
AUTOREFERAT OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

DR INŻ. MONIKA ANNA MODZELEWSKA-KAPITUŁA

Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego,
Podstaw Techniki oraz Gospodarki Energią
Wydział Nauki o Żywności
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
10-719 Olsztyn, Plac Cieszyński 1
Tel. 89 523 33 37
e-mail: monika.modzelewska@uwm.edu.pl

OLSZTYN 2016

SPIS TREŚCI

I.	DANE OSOBOWE _____	3
II.	POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE _____	3
III.	DOTYCHCZASOWE ZATRUDNIENIE W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH _____	4
IV.	WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. NR 65, POZ. 595 ZE ZM.) _____	4
A.	TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO: _____	4
B.	PUBLIKACJE WCHODZĄCE W SKŁAD OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO _____	5
C.	OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO WW. PRAC I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW WRAZ ZE WSKAZANIEM MOŻLIWOŚCI ICH WYKORZYSTANIA _____	7
V.	OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH _____	22
VI.	PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWO-BADAWCZEGO _____	27

I. DANE OSOBOWE

Imię i nazwisko: **Monika Anna Modzelewska-Kapituła** (z d. Modzelewska)

Adres zamieszkania: ul. Biała 2, 11-042 Jonkowo

Adres służbowy: Plac Cieszyński 1, 10-719 Olsztyn

T: +48 89 523 33 37

e-mail: monika.modzelewska@uwm.edu.pl

Data i miejsce urodzenia: 8 grudnia 1975, Elbląg

II. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE

Magister inżynier technologii żywności i żywienia człowieka

1999

Akademia Rolniczo-Techniczna im. Michała Oczapowskiego w Olsztynie

Wydział Nauki o Żywności

Kierunek: Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka

Specjalność: Biotechnologia

Jednolite stacjonarne studia magisterskie ukończone z wynikiem bardzo dobrym.

Tytuł pracy magisterskiej: Oddziaływanie bakteriocyn syntetyzowanych przez szczepy bakterii fermentacji mlekowej wyizolowane z warzyw kiszonych na bakterie gramododatnie i gramujemne.

Promotor: prof. dr. hab. Łucja Łaniewska-Trokenheim

Doktor nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia

2006

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Nauki o Żywności, Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Żywności

Tytuł rozprawy doktorskiej: Zastosowanie synbiotyków w produkcji mlecznych wyrobów fermentowanych.

Promotor: prof. dr hab. Kazimierz Kornacki

III. DOTYCHCZASOWE ZATRUDNIENIE W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

Doktorant

01.12.2001-17.05.2006

Dzienne studia doktoranckie

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,

Wydział Nauki o Żywności

Adiunkt

06.11.2006 - dotychczas

Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

w tym:

06.11.2006 - 31.07.2014 Katedra Technologii i Chemii Mięsa

25.12.2007 - 28.04.2008 urlop macierzyński

01.08.2014 - dotychczas Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego, Podstaw Techniki
oraz Gospodarki Energią

IV. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. NR 65, POZ. 595 ZE ZM.)

A. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO:

Wpływ wybranych czynników na zawartość i rozpuszczalność kolagenu w mięsie wołowym

Rozprawę habilitacyjną stanowi powiązany tematycznie cykl publikacji, w których zamieściłam wyniki badań, jakie prowadziłam w ramach projektu Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody” WND-POIG.01.03.01-00-204/09, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Badania realizowałam jako wykonawca projektu w zadaniu 3 „Zmiany biochemiczne i ocena właściwości technologicznych mięsa” w latach 2009-2015.

B. PUBLIKACJE WCHODZĄCE W SKŁAD OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

1. **Modzelewska-Kapituła M.**, Nogalski Z. 2014. Effect of gender on collagen profile and tenderness of *infraspinatus* and *semimembranosus* muscles of Polish Holstein-Friesian x Limousine crossbred cattle. *Livestock Science*, 167, 417 - 424.

(IF¹=1,171, MNiSW²=35, liczba cytowań³=1)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na stworzeniu koncepcji przeprowadzenia doświadczenia technologicznego na surowcu mięsnym, zebraniu literatury, wykonaniu doświadczenia (obróbka cieplna mięsa, oznaczenie zawartości poszczególnych frakcji kolagenu, pomiar wartości maksymalnej siły cięcia mięsa, przygotowanie prób do oceny organoleptycznej i udział w niej), analizie statystycznej wyników zamieszczonych w tabelach 4-6 i na wykresach, opisie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu w języku angielskim, pełnienia roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy wynosi 70%.

2. **Modzelewska-Kapituła M.**, Nogalski Z., Kwiatkowska A. 2014. Comparison of collagen profile and tenderness of the muscles from heifers and single-calf cows. *South African Journal of Animal Science*, 44, 371-383.

(IF¹=0,504, MNiSW²=20, liczba cytowań³=0)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji przeprowadzenia doświadczenia technologicznego na surowcu mięsnym, zebraniu literatury, wykonaniu doświadczenia (obróbka cieplna mięsa, oznaczenie zawartości poszczególnych frakcji kolagenu, pomiar wartości maksymalnej siły cięcia mięsa, przygotowanie prób do oceny organoleptycznej i udział w niej), analizie statystycznej wyników zamieszczonych w tabelach 4-6, opisie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu w języku angielskim, pełnienia roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy wynosi 75%.

¹ Impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2015 i 2016, dla których IF nie został obliczony podano ostatni aktualny)

² Punkty MNiSW wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

³ Liczba cytowań według Web of Science na dzień 1 kwietnia 2016 roku.

3. **Modzelewska-Kapituła M.**, Kwiatkowska A., Jankowska B., Dąbrowska E. 2015. Water holding capacity and collagen profile of bovine *m. infraspinatus* during postmortem ageing. Meat Science, 100, 209-216.

(IF¹=2,615, MNiSW²=35, liczba cytowań³=4)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji przeprowadzenia badań, zebraniu literatury, wykonywaniu oznaczeń zawartości wody ogółem i wody wolnej w mięsie, analizie statystycznej wyników wszystkich oznaczeń, opisie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu w języku angielskim, pełnienia roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy wynosi 85%.

4. **Modzelewska-Kapituła M.**, Nogalski Z., Kwiatkowska A. 2016. The influence of crossbreeding on collagen solubility and tenderness of *infraspinatus* and *semimembranosus* muscles of semi-intensively reared young bulls. Animal Science Journal (DOI:10.1111/asj.12581)

(IF¹= 0,96, MNiSW²=25, liczba cytowań³=0)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji przeprowadzenia doświadczenia technologicznego na surowcu mięsnym, zebraniu literatury, wykonaniu doświadczenia (obróbka cieplna mięsa, oznaczenie zawartości poszczególnych frakcji kolagenu, pomiar wartości maksymalnej siły cięcia mięsa, przygotowanie prób do oceny organoleptycznej i udział w niej), analizie statystycznej wyników zamieszczonych w tabelach 4-6, opisie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu w języku angielskim, pełnienia roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy wynosi 75%.

5. Szałkowska A., **Modzelewska-Kapituła M.** 2016. Collagen profile and tenderness of strip loin and silverside originated from Polish Holstein-Friesian bulls of the black and white variety. Acta Alimentaria (10.1556/066.2016.0016, w druku).

(IF¹= 0,274, MNiSW²= 15, liczba cytowań³=0)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na stworzeniu koncepcji badań, udziale w wykonaniu doświadczenia (obróbka cieplna mięsa, pomiar wartości maksymalnej siły cięcia, przygotowanie hydrolizatów do oznaczania zawartości poszczególnych frakcji kolagenu), analizie statystycznej, dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu w języku angielskim, pełnienia roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy wynosi 50%.

6. **Modzelewska-Kapituła M.**, Nogalski Z. 2016. The influence of diet on collagen content and quality attributes of *infraspinatus* muscle from Holstein-Friesian young bulls. Meat Science, 117, 158-162.

(IF¹=2,615, MNiSW²=35, liczba cytowań³=0)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na stworzeniu koncepcji przeprowadzenia doświadczenia technologicznego na surowcu mięsnym, zebraniu literatury, wykonaniu doświadczenia (obróbka cieplna mięsa, oznaczenie zawartości poszczególnych frakcji kolagenu, pomiar wartości maksymalnej siły cięcia mięsa, oznaczenie podstawowego składu chemicznego, przygotowanie prób do oceny organoleptycznej i udział w niej), analizie statystycznej wyników zamieszczonych w tabeli 3 i na wykresach 1-2, opisie i dyskusji wyników, przygotowaniu manuskryptu w języku angielskim, pełnienia roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy wynosi 70%.

Łącznie:

- Sumaryczny impact factor (IF) publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: **8,139**.
- Suma punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego według wykazu czasopism naukowych Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015 w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach: **165**.
- Liczba cytowań według Web of Science na dzień 1 kwietnia 2016: **5**.

