M. B., Rumsey T. S. (1997). Composition analysis of beef rib sections by dual-energy X-ray absorptiometry. *Meat Science* 47, 115-124.
25. Mollah B. R., Hasan A., Sala, A., Ali A. (2010). Digital image analysis to estimate the live weight of broiler. *Computers and Electronics in Agriculture* 72, 48-52.
26. Mortensen A. K., Lisouski P., Ahrendt P. (2016). Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture* 123, 319–326.
27. Niesteruk R. (1996). Właściwości termofizyczne żywności. Część I. Rozprawy Naukowe nr 33. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, 31-35.
28. PN-A-04018:1975/Az3 Oznaczenie zawartości azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
29. PN-ISO 1442:2000 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości wody.
30. PN-ISO 1444:2000 Mięso i przetwory mięsne. Oznaczenie zawartości tłuszczu wolnego.
31. Prieto N., Ross D. W., Navajas E. A., Nute G. R., Richardson R. I., Hyslop J. J., Simm G., Roehe R. (2009). On-line application of visible and near-infrared reflectance spectroscopy to predict chemical, physical and sensory characteristics of beef quality. *Meat Science* 83, 96-103.
32. Prost E. K. (2006). Zwierzęta rzeźne i mięso - ocena i higiena. Rozdział 5. Mięso. Właściwości fizyczne. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 2006, 168-170.
33. Reith J. F., Hofsteede M. J. N., Langbroek W. (1955). The nitrogen content of meat and the calculation of the meat content of meat products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 6(6), 317-323. article first published online: 1 MAY 2006 DOI: 10.1002/jsfa.2740060605.
34. Rozporządzenie Komisji (EWG) NR 226/89 z dnia 26 stycznia 1989 r. w sprawie procedury oznaczania zawartości mięsa w produktach objętych kodami CN 1602 49 11, 1602 49 13, 1602 49 15, 1602 49 19, 1602 49 30 i 1602 49 50. *Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich*, L29/11, 31.1.1989, 46-47.
35. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 2004/2002z dnia 8 listopada 2002 r. dotyczące

- procedury oznaczania zawartości mięsa i tłuszczu w niektórych produktach z wieprzowiny. Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich, L 308/22, 9.11.2002, 347-349.
36. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 543/2008 z dnia 16 czerwca 2008 r. wprowadzające szczegółowe przepisy wykonawcze do rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w sprawie niektórych norm handlowych w odniesieniu do mięsa drobiowego. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 157/46, 17.6.2008, 46-87.
37. Santos M. V., Vampa V., Califano A., Zaritzky N. (2010). Numerical simulations of chilling and freezing processes applied to bakery products in irregularly 3D geometries. *Journal of Food Engineering* 100, 32–42.
38. Savenije B., Geesink G. H., Van Der Palen J. G. P., Hemke G. (2006). Prediction of pork quality using visible/near-infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*, 73, 181-184.
39. Stubbs B., More A. (1919). The estimation of the appropriate quantity of meat in sausages and meat pastes. *Analysts* 44, 125-127.
40. Sture Ø., Øye E. R., Skavhaug A., Mathiassen J. R. (2016). A 3D machine vision system for quality grading of atlantic salmon. *Computers and Electronics in Agriculture* 123, 142–148.
41. Teimouri N., Omid M., Mollazade K., Mousazadeh H., Alimardani R., Karstoft H. (2018). On-line separation and sorting of chicken portions using a robust vision-based intelligent modelling approach. *Biosystems Engineering* 167, 8-20.
42. Tøgersen G., Arnesen J. F., Nielsen B. N., Hildrum K. I. (2003). On-line prediction of chemical composition of semi-frozen ground beef by non-invasive NIR spectroscopy. *Meat Science* 63, 515-523.
43. Tøgersen G., Isaksson T., Nilsen B. N., Bakker E. A., Hildrum K. I. (1999). On-line NIR analysis of fat, water and protein in industrial scale ground meat batches. *Meat Science* 51, 97-102.
44. Uyar R., Erdoğdu F. (2009). Potential use of 3-dimensional scanners for food process modeling, *Journal of Food Engineering* 93, 337-343.
45. Wold J. P., O'Farrell M., Høy M., Tschudi J. (2011). On-line determination and control of fat content in batches of beef trimmings by NIR imaging spectroscopy. *Meat Science* 89, 317-324.
46. Yam K. L., Papadakis E. S. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering* 61, 137-142.

47. Zhou D., Holmes J., Holcombe W., Lee K. M., McMurray G. (2007). Automation of bird front half deboning procedure: design and analysis. In: Proceedings of the 12th IFToMM World Congresses in Mechanism and Machine Science, Besançon (France).
48. Zorba O., Şükrü K. (2006). Optimization of emulsion characteristics of beef, chicken and turkey meat mixtures in model system using mixture design. *Meat Science* 73, 611–618.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych)

W mojej działalności naukowej, poza tematyką wchodzącą w skład Osiągnięcia, można wyróżnić następujące główne kierunki badań:

- 1) wpływ płci i masy ptaków na uzysk elementów zasadniczych z tusz strusi oraz właściwości technologiczne mięsa strusi,
- 2) wpływ czynników przyżyciowych i poubojowych na jakość mięsa,
- 3) wpływ wybranych dodatków funkcjonalnych na jakość przetworów mięsnych,
- 4) wpływ wybranych czynników na jakość konserw mięsnych,
- 5) wpływ warunków zootechnicznych na jakość mięsa.

5.1. Wpływ płci i masy ptaków na uzysk elementów zasadniczych z tusz strusi oraz właściwości technologiczne mięsa strusi

W badaniach dotyczących tego tematu określono wpływ płci, masy poubojowej tuszy oraz rodzaju mięśnia na jakość technologiczną mięsa. Badaniom poddano 20 sztuk zwierząt, z których pobrano trzy mięśnie pochodzące z różnych miejsc tuszy (jeden mięsień z podudzia i dwa z uda). Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu płci lub masy poubojowej strusi na jakość technologiczną mięsa. Natomiast jakość ta była wysoce różnicowana poprzez rodzaj mięśnia poddanego badaniom. Miejsce pochodzenia mięsa w tuszy zwierząt determinowało wszystkie badane wyróżniki jakości technologicznej (wodochłonność, ilość wycieku po obróbce termicznej, zdolność utrzymywania wody własnej, zawartość barwników hemowych, parametry barwy mierzone instrumentalnie, parametry tekstury). Poza monografią (zał. 5., II.D.2.33), wyniki badań zostały zawarte również w innych publikacjach (zał. 5., II.D.2.4., II.D.2.5., II.D.2.23., II.D.2.35.).

W kolejnych badaniach podjęto próbę określenia optymalnych warunków peklowania mięsa strusiego. Przeprowadzone badania nad wpływem składu pomocniczej mieszanki do peklowania oraz czasu peklowania wykazały, że najlepsze efekty uzyskuje się przy zastosowaniu dodatku 2% mieszanki peklującej i 0,03% kwasu askorbinowego (uwzględniając końcowe efekty peklowania, a w szczególności stopień przereagowania barwników, pozostałość wolnych azotynów). Natomiast pod względem wyróżników technologicznych korzystniejszy był dodatek: 2% mieszanki peklującej, 0,03% kwasu askorbinowego i 0,3% wielofosforanów (zał. 5., III.B.2.20.).

