

AUTOREFERAT

w języku polskim

dr inż. Magdalena Stanek

KATEDRA BIOCHEMII I BIOTECHNOLOGII ZWIERZĄT

ZAKŁAD BIOCHEMII I TOKSYKOLOGII

WYDZIAŁ HODOWLI I BIOLOGII ZWIERZĄT

UNIwersytet Technologiczno – Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich

W BYDGOSZCZY



BYDGOSZCZ 2017

SPIS TREŚCI

	strona
1. ŻYCIORYS NAUKOWY I PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ	3
2. WYKAZ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO wynikającego z art. 16 ust. 2 z dnia 14 marca 2003 roku <i>o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki</i> (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 roku poz. 1311)	4
2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	4
2.2. Wykaz publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego	4
2.3. Omówienie celu naukowego wymieniowych prac i osiągniętych wyników wraz z ich ewentualnym wykorzystaniem	6
2.3.1. Wprowadzenie	6
2.3.2. Materiał i metody badań	9
2.3.3. Wyniki badań	11
2.3.4. Podsumowanie	18
2.3.5. Wnioski	23
2.3.6. Literatura	24
3. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO – BADAWCZYCH	27
3.1. Badania realizowane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	27
3.2. Badania związane z tematem pracy doktorskiej	27
3.3. Badania realizowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	28
3.4. Podsumowanie całkowitego dorobku naukowo – badawczego	32
4. OMÓWIENIE DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNO – ORGANIZACYJNEJ	37

1. ŻYCIORYS NAUKOWY I PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ

dr inż. Magdalena Stanek

Katedra Biochemii i Biotechnologii Zwierząt,
Zakład Biochemii i Toksykologii
Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
mail: winiarska@utp.edu.pl

Posiadane dyplomy i świadectwa oraz stopnie naukowe:

- **magister inżynier** – kierunek Biotechnologia, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska.
Temat pracy: *„Oznaczenie zawartości tokoferoli w olejach roślinnych metodą Emmerie-Engel’a”*.
Promotor pracy: dr inż. Maria Tynek
Data uzyskania tytułu: 13 czerwca 2000 roku.
- **doktor inżynier** nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy.
Temat pracy: *„Zawartość metali ciężkich i składników mineralnych w narządach ryb z jeziora Żnin Duże”*.
Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Bogdan Janicki
Recenzenci: prof. dr hab. inż. Jerzy Mastyński
prof. dr hab. inż. Jan Koper
Data uzyskania tytułu: 18 kwietnia 2005 roku.
- **dyplom ukończenia studiów doktoranckich** w zakresie nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy.
Data uzyskania dyplomu: 30 września 2005 roku.
- **świadectwo ukończenia studiów podyplomowych** w zakresie doskonalenia pedagogicznego dla młodych nauczycieli akademickich Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy.
Data uzyskania świadectwa: 26 sierpnia 2002 roku.

Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu:

- **asystent** – Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy (ówczesny Wydział Zootechniczny, Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy).
Termin zatrudnienia: od 1 października 2000 do 30 września 2005.
- **adiunkt** – Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy (ówczesny Wydział Zootechniczny, Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy).
Termin zatrudnienia: od 1 października 2005 do chwili obecnej.

2. WYKAZ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 z dnia 14 marca 2003 roku *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 roku poz. 1311) jest cykl publikacji naukowych powiązanych tematycznie.

2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Zróźnicowanie stopnia kumulacji składników mineralnych i metali toksycznych w tkankach i narządach ryb oraz raka

2.2. Wykaz publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

H1. Stanek M.(✉), Dąbrowski J., Różański Sz., Janicki B., Długosz J. 2017. Heavy metals bioaccumulation in tissues of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) from Lake Gopło: effect of age and sex. Bull. Environ. Contamin. Toxicol. 98, 740-746. DOI: 10.1007/s00128-017-2098-2

[20 pkt. MNiSW, IF₍₂₀₁₇₎ = 1.412]

Mój wkład w powstanie tej pracy (szacowany na 80%) obejmował: koncepcję badań, określenie wieku i płci raków, pozyskanie mięsa i egzoszkieletu do badań, wykonanie analiz statystycznych, współudział w interpretacji uzyskanych wyników, przegląd literatury, napisanie manuskryptu oraz dokonanie korekty w odpowiedzi na recenzje.

H2. Stanek M.(✉), Dąbrowski J., Cygan-Szczegielniak D., Roślewska A., Stasiak K., Janicki B. 2017a. Influence of the sex and age on the content of selected minerals in the meat of ruffe (*Gymnocephalus cernua* L.) from the Vistula River, Poland. J. Elementol. 22(4), 1321-1331. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.1.1323

[15 pkt. MNiSW, IF₍₂₀₁₇₎ = 0.719]

Mój wkład w powstanie tej pracy (szacowany na 84%) obejmował: koncepcję badań, wykonanie pomiarów biometrycznych, określenie wieku i płci ryb, wykonanie analiz statystycznych, interpretację uzyskanych wyników, przegląd literatury, napisanie manuskryptu oraz dokonanie korekty w odpowiedzi na recenzje.

H3. Stanek M.(✉), Andrzejewski W., Mazurkiewicz J., Janicki B., Cygan-Szczegielniak D., Roślewska A., Stasiak K., Waszak I. 2016. Seasonal investigation of selected mineral contents in meat, gills, and liver of perch (*Perca fluviatilis* L.) from Western Poland. Pol. J. Environ. Stud. 25(1), 301-309. DOI: 10.15244/pjoes/59425

[15 pkt. MNiSW, IF₍₂₀₁₆₎ = 0.790]

Mój wkład w powstanie tej pracy (szacowany na 74%) obejmował: koncepcję badań, wykonanie obliczeń chemometrycznych, interpretację uzyskanych wyników, przegląd literatury, napisanie manuskryptu oraz dokonanie korekty w odpowiedzi na recenzje.

H4. Stanek M.(✉), Andrzejewski W., Janicki B., Mazurkiewicz J., Waszak I. 2014. Content of calcium and phosphorus in the meat, gills and liver of perch (*Perca fluviatilis* L.) from the Wielkopolska Lakes District (Poland). J. Elementol. 19(2), 507-518. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.2.343

[15 pkt. MNiSW, IF₍₂₀₁₄₎ = 0.690]

Mój wkład w powstanie tej pracy (szacowany na 80%) obejmował: koncepcję badań, wykonanie analiz statystycznych, interpretację uzyskanych wyników, gromadzenie literatury, napisanie manuskryptu oraz dokonanie korekty w odpowiedzi na recenzje.

H5. Stanek M.(✉), Dąbrowski J., Długosz J., Janicki B. 2014. Impact of the anthropogenisation on the metal bioaccumulation and distribution in the spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.) from Lake Gopło, Poland. Int. J. Environ. Res. 8(4), 1315-1322.

[10 pkt. MNiSW, IF₍₂₀₁₄₎ = 1.100]

Mój wkład w powstanie tej pracy (szacowany na 85%) obejmował: koncepcję badań, pozyskanie mięsa i egzoszkieletu do badań, wykonanie analiz statystycznych, współudział w interpretacji uzyskanych wyników, gromadzenie literatury, napisanie manuskryptu oraz dokonanie korekty w odpowiedzi na recenzje.

H6. Stanek M.(✉), Janicki B. 2011. Impact of season and sex on calcium and phosphorus content in the meat of roach (*Rutilus rutilus* L.) from the Brda River (Poland, Bydgoszcz). Folia Biol. 59(3-4), 189-194. DOI: 10.3409/fb59_3-4.189-194

[15 pkt. MNiSW, IF₍₂₀₁₁₎ = 0.657]

Mój wkład w powstanie tej pracy (szacowany na 95%) obejmował: koncepcję badań, wykonanie pomiarów biometrycznych, określenie płci ryb, wykonanie analiz statystycznych i interpretację uzyskanych wyników, przegląd literatury, napisanie manuskryptu oraz dokonanie korekty w odpowiedzi na recenzje.

Podsumowanie dorobku naukowego włączonego do osiągnięcia naukowego:

Liczba punktów za publikacje włączone do osiągnięcia naukowego zgodnie z punktacją MNiSW obowiązująca w roku wydania publikacji wynosi **90 punktów**.

Wartość czynnika wpływu *Impact Factor* (IF) obowiązującego w roku wydania publikacji, za publikacje włączone do osiągnięcia naukowego stanowi **5,368**.

Oświadczenie współautorów prac zaliczonych do osiągnięcia naukowego stanowi **Załącznik 3b**.

(✉) – autor korespondencyjny

2.3. Omówienie celu naukowego wymieniowych prac i osiągniętych wyników wraz z ich ewentualnym wykorzystaniem.

2.3.1. Wprowadzenie

Zgodnie z najnowszym raportem z 2016 roku opracowanym przez Organizację Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (*Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO) na temat stanu światowego rybołówstwa i akwakultury, średnia roczna konsumpcja ryb w przeliczeniu na jednego mieszkańca Ziemi przekroczyła po raz pierwszy w historii 20 kilogramów. Roczne spożycie ryb, przetworów rybnych i owoców morza w Polsce w przeliczeniu na jedną osobę wynosi około 12 kg. Polacy spożywają najczęściej ryby morskie (9,38 kg/osobę) (ŁUCZYŃSKA i in., 2011), szczególnie w sezonie wakacyjnym i są to takie gatunki jak: dorsz (*Gadus morhua*), mintaj (*Theragra chalcogramma*) czy śledź (*Clupea harengus*). Obserwuje się również zainteresowanie gatunkami ryb słodkowodnych (3,37 kg/osobę) (ŁUCZYŃSKA i in., 2011), tj.: sielawa (*Coregonus albula*), okoń pospolity (*Perca fluviatilis*), sandacz (*Sander lucioperca*) czy szczupak (*Esox lucius*) w sezonie letnim oraz karp (*Cyprinus carpio*) szczególnie w okresie Bożego Narodzenia. Dla porównania, w innych krajach Unii Europejskiej roczna konsumpcja ryb kształtuje się nawet na poziomie 26 kg na osobę (GRELA i in., 2010). Prognozy Instytutu Ekonomiki, Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej są optymistyczne i wynika z nich, że spożycie ryb w Polsce sukcesywnie rośnie i na przykład, w ciągu trzech kwartałów 2015 roku zwiększyło się o ponad 12%.

Badania potwierdzają, że mięso ryb to cenne źródło egzogennych aminokwasów, białek, witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, a przede wszystkim wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (BIENIARZ i KOŁDRAS, 2000; GRELA i in., 2010; ŁUCZYŃSKA i in., 2012; STEFFENS i WIRTH, 2005). Jest to również surowiec dostarczający bardzo ważne dla prawidłowego funkcjonowania organizmu związki bioaktywne, których człowiek nie jest w stanie sam syntetyzować, a mianowicie składniki mineralne (LIDWIN-KAŻMIERKIEWICZ i in., 2009; ŁUCZYŃSKA i in., 2009; ŁUCZYŃSKA i in., 2011; POLAK-JUSZCZAK, 2007). Są to makroelementy odpowiedzialne za gospodarkę wodno-elektrolitową (Na, K), za budowę kości, zębów i włosów (Mg, Ca i P) oraz mikroelementy regulujące liczne szlaki metaboliczne (Cu, Zn, Fe) (MURRAY i in., 2002). Niedobory tych związków są bardzo groźne i mogą prowadzić do wielu schorzeń, tj.: nadciśnienie, niedokrwistość, demineralizacja kości, krzywica, zaburzenia gospodarki wodno-elektrolitowej, zahamowanie wzrostu, czy zaburzenia systemu nerwowego. Dlatego też, w obliczu ciągłego poszukiwania tzw. zdrowej żywności i naturalnych produktów bogatych w składniki mineralne, należy propagować

zwiększenie udziału ryb w diecie człowieka. Jednocześnie nie powinno umniejszać się właściwości ryb słodkowodnych, a w tym tzw. gatunków małowartościowych gospodarczo, tj.: płóc (*Rutilus rutilus*), krąp (*Blicca bjoerkna*), ukleja (*Alburnus alburnus*), okoń czy jazgarz (*Gymnocephalus cernua*). Ryby te cieszą się coraz większym zainteresowaniem, z uwagi na ich powszechną dostępność, niską cenę oraz dobrą jakość odżywczą mięsa, np.: niską kaloryczność oraz bogactwo składników mineralnych, tj.: wapń, potas czy fosfor (KRZYWIŃSKI i in., 2014; SKAŁECKI i in., 2015). Pomimo tego, że jazgarz uznawany jest przez niektórych za szkodnika i konkurenta względem innych gatunków ryb, to przez wielu konsumentów ceniony jest za delikatne, tłuste i smaczne mięso. Badania własne wykazały, że mięso tej ryby posiada dobre właściwości odżywcze z uwagi na korzystny dla zdrowia profil kwasów tłuszczowych (KUPCEWICZ i in., 2011) oraz niski poziom cholesterolu (54,12 mg·100g⁻¹), w porównaniu do analizowanego równolegle okonia (57,80 mg·100g⁻¹) czy karasia srebrzystego (*Carassius auratus gibelio*) (61,12 mg·100g⁻¹) (STANEK i in., 2017). Mięso płoci jest smaczne oraz delikatne i posiada wielu zwolenników, pomimo dużej ilości ości. Badania własne wykazały, że surowiec ten charakteryzuje się niską zawartością tłuszczu (0,77-0,94%) oraz cholesterolu (56,25-64,20 mg·100g⁻¹) (STANEK i in., 2012). Z kolei mięso okonia cieszy się dużą i ciągle rosnącą popularnością wśród konsumentów ze względu na jego pożądane cechy, a mianowicie białą barwę, delikatną strukturę i łagodny zapach (ZAKĘŚ i in., 2010). Wcześniejsze badania własne dotyczące okonia potwierdziły korzystną jakość mięsa tej ryby z uwagi na zawartość cholesterolu oraz profil kwasów tłuszczowych w porównaniu z innymi gatunkami (KUPCEWICZ i in., 2011; STANEK i in. 2017; STANEK i in., 2010). Oznaczenie poziomu składników mineralnych w mięsie prezentowanych gatunków ryb stanowiło uzupełnienie wcześniejszych badań i przyczyniło się do bardziej kompleksowej oceny jakości tych surowców.