Oświadczenia współautorów prac, określające szczegółowo ich indywidualny wkład w powstanie publikacji znajdują się w Załączniku 6.

C. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO WW. PRAC I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW WRAZ ZE WSKAZANIEM MOŻLIWOŚCI ICH WYKORZYSTANIA

1. Wprowadzenie

Tkanka łączna zbudowana jest głównie z kolagenu, który stanowi od 1,5% do 10% suchej masy mięśnia (Lepetit, 2008). W mięśniach szkieletowych otacza ona pojedyncze włókna mięśniowe (*endomysium*), pęczki włókien mięśniowych (*perimysium*) oraz cały

mięsień (*epimysium*) Tkanka łączna zbudowana jest z włókien kolagenowych i elastynowych umieszczonych w matrycy z proteoglikanów. Włókna kolagenowe tworzące *endomysium* są delikatne i lekko pofałdowane, natomiast tworzące *perimysium* są grubsze i silnie pofałdowane. Włókna kolagenowe zbudowane są z fibryli, a te z cząsteczek tropokolagenu, który składa się z 3 polipeptydowych łańcuchów α (Lepetit, 2008). Między łańcuchami α mogą powstawać wiązania, na skutek czego tworzą się składniki β (z połączenia dwóch łańcuchów α) i γ (z połączenia trzech łańcuchów α). Kolagen zbudowany ze składników α jest rozpuszczalny w roztworach soli obojętnych, natomiast kolagen, w skład którego wchodzi także składniki β i γ rozpuszcza się w roztworach kwasu octowego i buforze cytrynowym (Reich, 1978). We włóknach kolagenowych występują wiązania krzyżowe dwuwartościowe (ang. divalent cross-links) między dwiema cząsteczkami kolagenu i trójwartościowe (ang. trivalent cross-links) między trzema cząsteczkami kolagenu. Niektóre z wiązań krzyżowych są termolabilne, inne natomiast nie ulegają rozpadowi w czasie ogrzewania mięsa. Wraz ze wzrostem liczby trójwartościowych termostabilnych wiązań krzyżowych we włóknach kolagenowych zmniejsza się kruchość mięsa poddanego obróbce cieplnej (Lepetit, 2008). Zwiększenie ilości termostabilnych wiązań krzyżowych we włóknach kolagenu stwierdza się podczas życia zwierząt i wynika ono z przekształcania niedojrzałych dwuwartościowych wiązań sieciujących wewnątrz włókien kolagenowych w wiązania dojrzałe trójwartościowe, co prowadzi do obniżenia rozpuszczalności kolagenu i wzrostu twardości mięsa (Purslow, 2005). Kolagen nie poddany obróbce cieplnej jest białkiem nierozpuszczalnym w roztworach soli w niskich temperaturach (Lafarga i Hayes, 2014) i jest źle trawiony w organizmie człowieka (Gawęcki, 1998). Obróbka cieplna mięsa powoduje zmiękczenie tkanki łącznej i częściowe rozpuszczanie kolagenu, co ułatwia dostęp enzymów trawiennych i przyspiesza trawienie tego białka (Boback i in., 2007). Podczas obróbki cieplnej następuje degradacja włókien kolagenowych na skutek rozerwania termolabilnych wiązań krzyżowych i wiązań kowalencyjnych w cząsteczkach kolagenu, co powoduje, że w mięsie po obróbce cieplnej znajdują się frakcje kolagenu rozpuszczalnego w wodzie (łańcuchy α i produkty ich rozpadu), rozpuszczalnego w kwasach oraz nierozpuszczalnego. Według Lafarga i Hayes (2014) istnieje możliwość otrzymywania bioaktywnych peptydów nie tylko na drodze fermentacji czy hydrolizy in vitro, ale także na skutek obróbki cieplnej mięsa oraz bezpośrednio w organizmie człowieka. Jak wykazali Minkiewicz i in. (2011) kolagen wołowy α -2(I) może być prekursorem bioaktywnych peptydów o działaniu przeciwnadciśnieniowym, przeciwwzkrzepowym i będących inhibitorami dipeptydylopeptydazy IV. Poza możliwością dostarczania związków biologicznie czynnych, takich jak

bioaktywne peptydy, przyjmowanie z dietą kolagenu ma korzystny wpływ na funkcjonowanie stawów, wytrzymałość kości czy stan skóry, włosów i paznokci. Z żywieniowego punktu widzenia korzystne jest zatem spożywanie mięsa o wysokiej zawartości kolagenu rozpuszczalnego, ze względu na jego łatwiejsze wykorzystanie w organizmie.

Wyniki prowadzonych dotychczas badań wskazują, że na zawartość i rozpuszczalność kolagenu w mięsie wołowym wpływa szereg czynników takich jak: rodzaj mięśnia i jego lokalizacja w tuszy, rasa bydła, płeć i wiek zwierząt oraz skład paszy. Zagadnienia związane z wpływem poszczególnych czynników na zawartość i rozpuszczalność kolagenu mięśniowego są bardzo istotne z powodu kluczowej roli kolagenu w kształtowaniu jakości mięsa wołowego. Białka tkanki łącznej wraz z białkami tkanki mięśniowej wpływają na jedną z najważniejszych cech mięsa wołowego, jaką jest kruchość (Jeremiah i in., 2003; Chriki i in., 2013). Ze względu na znaczącą rolę kolagenu w kształtowaniu jakości mięsa wołowego, zawartość i rozpuszczalność białek kolagenowych stały się głównym zagadnieniem prac badawczych opisanych w publikacjach tworzących Osiągnięcie Naukowe.

Wołowina kulinarna pozyskiwana jest przede wszystkim z tusz bydła ras mięsnych. Populacja bydła ras mięsnych jest w naszym kraju bardzo niska i stanowi mniej niż 1% pogłowia (Radziejewicz, 2014), natomiast ok. 90% pogłowia stanowi bydło rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyskiej, które jest użytkowane w kierunku mlecznym lub mleczno-mięsnym (Iwanowska i Pospiech, 2010). Wołowinę kulinarną wysokiej jakości można także otrzymać na drodze krzyżowania krów ras mlecznych i buhajów ras mięsnych (Nogalski i in., 2013). Obecnie w Polsce krzyżowanie krów ras mlecznych z buhajami ras mlecznych dotyczy ok. 15% pogłowia krów. Najczęściej wykorzystywanymi w tym celu rasami mięsnymi są Limousine (47%) i Simmental (23%), natomiast rzadziej Charolaise (8,5%), Angus (8,8%), Piemontese (4,6%) i Belgian Blue (4,4%) (Litwińczuk i Grodzki, 2014). Z powodu małej ilości publikacji i doniesień naukowych dotyczących jakości mięsa tych mieszańców, a w szczególności zawartości i rozpuszczalności kolagenu, podjęłam badania, których wyniki zawarłam w publikacjach tworzących Osiągnięcie.

Mięso wołowe – podstawowy materiał badawczy w 5 publikacjach wchodzących w skład Osiągnięcia (publikacje 1-2, 4-6), zostało pozyskane z tusz zwierząt opasanych w ramach Projektu w Zadaniu 2 („Ocena efektywności opasania bydła i jego wartość rzeźna”) w laboratorium opasu bydła Zakładu Produkcyjno-Doświadczalnego w Bałcynach. Zwierzęta otrzymywały pasze powszechnie stosowane w opasie bydła w regionie północno-wschodniej Polski, tj. kiszonkę z traw oraz mieszankę treściwą złożoną z poekstrakcyjnej śruty

rzepakowej i pszenżyta (Nogalski, 2015). W doświadczeniu prowadzonym na buhajkach rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyjskiej dodatkowo zastosowano dwa poziomy żywienia różniące się udziałem pasz treściwych i wartością energetyczną dawki. Dodatkowym aspektem nowości w publikacjach przedstawionych jako Osiągnięcie jest więc określenie zawartości i profilu kolagenu mięsa bydła opasanego paszami typowymi dla północno-wschodniej Polski.

Kształtowana w procesie dojrzewania poubojowego kruchość mięsa wołowego jest wynikiem proteolizy białek miofibrylarnych i cytoszkieletowych oraz zmian w tkance łącznej. Zmiany zachodzące w białkach tkanki mięśniowej podczas dojrzewania mięsa od wielu lat są przedmiotem badań, natomiast wpływ czasu dojrzewania na rozpuszczalność białek kolagenowych jest analizowany znacznie rzadziej. To właśnie stanowiło przesłankę do podjęcia przeze mnie tej problematyki. Badania w tym zakresie prowadziłam na mięsie pozyskanym z handlu, ponieważ ich celem było wskazanie optymalnego okresu dojrzewania dostępnego dla konsumentów i restauratorów mięsni podgrzebieniowego (publikacja 3).