Badania dotyczące surowców pochodzących z uboju strusi dotyczyły również charakterystyki jakości ich podrobów. Podroby (serca, żołądki i wątroby) pozyskano od 24

strusi afrykańskich (*Strutio camelus var. Domesticus*) pochodzących z hodowli z polskich gospodarstw. Podroby zostały pobrane bezpośrednio na linii produkcyjnej i zważone. W materiale określono zawartość wody, tłuszczu, białka, popiołu i kolagenu całkowitego. Serca i żołądki strusie charakteryzowały się wysoką zawartością białka (odpowiednio 18,1 i 19,0%) oraz niską zawartością tłuszczu (2,0 i 0,9%), typową dla chudego mięsa. W związku z tym mogą być wykorzystywane jako surowce do produkcji produktów przetworzonych z podrobów lub karmy dla zwierząt domowych. Wątroby strusie charakteryzowały się nieco mniejszą zawartością białka oraz znacznie wyższą i zróżnicowaną zawartością tłuszczu (4,4-28,4%) niż pozostałe podroby. Wątroby o wyższej masie charakteryzowały się istotnie wyższym poziomem tłuszczu i niższą zawartością białka, wody i popiołu. Zatem wykorzystanie wątrób strusich powinno być poprzedzone ich klasyfikacją pod względem zawartości tłuszczu (zał. 5., II.A.2.6.).

5.2. Wpływ czynników przyżyciowych i poubojowych na jakość mięsa

Badania nad wpływem czynników przyżyciowych i poubojowych na jakość mięsa dotyczyły zarówno mięsa drobiowego, jak i wieprzowego oraz wołowego.

W badaniach mięsa drobiowego oceniano możliwość wykorzystania pomiarów barwy do szacowania składu chemicznego i jakości technologicznej mięsa kurcząt i indyków (zał. 5., II.D.2.9., II.D.2.12.). Stwierdzono, że istotne statystycznie współczynniki korelacji i determinacji przyjmowały relatywnie niskie wartości, co wskazuje, że składowe barwy nie powinny być wykorzystywane do szacowania zawartości białka, wody i barwników hemowych w „ciepłych” i wychłodzonych mięśniach piersiowych i udowych kurcząt. W przypadku mięśni indyków relatywnie wysoki współczynnik determinacji (0,35) stwierdzono między zawartością barwników hemowych a składową barwą L* mięśni udowych określoną metodą odbiciową, co może być wykorzystywane w praktyce.

W przypadku mięśni kurcząt, pomimo stwierdzonych istotnych korelacji między składowymi barwy ocenianymi na „ciepło” i po wychłodzeniu a analizowanymi wyróżnikami jakości technologicznej (pH, zdolność utrzymywania wody własnej i ilość wycieku po obróbce termicznej), wartości współczynników determinacji (0,08-0,16) były zbyt niskie, aby wskazywać na możliwość praktycznego ich zastosowania. Użycie ich spowodowałoby bowiem obciążenie wyników zbyt dużym błędem.

Wykonane pomiary mięśni indyków wykazały, że określane metodą odbiciową składowe barwy b* i L* mięśni „ciepłych” i wychłodzonych mogą być wykorzystane do oszacowania pH i zdolności utrzymywania wody własnej przez mięśnie wychłodzone.

Kolejnym zagadnieniem było określenie wpływu warunków przechowywania i metody pakowania na jakość filetów z kurcząt. Celem badań (zał. 5., II.A.2.10.) było określenie zmian jakości i terminu przydatności do spożycia fileta z kurcząt (*musculus pectoralis*), pakowanych w atmosferze powietrza (na tackach z polistyrenu owiniętych w folię PCV) oraz w atmosferze modyfikowanej (MAP) z mieszanką gazów: 75% O₂ i 25% CO₂. Stwierdzono, że filety pakowane w MAP charakteryzowały się dłuższym czasem przydatności do spożycia w porównaniu do mięsa pakowanego na tackach i owiniętego PCV. Dłuższy czas przydatności do spożycia wynikał z wolniejszego i mniej intensywnego pogorszeniem jakości ogólnej. Ponadto przechowywanie fileta w regale ekspozycyjnym spowodowało przyspieszenie negatywnych zmian zachodzących w jakości surowca podczas przechowywania w porównaniu z mięsem przechowywanym w chłodni. Okres przechowywania mięsa z piersi kurczaka na tackach owiniętych folią PCV i w MAP oraz przechowywanych w chłodni wynosił odpowiednio 8 i 9 dni. Mięso pakowane na tacce i owinięte folią PCV charakteryzowało się nieakceptowalną jakością już po 7 dniach przechowywania w regale ekspozycyjnym, podczas gdy mięso pakowane w MAP i przechowywane w tych samych warunkach charakteryzowało się akceptowalną jakością do końca eksperymentu, tj do 9 dnia.

W kolejnym eksperymencie określano zmiany składu chemicznego i intensywność procesów utleniania tłuszczu w podobnych warunkach przechowywania. W porównaniu do wyżej przedstawionych badań, dodatkowo wykorzystano surowiec zapakowany próżniowo (zał. 5., II.A.2.11.). Mięso pakowane w MAP podczas przechowywania w chłodni charakteryzowało się wyższymi wartościami TBARS w porównaniu z mięsem pakowanym na tacce z folią PCV i dodatkowo próżniowo. Największy udział w profilu kwasów tłuszczowych w tłuszczu piersi kurcząt wykazywały jednonienasycone kwasy tłuszczowe, w tym kwas cis C18: 1 (n9 + n11) w zakresie od 31,86 do 34,66%. Zaobserwowano wysoki udział kwasów wielonienasyconych, w tym kwasu linolowego (C18: 2 cis, cis) od 24,50 do 31,22% wszystkich kwasów tłuszczowych. Nie ustalono prostej zależności między zmianami profilu kwasów tłuszczowych w mięsie pakowanym różnymi metodami i czasem przechowywania, prawdopodobnie ze względu na zmienność składu kwasów tłuszczowych w piersiach kurczaka w zależności od próbki i ogólny niski poziom tłuszczu w tym surowcu.

Badania mięsa wieprzowego dotyczyły wpływu genotypu świń na jego jakość (zał. 5., II.A.2.1., II.D.2.17., II.D.2.24.) oraz wykorzystania mięsa wadliwego i zróżnicowanego jakościowo w produkcji wyrobów mięsnych (zał. 5., II.A.2.3., II.A.2.5., II.D.2.38.).

Badaniami objęto mięso pochodzące od ras rodzimych: puławskiej, złotnickiej pstrej oraz krzyżówek rasy puławskiej z wbp i pbz. Stwierdzono, że mięso (*m. longissimus thoracis*) świń obu ras rodzimych charakteryzowało się lepszą jakością, wyrażoną wyższą zawartością białka i tłuszczu śródmięśniowego, mniejszą ilością wycieku swobodnego oraz wycieku powstałego po obróbce termicznej niż mięso świń rasy pbz (zał. 5., II.A.2.1.). Mięso świń rasy złotnickiej pstrej odznaczało się lepszą jakością niż mięso świń rasy puławskiej. Stwierdzono w nim wyższą zawartość tłuszczu śródmięśniowego, charakteryzowało się ponadto lepszą jakością technologiczną, wyrażoną zdolnością utrzymywania wody własnej i wodochłonnością oraz niższymi wartościami siły cięcia i ściskania.

W odrębnych badaniach (zał. 5., II.D.2.17.) stwierdzono, że świni rasy puławskiej, w porównaniu do rasy wbp, charakteryzowały się istotnie gorszymi cechami użyteczności tucznej i rzeźnej (mniejsze średnie przyrosty masy ciała, niższa mięsność, większe otłuszczenie i mniejsza powierzchnia oka połównicy). Mięso świń rasy puławskiej cechowało się istotnie mniejszą zawartością wody a większą tłuszczu i białka oraz większą marmurkowatością. Pozostałe wartości wyróżników technologicznych mięsa świń rasy puławskiej nie odbiegały od wyników otrzymanych w przypadku mięsa świń rasy wbp.