Bogatym źródłem składników mineralnych są również skorupiaki. Do najbardziej pożądanych kulinarnie i coraz bardziej powszechnych na polskich stołach, zaliczyć można krewetki (*Caridea*), homary (*Homarus spp.*) i kraby (*Chionoecetes*), czyli tzw. owoce morza oraz słodkowodne raki. Zwyczaj przyrządzania mięsa raków w Polsce cieszy się długą tradycją i nie jest może powszechnie znany fakt, że sięga aż czasów średniowiecza (MASTYŃSKI i ANDRZEJEWSKI, 2005). Pomimo tego, że wydajność mięsna tych zwierząt, z powodu ich charakterystycznej budowy ciała, nie jest duża, produkt ten wśród wielu konsumentów uznawany jest za przysmak kulinarny porównywalny z kawiozem. Wyniki badań własnych dotyczące wartości odżywczej mięsa raka pręgowatego (*Orconectes limosus*) były korzystne, ponieważ wykazały wysoki udział kwasów tłuszczowych z grupy PUFA (48-

49% udziału wszystkich kwasów), niską zawartość procentową tłuszczu (1-1,35%) i niewielką ilość cholesterolu, która kształtowała się w zakresie od 86,96 do 96,68 mg·100g⁻¹ (STANEK i in., 2013).

Jednakże, na skutek zwiększającego się zanieczyszczenia środowiska nasze rodzime gatunki raków, tj.: szlachetny (*Astacus astacus*) czy błotny (*Astacus leptodactylus*), w większości wyginęły. Ponieważ rak pręgowaty uważany jest za gatunek inwazyjny ze względu na zdolność bytowania w wodach zanieczyszczonych i silnie zeutrofizowanych oraz odporność na chorobę pasożytniczą wywoływaną grzybem *Aphanomyces astaci*, czyli tzw. dżumę raczą, obserwuje się jego postępującą ekspansję w polskich wodach. Ciekawym jest zatem mechanizm radzenia sobie tego zwierzęcia ze zdolnością życia w zanieczyszczonych zbiornikach, szczególnie w obliczu ciągle nurtującego problemu jakim jest obecność metali toksycznych. Badania BERGEY i WEIS (2007), PROTASOWICKIEGO i in. (2013) oraz MACKEVIČIENĖ (2002) wykazały, że w przypadku licznych skorupiaków wodnych, tj.: krewetki, kraby czy raki, metale toksyczne mają tendencję do kumulowania się w egzoszkielecie na skutek wiązania się z chityną. Zatem, tkanka ta pełni bardzo ważne funkcje detoksykacyjne, ponieważ podczas cyklicznego zrzucania pancerza, nazywanego linieniem następuje usuwanie metali toksycznych z organizmu zwierzęcia. Badania KETELES i FLEEGER (2001) potwierdzają, że tendencja kumulowania się metali w egzoszkielecie skorupiaków jest cechą gatunkową i w dużym stopniu zależną od rodzaju metalu, dlatego tak istotnym było poznanie tego zjawiska w odniesieniu do badanych raków pręgowatych.

O składzie chemicznym mięsa ryb i raków decydują liczne czynniki egzogenne, czyli środowiskowe, tj.: lokalizacja zbiornika, sezon odłowu, właściwości fizyko-chemiczne wody – pH, temperatura, zasolenie, ilość rozpuszczonego tlenu. Nie mniej istotne znaczenie mają czynniki endogenne, czyli biologiczne, tj.: wiek, płeć, rozmiar ciała, przyzwyczajenia żywieniowe oraz stadium dojrzałości płciowej (BRUCKA-JASTRZĘBSKA i in., 2009; DRĄG-KOZAK i in., 2011; GRELA i in., 2010; PROTASOWICKI in., 2013; STANEK i in., 2012; STANEK i in., 2013). Jest to temat bardzo ważny, ponieważ wszystkie te czynniki rzutują na jakość odżywczą surowca, ale również złożony ponieważ wymaga subiektywnej oceny w odniesieniu do konkretnego zbiornika i gatunku zwierzęcia. Z uwagi na to, że niewiele jest badań naukowych, zarówno w literaturze krajowej jak i zagranicznej, dotyczących tego problemu w odniesieniu do ryb mniej cennych gospodarczo, temat ten wydał się wart analizy.

O stopniu kumulacji metali w ciele ryb i raków decyduje różnica pomiędzy ilością wchłanianego metalu z wody poprzez skrzelą lub wraz z pokarmem, a wielkością jego eliminacji z organizmu. Proces ten nazywany jest bioakumulacją i jest cechą indywidualną

każdego zwierzęcia, ponieważ zależy od efektywności przenikania metali przez błony biologiczne z przewodu pokarmowego, od wydajności ich zatrzymywania w organizmie przez metalotioneiny oraz od intensywności procesu wydalania (SIKORSKI, 2004). Zgodnie z definicją chemiczną termin metale ciężkie obejmuje grupę metali i półmetali, których gęstość wynosi więcej niż $5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, do której zalicza się mikroelementy (np.: miedź, cynk, żelazo, mangan, nikiel) oraz metale toksyczne, tj.: ołów, rtęć, arsen i kadm. W rozumieniu biologicznym lub medycznym, czyli w oparciu o stopień toksyczności, metale ciężkie to związki niebezpieczne, które nie posiadają żadnej fizjologicznej funkcji i są szkodliwe nawet w najmniejszych ilościach. W prezentowanym cyklu badań, dokonałam oznaczenia stężenia metali i niemetalu z podziałem na makroelementy – sód (Na), potas (K), magnez (Mg), wapń (Ca) i fosfor (P), mikroelementy – miedź (Cu), cynk (Zn), żelazo (Fe), mangan (Mn), nikiel (Ni), chrom (Cr) i kobalt (Co) oraz metale toksyczne – ołów (Pb), kadm (Cd) i rtęć (Hg).

Celem badań będących tematem osiągnięcia naukowego była

ocena wpływu płci, wieku, sezonu odłowu, rodzaju analizowanej tkanki lub narządu oraz lokalizacji zbiornika na stopień kumulacji składników mineralnych oraz metali toksycznych w ciele okonia, jazgarza, płoci oraz raka pręgowatego.

Powyższy cel badawczy realizowano w oparciu o:

- analizę stężenia makroelementów w rybach ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy – s.m.),
- analizę stężenia mikroelementów w rybach oraz raku pręgowatym ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.),
- analizę stężenia metali toksycznych w raku pręgowatym ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.);

2.3.2. Materiał i metody badań

W prezentowanym cyklu badań analizami objęto trzy gatunki ryb słodkowodnych oraz raka pręgowatego, które pozyskano w latach 2010-2015 z naturalnych łowisk. W Tabeli 1 przedstawiono szczegółowo gatunki tych zwierząt, rodzaj badanego narządu lub tkanki oraz nazwę i lokalizację zbiornika. Wstępnym etapem analizy ryb było wykonanie pomiarów biometrycznych, czyli oznaczenie masy ciała (BW) ($\pm 0,01\text{g}$), długości ciała (Lc) ($\pm 0,1\text{cm}$) oraz długości całkowitej (Lt) ($\pm 0,1\text{cm}$). Kolejnym krokiem było oznaczenie wieku ryb na podstawie linii rocznych przyrostów pierścieni kształtujących się na łusce. W przypadku raków mierzono długość całkowitą, czyli odległość od wierzchołka rostrum do tylnej krawędzi telsonu, co stanowiło podstawę do określenia ich wieku.

Tabela 1. Wykaz analizowanych gatunków zwierząt, rodzaj pobranej tkanki lub narządu oraz miejsce odłowu.

Gatunek	n	Tkanka/ narząd	Nazwa zbiornika	Województwo
Płoc (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	40	mięso	rz. Brda	kujawsko-pomorskie
Jazgarz (<i>Gymnocephalus cernua</i> L.)	90	mięso	rz. Wisła	kujawsko-pomorskie
Okoń (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	90	mięso	j. Góreckie	wielkopolskie
		skrzela	j. Strzeszyńskie	wielkopolskie
		wątroba	j. Wędromierz	lubuskie
Rak pręgowaty (<i>Orconectes limosus</i> Raf.)	248	mięso egzoszkielet	j. Gopło	kujawsko-pomorskie

W Tabeli 2 przedstawiono czynniki, których wpływ analizowano w odniesieniu do stopnia kumulacji makro- mikroelementów oraz metali toksycznych w narządach i tkankach ryb oraz raka pręgowatego.

Tabela 2. Wykaz oznaczanych składników mineralnych, w tym metali toksycznych w pozyskanych gatunkach ryb i raka pręgowatym oraz rodzaj analizowanych czynników.

	Makroelementy (g·kg ⁻¹ s.m.)					Mikroelementy (mg·kg ⁻¹ s.m.)							Metale toksyczne (mg·kg ⁻¹ s.m.)		
	Na	K	Mg	Ca	P	Zn	Fe	Cu	Mn	Ni	Co	Cr	Pb	Cd	Hg
PŁEĆ															
płoc				✓	✓										
jazgarz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
rak						✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
WIEK															
jazgarz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
rak						✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SEZON ODŁOWU															
płoc				✓	✓										
okoń				✓	✓	✓	✓	✓							
rak						✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RODZAJ TKANKI															
okoń				✓	✓	✓	✓	✓							
rak						✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LOKALIZACJA ZBIORNIKA															
okoń				✓	✓	✓	✓	✓							

Pobrane do badań narządy i tkanki liofilizowano przy pomocy liofilizatora Lyovac GT2 (Fin-Aqua, Finlandia) a następnie poddawano mineralizacji przy użyciu mineralizatora mikrofalowego (Ethos Plus, Milestone). W tak przygotowanych próbach oznaczano stężenie

składników mineralnych przy pomocy spektroskopu płomieniowej absorpcji atomowej (FAAS, Thermo Scientific ICE 3000) [H2], spektroskopu absorpcji atomowej (AAS, PU9100XX) [H1], spektroskopu absorpcji atomowej (AAS, Solar 969, Unicam) (H3, H4, H6) oraz spektroskopu masowego (ICP-MS, Perkin-Elmer, Optima 8300) (H5). Do analiz statystycznych wykorzystano program Statistica 8.0 (StatSoft, USA). W celu oceny normalności rozkładu danych zastosowano test Shapiro-Wilka, a do analizy jednorodności wariancji użyto test Levene'a [H1-6]. Jednym z narzędzi statystycznych użytych do oceny różnic statystycznie istotnych w średnich zawartościach analizowanych metali był test t-Studenta [H1, H2, H3, H5] oraz test Tukey'a i jednoczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) [H1, H4] lub dwuczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) [H2, H3].

2.3.3. Wyniki badań

Czynnikami determinującymi stopień kumulacji składników mineralnych w mięsie ryb i bezkręgowców morskich mogą być płeć oraz wiek zwierząt. Wpływ tych czynników analizowano w odniesieniu do stężenia makroelementów, tj.: sód, potas i magnez w mięsie jazgarza, co było przedmiotem badań ujętych w publikacji H2.