Chociaż przeprowadzono wiele badań dotyczących wpływu kolagenu mięśniowego na jakość mięsa wołowego, to ich rezultaty nie są jednoznaczne. Istnieją doniesienia, że zawartość kolagenu ogólnego jest dodatnio skorelowana z wartościami maksymalnej siły cięcia mięsa (Oury i in., 2009), ale również i wskazujące na brak związku między nimi (Li i in., 2010; Girard i in., 2012). Niektórzy Autorzy wskazują na występowanie ujemnej korelacji między udziałem kolagenu rozpuszczalnego w wodzie (wyrażonego jako % kolagenu ogólnego) a wartościami maksymalnej siły cięcia (Girard i in., 2012; Li i in., 2010), natomiast inni Autorzy podają informacje o braku takiej zależności (Oury i in., 2009). Także wyniki dotyczące wpływu zawartości kolagenu oraz udziału poszczególnych jego frakcji na jakość organoleptyczną mięsa wołowego są niejednoznaczne. Jeremiał i in. (2003) odnotowali występowanie ujemnej korelacji między zawartością kolagenu ogólnego i nierozpuszczalnego a kruchością i smakowitością mięsa, natomiast Chriki i in. (2013) nie stwierdzili związku między zawartością kolagenu i jakością organoleptyczną mięsa. Z kolei Dubost i in. (2013) dowiedli, że zawartość kolagenu ogólnego i soczystość mięsa są ze sobą dodatnio skorelowane. Istnienie tak dużych rozbieżności w danych literaturowych wskazuje na celowość prowadzenia badań dotyczących wpływu kolagenu na jakość mięsa wołowego.

Badania, których wyniki zamieściłam w publikacjach stanowiących Osiągnięcie, były prowadzone głównie na mięśniach: półbłoniastym (*m. semimembranosus*) i podgrzebieniowym (*m. infraspinatus*). Jest to surowiec sporadycznie stosowany do badań. Mięśnie te różnią się lokalizacją w tuszy wołowej, składem chemicznym oraz kruchością

(Modzelewska-Kapituła i in., 2012). Mięsień podgrzebieniowy, wchodzący w skład zespołu mięśni łopatki, charakteryzuje się wysoką zawartością tkanki łącznej oraz dobrą kruchością (Hildrum i in., 2009; Highfill i in., 2012), natomiast mięsień półbłoniasty jest mięśniem zlokalizowanym w udźcu, charakteryzującym się niższą zawartością tkanki łącznej i mniejszą kruchością od mięśnia podgrzebieniowego (Hildrum i in., 2009). Mięśnie te zwykle są wykorzystywane do produkcji mięsa drobnego przeznaczonego, na przykład na gulasz lub są surowcem do produkcji produktów z rozdrobnionego mięsa, takich jak, hamburgery i z tego powodu uważa się je za niedostatecznie wykorzystywane jako mięso kulinarne (Rubio i in., 2007). W celu poszerzenia wiedzy na temat możliwości wykorzystania tych mięśni, w badaniach poddałam je pieczeniu. Najczęściej badania dotyczące zawartości i profilu kolagenu prowadzone są na stekach ogrzewanych do uzyskania w centrum geometrycznym temperatury 70°C (Dubost i in., 2013; Jeremiah i in., 2003). Ze względu na to, że w Polsce nie jest to popularna forma spożywania mięsa wołowego, szczególnie mięsa pochodzącego z łopatki i udźca, jako obróbkę cieplną zastosowano pieczenie w temperaturze 160°C, do uzyskania 80°C w centrum geometrycznym elementu. Tak wysoka temperatura wewnątrz, odpowiadająca temperaturze końcowej bardzo dobrze wysmażonych steków (Li i in., 2010), zapewniła całkowitą denaturację mioglobiny na przekroju pieczeni i tym samym jednolitą barwę pieczeni.

2. Cel naukowy

Celem naukowym prac stanowiących Osiągnięcie Naukowe było określenie wpływu wybranych czynników na zawartość i rozpuszczalność kolagenu w mięsie wołowym oraz zależności między zawartością kolagenu a jakością mięsa.

Cele szczegółowe badań:

- Określenie zmian w rozpuszczalności kolagenu podczas dojrzewania mięsa,
- Określenie wpływu płci bydła, wieku uboju i wycielenia, genotypu oraz intensywności żywienia na zawartość i rozpuszczalność kolagenu oraz jakość mięsa wołowego,
- Określenie wpływu zawartości kolagenu na właściwości technologiczne i cechy organoleptyczne mięsa wołowego,
- Porównanie zawartości i rozpuszczalności kolagenu w wybranych mięśniach tuszy wołowej.

3. Wyniki i wnioski

3.1. Zmiany profilu kolagenu podczas dojrzewania mięsa

Badania dotyczące zmian profilu kolagenu w czasie poubojowego dojrzewania mięsa prowadzono na mięśniach podgrzebieniowych, dostępnych w ofercie handlowej. Stwierdzono znaczące różnice w zawartości kolagenu nierozpuszczalnego, rozpuszczalnego w kwasie octowym i całkowitego rozpuszczalnego między mięśniami dojrzewającymi przez 5 dni oraz mięśniami dojrzewającymi od 10 do 20 dni. Zawartość kolagenu nierozpuszczalnego zmniejszyła się między 5 a 10 dniem dojrzewania, podczas gdy zawartość kolagenu rozpuszczalnego w kwasie i całkowitego rozpuszczalnego zwiększyła się w tym czasie. Zmiany te wskazują na degradację międzycząsteczkowych wiązań krzyżowych we włóknach kolagenu podczas dojrzewania mięsa. Nie zaobserwowano natomiast zmian w zawartości kolagenu rozpuszczalnego w wodzie, co wskazuje na brak degradacji składników β , γ oraz częściowo α w czasie dojrzewania mięśnia podgrzebieniowego. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dojrzewanie mięśnia podgrzebieniowego może być zakończone po 10 dniach.

Przedstawione powyżej wyniki opisano w publikacji:

Modzelewska-Kapituła M., Kwiatkowska A., Jankowska B., Dąbrowska E. (2015). Water holding capacity and collagen profile of bovine *m. infraspinatus* during postmortem ageing. *Meat Science*, 100, 209-216.

3.2. Wpływ płci bydła na zawartość i rozpuszczalność kolagenu oraz jakość mięsa wołowego

W ramach prowadzonych badań określono zawartość i rozpuszczalność kolagenu w mięsie pozyskanym z tusz mieszańców: jałówek, wolców i buhajków pochodzących z krzyżowania rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyjskiej z rasą Limousine. W mięśniach podgrzebieniowych i półbłoniastych pozyskanych z tusz buhajków zawartość kolagenu ogólnego i nierozpuszczalnego była wyższa niż w mięśniach wolców. Ponadto, w mięśniu podgrzebieniowym pozyskanym z tusz buhajków zawartość i udział kolagenu rozpuszczalnego w wodzie były wyższe niż w mięsie jałówek i wolców, natomiast udział kolagenu rozpuszczalnego w kwasie był niższy niż w mięsie jałówek i wolców. Także w mięśniu półbłoniastym uzyskanym z tusz buhajków stwierdzono istotnie wyższą zawartość kolagenu ogólnego oraz wyższą zawartość kolagenu całkowitego rozpuszczalnego niż w mięsie pozyskanym z tusz jałówek. Wyższa zawartość kolagenu w mięsie pozyskanym z tusz buhajków wynikała ze stymulującego wpływu testosteronu na syntezę kolagenu.

Na podstawie większego udziału kolagenu rozpuszczalnego w wodzie w stosunku do kolagenu ogólnego w mięśni podgrzebieniowym pochodzącym z tusz buhajków, można wnioskować, że kolagen ten zawierał większą ilość składników α i mniejszą ilość składników β i γ niż kolagen w mięśniach pochodzących z tusz wolców i jałówek. Jednocześnie w mięsie, zarówno w mięśni podgrzebieniowym jak i półbłoniastym, pozyskanym z tusz buhajków zawartość kolagenu nierozpuszczalnego była wyższa niż w mięsie wolców, co wskazuje na większą ilość wiązań międzycząsteczkowych w kolagenie.

Płeć zwierząt miała wpływ tylko na niektóre wyróżniki jakości organoleptycznej mięśnia podgrzebieniowego poddanego obróbce cieplnej i nie miała wpływu na jakość organoleptyczną pieczeni przygotowanych z mięśnia półbłoniastego. Pieczenie przygotowane z mięśnia podgrzebieniowego pochodzącego z tusz buhajków i wolców otrzymały podczas oceny organoleptycznej wyższe noty za kruchość i soczystość niż mięśnie pozyskane z tusz jałówek. Równocześnie stwierdzono, że pieczenie przygotowane z mięśni buhajków oceniono wyżej także pod względem ogólnej akceptowalności niż przygotowane z mięśni wolców i jałówek. Wyniki organoleptycznej oceny kruchości pieczeni z mięśnia podgrzebieniowego pozyskanego z tusz buhajków były zbieżne z wynikami pomiaru maksymalnej siły cięcia. Pieczenie z mięśnia pozyskanego z tusz buhajków uzyskały wyższe oceny za kruchość i cechowały się niższymi wartościami maksymalnej siły cięcia w porównaniu z pieczeniami z mięśni pozyskanych z tusz jałówek i buhajków.