Porównując jakość kulinarną mięsa świń rasy puławskiej z jakością mięsa z krzyżówek loch rasy puławskiej z knurami wbp i pbz (zał. 5., II.D.2.24.), stwierdzono, że spośród badanych genotypów najwyższą jakością kulinarną odznaczało się mięso pozyskiwane od mieszańców rasy puławskiej i pbz. Cechowało się ono m.in.: istotnie niższą zawartością tłuszczu śródmięśniowego i kolagenu, wyższą zawartością białka ogółem, niższą twardością i żujnością oraz uzyskiwało istotnie niższe noty w ocenie sensorycznej smaku i kruchości. Jednocześnie, niska zawartość tłuszczu śródmięśniowego nie wpływała na pogorszenie odczucia soczystości mięsa.

Wykorzystanie mięsa wadliwego jest ważnym problem współczesnego przemysłu mięsnego. W prowadzonych przeze mnie badaniach określano możliwość wykorzystania mięsa PSE w produkcji wyrobów mięsnych (zał. 5., IIA.2.3.).

W badaniach nad wykorzystaniem mięsa PSE w produkcji szynek (IIA.2., poz. 3., zał. 5) surowiec stanowił *m. semimembranosus* z defektem PSE, a materiałem porównawczym było mięso wysokiej jakości (RFN). Jakość mięsa oceniano mierząc jego pH, przewodność elektryczną, parametry barwy i ilość wycieku podczas przechowywania. Mięso PSE i RFN zostało następnie wykorzystane do produkcji szynek restrukturyzowanych. Mięso PSE charakteryzowało się niższym pH, wyższą przewodnością elektryczną, jaśniejszą barwą i znacznie większym wyciekem swobodnym oraz stratami masy po rozmrożeniu w

porównaniu z mięsem RFN. Wpływ gorszej jakości mięsa PSE na jakość produktów mięsnych może być ograniczony przez restrukturyzację. Restrukturyzowane szynki wykonane z mięsa PSE były jaśniejsze niż te wykonane z mięsa RFN, ale pozostałe parametry jakości były na zbliżonym poziomie.

W przeprowadzonych badaniach oceniano również możliwość wykorzystania mięsa PSE do produkcji konserw sterylizowanych typu „mięso w sosie własnym”. Konserwy produkowano z 50% udziałem mięsa PSE oraz w 100% z mięsa PSE i porównano z produktami z mięsa dobrej jakości (RFN). Stwierdzono, że użycie mięsa z wadą PSE miało niewielki wpływ na jakość konserw mięsnych. Zastąpienie zarówno 50%, jak i całkowitej ilości mięsa RFN mięsem PSE nie wpłynęło na przebieg procesu sterylizacji (wartość liczby sterylizacyjnej F_0), ani nie zwiększyło ilości wytopionego tłuszczu i galarety w konserwie. Nie miało to również wpływu na mierzone instrumentalnie parametry tekstury i cechy jakości sensorycznej, w tym na ogólną pożądalność produktu. Konserwy wyprodukowane z mięsa PSE charakteryzowały się natomiast wyższymi wartościami parametrów L^* i b^* .

W badaniach mięsa wołowego skupiono się na zagadnieniach związanych z wpływem odległość transportu zwierząt przed ubojem i czasu magazynowania na pH_{48} mięsa jako jednego z wyznaczników jego jakości (zał. 5., II.D.2.20.). Stwierdzono, że transport zwierząt na odległości ponad 200 km sprzyjał wyższemu pH_{48} mięsa (*m. longissimus dorsi*) i w związku tym należy go unikać. Zwiększone pH_{48} obserwowano również w przypadku przetrzymywania zwierząt ponad 48 godzin w magazynach przedubojowych. Nie stwierdzono istotnego wpływu masy zwierzęcia jak i typu użytkowego na pH_{48} . Zaobserwowano jednak ten wpływ w przypadku kategorii zwierząt. Wśród bydła młodego stwierdzono niższe pH_{48} u jałówek niż u młodych byków. W przypadku dorosłego bydła różnice w pH_{48} nie były znaczące.

Odmiernym zagadnieniem w badaniach dotyczących wołowiny było określenie uzysku elementów zasadniczych i kulinarnych z tusz buhajków w zależności od ich masy i klasy uformowania (zał. 5., II.D.2.32.). Badania te były prowadzone we współpracy z Zakładami Mięsnymi „Łmeat - Łuków” w Łukowie. Głównymi stwierdzeniami i wnioskami wynikającymi z podjętych badań było określenie, że wraz ze wzrostem masy tuszy (niezależnie od uformowania) obniżała się wydajność rzeźna oraz zmniejszały się uzyski procentowe najcenniejszych elementów tuszy. Wzrastał natomiast procentowy udział kości, mięs drobnych i łoju. Spośród analizowanych klas uformowania tusze buhajów klasy U

charakteryzowały się największym udziałem procentowym cennych elementów handlowych, tj. karkówki b/k, zrazowej górnej, krzyżowej oraz ligawy.

5.3. Wpływ wybranych dodatków funkcjonalnych na jakość przetworów mięsnych

Wiele badań inicjowanych przeze mnie dotyczyło kontynuacji zagadnień poruszonych w mojej pracy doktorskiej i związanych z możliwością obniżenia zawartości tłuszczu w wyrobach mięsnych z wykorzystaniem dodatków funkcjonalnych. Wyniki tych badań opublikowano w licznych artykułach (zał. 5., II.D.2.1., II.D.2.7., II.D.2.8., II.D.2.28., II.D.2.30.).

W badaniach nad określeniem wpływu dodatku izolatu białka sojowego i kappa karagenu na jakość drobiowych niskotłuszczowych kielbas drobno rozdrobnionych oceniano ich jakość bezpośrednio po wytworzeniu, jak i w czasie 3-tygodniowego przechowywania w warunkach chłodniczych ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$, zał. 5., II.D.2.1.). Warianty produktów zróżnicowano poprzez dodatek kappa karagenu (0,3-0,5%) i izolatu białka sojowego (2,5-3,5%). Zastosowane dodatki funkcjonalne nie wpłynęły istotnie na zapach i barwę niskotłuszczowych kielbas wyprodukowanych z mięsa drobiowego, natomiast korzystnie wpływały na smak i konsystencję. Jednoczesne, zastosowanie kappa karagenu i izolatu białka sojowego powodowało istotne zmniejszenie ilości wycieku podczas obróbki termicznej i próżniowego przechowywania parówek.

Kolejne badania (z tego zakresu) miały na celu określenie wpływu dodatku preparatu transglutaminazy i koncentratu białek sojowych na jakość parówek (zał. 5., II.D.2.7.). Skład recepturowy poszczególnych wariantów parówek różnił się dodatkiem 10% uwodnionego koncentratu białek sojowych oraz 0,1-0,2% preparatu Activa WM, zawierającego enzym transglutaminazę. Dodatek transglutaminazy powodował istotny wzrost lepkości pozornej farszu z dodatkiem koncentratu białek sojowych w porównaniu z farszem kontrolnym (bez koncentratu). Dodatek preparatu Activa WM w ilości 0,2% pozwalał na skompensowanie niekorzystnego wpływu koncentratu białek sojowych na teksturę parówek w krótkim czasie po ich wytworzeniu. Pozytywny efekt dodatku transglutaminazy zanikał w czasie 30-dniowego przechowywania. Dodatek transglutaminazy nie wpływał na smak i zapach parówek, ale powodował niewielki efekt rozjaśnienia ich barwy.