H2. Stanek M., Dąbrowski J., Cygan-Szczegielniak D., Roślewska A., Stasiak K., Janicki B. 2017a. Influence of the sex and age on the content of selected minerals in the meat of ruffe (*Gymnocephalus cernua* L.) from the Vistula River, Poland. J. Elementol. 22(4), 1321-1331. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.1.1323

Jednym z ważniejszych dla zdrowia człowieka makroelementem jest sód, który odpowiada za równowagę kwasowo-zasadową, transport przez błony biologiczne oraz prawidłowe funkcjonowanie nerwów i mięśni. W diecie człowieka minerał ten może pochodzić z dwóch źródeł: naturalnego, jako składnik żywności pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz jako sól w postaci chlorku sodu dodawana w trakcie procesu przemysłowego lub przyrządzania potraw. Zbyt duże spożywanie sodu może mieć bardzo negatywne skutki dla zdrowia i może prowadzić do nadciśnienia tętniczego, dlatego też zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) dzienne spożycie soli powinno wynosić maksymalnie 2000 mg, czyli 1 płaską łyżeczkę. Analizy wykazały, że zawartość sodu w mięsie jazgarza mieściła się w zakresie od 2,38 do 2,68 g·kg⁻¹. Wyższe stężenie tego minerału oznaczono w mięsie 2-letnich ryb (2,67 g·kg⁻¹) niż 3-letnich osobników (2,46 g·kg⁻¹) i wartości te różniły się istotnie statystycznie (przy p≤0,05). Nie stwierdzono, natomiast różnic istotnych statystycznie w zawartości sodu pomiędzy samcami (2,53 g·kg⁻¹) i samicami (2,60 g·kg⁻¹) jazgarza. Innym minerałem, który odgrywa bardzo ważną rolę w utrzymywaniu właściwego ciśnienia osmotycznego i pH przestrzeni wewnątrzkomórkowej, w przemianie węglowodanów i białek

oraz w regulacji ciśnienia tętniczego jest potas. Mineral ten zwiększa przepuszczalność błon komórkowych, uczestniczy w przewodzeniu impulsów nerwowych, a ponadto wykazuje właściwości antagonistycznie w stosunku do wapnia. Stężenie potasu w mięsie jazgarza wynosiło od 14,74 do 16,16 g·kg⁻¹. Zarówno płeć jak i wiek ryb były czynnikami determinującymi stopień kumulacji tego minerału. Większe ilości potasu oznaczono w mięsie 2-letnich osobników (15,91 g·kg⁻¹) w porównaniu z rybami 3-letnimi (15,20 g·kg⁻¹). Zaś samice były bogatszym źródłem potasu niż samce. Kolejnym analizowanym metalem był magnez, który dzięki temu, że jest kofaktorem prawie 300 enzymów, uczestniczy w przemianie węglowodanów, białek, lipidów i kwasów nukleinowych. Pełni ważną rolę w przekazywaniu informacji między mięśniami i nerwami oraz hamuje proces krzepnięcia krwi dzięki czemu zapobiega powstawaniu zakrzepów. W mięsie jazgarza stężenie magnezu mieściło się w granicach od 1,47 do 1,60 g·kg⁻¹. Zawartość tego minerału w mięsie 2- i 3-letnich osobników wynosiła odpowiednio 1,49 i 1,54 g·kg⁻¹, ale wartości te nie różniły się istotnie statystycznie. Brak różnic istotnych statystycznie wykazano również w średnim stężeniu magnezu pomiędzy samicami (1,54 g·kg⁻¹) i samcami (1,49 g·kg⁻¹).

Ważną częścią przeprowadzonego przeze mnie cyklu badań była analiza poziomu wapnia i fosforu oraz proporcje tych dwóch minerałów, czyli kalkulacja współczynnika Ca/P. W przypadku tych dwóch makroelementów dokonano oceny wpływu wieku, płci oraz dodatkowo sezonu odłowu ryb, rodzaju analizowanej tkanki i lokalizacji zbiornika. Wyniki tych badań zawarte zostały w publikacjach **H2**, **H4** i **H6**.

H2. Stanek M., Dąbrowski J., Cygan-Szczegielniak D., Roślewska A., Stasiak K., Janicki B. 2017a. Influence of the sex and age on the content of selected minerals in the meat of ruffe (*Gymnocephalus cernua* L.) from the Vistula River, Poland. J. Elementol. 22(4), 1321-1331. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.1.1323

H4. Stanek M., Andrzejewski W., Janicki B., Mazurkiewicz J., Waszak I. 2014. Content of calcium and phosphorus in the meat, gills and liver of perch (*Perca fluviatilis* L.) from the Wielkopolska Lakes District (Poland). J. Elementol. 19(2), 507-518. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.2.343

H6. Stanek M., Janicki B. 2011. Impact of season and sex on calcium and phosphorus content in the meat of roach (*Rutilus rutilus* L.) from the Brda River (Poland, Bydgoszcz). Folia Biol. 59(3-4), 189-194. DOI: 10.3409/fb59_3-4.189-194

Wapń odpowiedzialny jest za przewodnictwo bodźców nerwowych, regulację krzepliwości krwi, uwalnianie hormonów i aktywację enzymów, a ponadto uczestniczy we wchłanianiu witaminy B₁₂. Stężenie tego minerału stanowiło 1,42 g·kg⁻¹ w mięsie płoci [**H6**] i 2,07 g·kg⁻¹ w mięsie okonia [**H4**], a najwyższe ilości wapnia oznaczono w mięsie jazgarza – 6,73 g·kg⁻¹ [**H2**]. Jak wykazały analizy, sezon odłowu był ważnym czynnikiem wpływającym na poziom wapnia w mięsie płoci. Stężenie tego minerału było prawie dwa razy wyższe w mięsie ryb

pozyskanych wiosną ($1,88 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), niż jesienią ($0,97 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) i wartości te różniły się istotnie statystycznie (przy $p \leq 0,05$). Lokalizacja zbiornika miała również duże znaczenie w odniesieniu do stopnia kumulacji wapnia w mięsie okonia. Wykazano różnice istotne statystycznie w zawartości tego minerału pomiędzy osobnikami pozyskanymi z jeziora Góreckiego ($3,18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), Wędomierz ($2,50 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) i Strzeszyńskiego ($0,52 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). W przypadku okonia, dodatkowym czynnikiem, który analizowano był wpływ rodzaju tkanki lub narządu na stopień kumulacji składników mineralnych i jak wykazano, stężenie wapnia było najwyższe w skrzelach, w porównaniu z wątrobą i mięsem. Z kolei w przypadku jazgarza istotnym czynnikiem determinującym poziom wapnia w mięsie był wiek ryb. Bogatszym źródłem tego makroelementu było mięso 2-letniego jazgarza ($7,40 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), w porównaniu z rok starszymi osobnikami ($6,07 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Tkanka mięśniowa ryb nie jest głównym miejscem kumulowania się wapnia (w przeciwieństwie do ości), ale może stanowić bogate źródło fosforu, którego stężenie, w zależności od gatunku może sięgać nawet 200 mg w 100 g mięsa. Fosfor jest elementem budulcowym DNA i RNA oraz fosfolipidów, bierze udział w procesie fotosyntezy i syntezie związków organicznych, a ponadto odpowiada za prawidłowy stan zębów i kości. Analizy wykazały największe ilości fosforu w mięsie jazgarza $2,88 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [H2], a najmniejsze w mięsie płoci $2,11 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [H6]. Zawartość tego minerału w mięsie okonia wynosiła $2,49 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [H4]. Jednakże wyniki te były dużo niższe w porównaniu do wartości oznaczonych w mięsie ryb morskich. Podobnie jak w przypadku wapnia, czynnikami determinującymi stopień kumulacji fosforu w mięsie ryb był sezon odłowu płoci i wiek jazgarza. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w zawartości fosforu w mięsie okonia odłowionego z różnych zbiorników. Bardzo istotny jest właściwy stosunek Ca do P, ponieważ zapewnia on prawidłowe funkcjonowanie i mineralizację układu kostnego. Idealnym by było aby udział tych dwóch minerałów w diecie był zrównoważony i stanowił 1:1, ponieważ wartość większa niż 3:2 może być przyczyną zaburzeń metabolicznych. Analiza współczynnika Ca/P wykazała, że najbardziej pożądane dla konsumenta proporcje tych dwóch minerałów posiadało mięso okonia pozyskanego z jeziora Góreckiego (1,2:1) [H4] oraz mięso płoci odłowionej wiosną z rzeki Brdy (0,82:1) [H6].

Kolejnym etapem prezentowanych badań była ocena wpływu płci, wieku, sezonu odłowu, rodzaju tkanki oraz lokalizacji zbiornika na stopień kumulacji mikroelementów, czyli metali pełniących niezbędne funkcje w wielu procesach biochemicznych, ale których dobowe zapotrzebowanie jest mniejsze niż 100 mg. Wyniki tych analiz przedstawiono w publikacjach **H1, H2, H3 i H5**.

H1. Stanek M., Dąbrowski J., Róžański Sz., Janicki B., Długosz J. 2017. Heavy metals bioaccumulation in tissues of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) from Lake Gopło: effect of age and sex. Bull. Environ. Contamin. Toxicol. 98, 740-746. DOI: 10.1007/s00128-017-2098-2

H2. Stanek M., Dąbrowski J., Cygan-Szczegielniak D., Roślewska A., Stasiak K., Janicki B. 2017a. Influence of the sex and age on the content of selected minerals in the meat of ruffe (*Gymnocephalus cernua* L.) from the Vistula River, Poland. J. Elementol. 22(4), 1321-1331. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.1.1323

H3. Stanek M., Andrzejewski W., Mazurkiewicz J., Janicki B., Cygan-Szczegielniak D., Roślewska A., Stasiak K., Waszak I. 2016. Seasonal investigation of selected mineral contents in meat, gills, and liver of perch (*Perca fluviatilis* L.) from the western Poland. Pol. J. Environ. Stud. 25(1), 301-309. DOI: 10.15244/pjoes/59425

H5. Stanek M., Dąbrowski J., Długosz J., Janicki B. 2014. Impact of the anthropogenisation on the metal bioaccumulation and distribution in the spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.) from Lake Gopło, Poland. Int. J. Environ. Res. 8(4), 1315-1322.

Mikroelementem, który odgrywa istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu, w powstawaniu krwinek czerwonych i syntezie RNA jest miedź. Metal ten ponadto jest kofaktorem licznych enzymów uczestniczących w metabolizmie kwasów tłuszczowych, syntezie kolagenu oraz w procesie transportu i wchłaniania żelaza. Bierze udział w procesach utwardzania kolagenu, keratynizacji włosów oraz syntezie melaniny. Jak wykazały badania, zawartość miedzi w mięsie okonia mieściła się w szerokim zakresie od 1,98 do 7,52 mg·kg⁻¹, w zależności od sezonu odłowu i lokalizacji zbiornika [H3]. Wyniki analizy chemometrycznej wykazały różnice istotne statystycznie w zawartości miedzi w mięsie ryb pozyskanych z różnych zbiorników, a najwyższe stężenia odnotowano dla osobników pozyskanych z jeziora Góreckiego. Ponadto, sezon odłowu ryb w dużym stopniu determinował poziom kumulacji miedzi. Stężenie tego metalu było najwyższe w mięsie ryb odłowionych jesienią (4,91 mg·kg⁻¹), w porównaniu z próbkami pozyskanymi wiosną (4,54 mg·kg⁻¹). Narządem, który kumulował miedź w największych ilościach była wątroba okonia. Bogatszym źródłem miedzi, w zestawieniu z okoniem, okazało się mięso raka pręgowatego, w którym stężenie tego minerału mieściło się w zakresie od 17,23 mg·kg⁻¹ [H1] do 19,89 mg·kg⁻¹ [H5]. Duża ilość miedzi w mięsie badanego raka może wynikać z faktu, że metal ten jest składnikiem hemocyjaniny, czyli barwnika oddechowego występującego u skorupiaków. Ponadto, odnotowano statystycznie istotnie wyższe ilości miedzi w mięsie 4-letnich raków (24,72 mg·kg⁻¹) w porównaniu z osobnikami 3-letnimi (15,60 mg·kg⁻¹) (przy p≤0,05). Jak wykazały analizy, płeć raków nie miała wpływu na stopień kumulacji tego metalu.

Równie ważnym mikroelementem jest cynk, który podobnie jak miedź odgrywa istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu, zwłaszcza układu immunologicznego, jest składnikiem wielu metaloenzymów, reguluje metabolizm węglowodanów, białek, kwasów

nukleinowych, uczestniczy w syntezie insuliny oraz w mineralizacji kości. W mięsie okonia zawartość cynku mieściła się w zakresie od 16,94 do 60,84 mg·kg⁻¹ [H3]. Badania tego gatunku ryby odłowionego w trzech różnych sezonach wykazały, że pora roku miała bardzo istotne znaczenie w odniesieniu do stopnia kumulacji cynku. Średnie stężenie tego metalu było najwyższe w mięsie pozyskanym wiosną (44,00 mg·kg⁻¹), a najniższe w sezonie letnim (20,98 mg·kg⁻¹). Podobnie jak w przypadku miedzi, wątroba okazała się narządem, który kumulował większe ilości cynku niż mięso czy skrzela. Mięso jazgarza zawierało więcej tego minerału niż okoń, bowiem od 49 do 74 mg na kg suchej masy [H2]. Niższe stężenie cynku oznaczono w mięsie 2-letnich jazgarzy (53 mg·kg⁻¹) niż 3-letnich osobników (69,5 mg·kg⁻¹) i wartości te różniły się istotnie statystycznie (przy p≤0,05). Należy zaznaczyć, że płęć jazgarzy nie miała istotnego znaczenia w stopniu kumulacji tego minerału. Stężenie cynku w mięsie raka pręgowatego oznaczono na poziomie 67,39 mg·kg⁻¹ [H1] oraz 115,57 mg·kg⁻¹ [H5] i podobnie jak w przypadku miedzi, płęć nie determinowała stopnia kumulacji tego metalu. Stwierdzono natomiast wyższe stężenia cynku w mięsie osobników 4-letnich (75,14 mg·kg⁻¹), w porównaniu z 3-letnimi (58,18 mg·kg⁻¹) i wartości te różniły się statystycznie istotnie (przy p≤0,05).