Przedstawione powyżej wyniki opisano w publikacji:

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z. (2014). Effect of gender on collagen profile and tenderness of *infraspinatus* and *semimembranosus* muscles of Polish Holstein-Friesian x Limousine crossbred cattle. *Livestock Science*, 167, 417 - 424.

3.3. Wpływ wieku uboju i wycielenia jałówek na zawartość i rozpuszczalność kolagenu oraz jakość mięsa wołowego

Wykorzystanie jałówek, nieprzydatnych do dalszej hodowli, jako razówek (czyli poddanie ich ubojowi po pierwszym wycieleniu), pozwala na zwiększenie ilości cieląt będących mieszańcami mleczno-mięsnymi oraz otrzymanie cięższych tusz o wysokiej wartości rzeźnej (Litwińczuk i Grodzki, 2014; Nogalski, 2015). W dostępnej literaturze brak jest doniesień czy różnica wieku wynosząca 10 miesięcy i przebycie ciąży wpływa na zawartość i profil kolagenu oraz cechy jakościowe mięsa pochodzącego z tusz mieszańców rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyjskiej i Limousine. Mięśnie półbłoniaste pozyskane z tusz

razówek (zwierzęta poddano ubojowi w wieku ok. 28 miesięcy) zawierały większą ilość kolagenu ogólnego, rozpuszczalnego w kwasie oraz całkowitego rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego, a mniejszą ilość kolagenu rozpuszczalnego w wodzie niż mięśnie pozyskane z tusz jałówek (zwierzęta poddane ubojowi w wieku ok. 18 miesięcy). Mięśnie podgrzebieniowe pozyskane z tusz jałówek i razówek różniły się tylko pod względem zawartości i udziału kolagenu rozpuszczalnego w wodzie i udziału kolagenu rozpuszczalnego w kwasie. W mięśniach pozyskanych z tusz razówek stwierdzono wyższą zawartość kolagenu rozpuszczalnego w kwasie i niższą kolagenu rozpuszczalnego w wodzie. Błona łącznotkankowa w mięśniach podgrzebieniowych pochodzących z tusz jałówek zawierała kolagen z większym udziałem kolagenu rozpuszczalnego w wodzie, co wpłynęło na jej niższe wartości maksymalnej siły cięcia. Ze względu na wyższy udział rozpuszczalnych frakcji kolagenu w mięśniach pozyskanych z tusz jałówek można wnioskować, że surowiec ten cechował się wyższą zawartością składników α i niższą składników β oraz γ niż mięso pozyskane od krów po pierwszym wycieleniu. Różnice w udziale kolagenu rozpuszczalnego w wodzie odnotowano w obu mięśniach, co wskazuje na to, że tworzenie wewnątrzcząsteczkowych wiązań w cząsteczkach kolagenu nie zależy od zawartości kolagenu w mięśniu ani od lokalizacji mięśnia w tuszy wołowej. W mięśniach półbłoniastych pochodzących z tusz razówek odnotowano wyższą zawartość kolagenu nierozpuszczalnego, a więc o większej liczbie wiązań krzyżowych między cząsteczkami kolagenu, niż w mięśniach pochodzących z tusz jałówek. Wyniki te pozwalają zatem na stwierdzenie, że ilość powstających międzycząsteczkowych wiązań we włóknach kolagenowych podczas życia zwierzęcia zależy od zawartości kolagenu - im niższa zawartość kolagenu w mięśniu tym większa ilość wiązań międzycząsteczkowych. Niższa rozpuszczalność kolagenu w mięśniach razówek w porównaniu z mięśniami jałówek nie była zaskoczeniem ze względu na starszy wiek uboju razówek, chociaż istnieją doniesienia o braku różnic w rozpuszczalności kolagenu z mięsa pozyskanego od zwierząt w różnym wieku (Oury i in. 2009; Cabaraux i in. 2004). Zwiększenie zawartości kolagenu ogólnego wraz z wiekiem zwierząt odnotowano tylko w mięśniach półbłoniastych cechujących się niższą zawartością kolagenu ogólnego niż mięśnie podgrzebieniowe. Można zatem wnioskować, że zmiany zawartości kolagenu ogólnego w czasie życia zwierząt zachodzą odmiennie w mięśniach różniących się koncentracją tego białka.

Pieczenie przygotowane z mięśni półbłoniastych pochodzących z tusz jałówek i razówek nie różniły się wartościami maksymalnej siły cięcia ani jakością organoleptyczną. Różnice stwierdzono natomiast pomiędzy pieczeniami otrzymanymi z mięśni

podgrzebieniowych pochodzących z tusz jałówek i razówek. Wyższymi wartościami maksymalnej siły cięcia charakteryzowały się pieczenie przygotowane z mięśni podgrzebieniowych pochodzących z tusz razówek. Produkty te uzyskały jednocześnie wyższe oceny za wygląd przekroju, kruchość, soczystość i ogólną akceptowalność niż pieczenie przygotowane z mięsa pochodzącego z tusz jałówek.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że wykorzystanie jako surowca rzeźnego razówek, czyli krów po pierwszym wycieleniu, jest zasadne ze względu na możliwość otrzymania mięsa kulinarnego o zbliżonej jakości do mięsa z tusz jałówek.

Przedstawione powyżej wyniki opisano w publikacji:

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z., Kwiatkowska A. (2014). Comparison of collagen profile and tenderness of the muscles from heifers and single-calf cows. *South African Journal of Animal Science*, 44, 3710-383.

3.4. Wpływ genotypu mieszańców na zawartość i rozpuszczalność kolagenu oraz jakość mięsa wołowego

W ramach prowadzonych w tym zakresie prac badawczych analizowano zawartość i rozpuszczalność kolagenu w mięsie buhajków będących mieszańcami rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyjskiej (PHF) i ras mięsnych: Limousine (LM), Hereford (HER) i Charolaise (CH). Stwierdzono, że genotyp wpłynął istotnie na zawartość wszystkich frakcji kolagenu oraz udział kolagenu rozpuszczalnego w kwasie, całkowitego rozpuszczalnego oraz nierozpuszczalnego. Najwyższą zawartością kolagenu ogólnego w mięśniach półbłoniastych cechowały się mieszańce PHFxHER, natomiast w mięśniach podgrzebieniowych mieszańce PHFxCH. Najniższą zawartością kolagenu ogólnego charakteryzowały się mięśnie podgrzebieniowe i półbłoniaste pozyskane z tusz buhajków PHFxLM. Mięśnie pochodzące od mieszańców PHFxLM cechowała także najniższa zawartość kolagenu całkowitego rozpuszczalnego. W mięśniach półbłoniastych pochodzących z tusz mieszańców PHFxLM oraz PHFxCH stwierdzono wyższą zawartość kolagenu nierozpuszczalnego w porównaniu z mięśniami mieszańców PHFxHER, natomiast w mięśniach podgrzebieniowych niższą zawartość kolagenu nierozpuszczalnego stwierdzono w surowcu pochodzącym z tusz mieszańców PHFxLM niż PHFxCH. Jedynie w mięśniach podgrzebieniowych stwierdzono różnice w rozpuszczalności kolagenu między mięśniami pozyskanymi z tusz różnych mieszańców. Wyższy udział kolagenu rozpuszczalnego w wodzie i niższy udział kolagenu rozpuszczalnego w kwasie stwierdzono w surowcu pochodzącym z tusz mieszańców

PHFxLM niż z tusz PHFxHER. Mięso mieszańców PHFxLM cechowało się także niższym udziałem kolagenu całkowitego rozpuszczalnego i wyższym udziałem kolagenu nierozpuszczalnego niż mięśnie podgrzebieniowe pochodzące z tusz PHFxCH. Na podstawie udziału kolagenu nierozpuszczalnego można stwierdzić, że kolagen w mięśniach podgrzebieniowych pochodzących z tusz mieszańców PHFxLM był silniej usieciowany niż w mięśniach z tusz mieszańców PHFxCH, a kolagen w mięśniach półbłoniastych pochodzących ze wszystkich badanych mieszańców charakteryzował się podobnym stopniem usieciowania.