Prowadzono również badania z jednoczesnym wykorzystaniem kilku dodatków funkcjonalnych (zał. 5., II.D.2.8.). Przeprowadzono m.in. badania, które miały na celu określenie wpływu dodatku kappa karagenu, gumy ksantanowej, gumy guarowej, izolatu białka sojowego, preparatu błonnika pszennego, preparatu białka kolagenowego oraz pektyny

na jakość niskotłuszczowych kiełbas drobno rozdrobnionych, ocenianych bezpośrednio po wytworzeniu, jak i w czasie 2-tygodniowego przechowywania w warunkach chłodniczych ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$). W miarę zwiększania dodatku gum: ksantanowej i guarowej (w zakresie 0,1-0,3%), przy jednoczesnym zastosowaniu 0,25% dodatku kappa karagenu, następowało istotne zmniejszenie ilości wycieku po obróbce termicznej. Stwierdzono, że niecelowym jest zastąpienie 0,5% dodatku karagenu 0,4% dodatkiem gumy guar lub ksantanowej, gdyż powoduje to pogorszenie parametrów tekstury, obniżenie not za wyróżniki oceny sensorycznej oraz zwiększenie ubytków przechowalniczych kiełbas. Przechowywanie parówek przez 2 tygodnie wykazało, że najwyższymi stratami przechowalniczymi charakteryzowały się wyroby wytworzone tylko z dodatkiem karagenu. Dowodzi to, że dodatek karagenu łącznie z gumą ksantanową lub guarową opóźnia proces synerезy. Najmniejszą ilością wycieku po obróbce termicznej (średnio 2,8%) cechowały się farsze z łącznym dodatkiem 0,5% karagenu, 2,0% błonnika pszennego oraz 2,0% izolatu białka sojowego lub 2,0% preparatu białka kolagenowego. Użycie pektyny w produkcji niskotłuszczowych kiełbas wydaje się niecelowe, gdyż powoduje ona pogorszenie ocenianej instrumentalnie tekstury i barwy oraz not za smak i konsystencję ocenianych sensorycznie.

Uczestniczyłem również w badaniach mających na celu określenie możliwości wykorzystania inuliny jako substytutu tłuszczu w produkcji konserw (zał. 5., II.D.2.28.) i kiełbas (zał. 5., II.D.2.30.). W przypadku konserw mięsnych stwierdzono, że zastąpienie surowca tłuszczowego wodnym roztworem inuliny (25%) powoduje zwiększenie ilości wycieku termicznego, zmniejszenie sprężystości, spoistości, żujności i twardości oraz zmniejszenie jasności barwy konserw. Brak istotnych statystycznie różnic we wszystkich badanych wyróżnikach jakości, pomiędzy konserwami kontrolnymi i eksperymentalnymi, obserwowano tylko przy najmniejszym stopniu substytucji, tj. zamianie 1/3 ilości surowca tłuszczowego roztworem inuliny, choć i przy tym poziomie substytucji stwierdzano tendencje do zwiększenia ilości wycieku termicznego, niekorzystnego pogorszenia parametrów tekstury i zmniejszenia jasności barwy bloku mięsnego. Wskazuje to na ograniczone możliwości wykorzystania inuliny jako zamiennika tłuszczu w produkcji drobno rozdrobnionych, sterylizowanych konserw mięsnych.

Natomiast zastosowanie inuliny umożliwiło wyprodukowanie kiełbas drobno rozdrobnionych o jakości zbliżonej do jakości wyrobów pełnotłuszczowych i zawartości tłuszczu zmniejszonej mniej więcej o około 45%. Efekt ten uzyskano przy zastąpieniu 2/3 ilości surowca tłuszczowego wodnym roztworem inuliny (25%). Przy zastąpieniu całej ilości

surowca tłuszczowego (stanowiącego 30% składu surowcowego) roztworem inuliny obserwowano istotne zmniejszenie wydajności obróbki wędzarniczo-parzelniczej, zmniejszenie żujności i twardości oraz istotne pogorszenie pożądalności ogólnej wyrobów (w porównaniu z wyrobami kontrolnymi). Zastąpienie tłuszczu roztworem inuliny, niezależnie od poziomu substytucji, nie miało natomiast istotnego wpływu na sprężystość i spoistość wyrobów oraz parametry (L^* , a^* , b^*) barwy. Nie powodowało również pojawienia się wycieku w opakowaniu w trakcie chłodniczego przechowywania wyrobów oraz nie przyczyniło się do zwiększenia ilości ubytków masy powstałych w trakcie ich ogrzewania przed konsumpcją.

W swojej działalności naukowej zajmowałem się również zagadnieniami związanymi z obniżeniem poziomu dodatku potencjalnie szkodliwego jakim jest azotan(III) sodu wykorzystywany w procesie wędzarniczym (zał. 5., II.D.2.29., II.D.2.30.). W badaniach tych wykorzystano jako źródło azotanów(V) mieszaną warzywną (głównym źródłem azotanów(V) był suszony sok z selera) oraz szczepionkę bakterii denitryfikujących z rodzaju *Staphylococcus carnosus*.

W celu zapewnienia warunków pozwalających na redukcję azotanów(V) przez bakterie denitryfikujące stosowano przedłużony czas peklowania w warunkach chłodniczych lub przetrzymanie półproduktu w komorze wędzarniczej w optymalnej dla *Staphylococcus carnosus* temperaturze ok. 40°C. Zarówno w badaniach dotyczących jakości szynek restrukturyzowanych, jak i kielbas drobno rozdrobnionych stwierdzono, że peklowanie z udziałem wyciągu warzywnego jako źródła azotanów(V) wraz z dodatkiem bakterii denitryfikujących (*Staphylococcus carnosus*) pozwala na ograniczenie ilości azotanów(III) resztkowych mniej więcej o 50% w porównaniu z wyrobami peklowanymi tradycyjną mieszaną peklową, z zachowaniem pozostałych parametrów jakości na zbliżonym poziomie. Zróżnicowanie warunków prowadzenia procesu produkcyjnego wyrobów peklowanych z dodatkiem wyciągu warzywnego i bakterii denitryfikujących (przetrzymanie w warunkach chłodniczych lub w temperaturze 40°C) nie wpływało na jakość technologiczną i sensoryczną gotowego wyrobu, jest więc niecelowe ze względów ekonomicznych. Wyroby peklowane z dodatkiem preparatu warzywnego oraz bakterii denitryfikujących mogą być wytwarzane z zastosowaniem tradycyjnego przebiegu procesu produkcyjnego.

5.4. Wpływ wybranych czynników na jakość konserw mięsnych

W przypadku badań mających na celu określenie wpływu wybranych czynników na jakość konserw ich wyniki opublikowano w trzech artykułach (zał. 5., II.D.2.13, II.D.2.14., II.D.2.28.).