Kolejnym, bardzo ważnym mikroelementem jaki analizowano było żelazo, czyli kofaktor wielu enzymów i składnik chromoprotein krwi i mięśni, metal, który wspomaga prawidłową pracę układu nerwowego oraz systemu odpornościowego. Pierwiastek ten jest odpowiedzialny za detoksykację substancji szkodliwych w wątrobie oraz zapobiega anemii, ponieważ odpowiada za tworzenie czerwonych ciałek krwi. W mięsie okonia zawartość żelaza mieściła się w szerokim zakresie i różniła się statystycznie istotnie w zależności od sezonu odłowu ryb [H3]. Mięso ryb odłowionych latem charakteryzowało się bardzo wysokim stężeniem żelaza (264,94 mg·kg⁻¹), co wymaga głębszej weryfikacji, ponieważ było aż ponad 10- i 20-krotnie większe w porównaniu z próbkami pozyskanymi wiosną (23,81 mg·kg⁻¹) i jesienią (13,19 mg·kg⁻¹). Bardzo istotnym czynnikiem różnicującym poziom żelaza w mięsie okonia była lokalizacja zbiornika. Ponadto wykazano, że wątroba kumulowała dany metal w większych ilościach niż mięso i skrzela, co stanowi potwierdzenie analiz dotyczących miedzi i cynku. Stężenie żelaza w mięsie jazgarza kształtowało się w zakresie od 26 do 29 mg·kg⁻¹ [H2] i zarówno płęć, jak i wiek ryb nie miały istotnego wpływu na stopień kumulacji tego minerału. Większe ilości żelaza w mięsie jazgarza, który był odłowiony jesienią, w porównaniu z próbkami mięsa okonia pozyskanymi w tym samym sezonie, może wynikać z wyższej zawartości chromoproteiny – mioglobiny, która jest bogata w żelazo i nadaje mięsu ciemniejszą barwę.

Pomimo tego, że zapotrzebowanie na mangan jest mniejsze w porównaniu z omawianymi wcześniej mikroelementami, to nie należy umniejszać jego roli, jaką odkrywa w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu. Metal ten odpowiedzialny jest za prawidłowe trawienie i wchłanianie węglowodanów, tłuszczów i białek, jest elementem budulcowym kości oraz wpływa na prawidłowe funkcjonowanie mózgu i układu nerwowego. Poziom manganu w mięsie raka mieścił się w przedziale od 14,19 [H1] do 18,83 [H5] mg·kg⁻¹. Czynnikiem determinującym stopień kumulacji tego metalu w mięsie był wiek zwierząt i był statystycznie istotnie wyższy w mięsie 4-letnich raków (15,60 mg·kg⁻¹) w porównaniu z 3-letnimi osobnikami (12,91 mg·kg⁻¹) (przy p≤0,05). Natomiast nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości manganu pomiędzy samicami i samcami.

Do grupy mikroelementów zalicza się również metale, które są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu w niewielkich ilościach, ale po przekroczeniu dopuszczalnych stężeń działają toksycznie. Należą do nich: nikiel, chrom i kobalt. Nikiel jest niezbędny w wielu procesach biologicznych jako składnik enzymów. Analizy wykazały wysokie stężenie niklu zarówno w mięsie pozyskanym jesienią – 10,56 mg·kg⁻¹ [H1], jak i wiosną – 15,47 mg·kg⁻¹ [H5]. Czynnikiem determinującym stopień kumulacji tego metalu w mięsie był wiek zwierząt. Półtora raza większe ilości tego metalu oznaczono w mięsie 4-letnich osobników (12,84 mg·kg⁻¹) w porównaniu z rakami 3-letnimi (8,82 mg·kg⁻¹). Dodatkowo analizy wykazały różnice istotne statystycznie w zawartości niklu pomiędzy samicami (10,36 mg·kg⁻¹) i samcami (12,84 mg·kg⁻¹) (przy p≤0,05). Chrom, który jest toksyczny w stosunku do organizmów wodnych nie jest zaliczany do metali niebezpiecznych w stosunku do człowieka, zgodnie z Rozporządzeniem Unii Europejskiej (EU, 2011). Odpowiedzialny jest on za regulację poziomu glukozy i cholesterolu i jego frakcji LDL, w efekcie czego zmniejsza ryzyko miażdżycy i chorób serca. Kobalt jest elementem budulcowym witaminy B₁₂ odpowiedzialnym za syntezę kwasów nukleinowych oraz powstawanie czerwonych krwinek, uczestniczącym w metabolizmie kwasów nukleinowych i białek oraz aktywującym reakcje oksydo-redukcyjne. Poziom chromu i kobaltu w mięsie raka pręgowatego wynosił odpowiednio 0,77 i 0,55 mg·kg⁻¹ i stężenia te nie różniły się statystycznie istotnie od wartości tych metali oznaczonych w egzozskielecie 0,20 i 0,60 mg·kg⁻¹ [H5].

Ostatnim celem badawczym była ocena wpływu płci, wieku, sezonu odłowu oraz rodzaju tkanki na zawartość metali toksycznych w ciele raka pręgowatego, co było tematem badań zawartych w publikacjach H1 i H5.

H1. Stanek M., Dąbrowski J., Różański Sz., Janicki B., Długosz J. 2017. Heavy metals bioaccumulation in tissues of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) from Lake Gopło: effect of age and sex. Bull. Environ. Contamin. Toxicol. 98, 740-746. DOI: 10.1007/s00128-017-2098-2

H5. Stanek M., Dąbrowski J., Długosz J., Janicki B. 2014. Impact of the anthropogenisation on the metal bioaccumulation and distribution in the spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.) from Lake Gopło, Poland. Int. J. Environ. Res. 8(4), 1315-1322.

Rak pręgowaty nie posiada wygórowanych wymagań dotyczących czystości wód i może żyć w akwenach zanieczyszczonych. W celu poznania mechanizmów, jaki wykształciły te skorupiaki w ramach adaptacji do niekorzystnych warunków środowiskowych, dokonano analizy stężenia metali toksycznych, tj.: ołowiu, rtęci oraz kadmu, czyli metali uszkadzających układ nerwowy, rozrodczy, pokarmowy, sercowo-naczyniowy oraz działających rakotwórczo i mutagennie. Poziom tych metali oznaczono zarówno w mięsie, jak i w egzozkielecie, któremu przypisuje się funkcje detoksykacyjne.

Raki pozyskiwano z jeziora Gopło, czyli zbiornika przepływowego, położonego w południowej części województwa kujawsko-pomorskiego, którego głównym źródłem zanieczyszczeń są odpady rolnicze oraz przemysłowe. Z raportów sporządzonych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy (RAPORT WIOŚ, 2014 oraz 2017) wynika, że ze względu na warunki fizyko-chemiczne, stan wód jeziora uznawany jest za dobry. Niestety potencjał ekologiczny jeziora zmusza zakwalifikowanie Gopła do IV klasy (zgodnie z obowiązującą pięciostopniową klasyfikacją wód powierzchniowych), co oznacza złą czystość wód zbiornika. Raki odławiano w północnej części jeziora, gdzie głównym źródłem zanieczyszczeń są ścieki komunalne oraz odpady przemysłowe pochodzące z cukrowni oraz zakładów tłuszczowych zlokalizowanych w Kruszwicy. W mięsie raka ołów oznaczono w ilości od 3,54 mg·kg⁻¹ [H5] do 14,94 mg·kg⁻¹ [H1]. Czterokrotnie wyższa zawartość ołowiu w mięsie badanych bezkręgowców w 2014 roku, w porównaniu do poprzednich badań budzi niepokój, wynika prawdopodobnie z aktywności odkrywkowej kopalni węgla brunatnego w Tomisławicach (nieдалеко Kruszwicy), ale jest to tylko hipoteza, która wymaga dalszych analiz. Zawartość rtęci w mięsie była na poziomie 0,14 [H5] oraz 0,27 [H1] mg·kg⁻¹. Kadm zaś, który oznaczono w mięsie raka odłowionego w 2012 roku stanowił 0,32 mg·kg⁻¹ [H5]. Badania wykazały, że stężenia metali toksycznych w mięsie nie przekroczyły wartości dopuszczalnych regulowanym rozporządzeniem EU (2011) z wyjątkiem ołowiu. Głównym czynnikiem determinującym poziom tych metali w mięsie raka był wiek zwierząt. Statystycznie istotnie wyższe wartości oznaczono w mięsie starszych osobników.

2.3.4. Podsumowanie

Analizy jazgarza wykazały, że wiek był istotnym czynnikiem determinującym stopień kumulacji metali w mięsie tego gatunku ryby. Stężenie większości analizowanych makroelementów było wyższe w mięsie 2-letnich niż 3-letnich osobników. Spadek zawartości składników mineralnych w mięsie ryb wraz z ich wiekiem, czyli ujemna korelacja, może wynikać ze wzrostu rozcieńczenia metali w miarę wzrostu ciała ryby, czyli zwiększania się objętości organizmu oraz zwiększonego stopnia wydalania metali przez skrzela, skórę i otwór gębowy u osobników starszych (CANLI i ATLI, 2003; FARKAS i in., 2003; KLAVINS i in., 2009). Dodatkowym wyjaśnieniem takiego trendu jest fakt, że młodsze osobniki mogą kumulować większe ilości metali, ponieważ inwestują więcej energii we wzrost, pobieranie pokarmu i rozwój tkanek niż w procesy detoksykacji. Dlatego też, mechanizmy wydalania metali z ich ciała nie są wystarczająco rozwinięte (DRAĞ-KOZAK i in., 2011; DOBICKI i POLECHOŃSKI, 2003; KLJAKOVIČ GAŠPIĆ, 2002). Ponadto, we wczesnym stadium wzrostu ryby zwiększona jest ilość filtrowanej przez skrzela wody, co może zwiększać ilość pochłanianych metali (MERCIAI i in., 2014). Różnice istotne statystycznie w stężeniu wszystkich analizowanych metali pomiędzy 3- i 4-letnimi osobnikami wykazano również dla raka pręgowatego. Jednakże w przypadku tego gatunku, starsze zwierzęta zawierały większe ilości metali, co świadczy o tym, że związki te miały tendencję do kumulowania się w tkance mięśniowej wraz z wiekiem. Tendencji takiej nie zaobserwowano w przypadku egzoszkieletu, ponieważ tkanka ta jest zrzucana cyklicznie podczas linienia (BERGEY i WEIS, 2007; MACKEVIČIENE, 2002; SUÁREZ-SERRANO i in., 2010).

Różnice w zawartości metali pomiędzy osobnikami różnej płci zaobserwowane dla płoci i jazgarza mogą wynikać z odmienności samców i samic w stopniu przepuszczalności błon, zawartości enzymów i hormonów oraz stopniu wiązania metali i ich detoksykacji. Ponadto, różnice te mogą być powodowane tym, że samice charakteryzują się szybszym tempem wzrostu i porównanie samców i samic o tej samej długości ciała wskazuje na to, że samice są młodsze od samców. Ponadto, niższe zawartości metali w ciele samic mogą wynikać z silniej rozwiniętego systemu immunologicznego (JÄRV i in., 2013). Różnice statystycznie istotne w średnich stężeniach metali pomiędzy samicami i samcami raka pręgowatego wykazano jedynie w przypadku niklu, manganu oraz rtęci. Mniejsze stężenie manganu w mięsie i egzoszkielecie samic może wynikać stąd, że metal ten odgrywa bardzo ważną rolę w procesie gametogenezy skorupiaków i dlatego kumuluje się głównie w jajnikach. Potwierdzają to wyniki badań PROTASOWICKIEGO i in. (2013) i TUNCA i in. (2013). ELAHI i in. (2012) wykazał różnice statystycznie istotne w zawartości rtęci pomiędzy samicami

i samcami krewetki zielonej tygryziej (*Penaeus semisulcatus*), co tłumaczono różnicami w spożywanej diecie i innymi nawykami żywieniowymi zwierząt. Różnice w zawartościach metali pomiędzy płciami wykazał CANLI i FURNES (1993) dla homara (*Nephrops norvegicus*) oraz NAGHSHBANDI i in. (2007) dla raka błotnego.

Badania okonia odłowionego z jeziora Góreckiego, Strzeszyńskiego i Wędomierz w trzech różnych sezonach wykazały, że średnie stężenie cynku było najwyższe w mięsie pozyskanym wiosną ($60,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a miedzi w sezonie jesiennym ($7,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Z kolei najwyższe stężenie żelaza oznaczono w próbach mięsa pobranego latem i wartości te sięgały aż $267,93 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Różnice w zawartościach metali w mięsie ryb pochodzących z różnych sezonów mogą być powodowane wieloma czynnikami biologicznymi, takimi jak: aktualna faza wzrostu i reprodukcji, jego wiek, płeć, rodzaj stosowanej diety oraz kondycja zwierzęcia. Równie istotne znaczenie mają czynniki środowiskowe wpływające na parametry fizykochemiczne wody. Zwiększona ilość żelaza w mięsie pobranym latem może wynikać również ze zwiększonego stopnia wymywania tego metalu z osadów dennych w wyższych temperaturach i przenikania do wody, a następnie do ciała zwierzęcia (MENDIL i in., 2010; YILMAZ i in., 2010). Różnice istotne statystycznie w zawartości wapnia i fosforu (wyższe w sezonie wiosennym) w mięsie płoci odłowionej z rzeki Brdy wiosną i jesienią potwierdziły badania EASTWOOD i COUTURE (2002) oraz LAITINEN (1994) dotyczące analizy okonia żółtego (*Perca flavescens*) i okonia pospolitego, w których wykazano dużo wyższe stężenia metali u osobników odłowionych wiosną. Związane to może być ze zwiększoną biodostępnością metali w środowisku wodnym zachodzącą w wyniku roztopów śniegu.