Genotyp buhajków miał wpływ na wartości maksymalnej siły cięcia pieczeni z mięśni podgrzebieniowego i półbłoniastego oraz ich jakość organoleptyczną. Pieczenie przygotowane z mięśni pozyskanych z tusz mieszańców PHFxCH cechowały się wyższymi wartościami maksymalnej siły cięcia niż przygotowane z mięsa pochodzącego z tusz mieszańców PHFxLM oraz PHFxHER. Smak i zapach pieczeni otrzymanych z mięśnia półbłoniastego pozyskanego z tusz PHFxHER zostały ocenione wyżej niż pieczeni z mięsa mieszańców PHFxLM. Podsumowując można stwierdzić, że krzyżowanie rasy PHF z rasami mięsnymi takimi jak LM i HER pozwala na otrzymanie wysokiej jakości mięsa kulinarnego.

Przedstawione powyżej wyniki opisano w publikacji:

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z., Kwiatkowska A., The influence of crossbreeding on collagen solubility and tenderness of *infraspinatus* and *semimembranosus* muscles of semi-intensively reared young bulls. *Animal Science Journal* (DOI: 10.1111/asj.12581)

3.5. Wpływ intensywności żywienia na zawartość i rozpuszczalność kolagenu oraz jakość mięsa wołowego

Wpływ intensywności żywienia na zawartość i rozpuszczalność kolagenu zbadano wykorzystując dwie grupy zwierząt: opasane w systemie półintensywnym, bez udziału paszy z pszenżyta i intensywnym, których dawka pokarmowa zawierała dodatek pszenżyta. Buhajki rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyjskiej, z obu grup poddano ubojowi w wieku ok. 19 miesięcy. Intensywność żywienia wpływała istotnie na zawartość kolagenu nierozpuszczalnego oraz udział kolagenu rozpuszczalnego w wodzie. W mięśniach pozyskanych z tusz buhajków żywionych w systemie intensywnym zawartość kolagenu nierozpuszczalnego była niższa, a udział kolagenu rozpuszczalnego w wodzie wyższy niż w mięśniach buhajków żywionych półintensywnie. Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano wniosek, że w mięśniach buhajków żywionych intensywnie procesy dojrzewania kolagenu, prowadzące

do zmniejszenia jego rozpuszczalności, zachodzą wolniej niż w mięśniach buhajków żywionych półintensywnie. W pracy odnotowano także wyższą zawartość tłuszczu w mięśniach zwierząt żywionych intensywnie. Różnice w zawartości i rozpuszczalności kolagenu oraz zawartości tłuszczu, chociaż istotne statystycznie, nie wpłynęły na kruchość mięsa ocenioną instrumentalnie oraz jakość sensoryczną. Podsumowując można stwierdzić, że stosowanie systemu intensywnego przynosi korzyści w postaci wyższej wydajności rzeźnej buhajków rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyjskiej i zwiększa podatność kolagenu mięśniowego na termohydroлизę.

Przedstawione powyżej wyniki opisano w publikacji:

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z. (2016). The influence of diet on collagen content and quality attributes of *infraspinatus* muscle from Holstein-Friesian young bulls. *Meat Science*, 117, 158-162.

3.6. Wpływ zawartości kolagenu na właściwości technologiczne i cechy organoleptyczne mięsa wołowego

Zależności między zawartością kolagenu a cechami jakościowymi mięsa zostały określone na podstawie wyników badań prowadzonych na mięśniach półbłoniastych pozyskanych z tusz mieszańców PHF i LM, HER oraz CH. Analiza korelacji ujawniła występowanie istotnych ujemnych zależności między wartościami maksymalnej siły cięcia a kruchością ocenioną organoleptycznie ($r = -0,46$), ogólną akceptowalnością pieczeni ($r = -0,48$) i zawartością kolagenu rozpuszczalnego w wodzie ($r = -0,47$). Ponadto wszystkie wyróżniki jakości organoleptycznej pieczeni (kruchość, soczystość, smak, aromat i ogólna pożądalność) były ze sobą istotnie dodatnio skorelowane. Nie odnotowano natomiast istotnych korelacji między zawartością kolagenu i cechami organoleptycznymi pieczeni wołowych. Na podstawie otrzymanych zależności stwierdzono, że frakcją kolagenu, która ma największy wpływ na kształtowanie kruchości mięsa wołowego pochodzącego z tusz mieszańców, jest zawartość kolagenu rozpuszczalnego w wodzie. Na związek między zawartością kolagenu rozpuszczalnego w wodzie i wartościami maksymalnej siły cięcia wskazują też wyniki badań dotyczących porównania zawartości i profilu kolagenu w mięsie jałówek i krów po pierwszym wycieleniu (razówek). W mięśniach podgrzebieniowych pozyskanych z tusz razówek niższa zawartość i niższy udział kolagenu rozpuszczalnego w wodzie odpowiadały wyższym wartościom maksymalnej siły cięcia mięsa i błon łącznotkankowych z części głowowej mięśnia.

W pracy dotyczącej zmian profilu kolagenu podczas dojrzewania mięsa wołowego, odnotowano występowanie istotnej ujemnej korelacji między zawartością kolagenu rozpuszczalnego w wodzie (oznaczoną w mięsie poddanym obróbce cieplnej) i zawartością wody wolnej w mięsie surowym ($r = -0,41$). Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że frakcją kolagenu, która najsilniej wpływa na zdolność mięsa do utrzymywania wody jest kolagen rozpuszczalny w wodzie - im wyższa jest jego zawartość tym większa jest zdolność mięsa wołowego do utrzymywania wody własnej. W dostępnej literaturze brak było informacji o takiej zależności.

Przedstawione powyżej wyniki opisano w publikacjach:

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z., Kwiatkowska A. (2014). Comparison of collagen profile and tenderness of the muscles from heifers and single-calf cows. *South African Journal of Animal Science*, 44, 3710-383.

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z., Kwiatkowska A. (2016). The influence of crossbreeding on collagen solubility and tenderness of *infraspinatus* and *semimembranosus* muscles of semi-intensively reared young bulls. *Animal Science Journal* (DOI:10.1111/asj.12581).

Modzelewska-Kapituła M., Kwiatkowska A., Jankowska B., Dąbrowska E. (2015). Water holding capacity and collagen profile of bovine *m. infraspinatus* during postmortem ageing. *Meat Science*, 100, 209-216.

3.7. Porównanie zawartości oraz rozpuszczalności kolagenu w wybranych mięśniach tuszy wołowej

W publikacjach stanowiących Osiągnięcie zamieszczono wyniki dotyczące zawartości i rozpuszczalności kolagenu w mięśniach podgrzebieniowym i półbłoniastym pochodzących z tusz mieszańców mleczno-mięsnych oraz w mięśniach: podgrzebieniowym, najdłuższym grzbietu części lędźwiowej i półścięgnistym pochodzących z tusz buhajków rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyjskiej. Wśród mięśni pozyskanych z tusz mieszańców, mięsień podgrzebieniowy charakteryzował się wyższą zawartością kolagenu ogólnego, rozpuszczalnego w wodzie, nierozpuszczalnego i całkowitego rozpuszczalnego niż mięsień półbłoniasty. W mięśniu podgrzebieniowym kolagen rozpuszczalny w wodzie stanowił ok. 50% kolagenu ogólnego, a nierozpuszczalny zaledwie 13% kolagenu ogólnego, natomiast w mięśniu półbłoniastym kolagen rozpuszczalny w wodzie stanowił 23% a nierozpuszczalny 16% kolagenu ogólnego. Mięsień podgrzebieniowy cechował się także najwyższą zawartością kolagenu w porównaniu do innych badanych mięśni, pozyskanych z tusz buhajków rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyjskiej. W kolagenie tego mięśnia stwierdzono wyższy udział frakcji rozpuszczalnej w wodzie w porównaniu z mięśniami najdłuższym grzbietu

i półścięgnistym. Należy także zaznaczyć, że wartości maksymalnej siły cięcia mięśnia podgrzebieniowego były o ok. 40% niższe niż mięśni najdłuższego grzbietu i półścięgnistego. Otrzymane wyniki wskazują, że kolagen w mięśniu podgrzebieniowym posiadał mniejszą liczbę wiązań wewnątrzcząsteczkowych oraz wiązań między cząsteczkami kolagenu niż w innych badanych mięśniach. Większy udział frakcji kolagenu rozpuszczalnego w wodzie i całkowitego rozpuszczalnego w stosunku do kolagenu ogólnego może zatem tłumaczyć niższe wartości maksymalnej siły cięcia mięśnia podgrzebieniowego. Także większa zawartość tłuszczu w mięśniu podgrzebieniowym mogła przyczynić się do jego większej kruchości, ponieważ tworzeniu się złogów tłuszczu między pęczkami włókien mięśniowych towarzyszy rozluźnianie struktury tkanki łącznej. Zawartość kolagenu i tłuszczu nie są jednak jedynymi czynnikami wpływającymi na kruchość mięsa, do których należą także długość sarkomerów czy grubość włókien mięśniowych.