W badaniach dotyczących wpływu czasu sterylizacji, stopnia rozdrobnienia surowców i zawartości tłuszczu na jakość modelowych konserw mięsnych stwierdzono, że konserwy z farszu „chudego” (nie zawierającego w recepturze surowca tłuszczowego) osiągały gwarantującą trwałość wartość sterylizacyjną ($F_0 > 3$ min) już po 30 min, a konserwy z farszu „tłustego” (z 40% udziałem surowca tłuszczowego w recepturze) po 40 min sterylizacji w temperaturze 121°C (zał. 5., II.D.2.13.). Po danym czasie sterylizacji konserwy z farszu „chudego” otrzymywały większą dawkę cieplną niż z farszu „tłustego”. Stopień rozdrobnienia farszu nie miał wpływu na osiągniętą w centrum termicznym konserwy wartość F_0 . Czas sterylizacji nie różnicował ilości wycieku termicznego. Na jego ilość wpływał stopień rozdrobnienia farszu i skład surowcowy. Konserwy z farszu średnio rozdrobnionego charakteryzowały się większą ilością wycieku tłuszczu i galarety niż z farszu kutrowanego (przy tym samym składzie surowcowym). Większa zawartość tłuszczu w farszu powodowała zwiększenie ilości wycieku termicznego zarówno w przypadku konserw z farszu średnio rozdrobnionego, jak i kutrowanego. Wydłużenie czasu sterylizacji powodowało zmniejszenie siły penetracji, bez względu na zawartość tłuszczu czy stopień rozdrobnienia farszu w konserwie. Badano również wpływ powyższych czynników (stopnia rozdrobnienia i zawartości tłuszczu w farszu) na wartość sterylizacyjną F_0 i pasteryzacyjną P_0 (zał. 5., II.D.2.14.). Stwierdzono, że niezależnie od rodzaju prowadzonej obróbki termicznej i stopnia rozdrobnienia większe dawki cieplne (wartość F_0) otrzymywały konserwy o mniejszej zawartości tłuszczu. Wpływ stopnia rozdrobnienia wpływał istotnie na wartość pasteryzacyjną P i sterylizacyjną F konserw zarówno „tłustych”, jak i „chudych”. Wyższe wartości tych parametrów uzyskiwały konserwy wyprodukowane z farszów średnio rozdrobnionych niż z kutrowanych.

Zagadnienie związane z wykorzystaniem inuliny w produkcji konserw opisano w punkcie 3 niniejszego rozdziału.

Zainteresowanie naukowe procesem sterylizacji konserw zaowocowało również publikacjami dydaktycznymi (zał. 5., II.E.1.1., II.E.1.3., II.E.1.5.).

5.5. Wpływ warunków zootechnicznych na jakość mięsa

Prowadziłem również badania we współpracy w Wydziale Nauk o Zwierzętach SGGW, a dotyczyły one właściwości technologicznych mięsa różnych gatunków zwierząt. Badania mięsa drobiowego dotyczyły m.in. porównania jakości mięsa kurcząt wolno i szybko rosnących. Porównano podstawowy skład chemiczny oraz właściwości technologiczne mięśni piersiowych kurcząt szybko rosnących (Hubbard Flex) i wolno rosnących (Hubbard JA 957). Mięśnie do badań pobrano 24 h po uboju od 6 kur i 6 kogutów z każdej grupy. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że mięśnie piersiowe kurcząt wolno rosnących zawierały istotnie więcej białka a mniej tłuszczu i cholesterolu niż mięśnie kurcząt szybko rosnących, co jest korzystne pod względem żywieniowym. Ponadto, charakteryzowały się one wyższą zdolnością utrzymywania wody własnej oraz mniejszą ilością wycieku podczas obróbki termicznej, co ma istotne znaczenie dla producentów przetworów drobiowych (II.A.2., poz. 2. poz. , zał. 5).

Uczestniczyłem również w badaniach dotyczących właściwości mięsa egzotycznego gatunku kurcząt *Ayam cemani*. W badaniach tych materiał doświadczalny stanowiło 30 kurcząt wolno rosnących *Ayam cemani* (15 kogutów i 15 kur) odchowywanych od wylęgu do 18 tygodnia życia. W mięśniach oznaczono podstawowy skład chemiczny (zawartość suchej masy, białka i tłuszczu), zawartość barwników hemowych oraz właściwości technologiczne (48h po uboju): pH, wodochłonność i ilość wycieku termicznego. Mięśnie piersiowe kur zawierały 24,5% białka, kogutów - 24,8%, a mięśnie nóg odpowiednio: 21,4 i 21,6%. Mięśnie nóg charakteryzowały się większą 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 statystycznie istotnych różnic w zawartości podstawowych składników i właściwościach fizykochemicznych mięśni piersiowych i nóg, w zależności od płci (zał. 5., II.D.2.27.).

Jednym z tematów wspólnych badań było określenie jakości mięsa indyków wolno rosnących i szybko rosnących oraz ich dwukierunkowych mieszańców, uwzględniając jednocześnie preferowany system utrzymania ptaków z dostępem na zewnątrz. Materiał do badań stanowiły mięśnie piersiowe i udowe indyków wolno rosnących (SG) i szybko rosnących (FG) oraz ich dwukierunkowych mieszańców (SF i FS). Na podstawie uzyskanych wyników nie wykazano istotnego wpływu linii genetycznej indyków na podstawowy skład chemiczny mięśni piersiowych. Mięśnie udowe indyków wolno rosnących (SG) i

dwukierunkowych mieszańców (SF i FS) zawierały istotnie więcej białka, a mniej tłuszczu w porównaniu z mięsem ptaków szybko rosnących (FG), co może mieć decydujący wpływ na wybór tego surowca przez konsumentów. Mięśnie piersiowe i udowe indyków wolno rosnących charakteryzowały lepsze właściwości technologiczne, co przejawiało się istotnie ($p < 0,05$) większą wodochłonnością i mniejszą ilością wycieku po obróbce cieplnej, niż mięso ptaków pozostałych linii genetycznych. Może to mieć duże znaczenie dla producentów przetworów mięsnych, ze względu na możliwość poprawy efektów ekonomicznych. Barwa mięśni udowych indyków była bardzo wyrównana. Natomiast barwa mięśni piersiowych indyków wolno rosnących był ciemniejsza, o czym świadczą istotnie niższe wartości parametru barwy L^* niż w przypadku mięsa indyków pozostałych linii genetycznych. Stwierdzono, że spośród mieszańców indyków (SF i FS) lepszą jakością mięsa charakteryzowały się indyki SF (zał. 5., II.A.2.4., II.A.2.8.).

Podjęmowano również badania w zakresie wpływu rodzaju paszy (żywienie mieszankami przemysłowymi oraz własnej produkcji) na jakość mięsa gęsiego. Materiał do badań stanowiły mięśnie piersiowe gęsi Białych Kołodzkich®, w których po rozdrobnieniu oznaczano: zawartość wody, białka, tłuszczu, popiołu, pH, ilość wycieku termicznego, zdolność utrzymywania wody własnej (WHC) oraz dokonano pomiaru parametrów barwy. Wykazano, że prawidłowo zbilansowane mieszanki własnej produkcji mogą być stosowane w żywieniu gęsi, bez negatywnego wpływu na jakość uzyskanego mięsa. Dzięki temu poprzez wykorzystanie tańszych surowców pochodzących z własnego gospodarstwa, możliwe jest obniżenie kosztów produkcji (zał. 5., II.D.2.34.).

Celem badań z zakresu dotyczącego jakości mięsa kaczek było określenie wpływu systemu utrzymania na wybrane parametry jakości mięśni piersiowych. Kaczki (Pekin P-44) podzielono na cztery grupy doświadczalne w zależności od płci i systemu utrzymania: system intensywny (IS) i system z dostępem do wybiegu (OS). Analizy przeprowadzono łącznie dla 48 mięśni piersiowych (po 12 dla każdej grupy doświadczalnej: 2 x płęć; 2 x system utrzymania). Nie stwierdzono wpływu systemu utrzymania na skład chemiczny mięśni piersiowych kaczek P-44. System chowu kaczek P-44 miał znaczący wpływ na straty masy podczas obróbki cieplnej, parametr barwy L^* , kruchość, soczystość i ogólną akceptację konsumenta. Mięso samców w porównaniu z mięsem samic P-44, bez względu na system utrzymania, charakteryzowały znacznie wyższe wartości parametru barwy L^* i niższe a^* . Statystyczna wielowymiarowa analiza składowych głównych (PCA) wykazała, że mięso kaczek P-44 utrzymywanych w systemie wolno wybiegowym było lepiej postrzegane przez

konsumentów w porównaniu z mięsem kaczek P-44 utrzymywanych w systemie intensywnym, głównie ze względu na większą kruchość i soczystość (zał. 5., II.D.2.39.).