Analizy okonia dotyczące zróżnicowania kumulacji składników mineralnych w różnych tkankach wykazały, że stężenie cynku, żelaza i miedzi było największe w wątrobie, niższe ilości metali oznaczono w skrzelach, a najmniejsze w mięsie. Stanowi to potwierdzenie hipotezy, że wątroba ryb jest głównym narządem odpowiedzialnym za magazynowanie składników mineralnych niezbędnych w procesach metabolicznych oraz za procesy detoksykacyjne metali toksycznych z racji występowania w jej komórkach specjalnych białek wiążących metale, nazywanych metalotioneinami (AL-YOUSUF i in., 2000; DRĄG-KOZAK i in., 2011). Duże ilości żelaza, które oznaczono w wątrobie okonia mogą wynikać z obecności w komórkach tego narządu ferrytyny, czyli białka wiążącego dany metal. Z kolei, największe stężenia wapnia i fosforu odnotowano w skrzelach, czyli narządzie, który odpowiedzialny jest za filtrowanie wody. Jednocześnie potwierdza to, że układ oddechowy, to również ważna droga przedostawania się metali do wnętrza ciała ryb (BRUCKA-JASTRZĘBSKA i PROTASOWICKI, 2009).

Kumulowanie się metali toksycznych w większych ilościach w egzoszkielecie niż jadalnej części mięsa skorupiaków jest zjawiskiem bardzo pożądanym z konsumenckiego punktu widzenia, ponieważ pancerz jest cyklicznie zrzucany podczas procesu linienia, co nadaje tej tkance funkcje detoksykacyjne (BERGEY i WEIS, 2007; WEEKS i in., 1992). Wyniki analizy raka pręgowatego były bardzo korzystne, ponieważ wykazały statystycznie istotnie wyższe stężenia Mn, Ni i Pb [H1] oraz Mn i Pb [H5] w egzoszkielecie w porównaniu z mięsem. Uzyskane wyniki potwierdziły hipotezę KETELES i FLEGER (2001), która zakłada, że mechanizm detoksykacji zależy od rodzaju metalu oraz gatunku skorupiaków i wykazały, że w przypadku raka pręgowatego sezon odłowu nie wpływał statystycznie istotnie na różnice kumulacji metali pomiędzy mięsem a egzoszkieletem.

Analizy jazgarza wykazały, że mięso tej ryby może być porównywalne pod względem zawartości sodu, potasu i magnezu do takich gatunków, jak: szczupak, sielawa, miętus (*Lota lota*) (ŁUCZYŃSKA i in., 2011), karp (LIDWIN-KAŻMIERKIEWICZ i in., 2009; ŁUCZYŃSKA i in., 2011) oraz ryba maślana (*Ruvettus pretiosus*), okoń nilowy (*Lates niloticus*), sum afrykański (*Clarias gariepinus*) i panga (*Pangasius spp.*) (POLAK-JUSZCZAK, 2007). Ze względu na zawartość sodu i potasu jakość mięsa jazgarza zbliżona była do mięsa drobiowego, wołowego czy wieprzowego, a z uwagi na zawartość magnezu wypadło korzystniej w porównaniu z mięsem wołowym (Tabela 3). Mięso jazgarza, płoci i okonia pod względem zawartości wapnia wypadło dużo korzystniej niż mięso karpia, łososia atlantyckiego (*Salmo salar*) i pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) (ŁUCZYŃSKA i in., 2011) oraz drób, wieprzowina i wołowina (Tabela 3).

Tabela 3. Zawartość makroelementów w mięsie analizowanych ryb w porównaniu z mięsem drobiowym, wołowym i wieprzowym (mg·100g⁻¹ m.m.) (SIKORSKI, 2013; MICHALCZUK i SIENNICKA, 2010).

Rodzaj mięsa	Na	K	Mg	Ca	P
ryba	54,74-61,66	339,02-371,68	33,81-36,80	9,81-185,38	37,80-82,57
kurczak – filet	55	385	33	5	240
wołowina	48-60	325-440	14-26	3-4,5	170-217
wieprzowina	39-80	384-441	25-29	2-5	197-210

Mięso okonia ze względu na zawartość miedzi porównywalne było z mięsem łososia, pstrąga i karpia (ŁUCZYŃSKA i in., 2011) oraz bogatsze w dany minerał w zestawieniu z okoniem i szczupakiem (ŁUCZYŃSKA i in., 2009). Mięso raka pręgowatego zawierało więcej miedzi niż okonia i chociaż poziomy tego metalu w mięsie raka szlachetnego

(MACKEVIČIENĖ, 2002; KUKLINA i in., 2014), czy błotnego (NAGHSHBANDI i in., 2007) były wyższe to, surowiec ten ze względu na zawartość tego minerału może śmiało konkurować z mięsem drobiowym, wieprzowym czy wołowym (Tabela 4).

Warto pokreślić, że poziomy cynku w mięsie badanych ryb były niewiele niższe niż w mięsie sielawy czy szczupaka i porównywalne do wartości otrzymanych przez ŁUCZYŃSKĄ i in. (2009, 2011) dla leszcza (*Abramis brama*). Zawartość cynku w mięsie raka była niższa niż podaje PROTASOWICKI i in. (2013) dla raka pręgowatego (od 10,66 do 14,96 mg·kg⁻¹ m.m.), KUKLINA i in. (2014) dla raka szlachetnego (od 76,87 do 128,23 mg·kg⁻¹ s.m.) oraz NAGHSHBANDI i in. (2007) dla raka błotnego (od 125, 0 do 132,0 µg·g⁻¹ s.m.). Podobnie jak w przypadku miedzi, surowiec ten w zestawieniu z mięsem drobiowym wypadł bardzo korzystnie (Tabela 4).

Tabela 4. Zawartość mikroelementów w mięsie analizowanych ryb i raka w porównaniu z mięsem drobiowym, wołowym i wieprzowym (mg·100g⁻¹ m.m.) (SIKORSKI, 2013; MICHALCZUK i SIENNICKA, 2010).

Rodzaj mięsa	Cu	Zn	Fe	Mn	Ni	Cr	Co
ryba	0,04-0,14	0,32-1,70	0,17-0,58	-	-	-	-
rak	0,33-0,37	1,28-2,19	-	0,27-0,35	0,2-0,29	0,015	0,010
kurczak – filet	0,01	0,4	0,4	0,01	-	-	-
wołowina	0,05-0,09	2,4-6,1	1,4-4,7	0,02-0,08	0,001	0,01-0,02	0,0003
wieprzowina	0,04-0,07	1,4-6,2	1,0-2,1	0,06-0,12	0,001	0,01-0,02	0,0001

Dokonane analizy wykazały, że mięso okonia i jazgarza pod względem zawartości żelaza zbliżone było do mięsa szczupaka, sielawy i drobiu (Tabela 4). Wykazuje to, że w porównaniu z mięsem wołowym czy wieprzowym ryby nie stanowią bogatego źródła tego metalu. Do gatunków ryb, które w tej kwestii wiodą prym jest sardynka (*Sardina pilchardus*), łosoś i makrela (*Scomber scombrus*) (SIKORSKI, 2004). Na szczególną uwagę zasługuje wyjątkowo wysoki poziom żelaza, jaki oznaczono w mięsie okonia odłowionego latem (6,16 mg·100g⁻¹ m.m., Tabela 5), który znacząco różnił się od wartości uzyskanych dla mięsa pobranego w pozostałych sezonach.

Analizy wykazały, że mięso raka pręgowatego było dobrym źródłem manganu i porównywalnym pod tym względem z mięsem raka pręgowatego odłowionego z jeziora Dgał Wielki i Poblędzie (0,26 do 0,76 mg·kg⁻¹ m.m.) (PROTASOWICKI i in., 2013) oraz innymi bezkręgowcami morskimi (0,1 do 4,2 µg·g⁻¹) (SIKORSKI, 2013). W mięsie raka błotnego stężenie tego metalu było w zakresie od 5,9 do 7,1 µg·g⁻¹ s.m. (NAGHSHBANDI i in., 2007).

Dużo wyższe poziomy tego metalu oznaczył MACKEVIČIENĖ (2002) w mięsie raka szlachetnego ($5,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ m.m.}$). Badania raka pręgowatego wykazały, że mięso było dobrym źródłem niklu, chromu i kobaltu i zbliżonym pod tym względem do mięsa raka szlachetnego (KUKLINA i in., 2014; MACKEVIČIENĖ, 2002) oraz pręgowatego (PROTASOWICKI i in., 2013). Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że mięso raka pręgowatego wypadło korzystniej na tle mięsa wołowego i wieprzowego z uwagi na zawartość manganu i niklu (Tabela 4).

W Tabelach 5. i 6. przedstawiono zawartość makro- i mikroelementów oznaczonych w mięsie ryb i raka w przeliczeniu na 100 g mokrej masy oraz % zalecanego dziennego spożycia (ZDS) dla analizowanych składników mineralnych. Badania wykazały, że mięso ryb było bogatym źródłem potasu, wapnia, miedzi i cynku (od 15 do 18% ZDS), a spożycie 100 g mięsa raka pręgowatego zaspokoiłoby dzienne zapotrzebowanie na nikiel aż w 116% i na miedź w ponad 40%.

Tabela 5. Zawartość składników mineralnych w mięsie analizowanych ryb, zalecane dzienne spożycie (ZDS) minerałów oraz % ZDS dla 100 g mięsa ryb.

Minerał	ZDS* (mg)	Zawartość w mięsie ryb ($\text{mg}\cdot\text{100g}^{-1} \text{ m.m.}$)	%ZDS dla 100g mięsa
Na	500 – 625	54,74 – 61,64	8,76 – 12,33%
K	2000 – 3500	339,02 – 371,68	9,61 – 18,58%
Mg	320 – 420	33,81 – 36,80	8,05 – 11,50%
Ca	1200	9,88 – 185,38	0,82 – 15,45%
P	700	37,80 – 82,57	5,40 – 11,80%
Cu	0,9	0,04 – 0,14	4,44 – 15,56%
Zn	8 – 11	0,32 – 1,70	2,90 – 15,45%
Fe	10	0,17 – 0,58 (6,16)	2,10 – 5,8% (61,60%)

*ZDS – zalecane dzienne spożycie wg norm żywienia opracowanych przez Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie (JAROSZ, 2012)

Tabela 6. Zawartość składników mineralnych w mięsie raka pręgowatego, zalecane dzienne spożycie (ZDS) minerałów oraz % ZDS dla 100 g mięsa raka pręgowatego.