Wyższy udział kolagenu nierozpuszczalnego (wyrażonego jako % kolagenu ogólnego) stwierdzono w mięśniach półbłoniastych niż podgrzebieniowych, co daje przesłankę do wnioskowania o wyższym stopniu usieciowania kolagenu w mięśniach półbłoniastych. Uzyskane wyniki dają podstawę do wysunięcia hipotezy, że w mięśniach cechujących się niższą zawartością kolagenu, kolagen jest silniej usieciowany i tym samym bardziej odporny na termohydroлизę podczas obróbki cieplnej.

Przedstawione powyżej wyniki opisano w publikacjach:

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z. (2014). Effect of gender on collagen profile and tenderness of *infraspinatus* and *semimembranosus* muscles of Polish Holstein-Friesian x Limousine crossbred cattle. *Livestock Science*, 167, 417 - 424.

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z., Kwiatkowska A. (2014). Comparison of collagen profile and tenderness of the muscles from heifers and single-calf cows. *South African Journal of Animal Science*, 44, 3710-383.

Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z. (2016). The influence of diet on collagen content and quality attributes of *infraspinatus* muscle from Holstein-Friesian young bulls. *Meat Science*, 117, 158-162.

Szałkowska A., **Modzelewska-Kapituła M.** (2016). Collagen profile and tenderness of strip loin and silverside originated from Polish Holstein-Friesian bulls of the black and white variety. *Acta Alimentaria* (10.1556/066.2016.0016).

4. Podsumowanie

Wyniki przedstawione w omówionych powyżej publikacjach wskazują na złożoność zagadnień związanych z zawartością i rozpuszczalnością kolagenu oraz wpływem tego białka na jakość mięsa wołowego. Badania prowadziłam m.in. na mięsie pochodzącym z tusz

mieszkańców otrzymywanych na drodze krzyżowania krów rasy Polskiej Holsztyńsko-Fryzyskiej i buhajów ras mięsnych: Limousine, Hereford i Charolaise. Surowiec taki nie był dotychczas badany pod kątem zawartości i rozpuszczalności kolagenu mięśniowego, stąd uważam, że wyniki moich badań poszerzają aktualny stan wiedzy. Przedmiotem mojego wkładu do nauki jest także stwierdzenie związku pomiędzy zawartością kolagenu rozpuszczalnego w wodzie i zdolnością mięsa do utrzymywania wody własnej, ponieważ w dostępnej literaturze brak było informacji o istnieniu takiej zależności. Chociaż wpływ kolagenu na jakość mięsa wołowego był w przeszłości przedmiotem wielu badań, nie został on w pełni wyjaśniony, o czym świadczą sprzeczne informacje na ten temat zamieszczone w publikacjach naukowych. Wyniki moich badań, wskazujące na związek między zawartością kolagenu rozpuszczalnego w wodzie i wartościami maksymalnej siły cięcia (korelacja ujemna) oraz brak istotnych zależności pomiędzy zawartością poszczególnych frakcji kolagenu i jakością sensoryczną mięsa stanowią, w moim odczuciu, wartościowy przyczynek do wyjaśnienia roli kolagenu w kształtowaniu jakości mięsa wołowego. Podkreślić należy, że nadrzędnym celem projektu „*Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce ...*” było wskazanie możliwości poprawy jakości wołowiny dzięki odpowiedniemu doborowi surowca rzeźnego, czyli zwierząt o określonej płci, wieku i genotypie. Było to możliwe m.in. dzięki poznaniu profilu kolagenu mięśniowego i wskazaniu surowca wyróżniającego się największym udziałem kolagenu ulegającemu termohydrolyzie. Wyniki prowadzonych przeze mnie badań, poza środowiskiem naukowym, skierowane są także do osób zajmujących się profesjonalnie produkcją żywca oraz przygotowaniem mięsa wołowego do konsumpcji. Jestem współautorem opracowanego na podstawie otrzymanych wyników tzw. „Rozwiązania Gotowego do Użycia” określającego optymalne warunki i czas prowadzenia poubojowego dojrzewania mięśnia podgrzebieniowego.

5. Literatura

- Boback S.M., Cox C.L., Ott B.D., Carmody R., Wrangham R.W., Secor S.M. 2007. Cooking and grinding reduces the cost of meat digestion. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 148, 651-656.
- Cabaraux J.F., Hornick J.L., Dotreppe O., Dufresne I., Clinquart A., Istasse L. 2004. Effects of the calving number on animal performance, carcass and meat composition in finishing Belgian Blue double-muscle cull females. *Livestock Production Science*, 87, 161-169.

- Chriki S., Renand G., Picard B., Micol D., Journaux L., Hocquette J.F. 2013. 1 Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*, 155, 424-434.
- Dubost A., Micol D., Picard B., Lethias C., Andueza D., Bauchart D., Listrat A. 2013. Structural and biochemical characteristics of bovine intramuscular connective tissue and beef quality. *Meat Science*, 95, 555-561.
- Gawęcki J.: Człowiek i jego pokarm. W: Gawęcki J., Hryniewiecki L. (red.). *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998: 11-17.
- Girard I., Bruce H.L., Basarab J.A., Larsen I.L., J.L. Aalhus. 2012. Contribution of myofibrillar and connective tissue components to the Warner–Bratzler shear force of cooked beef. *Meat Science*, 92, 775-782.
- Highfill C.M., Esquivel-Font O., Dikeman M.E., Kropf D.H. 2012. Tenderness profiles of ten muscles from F1 *Bos indicus* x *Bos taurus* and *Bos taurus* cattle cooked as steaks and roasts. *Meat Science*, 90, 881-886.
- Hildrum K.I., Rodbotten R., Hoy M., Berg J., Narum B., Wold J.P. 2009. Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force. *Meat Science*, 83, 302-307.
- Iwanowska A., Pospiech E. 2010. Comparison of slaughter value and muscle properties of selected cattle breeds in Poland – revue. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 9, 7-22.
- Jeremiah L.E., Dugan M.E.R., Aalhus J.L., Gibson L.L. 2003. Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Science*, 65, 1013-1019.
- Lafarga T., Hayes M. 2014. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: Generation, functionality and application as functional ingredients. *Meat Science*, 98, 227-239.
- Lepetit J. 2008. Collagen contribution to meat toughness: theoretical aspects. *Meat Science*, 80, 960-967.
- Li C.B., Zhou G.H., Xu X.L. 2010. Dynamical changes of beef intramuscular connective tissue and muscle fiber during heating and their effects on beef shear force. *Food and Bioprocess Technology*, 3, 521-527.
- Litwińczuk Z., Grodzki H. 2014. Stan hodowli i chowu bydła w Polsce oraz czynniki warunkujące rozwój tego sektora. *Przegląd Hodowlany*, 6, 1-5.

- Minkiewicz P., Dziuba J., Michalska J. (2011). Bovine meat proteins as potential precursors of biologically active peptides - a computational study based on the BIOPEP database. *Food Science and Technology International*, 17, 39-47
- Modzelewska-Kapituła M., Dąbrowska E., Jankowska B., Kwiatkowska A. Cierach M. 2012. The effect of muscle, cooking method and final internal temperature on quality parameters of beef roast. *Meat Science*, 91, 195-202.
- Nogalski Z. 2015. Głos w dyskusji. *Przegląd Hodowlany*, 2, 22-24.
- Nogalski Z., Pogorzelska-Przybyłek P., Wielgosz-Groth Z., Sobczuk-Szul M., Purwin C., Winarski R., Niedźwiedź J. 2013. Slaughter value of crossbred beef steers as depending on fattening intensity and slaughter age of animals. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 88, 51-60.
- Oury M.P., Picard B., Briand M., Blanquet J.P., Dumont R. 2009. Interrelationships between meat quality traits, texture measurements and physicochemical characteristics of m. rectus abdominis from Charolais heifers. *Meat Science*, 83, 293-301.
- Purslow P.P. 2005. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70, 435-447.
- Radziewicz J. 2014. Hodowla bydła mięsnego w Polsce – stan i perspektywy. *Rolniczy Magazyn Elektroniczny*, 59. Dostępny na <http://rme.cbr.net.pl/wiadomoci-rolnicze/592-hodowla-byda-misnego-w-polsce-stan-i-perspektywy.html> (22.02.2014).
- Reich G. 1978. Kolagen. WNT, Warszawa
- Rubio M.S., Méndez R.D., Huerta-Leidenz N. 2007. Characterization of beef semimembranosus and adductor muscles from US and Mexican origin. *Meat Science*, 76, 438-443.

V. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

Moje zainteresowania naukowe obejmują kilka obszarów związanych z żywnością pochodzenia zwierzęcego. Początkowo moje badania, prowadzone w ramach pracy doktorskiej w Katedrze Mikrobiologii Przemysłowej i Żywności, dotyczyły izolacji szczepów potencjalnie probiotycznych i możliwości zastosowania ich oraz wybranych prebiotyków w wyrobach mleczarskich. Badania w tym zakresie finansowane były z funduszy Komitetu Badań Naukowych (projekt nr 2P06T 001 27) oraz Warmińsko-Mazurskiego Centrum Doskonałości Mleczarstwa WAMADAIREC (projekt nr QLK1-CT-2002-30401).