Współpraca z Wydziałem Nauk o Zwierzętach nie dotyczyła tylko badań związanych z mięsem drobiowym. Uczestniczyłem również w badaniach dotyczących właściwości mięsa żubrów i żubroni. Celem eksperymentu było zbadanie wartości odżywczej i jakości mięsa bydła domowego (*Bos taurus*), żubroni (*Bos taurus* × *Bison bonasus*) oraz żubra (*Bison bonasus*). Byki i żubronie były tuczone do masy ciała 600-650 kg przy użyciu tego samego schematu żywienia. Mięso żubra pochodziło z selektywnego odstrzału samców. Mięso analizowano pod kątem składu chemicznego, składu kwasów tłuszczowych, cech jakości mięsa i wartości wskaźnika TBARS. W porównaniu do wołowiny, mięso żubroni i żubra charakteryzowało się niższą zawartością tłuszczu i popiołu, a wyższą zawartością wody. Mięso żubroni i żubrów wykazało niższą zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych i wyższą zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w porównaniu z wołowiną. Siła cięcia próbek mięsa była najwyższa w przypadku mięsa żubrów europejskich, a najniższa w przypadku wołowiny. Wyższe parametry barwy a* i b* zostały stwierdzone w przypadku mięsa żubra i żubroni (w porównaniu do wołowiny). Najwyższą wartość wskaźnika TBARS stwierdzono w przypadku wołowiny (zał. 5., II.A.2.9.).

6. Podsumowanie pracy naukowo-badawczej

6.1. Dorobek publikacyjny

Pełna lista moich osiągnięć naukowych oraz popularno-naukowych znajduje się w Załączniku 5 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego (Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacji o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki). W tabeli 1 zestawiono dorobek przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, natomiast w tabeli 2 przedstawiono zestawienie publikacji.

Mój obecny całkowity dorobek publikacyjny, w których jestem autorem lub współautorem składa się z 57 recenzowanych publikacji naukowych, 44 doniesień konferencyjnych oraz 36 ekspertyz. Sumaryczna liczba punktów wg punktacji MNiSW za publikacje wynosi 569,2, a sumaryczny współczynnik wpływu IF 20,387 (IF_{5-letni} = 24,533). Prace był cytowane 16 razy, a mój indeks Hirscha wynosi 2.

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	0	2	2
1.2. w j. angielskim	0	14	14
2. Publikacje i rozdziały w monografiach nie znajdujące się w bazie JCR			
2.1. w j. polskim	3	26	29
2.2. w j. angielskim/obcym	0	13	13
Razem publikacje	3	39	42
3. Opracowania zbiorowe, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz			
3.1. Opracowania zbiorowe – skrypty i podręczniki	0	6	6
3.2. Dokumentacja prac badawczych	0	10	10
3.3. Ekspertyzy	0	36	36
Razem opracowania zbiorowe, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	0	52	52
4. Projekty naukowo-badawcze			
4.1. Projekty badawcze finansowane przez NCN, NCBiR, MNiSW	0	1	1
4.2. Projekty współfinansowane ze środków UE	0	3	3
4.3. Projekty badawcze finansowane przez SGGW	0	2	2
4.4. Projekty badawcze finansowane z działalności statutowej Zakładu Technologii Mięsa	0	1	1
Razem projekty naukowo-badawcze	0	7	7
5. Wygłoszenie referatów na krajowych konferencjach tematycznych	0	2	2
6. Udział w komitetach organizacyjnych krajowych konferencji naukowych	0	6	6
7. Doniesienia konferencyjne			
7.1. konferencje międzynarodowe	0	11	11
7.2. konferencje krajowe	3	30	33
Razem doniesienia	3	41	44
8. Nagrody i wyróżnienia Rektora SGGW			
8.1. za działalność naukową	0	4	4
8.2. za działalność dydaktyczną	0	4	4
8.3. za działalność organizacyjną	0	2	2
Razem nagrody i wyróżnienia	0	10	10

Tabela 2. Zestawienie oryginalnych prac twórczych

Lp.	Nazwa czasopisma	Ilość	Pkt MNiSW	IF	IF _{5-letni}
Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora					
1	Gospodarka Mięsna	1	-	-	-
2	Przemysł Spożywczy	1	3	-	-
3	Mięso i Wędliny	1	-	-	-
Razem (1-3)		3	3	-	-
Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora					
Wchodzące w skład Osiągnięcia					
4	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	1	9	-	-
5	Journal of Food Science	1	30	1,649	2,315
6	Food Analytical Methods	1	30	2,245	2,200
7	Computers and Electronics in Agriculture	1	40	2,427	2,761
Razem (4-7)		4	109	6,321	7,276
Pozostałe po uzyskaniu stopnia naukowego doktora					
8	Animal Science Papers and Reports	1	6	0,046	b.d.
9	Żywność. Nauka. Technologia. Jakość	3	23	0,311	0,295
10	Medycyna Weterynaryjna	1	15	0,218	b.d.
11	British Poultry Science	2	60	1,980	2,575
12	Meat Science	1	35	2,821	3,550
13	The Journal of Poultry Science	1	20	0,860	0,803
14	Journal of Food Quality	1	20	0,841	1,119
15	Agricultural and Food Science	1	30	0,580	1,494
16	Journal of Applied Poultry Research	1	25	1,064	1,448
17	Poultry Science	1	35	2,216	2,518
18	LWT - Food Science and Technology	1	35	3,129	3,455
19	Mięso i Wędliny	2	0,2	-	-
20	Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria	3	12	-	-
21	Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego	5	5	-	-
22	Annals of Animal Science. Supplement	1	3	-	-
23	Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego	2	8	-	-
24	Animal Science, Supplement/Proceedings	6	14	-	-
25	Мясной Бизнес	2	2	-	-
26	Annals of Warsaw University of Life Sciences: Animal Science	2	16	-	-
27	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	8	61	-	-
28	Nauka Przyroda Technologie	2	12	-	-
29	Monografie	1	20	-	-
30	Rozdziały w monografiach	3	-	-	-
Razem (8-30)		50	457,2	14,066	17,257
RAZEM (1-30)		57	569,2	20,387	24,533

6.2. Udział i rola w projektach badawczych

Szczegółowe zestawienie udziału w projektach badawczych przedstawiłem w załączniku 5.

W latach 2001-2003 uczestniczyłem jako wykonawca w badaniach nad zastosowaniem szybkich metod oceny umięśnienia tuszek i jakości mięsa drobiowego. Badania te były finansowane z dotacji MNiSW.

W roku 2007 przeprowadziłem trzy ekspertyzy benchmarkingowe w zakładach zrzeszonych w Podlaskim Kłastrze Spożywczym w ramach projektu: Innowacyjny Podlaski Klaster Przetwórstwa Rolno-Spożywczego (Podlaski Klaster Spożywczy) - Działanie II: Benchmarking Klastra.

W ramach współpracy z Państwową Wyższą Szkołą Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży i w partnerstwie z Miastem Łomża pełniłem rolę eksperta w zakresie innowacyjności produkcji w projekcie „Wspieramy praktyków – współpraca nauka - biznes” w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Projekt realizowano w latach 2013-2014.

Jako Pełnomocnik Dziekana ds. Kontaktów ze Szkołami Średnimi koordynowałem wykonanie projektu i/lub prowadziłem ćwiczenia realizowane przez Wydział Nauk o Żywności SGGW dla uczniów szkół powiatu opoczyńskiego. W latach 2014-2015 projekt był finansowany w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Kolejny projekt realizowany w roku 2018 dotyczył rozwoju kompetencji zawodowych uczniów technikum i był finansowany z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014-2020.