Minerał	ZDS* (mg)	Zawartość w mięsie raka ($\text{mg}\cdot\text{100g}^{-1} \text{ m.m.}$)	%ZDS dla 100g mięsa
Cu	0,9	0,33 – 0,37	36,67 – 41,11%
Zn	8 – 11	1,28 – 2,19	11,64 – 27,50%
Mn	1,8 – 2,3	0,27 – 0,35	11,74 – 19,44%
Ni	0,25 – 0,35	0,20 – 0,29	57 – 116%
Cr	0,05 – 0,2	0,015	7,5 – 30%

*ZDS – zalecane dzienne spożycie wg norm żywienia opracowanych przez Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie (JAROSZ, 2012)

2.3.5. Wnioski

1. Czynnikiem, który w głównej mierze determinował stopień kumulacji składników mineralnych w ciele płoci i okonia był sezon odłowu ryb. W przypadku jazgarza i raka czynnikiem tym był ich wiek. Na bazie przeprowadzonych badań można dokonać stwierdzenia, że najmniej istotny wpływ miała płeć zwierząt.
2. Na podstawie analiz dotyczących stopnia kumulacji składników mineralnych w różnych narządach i tkankach okonia, wykazano, że związki te kumulowały się w największych ilościach w wątrobie, co potwierdza detoksykacyjne funkcje tego narządu. W przypadku raka pręgowatego, stężenie metalu toksycznego jakim jest ołów oraz metali, których zbyt duże stężenie jest również niebezpieczne, czyli niklu i manganu odnotowano w egzoszkielecie. Jest to bardzo korzystne dla potencjalnych konsumentów, ponieważ podczas cyklicznego zrzucania pancerza rak pozbawia się tych związków z organizmu.
3. Analiza mięsa płoci dotycząca oceny stężenia wapnia i fosforu wykazała, że pomimo tego, że spożycie 100 g porcji tego mięsa zaspokoiłoby dzienne zapotrzebowanie na te minerały zaledwie w 2 i 6%, to wzajemny stosunek Ca do P był bardzo korzystny dla prawidłowej gospodarki mineralnej (0,8:1). Warto podkreślić, że wartości oznaczone dla płoci zbliżone były do poziomów uzyskanych przez innych autorów dla karpia, łososia i pstrąga oraz dużo wyższe w stosunku do mięsa drobiowego, wieprzowego i wołowego.
4. Mięso jazgarza okazało się bogatszym źródłem wapnia ($157,8 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) i fosforu ($67,5 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) w porównaniu z płocią i okoniem. Niestety, w zestawieniu z wartościami uzyskanymi dla mięsa ryb morskich (750 mg Ca oraz 1110 mg P w 100g mięsa) surowiec ten nie wypadł korzystnie. Spożywany w postaci całej tuszki, tak jak sardynki, prawdopodobnie byłby cenniejszym źródłem tych składników mineralnych. Hipoteza ta wymaga jednak weryfikacji. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że mięso jazgarza zawierało dwa razy więcej żelaza i półtora raza więcej cynku niż mięso okonia.
5. Mięso okonia pod względem na zawartość żelaza ($0,17\text{-}0,33 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) zbliżone było do mięsa szczupaka oraz mięsa drobiowego. Ponadto, surowiec ten okazał się bogatym źródłem wapnia i fosforu oraz korzystną dla zdrowia proporcją tych dwóch minerałów Ca/P, która wynosiła 1,2:1.
6. Mięso raka pręgowatego charakteryzowało się większą zawartością miedzi i cynku w porównaniu do jazgarza oraz dużo wyższymi stężeniami niklu niż podają autorzy dla innych gatunków raków. Badania wykazały, że stężenia metali toksycznych w mięsie badanego raka nie przekroczyły wartości dopuszczalnych regulowanym rozporządzeniem EU (2011) z wyjątkiem ołowiu w próbach pobranych w 2014 roku.

7. Zawartość metali toksycznych w mięsie raka pozwala dokonać oceny i weryfikacji stopnia czystości wód powierzchniowych. Stwierdzona wysoka zawartość ołowiu w mięsie raka odłowionego w 2014 roku podważa ocenę czystości jeziora Gopło uznaną za dobrą, przypisaną ze względu na panujące warunki fizyko-chemiczne.

2.3.6. Literatura

- AL-YOUSUF M.H., EL-SHAHAWI M.S., AL-GHAIS S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Sci. Total Environ.* 256, 87-94. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00363-0
- BERGEY L.L., WEIS J.S. 2007. Molting as a mechanism of depuration of metals in the fiddler crab, *Uca pugnax*. *Mar. Environ. Res.* 64(5), 556-562. DOI: 10.1016/j.marenvres.2007.04.009
- BIENIARZ K., KOŁDRAS M. 2000. Kwasy tłuszczowe i cholesterol w mięsie ryb. *Komun. Ryb.* 6, 25-29.
- BRUCKA-JASTRZĘBSKA E., PROTASOWICKI M. 2006. Levels of selected metals in tissues and organs of 5-month-old carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Sci. Pol., Piscaria* 5(2), 3-16.
- BRUCKA-JASTRZĘBSKA E., KAWCZUGA D., RAJKOWSKA M., PROTASOWICKI M. 2009. Levels of microelements (Cu, Zn, Fe) and macroelements (Mg, Ca) in freshwater fish. *J. Elementol.* 14(3), 437-447.
- CANLI M., ATLI G. 2003. The relationship between heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb and Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environ. Pollut.* 121, 129-136. DOI: 10.1016/S0269-7491(02)00194-X
- CANLI M., FURNES R.W. 1993. Heavy metals in tissues of the Norway lobster *Nephrops Norvegicus*: effects of sex, size and season. *Chem. Ecol.* 8(1), 19-32. DOI: 10.1080/02757549308035297
- DOBICKI W., POLECHOŃSKI R. 2003. Relationship between age and heavy metal bioaccumulation by tissues of four fish species inhabiting Wojnowskie Lakes. *Acta Sci. Pol. Pisc.* 2(1), 27-44.
- DRĄG-KOZAK E., ŁUSZCZEK-TROJAN E., POPEK W. 2011. Heavy metals in some tissues and organs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fish species in relation to age and season. *Environ. Natur. Res.* 48, 161-169.
- EASTWOOD S., COUTURE P. 2002. Seasonal variation in condition and liver metal concentration of yellow perch (*Perca flavescens*) from a metal-contaminated environment. *Aquat. Toxicol.* 58, 43-56. DOI: 10.1016/S0166-445X(01)00218-1
- ELAHI M., ESNAILI-SARI A., BAHRAMIFA N. 2012. Total mercury levels in selected tissues of some marine crustaceans from Persian Gulf, Iran: variations related to length, weight and sex. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 88, 60-64. DOI: 10.1007/s00128-011-0451-4
- EUROPEAN COMMISSION REGULATION No 420/2011 of 29 April 2011 amending regulation (EC) No1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, "Official Journal of the European Union, L111, pp. 3-6, 2011.
- FARKAS A., SALÁNKI J., SPECZIÁR A. 2003. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. *Water Res.* 37, 959-964. DOI:10.1016/S0043-1354(02)00447-5
- GRELA E.R., PISARSKI R.K., KOWALCZUK-VASILEV E., RUDNICKA A. 2010. Zawartość składników odżywczych, mineralnych i profil kwasów tłuszczowych w mięsie wybranych gatunków ryb w zależności od terminu odłowu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 4(71), 63-72.
- JAROSZ M. 2012. Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Wydawca: Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie.
- JÄRV L., KOTTA J., SIMM M. 2013. Relationship between biological characteristics of fish and their contamination with trace metals: a case study of perch *Perca fluviatilis* L. in the Baltic Sea. *Proc. Estonian Academy of Science*, 62(3), 193-201. DOI: 10.3176/proc.2013.3.05
- KETELES K.A., FLEEGER J.W. 2001. The contribution of ecdysis to the fate of copper, zinc and cadmium in grass shrimp, *Palaemonetes pugio* Holthius. *Mar. Pollut. Bull.* 42(12), 1397-1402. DOI: 10.1016/S0025-326X(01)00172-2

- KLAVINS M., POTAPOVICS O., RODINOV V. 2009. Heavy metals in fish from lakes in Latvia: Concentrations and trends of changes. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 82, 96-100. DOI: 10.1007/s00128-008-9510-x
- KLJAKOVIĆ GAŠPIĆ Z., ZVONARIĆ T., VRGOĆ N., ODŽAK N., BARIĆ A. 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish from Adriatic Sea. Water Res. 36, 5023-5028. DOI:10.1016/S0043-1354(02)00111-2
- KRZYWIŃSKI T., DOMISZEWSKI Z., TOKARCZYK G., BIENKIEWICZ G. 2014. Ocena przydatności mięsa ryb małowartościowych do produkcji żywności przekąskowej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 5(96), 111-123.
- KUKLINA I., KOUBA A., BUŘIČ M., HORKÁ I., ĎURIŠ Z., KOZÁK P. 2014. Accumulation of heavy metals in crayfish and fish from selected Czech reservoirs. BioMed. Res. Int. 306103, 1-9. DOI: 10.1155/2014/306103
- KUPCEWICZ B., STANEK M., JANICKI B. 2011. Chemometric analysis of fatty acids profile of bream (*Abramis brama*), ruffe (*Gymnocephalus cernua*) and perch (*Perca fluviatilis*) meat from Lake Gopło and Włocławski Dam Reservoir. JCEA. 12(4), 608-621. DOI: 10.5513/JCEA01/12.4.962
- LAITINEN M. 1994. Calcium and magnesium concentrations in ova, bone and muscle and quality of reproductive products of the perch (*Perca fluviatilis*) in an acid and neutral lake. Pol. Arch. Hydrobiol. 41(4), 495-506.
- LIDWIN-KAŻMIERKIEWICZ M., POKORSKA K., PROTASOWICKI M., RAJKOWSKA M., WECHTEROWICZ Z. 2009. Content of selected essential and toxic metals in meat of freshwater fish from West Pomeranian, Poland. Pol. J. Food Nutr. Sci. 59(3), 219-224.
- ŁUCZYŃSKA J., PASZCZYK B., BOREJSZO Z., TARKOWSKI Ł. 2012. Fatty acid profile of muscles of freshwater fish from Olsztyn markets. Pol. J. Food Nutr. Sci. 62(1), 51-55. DOI: 10.2478/v10222-011-0039-z
- ŁUCZYŃSKA J., TOŃSKA E., ŁUCZYŃSKI M.J. 2009. Essential mineral components in the muscle of six freshwater fish from the Mazurian Great Lakes (northeastern Poland). Arch. Pol. Fish. 17, 171-178. DOI: 10.2478/v10086-009-0015-y
- ŁUCZYŃSKA J., TOŃSKA E., BOREJSZO Z. 2011. Zawartość makro- i mikroelementów oraz kwasów tłuszczowych w mięśniach łososia (*Salmo salar* L.), pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) i karpia (*Cyprinus carpio* L.). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 3(76), 162-172.
- MACKEVIČIENĖ G. 2002. Bioaccumulation of heavy metals in noble crayfish (*Astacus astacus* L.) tissues under aquaculture conditions. Ekol (Vilnius). 2, 79-82.
- MASTYŃSKI J., ANDRZEJEWSKI W. Chów i hodowla raków. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Poznań, 2005.
- MENDIL D., DEMIRCI Z., TUZEN M., SOYLAK M. 2010. Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black sea, Turkey. Food Chem. Toxicol. 48, 865-870. DOI: 10.1016/j.fct.2009.12.023
- MERCIAI R., GUASCH H., KUMAR A., SABATER S., GARCÍA-BERTHOU E. 2014. Trace metal concentration and fish size: Variation among fish species in a Mediterranean river. Ecotox. Environ. Safety. 107, 154-161. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2014.05.006
- MICHALCZUK M., SIENNICKA A. 2010. Właściwości dietetyczne mięsa różnych gatunków drobiu utrzymywanych w alternatywnych systemach chowu. Przegl. Hodow. 11, 26-30.
- MURRAY R.K., GRANNER D.K., MAYES P.A., RODWELL V.W. 2002. Biochemia Harpera, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- NAGHSHBANDI N., ZARE S., HEIDARI R., RAZZAGHZADEH S. 2007. Concentration of heavy metals in different tissues of *Astacus leptodactylus* from Aras Dam of Iran. Pakistan J. Biol. Sci. 10(21), 3956-3959.
- POLAK-JUSZCZAK L. 2007. Chemical characteristics of fishes new to the Polish market. Acta Sci. Pol., Piscaria. 6(2), 23-32.
- PROTASOWICKI M., WŁASOW T., RAJKOWSKA M., POLNA M., BERNAD A. 2013. Metal concentrations in selected organs of crayfish – *Orconectes limosus* and *Pacifastacus leniusculus* from Mazurian Lakes. J. Elementol. 1, 683-694. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.4.537
- RAPORT WIOŚ. 2014. Monitoring wód powierzchniowych województwa kujawsko-pomorskiego w roku 2013.
- RAPORT WIOŚ. 2017. Stan czystości jeziora Gopło.

- SIKORSKI Z.E. 2004. Ryby i bezkręgowce morskie. Pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie. Żywność, Jakość, Technologia. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- SIKORSKI Z.E. 2013. Chemia żywności. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- SKAŁECKI P., FLOREK M., STASZOWSKA A., KALINIAK A. 2015. Wartość użytkowa i jakość filetów ryb karpiowatych (*Cyprinidae*) utrzymywanych w polikulturze. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 98, 75-88.
- STANEK M., ANDRZEJEWSKI W., JANICKI B. 2017. Impact of the environmental factors on the total cholesterol content in the meat of freshwater fish of Poland. JCEA. 18(1), 214-225 DOI: 10.5513/JCEA/18.1.1881
- STANEK M., BOREJSZO Z., DĄBROWSKI J., JANICKI B. 2013. Impact of sex and size range on fat, cholesterol content, and fatty acid profiles in edible tissues of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.) from Lake Gopło (Poland). Arch. Pol. Fish. 21, 259-270. DOI: 10.2478/aopf-2013-0027
- STANEK M., KUPCEWICZ B., DĄBROWSKI J., JANICKI B. 2012. Impact of sex and fishing season on fatty acids profile, fat and cholesterol content in the meat of roach (*Rutilus rutilus* L.) from Brda River (Poland). Folia Biol. 60(3-4), 227-233. DOI: 10.3409/fb60_3-4.227-233
- STANEK M. 2010. Zawartość tłuszczu oraz cholesterolu w mięsie wybranych gatunków ryb z centralnej Polski. Komun. Ryb. 2(115), 5-7.
- STEFFENS W., WIRTH M. 2005. Freshwater fish – an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids: a review. Arch. Pol. Fish. 13(1), 5-15.
- SUÁREZ-SERRANO A., ALCARAZ C., IBÁÑEZ C., TROBAJO R., BARATA C. 2010. *Procambarus clarkii* as a bioindicator of heavy metal pollution sources in the Lower Ebro River and Delta. Ecotoxicol. Environ. Safe. 73, 280-286. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2009.11.001
- TUNCA E., UCUNCU E., OZKAN A.D., ULGER Z.E., CANSIZOĞLU A.E., TEKINAY T. 2013 Differences in the accumulation and distribution profile of heavy metals and metalloids between male and female crayfish (*Astacus leptodactylus*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 90, 570-577. DOI: 10.1007/s00128-013-0960-4
- WEEKS J.M., RAINBOW P.S., MOORE P.G. 1992. The loss, uptake and tissue distribution of copper and zinc during the moult cycle in an ecological series of talitrid amphipods (*Crustacea: Amphipoda*). Hydrobiol. 245, 15-25. DOI: 10.1007/BF00008725
- YILMAZ A.B., SANGÜN M.K., YAĞLIOĞLU, D., TURAN C. 2010. Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from Iskenderun Bay, Turkey. Food Chem. 123, 410-415. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.04.057
- ZAKĘŚ Z., JANKOWSKA B., ŻMIJEWSKI T., SZCZEPKOWSKI M. 2010. Wpływ żywienia na wydajność rzeźną i podstawowy skład chemiczny okonia (*Perca fluviatilis*). Komun. Ryb. 4(105), 7-10.

3. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO – BADAWCZYCH

W nawiasach podano odnośniki do prac zamieszczonych w załączniku 4. (**A (część II)** – publikacja znajdująca się w bazie JCR, **D (część II)** – monografia, publikacja naukowa nie znajdująca się w bazie JCR, **K (część II)** – konferencja – referat, **B (część III)** – konferencja – doniesienie naukowe

3.1. Badania realizowane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Na progu mojej pracy naukowej dokonałam opracowania wyników analiz uzyskanych podczas pracy magisterskiej, którą realizowałam w Katedrze Tłuszczów Jadalnych, na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem dr inż. Marii Tynek. Wyniki tych analiz opublikowałam pod panięńskim nazwiskiem w *Rocznikach Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego* [II.D.17]. Badania te dotyczyły **analizy zawartości tokoferoli i tokotrienoli w tłuszczach roślinnych** i oparte były w głównej mierze na optymalizacji metody spektrofotometrycznej *Emmerie-Engel'a*. W efekcie dokonania znaczącego udoskonalenia, metoda ta zyskała nieformalną nazwę *Emmerie-Engel-Winiarska-Tynek* (skrót: EEWT).

W 2003 roku, w ramach współpracy z prof. Markiem Bednarczykiem uczestniczyłam w **badaniach dotyczących zmian ilościowych i jakościowych erytrocytów kur nieśnych i mięsnych w czasie rozwoju embrionalnego**. Podczas tego doświadczenia poznałam technikę pobierania krwi z żyły omoczniowej zarodków kur. Uzyskane wyniki opublikowano w *Medycynie Weterynaryjnej* [II.A.10], jako pracę oryginalną, której jestem współautorem.

3.2. Badania związane z tematem pracy doktorskiej

Po nawiązaniu współpracy z Panem Henrykiem Sobolewskim, Prezesem Gospodarstwa Rybackiego w Łysininie (powiat zniński) oraz z Panem Grzegorzem Kubiakiem, Prezesem Gospodarstwa Rybackiego Gopło (powiat inowrocławski) w Kruszwicy rozpoczęła się moja aktywność naukowa związana w głównej mierze z **analizą jakości mięsa ryb słodkowodnych oraz raków pod kątem zawartości składników mineralnych**.

Dnia 18 kwietnia 2005 roku obroniłam dysertację doktorską na temat: „*Zawartość metali ciężkich i składników mineralnych w narządach ryb z jeziora Żnin Duże*” i uzyskałam stopień doktora nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika. Badania prowadzone podczas tego doświadczenia dotyczyły oceny zawartości makro-, mikroelementów oraz metali toksycznych w mięsie, skrzelach i wątrobie okonia, płoci, leszcza i krąpia oraz analizy korelacji pomiędzy

długością ciała ryb a stężeniem metali. Uzyskane wyniki opublikowano w czasopismach należących do bazy JCR [II.A.3, II.A.9]. Uzupełnieniem badań objętych pracą doktorską była analiza składników mineralnych w osadach dennych jeziora Żnińskiego Dużego [II.D.14] oraz wskaźników tlenowych i biogennych w wodach tego zbiornika [II.D.13, II.D.15]. Wyniki uzyskane podczas realizacji pracy doktorskiej zaprezentowano w formie referatu na zebraniu referatowo-dyskusyjnym Bydgoskiego Koła Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego [II.K.2].

3.3. Badania realizowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Gatunkiem ryby słodkowodnej, którą wykorzystałam w kolejnych badaniach był karaś srebrzysty (*Carassius auratus gibelio* BLOCH) odłowiony z jeziora Gopła, w którego tuskach oznaczono poziom wapnia i fosforu oraz dokonano kalkulacji współczynnika Ca/P [II.D.5, III.B.18]. W 2012 roku podjęłam się oceny stężenia makro- i mikroelementów w mięsie i skrzelach okonia odłowionego z jeziora Gopło. Dzięki równolegle wykonanym oznaczeniom tych metali w wodach pozyskanych z tego zbiornika, możliwe było dokonanie analizy współczynnika bioakumulacji (k), czyli stopnia intensywności kumulacji składników mineralnych w tkankach badanej ryby [II.A.8]. Na kanwie wyników uzyskanych podczas realizacji pracy magisterskiej wykonywanej w Katedrze opracowano manuskrypt dotyczący wpływu gatunku ryby na poziom kumulacji ołowiu. Materiałem biologicznym pozyskanym do tych badań z rzeki Wisły był leszcz, krąp i ukleja [II.D.2, III.B.9]. Jak wykazały analizy, najniższe stężenie metalu odnotowano w mięsie krąpia ($0,074 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), a najwyższe w mięsie leszcza ($0,086 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), ale wartości te nie różniły się istotnie statystycznie i nie przekraczały dopuszczalnych stężeń.

Ważną część mojego dorobku naukowego stanowił cykl trzech publikacji dotyczących **analizy składników mineralnych w sierści krów jako materiału wykorzystywanego w monitoringu zanieczyszczenia środowiska**. Głównym celem tych badań była ocena wpływu pory roku i regionu Polski o różnym stopniu zanieczyszczenia na poziom kumulacji metali w sierści jałówek oraz krów pochodzących z ośrodków hodowlanych zlokalizowanych w województwie kujawsko-pomorskim, podlaskim oraz opolskim [II.A.4, II.A.6 i II.D.4]. Jak wykazały analizy, pora roku istotnie wpływała na zawartość składników mineralnych w sierści i w sezonie zimowym kumulacja metali była wyższa. Ponadto, zawartość wielu analizowanych metali była najwyższa w sierści krów pochodzących z Ośrodka Hodowli Zarodowej w Osięcinach, czyli z terenu, gdzie funkcjonuje przemysł chemiczny, elektromechaniczny, spożywczy i celulozowy.

Dużą część swojej pracy naukowej poświęciłam **analizom mięsa ryb i raków pod kątem zawartości tłuszczu, kwasów tłuszczowych oraz cholesterolu całkowitego.**

Wpisując się w nurt związany z promocją gatunków ryb małowartościowych gospodarczo jako wartościowego materiału spożywczego, podjęłam się oceny jakości mięsa babki szczupłej (*Neogobius fluviatilis* Pallas), czyli obcego gatunku ryby w polskiej ichtiofaunie [II.A.5]. W pozyskanym od ryb filecie oznaczono zawartość białka, tłuszczu, cholesterolu całkowitego oraz profil kwasów tłuszczowych. Jak wykazały wyniki badań, mięso tej egzotycznej ryby było bardzo zbliżone pod względem odżywczym do rodzimych gatunków ryb drapieżnych, tj.: okoi i sandacza. W mięsie okonia odłowionego ze Zbiornika Włocławskiego oznaczano zawartość tłuszczu, cholesterolu oraz profil kwasów tłuszczowych w zależności od sezonu odłowu [II.D.12]. Te same parametry jakości mięsa analizowano w płoci odłowionej z rzeki Brdy [II.A.7] i dla okonia pozyskanego z jeziora Gopło [II.D.11], ale w tych dwóch doświadczeniach dodatkowym czynnikiem grupującym była płeć zwierząt.

Jednym z czynników, który w dużym stopniu determinuje poziom cholesterolu w mięsie ryb jest ich gatunek. Takie wnioski uzyskano na podstawie badań okonia, jazgarza i leszcza odłowionych z jeziora Gopło i Zbiornika Włocławskiego [II.D.10] oraz okonia, karasia, jazgarza i sandacza pozyskanych z jeziora Gopło i Góreckiego [II.D.1]. Część wyników tych badań została zaprezentowana na konferencjach naukowych [III.B.5, III.B.7, III.B.14]. Badania wykazały największe stężenie cholesterolu w mięsie karasia ($61,12 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) a najmniejsze w mięsie leszcza ($31,82 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

We współpracy z dr hab. n. farm. Bogumiłą Kupcewicz (ówczesnym członkiem Katedry Biochemii i Biotechnologii Zwierząt, a obecnie pracownikiem *Collegium Medicum* im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy) dokonałam analizy profilu kwasów tłuszczowych w mięsie okonia, jazgarza i leszcza odłowionych z jeziora Gopło i Zbiornika Włocławskiego. Do eksploracji zbioru danych zastosowano metody chemometryczne, tj.: hierarchiczną analizę skupień (HCA), metodę głównych składowych (PCA) oraz liniową analizę dyskryminacyjną (LDA). Wykorzystanie zawartości oznaczonych kwasów tłuszczowych jako deskryptorów pozwoliło na jednoznaczne rozróżnienie sześciu grup ryb odpowiadających badanym trzem gatunkom z dwóch różnych miejsc odłowu [II.D.8]. Wyniki uzyskane na podstawie analiz okonia i jazgarza zaprezentowano na Międzynarodowym Sympozjum *Safe Food. Plant Production, Animal Production, Management* w Bydgoszczy [III.B.3].

Na przełomie marca i kwietnia 2008 roku z rzeki Brdy i jeziora Gopło pozyskano raka przegowatego w celu porównania zawartości procentowej tłuszczu oraz profilu kwasów tłuszczowych w mięsie zwierząt w zależności od miejsca odłowu [II.D.9]. Część wyników

tych badań przedstawiono na Sympozjum Naukowym *Bydgoskiego Koła Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* [III.B.4]. Kolejne doświadczenie związane z tym gatunkiem zwierzęcia dotyczyło wpływu sezonu odłowy oraz wieku osobników na zawartość tłuszczu, cholesterolu całkowitego oraz profil kwasów tłuszczowych w mięsie pozyskanym z odwłokowej części raka. W tym celu odłowiono 3- i 4-letnie samce wiosną i latem [II.D.7]. Uzupełnieniem tych analiz było włączenie jeszcze jednego czynnika grupującego, a mianowicie płci zwierząt [II.D.6]. Materiał biologiczny dla realizacji tych badań stanowiły samice i samce pogrupowane odpowiednio w dwie i trzy grupy wiekowe, ze względu na ich długość ciała.

W tym okresie, część mojej pracy naukowej dotyczyła również analizy profilu kwasów tłuszczowych i składników mineralnych w narządach świni rasy złotnicka pstra oraz mieszańców [II.A.1], w mięsie dzika europejskiego (*Sus scrofa* L.) [II.A.2] oraz analizy stężenia azotanów(V) i azotanów(III) w mięsie wieprzowym. Ciekawym doświadczeniem było uczestnictwo w badaniach dotyczących oznaczenia poziomów białka i frakcji proteinowych osocza krwi sarny (*Capreolus capreolus* L.) [II.D.3]. Część wyników uzyskanych podczas tych badań przedstawiono w postaci doniesień konferencyjnych w ramach krajowych i międzynarodowych konferencji [III.B.1, III.B.2, III.B.8, III.B.12, III.B.15, III.B.16, III.B.21, III.B.25].

W latach 2015-2016 uczestniczyłam w badaniach dotyczących wpływu prebiotyków na zawartość wapnia, żelaza i profil wątrobowy krwi kurcząt brojlerów oraz wpływu synbiotyku podawanego *in ovo* na poziom składników mineralnych we krwi kurcząt brojlerów. Badania te realizowałam pod kierunkiem prof. Marka Bednarczyka w ramach projektów badawczych *THRIVE RITE – 7PR UE (FP7 2007/2013), 315198 – „Natural compounds to enhance productivity, quality and health in intensive farming systems”* oraz *ECO FC – FP7 – KBBE-2012-6-singlestage, 311794 – “A whole-system approach to optimisin feed efficiency and reducing the ecological footprint of monogastrics”*. Wyniki tych badań opublikowano jako doniesienie konferencyjne [III.B.13, III.B.17, III.B.22].