Po ukończeniu studiów doktoranckich podjęłam pracę w Katedrze Technologii i Chemii Mięsa, co w sposób naturalny zmieniło ukierunkowanie moich badań na mięso i produkty mięsne, ale także i na wykorzystanie nowoczesnych technik, w tym komputerowej analizy obrazu, do badania jakości surowców i przetworów. Szczególne miejsce w moich zainteresowaniach zajmują zagadnienia związane z żywnością funkcjonalną oraz jakością mięsa i jego przetworów. Ze względu na podejmowaną tematykę i różnorodność metod analitycznych, większość prac naukowo-badawczych realizowałam współpracując z innymi naukowcami.

Obszary badawcze mogę podzielić na następujące zagadnienia:

1. Żywność pro- i prebiotyczna,
2. Produkty mięsne o cechach żywności funkcjonalnej,
3. Komputerowa analiza obrazu w badaniach jakości mięsa i produktów mięsnych,
4. Ocena i kształtowanie jakości żywności pochodzenia zwierzęcego.

1. Żywność pro- i prebiotyczna

Znaczną część publikacji wchodzących w skład mojego dorobku naukowego poświęciłam zagadnieniom związanym z żywnością pro- i prebiotyczną. Żywność probiotyczna to produkty spożywcze, które zawierają odpowiednią ilość żywych komórek drobnoustrojów o udokumentowanym, korzystnym wpływie na organizm człowieka. Prowadzone przeze mnie badania polegały na izolacji bakterii potencjalnie probiotycznych z kału niemowląt, określeniu ich właściwości antibakteryjnych wobec bakterii patogennych, zdolności do przeżycia w warunkach przewodu pokarmowego oraz możliwości stosowania ich jako komponentów kultur starterowych. Na podstawie charakterystyki szczepów przeprowadziłam ich selekcję i wybrane szczepy zastosowałam w produkcji jogurtów i serków twarogowych. Wyniki doświadczeń wskazały na możliwość zastosowania wyizolowanych szczepów w produkcji przetworów mleczarskich (Praca doktorska, Załącznik 4, wykaz punkt II.A:2, II.D:1,5,8,15). Prebiotyki to nietrawione przez organizm człowieka składniki pokarmowe, selektywnie stymulujące rozwój korzystnej mikroflory w przewodzie pokarmowym człowieka. Na podstawie wyników przeprowadzonych przeze mnie doświadczeń stwierdziłam, że będąca prebiotykiem inulina HPX może być stosowana jako zamiennik tłuszczu w jogurtach naturalnych oraz stabilizatorów w jogurtach i serkach twarogowych (Praca doktorska, Załącznik 4, wykaz punkt II.A:6, II.D:6,10,11). Określiłam także wpływ potencjalnie probiotycznego szczepu *Lactobacillus plantarum* i inuliny,

stosowanych łącznie jako synbiotyków, na jakość serków twarogowych oraz oddziaływanie diety zawierającej ten produkt na mikroflorę przewodu pokarmowego oraz dostępność magnezu, żelaza, wapnia i fosforu u szczurów (Praca doktorska, Załącznik 4, wykaz punkt II.A:1,3,4,7; II.D:7,16).

2. Produkty mięsne o cechach żywności funkcjonalnej

Żywność funkcjonalna to produkty spożywcze o udokumentowanym korzystnym wpływie na zdrowie człowieka. Mięsne produkty funkcjonalne mogą być otrzymywane m.in. przez dodatek składników o działaniu prozdrowotnym (np. błonnik, bakterie probiotyczne, likopen), zmianę składu kwasów tłuszczowych czy redukcję zawartości tłuszczu. Jednak modyfikacje receptur mogą powodować zmiany cech jakościowych produktów mięsnych i stąd określenie ich wpływu na jakość przetworów było głównym celem prowadzonych przeze mnie badań.

Jestem współautorem publikacji dotyczących możliwości produkcji kielbas i hamburgerów o obniżonej zawartości tłuszczu oraz kielbas fermentowanych zawierających synbiotyki (Załącznik 4 punkt II.A:5, II.D:2,26). Na podstawie wyników badań dotyczących możliwości zastosowania proszku pomidorowego, będącego źródłem likopenu, naturalnego przeciwutleniacza o korzystnym działaniu na organizm człowieka, w drobno rozdrobnionych przetworach mięsnych stwierdziłam, że produkty zawierające od 0,2 do 1,0% proszku pomidorowego zostały podobnie ocenione pod względem pożądalności cech sensorycznych jak produkty kontrolne (które nie zawierały proszku pomidorowego), co stwarza możliwość wprowadzenia z sukcesem takich wyrobów na rynek (Załącznik 4, punkt II.A:10). Prace badawcze w tym zakresie kontynuuję ze względu na możliwość zwiększenia dodatku proszku pomidorowego i jego potencjalny korzystny wpływ na ograniczenie oksydacji tłuszczu podczas przechowywania produktów w warunkach tlenowych.

Tłuszcz zwierzęcy odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu tekstury i cech sensorycznych produktów mięsnych, ale skład jego kwasów tłuszczowych jest mniej korzystny dla zdrowia człowieka niż olejów roślinnych, takich jak np. olej rzepakowy. Nawet częściowa zamiana tłuszczu zwierzęcego na olej roślinny ma wpływ na jakość produktów. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdziłam, że maksymalna wielkość substytucji tłuszczu zwierzęcego olejem rzepakowym w drobno rozdrobnionych przetworach mięsnych wynosi 25% (Załącznik 4, punkt II.D:20).

3. Komputerowa analiza obrazu w badaniach jakości mięsa i produktów mięsnych

Komputerowa analiza obrazu (KAO) jest nowoczesną techniką badawczą pozwalającą na bezinwazyjne określanie cech jakościowych surowców i produktów spożywczych. W swoich pracach badawczych KAO stosowałam do określania stopnia marmurkowatości mięsa wołowego (Załącznik 4, punkt II.D:12), stopnia kurczliwości steków wołowych (Załącznik 4, punkt II.D:13,22), udziału powierzchni zajmowanej przez tłuszcz na przekroju drobno rozdrobnionych przetworów mięsnych oraz udziału powierzchni zajmowanej przez tłuszcz i tkankę łączną na przekroju wołowych mięśni surowych i poddanych obróbce cieplnej (Załącznik 4, punkt II.A:9, II.D:20) oraz do określania składu farszów mięsnych (Załącznik 4, punkt II.A:11). Wykazałam, że występują istotne korelacje między zawartością tłuszczu i wody w farszach mięsnych a udziałem powierzchni zajmowanej przez tłuszcz na obrazach powierzchni farszów, co może być wykorzystywane przy szacowaniu zawartości tych składników metodą KAO. Zastosowana technika pozwoliła mi także na stwierdzenie, że udział powierzchni zajmowanej przez tkankę łączną na przekroju pieczeni z mięśni podgrzebieniowych był istotnie dodatnio skorelowany z zawartością kolagenu ogólnego oraz ujemnie skorelowany z kruchością ocenianą organoleptycznie (Załącznik 4, punkt II.A:9). Badania, których wyniki opisałam w publikacji (Załącznik 4, punkt II.A:9) realizowałam w ramach projektu Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody”.

Technikę KAO zastosowałam także w badaniach zdolności mięsa do utrzymywania wody, która jest jednym z ważniejszych czynników kształtujących jakość oraz wartość ekonomiczną mięsa. Cecha ta wpływa na soczystość i kruchość mięsa oraz na ubytki jego masy podczas przechowywania i obróbki cieplnej. W celu określenia zdolności mięsa do utrzymywania wody wolnej stosuje się wiele metod pomiarowych. Szeroko rozpowszechniona jest metoda Grau-Hamma, w której próbki mięsa poddawane są naciskowi, w wyniku którego woda wolna zostaje wyciśnięta na bibułę. Jedną z metod służących do określenia zawartości wody wolnej w mięsie jest pomiar powierzchni nacieku i sprasowanej próbki mięsa. Pomiar powierzchni plam przeprowadzałam stosując oprogramowanie do komputerowej analizy obrazu NIS-Elements (Nikon). W podjętych przeze mnie pracach badałam czy występują statystycznie istotne różnice między wynikami zawartości wody wolnej otrzymanymi przy zastosowaniu zróżnicowanego nacisku i czasu jego oddziaływania na próbkę mięsa oraz stosowania próbek o różnej masie. Wykazałam, że wszystkie z badanych czynników wpływały istotnie na wynik oznaczenia. Na podstawie wyników analizy statystycznej i wyodrębnienia grup jednorodnych średnich, wskazałam na możliwości porównywania

wyników zawartości wody wolnej otrzymanych przy zróżnicowanych warunkach prowadzenia oznaczenia (Załącznik 4, punkt II.D:9,14,21).