W ramach Projektu „Centrum żywności i żywienia - modernizacja kampusu SGGW w celu stworzenia Centrum Badawczo-Rozwojowego Żywności i Żywienia (CŻiŻ)”, współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014-2020, pełnię funkcję kierownika kierunku badawczego nr 1 „Innowacyjne technologie i biotechnologie przetwórstwa rolno-spożywczego, uwzględniające prozdrowotny model żywienia społeczeństwa oraz proekologiczne metody produkcji”.

Byłem również wykonawcą w dwóch projektach stanowiących granty wewnętrzne SGGW. Dotyczyły one wpływu zastosowanej dawki cieplnej na jakość produktów spożywczych (2004) oraz wpływu czynników przyżyciowych i poubojowych na teksturę mięsa (2007).

W latach 2003-2008 pełniłem funkcję kierownika projektu finansowanego z działalności statutowej Zakładu Technologii Mięsa SGGW dotyczącego wpływu wybranych czynników na jakość surowców i produktów mięsnych. Podtemat badawczy: Studia nad wpływem wybranych czynników poubojowych na jakość mięsa strusi.

6.3. Ekspertyzy

Ważnym punktem w moim dorobku naukowych są ekspertyzy, szczególnie te wykonane dla Multisorb Technologies Inc. Wieloletnia współpraca, zaowocowała realizacją kilkudziesięciu wspólnych projektów badawczych, 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,

2) określeniu wpływu zastosowania absorberów tlenu na jakość przechowalniczą przetworów mięsnych.

W pierwszym obszarze badań współpracowano z polskimi i węgierskimi zakładami mięsnymi, a 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 dniu 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 wędliny plasterkowane różnych gatunków, 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 27 ekspertyz (zał. 5., od II.E.3.24 do II.E.3.50.), z czego 11 zrealizowano w ramach 6 projektów ujętych pod wspólnym tytułem „Wpływ absorberów tlenu i wilgoci na jakość przechowalniczą przetworów mięsnych” przewidzianych w Umowie o Świadczeniu Usług Badawczych (2014-2015) pomiędzy SGGW w Warszawie a Multisorb Technologies Inc.

Należy podkreślić, że ekspertyzy wykonywałem również dla innych podmiotów związanych z przemysłem mięsnym m.in.: Grupy Animex S.A., Zakładów Drobiarskich „Super Drob”.

6.4. Krajowe nagrody za działalność naukową

Za swoją działalność naukową byłem czterokrotnie wyróżniany przez J.M. Rektora SGGW w Warszawie:

1. 2009 - nagroda indywidualna III stopnia J.M. Rektora SGGW w Warszawie za osiągnięcia naukowe,
2. 2009 - dyplom uznania J.M. Rektora SGGW w Warszawie za wyróżniającą się działalność naukową wśród adiunktów.
3. 2017 - nagroda zespołowa II stopnia J.M. Rektora SGGW w Warszawie za osiągnięcia naukowe,
4. 2018 - nagroda zespołowa II stopnia J.M. Rektora SGGW w Warszawie za osiągnięcia naukowe,

7. Inne osiągnięcia związane z aktywnością dydaktyczną i organizacyjną

7.1. Działalność dydaktyczna

W ramach obowiązków dydaktycznych prowadzę lub prowadziłem zajęcia ze studentami studiów stacjonarnych oraz niestacjonarnych (zaocznych i wieczorowych) Wydziału Nauk o Żywności, studiów stacjonarnych i niestacjonarnych Wydziału Nauk o Zwierzętach, a także Międzywydziałowego Studium Towaroznawstwa. W ciągu ostatnich 10 lat moje średnie roczne obciążenie dydaktyczne wynosiło ok. 300 godzin (przy 240 godzinach pensum), w tym ok. 25 godzin wykładów. Wykłady realizuję za zgodą i na zlecenie Rady

Wydziału Nauk o Żywności. Prowadzę lub prowadziłem zajęcia łącznie z 15 przedmiotów obligatoryjnych i dwóch fakultatywnych, których wykaz znajduje się w załączniku 5.

Ponadto w latach 2007-2009 współpracowałem z Państwową Wyższą Szkołą Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży – Instytutem Technologii Żywności prowadząc wykłady i ćwiczenia z przedmiotu „Podstawy technologii gastronomicznej”.

W latach 2009-2011 prowadziłem wykłady w ramach studiów podyplomowych realizowanych na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej z zakresu technologii produkcji konserw mięsnych.

Dotychczas byłem promotorem 30 prac magisterskich i 22 inżynierskich. Byłem również opiekunem naukowym 14 prac magisterskich, wykonanych pod kierunkiem prof. dr hab. A. Pisuli, prof. dr hab. M. Słowińskiego, prof. dr hab. J. Mrocza, oraz dr hab. A. Tyburcego. Wiele z tych prac realizowano we współpracy z zakładami przemysłowymi lub firmami produkującymi dodatki do żywności i miały one aspekt praktyczny. Byłem również recenzentem 48 prac inżynierskich i magisterskich. Ponadto przeprowadziłem około 150 egzaminów z praktyki studenckiej ogólnotechnologicznej i specjalizacyjnej.

W chwili obecnej jestem promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr. inż. Adama Zwolana. Praca pod tytułem „Studia nad wpływem naturalnych przeciwutleniaczy na wyróżniki jakości przetworów mięsnych” realizowana jest pod promotorstwem dr hab. Doroty Pietrzak. Jej zakończenie przewidywane jest w 2019 r.

7.1.1. Otrzymane nagrody i wyróżnienia za działalność dydaktyczną

Za swoją działalność dydaktyczną byłem czterokrotnie wyróżniany przez J.M. Rektora SGGW w Warszawie:

1. 2007 - Nagroda I stopnia J.M. Rektora SGGW, zespołowa za osiągnięcia dydaktyczne
2. 2012 - Nagroda I stopnia J.M. Rektora SGGW, zespołowa za osiągnięcia dydaktyczne
3. 2014 - Nagroda I stopnia J.M. Rektora SGGW, zespołowa za osiągnięcia dydaktyczne
4. 2015 - Nagroda I stopnia J.M. Rektora SGGW, zespołowa za osiągnięcia dydaktyczne

7.2. Działalność organizacyjna

W latach 1995 - 2002 brałam czynny udział w rekrutacji kandydatów na I rok studiów Wydziału Technologii Żywności. W roku 1997 i 1998 byłem sekretarzem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej. Byłem członkiem Uczelnianej i Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej z ramienia Rady Wydziału w latach 1999/2003.

W latach 2000 – 2014 byłem członkiem Rady Wydziału Technologii Żywności/Nauk o Żywności z ramienia młodszych pracowników dydaktycznych.

W latach 2005-2012 byłem członkiem Komisji Hospitacyjnej na Wydziale Nauk o Żywności.

W 2009 roku byłem powołany na Kierownika Studiów Podyplomowych organizowanych przez Zakład Technologii Mięsa. Opracowywałem plany zajęć oraz program studiów. Z powodu małej liczby kandydatów studia zostały zamknięte w tym samym roku.

W 2011 roku byłem członkiem zespołu opracowującego plany i program dla tworzonego kierunku studiów „Bezpieczeństwo żywności” na Wydziale Nauk o Żywności.

W latach 2004-2018 - współorganizowałem i brałem czynny udział „Dniach SGGW”

W latach 2007-2016 roku brałem udział w akcji promocji Naszej Uczelni wśród uczniów szkół średnich pod nazwą „Rendez – vous w SGGW”, prowadzonej pod patronatem J.M. Rektora SGGW i odbywającej się kilkakrotnie w ciągu roku.