4. Ocena i kształtowanie jakości żywności pochodzenia zwierzęcego

Wśród moich zainteresowań naukowych znajdowały się także zagadnienia związane z jakością surowców mięsnych i ich przetworów oraz ryb. Zajmowałam się m.in. oceną składu kwasów tłuszczowych mięśni ryb, które są cennym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w diecie człowieka. Duży wpływ na skład kwasów tłuszczowych ma okres odłowy, ponieważ u ryb po tarle obniża się udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym kwasów omega-3 (Załącznik 4, punkt II.D:23,25). W porównaniu do ryb wolnożyjących, mięśnie ryb z akwakultury cechuje wyższa zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, wyższy stosunek kwasów omega-3 do omega-6 oraz wyższa zawartość mikroelementów (Załącznik 4, punkt III.B:20,21,24,28,29).

W ramach prac badawczych analizowałam także skład kwasów tłuszczowych mięsa mielonego oraz przetworów mięsnych (szynki, kielbasy wędzone) i wykazałam, że najmniej korzystnym składem kwasów tłuszczowych cechowało się mielone mięso wieprzowe ze względu na najniższy udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i najwyższy stosunek kwasów omega-6 do omega-3 (Załącznik 4, punkt II.A:14). Opisaną powyżej badania prowadziłam we współpracy z pracownikami Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie oraz Katedry Towaroznawstwa i Badań Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Pewną część mojego dorobku stanowią prace poświęcone jakości mięsa wołowego, w tym jego właściwościom technologicznym i organoleptycznym (Załącznik 4, punkt II.A:15,9, punkt II.D:17,18,19). Jednym z zagadnień poruszanych w tych publikacjach była możliwość kształtowania jakości kulinarnego mięsa wołowego przez zastosowanie odpowiednio dobranej obróbki cieplnej.

Jakość mikrobiologiczna mięsa i produktów mięsnych ma kluczowe znaczenie ze względu na bezpieczeństwo spożywania tych produktów. Mięso i produkty mięsne mogą być źródłem mikroflory chorobotwórczej i dlatego monitorowanie ich stanu mikrobiologicznego jest bardzo istotne. Publikacje, które powstały w ramach współpracy z Zakładem Higieny Weterynaryjnej (ZHW), dotyczyły częstotliwości występowania bakterii z rodzaju *Salmonella* i z gatunku *Listeria monocytogenes*. Na podstawie wyników z kontroli prowadzonej przez ZHW wykazałam, że chociaż jakość mikrobiologiczna mięsa i produktów mięsnych produkowanych w Polsce jest wysoka, to należy zwrócić szczególną uwagę na higienę

produkcji mięsa drobiowego, które jest częściej zanieczyszczone bakteriami z rodzaju *Salmonella* niż mięso wołowe czy wieprzowe oraz na przestrzeganie zasad higieny i ciągłości łańcuchów chłodniczych w miesiącach wiosennych i letnich, ze względu na częstsze występowanie w tych okresach bakterii z gatunku *Listeria monocytogenes* w produktach mięsnych (Załącznik 4, punkt II.A:12,13, punkt III.B:25).

Od sierpnia 2014 roku jestem pracownikiem Katedry Towaroznawstwa Przemysłowego, Podstaw Techniki oraz Gospodarki Energią. Ze względu na specyfikę profilu badań realizowanych w Katedrze, moje zainteresowania naukowo-badawcze poszerzyłam o zagadnienia związane z możliwością wykorzystania prądu elektrycznego do oceny i kształtowania jakości żywności pochodzenia zwierzęcego i roślinnego (Załącznik 4, punkt II.D:24).

VI. PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWO-BADAWCZEGO

Mój dotychczasowy dorobek naukowy obejmuje:

- oryginalne prace twórcze: 47 (w tym 21 opublikowano w czasopismach z IF);
Pięć prac zostało opublikowanych w czasopiśmie Meat Science, które jest sklasyfikowane na 18 miejscu wśród 242 czasopism w dziedzinie Agricultural and Biological Sciences, kategoria Food Science (<http://www.scimagojr.com>)
- komunikaty naukowe (postery i referaty): 29 (w tym 8 głoszonych osobiście);
- dokumentacja prac badawczych (sprawozdania): 24;
- opublikowane prace popularno-naukowe: 1.

Wartość naukowa dorobku publikacyjnego do dnia 1 kwietnia 2016 roku wynosi:

- punkty MNiSW zgodnie z aktualnym wykazem: **698**; zgodnie z rokiem wydania: **558**;
- sumaryczny impact factor według listy JCR, zgodnie z rokiem opublikowania: **23,88**;
- liczba cytowań według bazy Web of Science: **90** (bez autocytowań: 83);
- indeks Hirscha według bazy Web of Science: **5**.

Brałam udział w realizacji trzech grantów badawczych i jednego międzynarodowego projektu dydaktycznego. Rektor Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie przyznał mi nagrody za osiągnięcia w dziedzinie naukowej (2015) i dydaktycznej (2015) oraz dyplom za osiągnięcia w dziedzinie organizacyjnej (2012). Odbylałam staże zagraniczne: jeden naukowy i dwa dydaktyczne. Podczas sześciomiesięcznego stażu naukowego (2003) miałam

możliwość pracy w międzynarodowym zespole naukowców i poznania nowoczesnych metod oraz aparatury badawczej. Rezultaty badań wykonanych podczas tego stażu opisane zostały w publikacji (Załącznik 4, punkt II.D:5). W trakcie stażu dydaktycznego na University of Hawai'i at Manoa, Department of Human Nutrition, Food and Animal Science (USA) uczestniczyłam w zajęciach laboratoryjnych, wykładach oraz seminariach prowadzonych przez różnych nauczycieli, co pozwoliło mi na poznanie różnorodnych metod dydaktycznych i sposobów organizacji zajęć. Wiele metod, które poznałam w trakcie tego stażu, wykorzystuję obecnie w pracy ze studentami, która przynosi mi dużo satysfakcji. Dotychczas byłam promotorem 30 prac inżynierskich oraz 24 prac magisterskich studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych Wydziału Nauki o Żywności. Obecnie jestem koordynatorem 4 przedmiotów realizowanych na kierunkach Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, Gastronomia Sztuka Kulinarna oraz Towaroznawstwo. W roku akademickim 2015/2016 prowadziłam wykłady z 5 przedmiotów.

Jestem rozpoznawalna jako naukowiec zajmujący się zagadnieniami związanymi z jakością mięsa wołowego oraz produkcją prozdrowotnych przetworów mięsnych. Wyrazem mojej rozpoznawalności jest wysoka cytowalność moich prac z tego zakresu, zwłaszcza opublikowanych w czasopiśmie Meat Science oraz liczne zaproszenia od redaktorów czasopism naukowych do recenzowania publikacji. Dotychczas przygotowałam recenzje 26 manuskryptów publikacji złożonych m.in. do takich czasopism jak: International Journal of Food Science and Technology, Journal of Food Science and Technology, Food Microbiology, Meat Science, International Journal of Dairy Technology, zamieszczonych na liście JCR.

TABELARYCZNY WYKAZ DOROBKU NAUKOWEGO

Kategoria	Liczba publikacji	IF ¹	Liczba cytowań ²	Punkty MNiSW ³ wg aktualnego komunikatu	Punkty MNiSW zgodnie z rokiem wydania
Oryginalne prace twórcze przed uzyskaniem stopnia doktora					
Publikacje w czasopismach recenzowanych innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	5	-	0	12	0
Oryginalne prace twórcze po uzyskaniu stopnia doktora					
<i>Wykorzystane w rozprawie habilitacyjnej</i>					
Publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	6	8,14	5	165	165
<i>Inne niż wykorzystane w rozprawie habilitacyjnej</i>					
Publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	15	15,58	84	335	297
Publikacje w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	20	0,16	1	170	92
Publikacje w monografiach naukowych	1	-	-	4	4
Sprawozdania, raporty	24	-	-	-	-
Prace popularno-naukowe	1	-	-	-	-
Referaty, komunikaty i doniesienia naukowe na konferencjach krajowych i międzynarodowych					
- przed uzyskaniem stopnia doktora	9	-	-	-	-
- po uzyskaniu stopnia doktora (w tym uwzględnione w Web of Science)	20	-	-	-	-
Razem	101	23,88	90	698	558

¹ Impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2015 i 2016, dla których IF nie został obliczony, podano ostatni aktualny)

² Liczba cytowań według Web of Science na dzień 1 kwietnia 2016

³ Punkty MNiSW wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

Monika Modzelewska-Kapituła