W latach 2009-2012 pełniłem funkcję pełnomocnika Dziekana ds. egzaminów wstępnych na II stopień studiów.

W latach 2009-2014 roku pełniłem funkcję pełnomocnika Dziekana ds. Kontaktów ze Szkołami Średnimi.

Od 2012 r. jestem opiekunem Klubu Żeglarskiego SGGW.

Również od 2012 roku pełnię funkcję Opiekuna Koła Naukowego Technologów Żywności. W 2013 i 2015 roku za działalność tą otrzymałem wyróżnienie „dla Mistrza Edukacji” z rąk Prorektora ds. Dydaktyki.

7.2.1. Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

Swoją wiedzę wykorzystywałem również jako egzaminator bloku tematycznego „Technologia żywności” podczas Eliminacji Okręgowych XL, XLI i XLII Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Rolniczych w latach 2016, 2017 i 2018 (zał. 5.).

7.2.2. Udział w komitetach organizacyjnych krajowych konferencji naukowych

Byłem członkiem Komitetu Organizacyjnego trzech seminariów naukowych połączonych z obchodami 50-lecia specjalizacji technologii mięsa i tłuszczów SGGW w Warszawie (1995), 40-lecia Wydziału Technologii Żywności (2001), 60-lecia specjalizacji technologii mięsa i tłuszczów SGGW w Warszawie (2004).

Jako członek Komitetu Organizacyjnego brałem udział w organizacji XL Sesji Komitetu Nauk o Żywności PAN „Tradycja i nowoczesność w żywności i żywieniu” połączonej z obchodami Jubileuszu 50-lecia Wydziału Nauk (2011).

W latach 2017 i 2018 byłem przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego 2 i 4 Forum Technologicznego organizowanego przez Zakład Technologii Mięsa we współpracy z firmą Amco Sp. z o.o. pod patronatem JM Rektora SGGW w Warszawie. W Forum każdorazowo brało udział kilkudziesięciu przedstawicieli zakładów mięsnych z terenu całej Polski. Podczas tych konferencji wygłaszałem również wykłady naukowe.

Pełne zestawienie udziału w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych przedstawiono w załączniku 5.

7.2.3. Otrzymane nagrody i wyróżnienia za działalność organizacyjną

Za swoją działalność organizacyjną byłem dwukrotnie wyróżniany przez J.M. Rektora SGGW w Warszawie:

1. 2012 – dyplom uznania J.M. Rektora SGGW za działalność organizacyjną
2. 2018 - dyplom uznania J.M. Rektora SGGW za działalność organizacyjną

7.3. Współpraca międzynarodowa, recenzje publikacji

Łączna liczba zrecenzowanych artykułów w latach 2013-2018 wynosiła 8.

7.3.1. Z listy czasopism posiadających współczynnik wpływu IF (Lista A czasopism MNiSW):

1. LWT-Food Science and Technology – 7 recenzji.

7.3.2. Z listy czasopism nieposiadających współczynnika wpływu IF (Lista B czasopism MNiSW):

1. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych – 1 recenzja.

7.4. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki

W ramach działalności dydaktycznej i upowszechniającej wiedzę:

- w latach 2003-2008 – współpracowałem z międzynarodową firmą Silliker Polska Sp. z o.o. w zakresie prowadzenia szkoleń z zakresu GMP, GHP, oceny jakości ryb systemem QIM dla pracowników sieci handlowych,

- w latach 2004-2017 - współorganizowałem i brałem czynny udział w Festiwalu Nauki. Temat zajęć „Prawda i mity o parówkach” (pokazy produkcji), „Zdrowo czy różowo” (wykłady dla uczniów gimnazjów i liceów).
- w 2007 r. brałem udział w warsztatach z benchmarkingu przedsiębiorstw Podlaskiego Klastra Spożywczego gdzie wygłosiłem wykład („Czynniki genetyczne warunkujące jakość mięsa”). Program skierowany był głównie do pracowników zarządzających różnymi szczeblami i działami w przedsiębiorstwach branży spożywczej tworzących „Podlaski Klaster Spożywczy”(liczba słuchaczy 22).

Brałem też udział w programach telewizyjnych:

- „Laboratorium – Jedzenie”, Program TVP 1, 2006,
- „Pytanie na śniadanie”, TVP 2, 2008,
- „Teleranek” pokaz lekcji festiwalowej „Prawda i mity o parówkach”, TVP 1, 2008.

7.5. Współpraca z przemysłem

7.4.1. Staże przemysłowe:

Staże zagraniczne: 2 (3-miesięczne staże przemysłowe w fabryce konserw w Bischofszell w Szwajcarii, 1995, 1996),

Staże krajowe: 3 (2-miesięczne staże w oddziale międzynarodowej firmy konsultingowo – audytorskiej „Silliker Polska Sp. z o.o.”, 2005, 2006, 2007),

7.4.2. Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie

Pozyskaną w czasie pracy na Uczelni wiedzę teoretyczną konfrontowałem z praktyką przemysłową. Swoją wiedzę z zakresu poprawności funkcjonowania systemu HACCP oraz wdrażania innowacyjności przekazywałem pracownikom zakładów branży spożywczej:

- W latach 2003-2008 – wykonywałem ekspertyzy dla międzynarodowej firmy konsultingowo – audytorskiej „Silliker Polska Sp. z o.o.” w zakresie poprawności funkcjonowania systemu HACCP w zakładach przemysłu spożywczego (zakłady mięsne, mleczarskie, piekarnie i młyny, zakłady cukiernicze i cukrownia), super i hipermarketach (łącznie wykonałem 42 audyty).
- W 2007 roku brałem czynny udział jako członek zespołu badawczego w badaniach w ramach projektu Innowacyjny Podlaski Klaster Przetwórstwa Rolno-Spożywczego

(Podlaski Klaster Spożywczy) - Działanie II: Benchmarking Klastra (określenie względnej innowacyjności przedsiębiorstw Klastra Spożywczego w kilku obszarach w porównaniu do podobnych struktur organizacyjnych i sektorowych, tak w kraju, jak i zagranicą oraz wypracowanie rekomendacji mających na celu poprawę poziomu innowacyjności w badanym Klastrze Spożywczym; zaproponowanie rekomendacji mających na celu poprawę poziomu innowacyjności w badanych Klastrze Spożywczym) polegający na analizie czterech obszarów funkcjonowania firm w postaci benchmarkingu: organizacyjnego, technologicznego, produktowego, opakowań. Przeprowadziłem ekspertyzy benchmarkingowe w przedsiębiorstwach branży spożywczej zrzeszonych w Podlaskim Klastrze Spożywczym (trzy zakłady).

Wspólnie z przedstawicielami przemysłu współorganizowałem konferencje naukowe: 2 i 4 Forum Technologiczne, z udziałem kilkudziesięciu przedstawicieli zakładów mięsnych z terenu Polski.

Moja współpraca z przemysłem zaowocowała również 36 ekspertyzami związanymi z działalnością branży mięsnej. Nabyte w trakcie współpracy kontakty wykorzystuję w celu poszerzenia oferty edukacyjnej dla studentów specjalizacji technologia mięsa organizując zajęcia terenowe.

W 2008 roku opracowałem koncepcję wyposażenia laboratorium badań żywności dla międzynarodowej firmy konsultingowo – audytorskiej „Silliker Polska Sp. z o.o.". Laboratorium posiada obecnie akredytację większości metod badawczych stosowanych w kontroli żywności.

Koniec załącznika 2.