Moje dotychczasowe zainteresowania naukowe dotyczyły w głównej mierze oceny wartości odżywczej mięsa wielu gatunków ryb słodkowodnych pozyskiwanych z naturalnych łowisk w aspekcie wpływu czynników środowiskowych. Chciałabym kontynuować badania ryb jako modelu doświadczalnego, analizując wpływ czynników biochemicznych na wzrost jakościowych i funkcjonalnych cech użytkowych tych zwierząt. Dlatego też, w czerwcu 2017 roku zgłosiłam do *Narodowego Centrum Nauki* wnioski o przyznanie środków finansowych na realizację działania naukowego w ramach programu *Miniatura* (ID 374734, NZ4).

Głównym celem przedłożonego projektu jest założenie hodowli rybek danio pręgowanego (*Danio rerio*) jako modelu doświadczalnego umożliwiającego weryfikację hipotezy, potwierdzającej wpływ różnych pre-/pro- i synbiotyków na regulację apetytu kręgowców w układzie *iv vivo*, analizując profil węglowodanowy i tłuszczowy oraz obraz histologiczny narządów wewnętrznych ryb. Badania te wpisują się w nurt projektów badawczych, które realizuje w katedrze na modelu kury prof. Marek Bednarczyk. W związku z moimi planami badawczymi odbyłam równoległe szkolenie pt.: „*Danio rerio* jako nowy organizm modelowy w badaniach. Utrzymywanie zwierząt wodnych” zorganizowane przez firmę Anima IT oraz Wydział Farmaceutyczny, *Collegium Medicum* Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, 7 czerwca 2017 roku w Bydgoszczy.

Analizowane przez mnie dotychczas badania możliwe były dzięki współpracy z:

- prof. dr hab. inż. Jackiem Długoszem z Katedry Gleboznawstwa i Ochrony Gleb na Wydziale Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Bydgoszczy; analiza metali ciężkich oraz stopień kumulacji w mięsie i egzozkielecie raka pręgowatego,
- dr inż. Wojciechem Andrzejewskim z Zakładu Rybactwa Śródlądowego i Akwakultury na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach UP w Poznaniu; bioakumulacja metali w różnych narządach okonia pozyskanego ze zbiorników środkowo-zachodniej części kraju,
- dr inż. Zbigniewem Borejszo – obecnie pracownikiem emerytowanym, z Katedry Towaroznawstwa i Badań Żywności na Wydziale Nauki o Żywności UWM w Olsztynie; analiza profilu kwasów tłuszczowych w mięsie ryb i raka pręgowatego.

Projekty w trakcie realizacji:

W ramach współpracy z prof. Giuseppe Maiorano z Uniwersytetu Molise w Campobasso we Włoszech, dotyczącej analizy mięsa ryb w oparciu o profilu kwasów tłuszczowych, przygotowano do przedłożenia do redakcji *Aquaculture International* manuskrypt pt.: “Effect of sex and age on fillet fatty acids profile of *Carassius carassius* L. and *Carassius auratus gibelio* Bloch”.

W ramach kontynuacji współpracy z dr. Januszem Dąbrowskim z Zakładu Ekologii WHIBZ, opracowywane są wyniki dotyczące stopnia bioakumulacji składników mineralnych w mięsie okonia pozyskanego z pięciu zbiorników położonych w północno-środkowej części Polski, tj.: Zatoka Pucka, rzeka Drwęca, Zbiornik Włocławski, rzeka Wisła oraz Zalew Wiślany. Finalizowane są również analizy raka pręgowatego odłowionego z jeziora Gopło, w

mięsie którego oznaczono stężenie makroelementów, tj.: sód, potas, wapń, fosfor, magnez. Uzyskane w tym doświadczeniu wyniki będą uzupełnieniem przeprowadzonych dotychczas badań, zaprezentowanych w szczególnym osiągnięciu, które skupione były w głównej mierze na analizach stopnia bioakumulacji mikroelementów i metali toksycznych w mięsie i egzozskielecie tych zwierząt [H1, H5].

Pozostałe osiągnięcia naukowe, wykaz wszystkich doniesień konferencyjnych i odbytych szkoleń przedstawiono w *Załączniku 4*.

3.4. Podsumowanie całkowitego dorobku naukowo – badawczego

Główne tematy badawcze:

- analiza składników mineralnych w mięsie, wątrobie, skrzelach ryb oraz w mięsie i egzozskielecie raków,
- analiza tłuszczu, kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mięsie ryb i raków,
- analiza składników mineralnych oraz kwasów tłuszczowych w narządach świni oraz w mięsie dzika europejskiego (*Sus scrofa* L.),
- analiza składników mineralnych w sierści krów wykorzystanej w monitoringu zanieczyszczenia środowiska,
- analiza dotycząca zmian ilościowych i jakościowych erytrocytów kur nieśnych i mięsnych w czasie rozwoju embrionalnego,
- analiza białka i frakcji proteinowych osocza krwi sarny (*Capreolus capreolus* L.).

Sumaryczny wykaz publikacji naukowych

61 publikacji naukowych: **32** oryginalne prace naukowe, (w tym **16** prac z bazy *JCR*), **1** monografia naukowa bez wyodrębnionych rozdziałów, **2** skrypty dla studentów, **1** praca popularno-naukowa, **25** streszczeń i komunikatów konferencyjnych (w tym **14** krajowych i **11** międzynarodowych).

Sumaryczny wykaz punktów oraz ilość cytowani wg bazy *Web of Science*

Sumaryczny wskaźnik *Impact Factor* (IF) dla 16 prac opublikowanych w czasopiśmie indeksowanych w *Web of Science* wynosi **10,818**, w tym **5,368** dla 6 publikacji włączonych do cyklu prac powiązanych tematycznie i stanowiących osiągnięcie naukowe. Publikacjom tym odpowiada sumarycznie **379** pkt (zgodnie z wykazem MNiSW), w tym **363** po uzyskaniu stopnia doktora i **90** dla prac włączonych do szczególnego osiągnięcia. Indeks Hirscha

stanowi **3**, a liczba cytowań wynosi **26**, w tym **15** bez autocytacji (na dzień 14 września 2017 roku).

Wykaz badań statutowych oraz projektów badawczych, w których uczestniczyłam

- **BS 10/2001** – „Badania nad poprawą cech hodowlanych i produkcyjnych oraz biotechnologią i parametrami morfologiczno – biochemicznymi zwierząt przeżuwających oraz mięsożernych”.
- **BS 19/2007** – „Wpływ wybranych czynników na dynamikę zmian cech biochemicznych, jakościowych i funkcjonalnych u zwierząt oraz w produktach żywnościowych”.
- **BS 3/2011** – „Wpływ czynników środowiskowych i genetycznych na cechy użytkowe zwierząt”.
- **BS 10/2017** – „Modele zwierzęce w poprawie efektywności jakości produkcji żywności”.
- **THRIVE RITE** – 7PR UE (FP7 2007/2013), 315198 – „Natural compounds to enhance productivity, quality and health in intensive farming systems”.
- **ECO FC** – FP7 – KBBE-2012-6-singlestage, 311794 – “A whole-system approach to optimisin feed efficiency and reducing the ecological footprint of monogastrics”.

Wykaz wykonanych recenzji prac naukowych

W latach 2010-2017 podjęłam się wykonania **14 recenzji** prac zgłoszonych do międzynarodowych czasopism, tj.: *Archives of Polish Fisheries*, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *Invertebrate Reproduction and Development*, *Journal of Central European Agriculture*, *River Research and Applications*, *Slovenian Veterinary Research* (Załącznik 4., pkt. III.P).

Wykaz nagród za działalność naukową

1. Nagroda zespołowa II-go stopnia za wyróżniające osiągnięcia w działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej w 2012 roku przyznana przez Rektora UTP, Bydgoszcz, 22 listopada 2013 roku.
2. Nagroda zespołowa II-go stopnia za wyróżniające osiągnięcia w działalności naukowo-dydaktycznej w 2005 roku przyznana przez Rektora UTP (ówczesnej Akademii Techniczno-Rolniczej), Bydgoszcz, 20 listopada 2006 roku.
3. Nagroda Rektora UTP (ówczesnej Akademii Techniczno-Rolniczej) za prezentację wyników badań w ramach Święta Uczelni, Bydgoszcz, 16 czerwca 2005 roku.

Tabelaryczne zestawienie dorobku naukowego (Tabele 1-3)

Tabela 1. Wykaz całkowitego dorobku naukowego z uwzględnieniem roku publikacji, wartości *Impact Factor* (IF), punktów wg wykazu punktacji MniSW oraz numeru obowiązującego w wykazie prezentowanego dorobku (*Autoreferat* oraz *Załącznik 4*).

Nazwa czasopisma (<i>skrót</i>) ^{a)}	Liczba prac	Rok publikacji	IF ^{b)}	Punkty MniSW ^{c)}	Numer publikacji ^{d)}
Publikacje posiadające współczynnik wpływu <i>Impact Factor</i> (IF), znajdujące się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)					
Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology (<i>Bull. Environ. Contam. Toxicol.</i>)	1	2017	1,412	20	H1
International Journal of Environmental Research (<i>Int. J. Environ. Res.</i>)	1	2014	1,100	10	H5
Folia Biologica – Kraków (<i>Fol. Biol.</i>)	4	2005 ^{e)} 2011 2012 2014	0,311 0,657 0,889 0,882	10 15 15 15	II.A.9 H6 II.A.7 II.A.4
Journal of Elementology (<i>J. Elementol.</i>)	5	2014 2016a 2016b 2017a 2017b	0,690 0,719 0,719 0,719 0,719	15 15 15 15 15	H4 II.A.2 II.A.3 H2 II.A.1
Polish Journal of Environmental Studies (<i>Pol. J. Environ. Stud.</i>)	2	2012 2016	0,462 0,790	15 15	II.A.8 H3
Żywność. Nauka. Technologia. Jakość	1	2014	0,310	15	II.A.5
Medycyna Weterynaryjna (<i>Med. Wet.</i>)	2	2003 2012	0,236 0,203	10 10	II.A.10 II.A.6
Publikacje nie posiadające współczynnika wpływu <i>Impact Factor</i> (IF), spoza bazy JCR					
Journal of Central European of Agriculture (<i>JCEA</i>)	7	2010 2011 2013 2015a 2015b 2015c 2017	- - - - - - -	9 9 8 14 14 14 14	II.D.9 II.D.8 II.D.5 II.D.2 II.D.3 II.D.4 II.D.1
Archiwum Rybactwa Polskiego (<i>Arch. Ryb. Pol.</i>)	3	2008 2011 2013	- - -	9 9 8	II.D.12 II.D.7 II.D.6
Komunikaty Rybackie (<i>Komun. Ryb.</i>)	1	2010	-	6	II.D.10
Prace Komisji Nauk Rolniczych i Biologicznych seria B (<i>BTN</i>)	3	2004 2005a 2005b	- - -	4 4 4	II.D.16 II.D.14 II.D.15

Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis (<i>Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin.</i>)	1	2009	-	6	II.D.11
Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego (<i>Rocz. Inst. Przem. Mięs. Tł.</i>)	1	2003	-	2	II.D.17
Prace popularno-naukowe					
Przegląd Rybacki (<i>Przegl. Ryb.</i>)	1	2005	-	-	II.D.13
Monografie					
„Dodatki do żywności”, Wydawnictwo Uczelniane UTP w Bydgoszczy	1	2015	-	20	II.D.18
Skrypty dla studentów					
„Materiały do ćwiczeń i seminariów z biochemii dla studentów Wydziału Zootechnicznego”, Wydawnictwo Uczelniane ATR w Bydgoszczy	1	2005	-	-	II.D.20
Wybrane zagadnienia z chemii dla studentów Wydziału Inżynierii Mechanicznej kierunku Inżynieria Biomedyczna, Wydawnictwo Uczelniane UTP w Bydgoszczy	1	2012	-	-	II.D.19
Materiały konferencyjne					
Prace w materiałach z konferencji naukowych	25	2007-2017	-	-	III.B.1-25
RAZEM	61	2003-2017	10,818	379	-
RAZEM po uzyskaniu stopnia doktora	58	2005-2017	10,582	363	-

- skrótów czasopism naukowych wg bazy *Caltech Library (Journal Title Abbreviations)*;
- wartość *Impact Factor (IF)* wg bazy *Journal Citation Reports (JCR)* zgodny z rokiem ukazania się pracy;
- liczba punktów wg wykazu punktacji MNiSW obowiązującego w roku wydania pracy;
- numer publikacji w wykazie prezentowanego dorobku (autoreferat oraz załącznik nr 4.);
- praca opublikowana w suplemencie czasopisma.

Tabela 2. Wykaz publikacji opublikowanych przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Nazwa czasopisma (skrót) ^{a)}	Liczba prac	Rok publikacji	IF ^{b)}	Punkty MNiSW ^{c)}	Numer publikacji ^{d)}
Publikacje nie posiadające współczynnik wpływu <i>Impact Factor</i> (IF), spoza bazy JCR					
Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego (<i>Rocz. Inst. Przem. Mięs. Tł.</i>)	1	2003	-	2	II.D.17
Medycyna Weterynaryjna (<i>Med. Wet.</i>)	1	2003	0,236	10	II.A.10
Prace Komisji Nauk Rolniczych i Biologicznych seria B (<i>BTN</i>)	1	2004	-	4	II.D.16
RAZEM	3	2004-2004	0,236	16	-

a) skróty czasopism naukowych wg bazy *Caltech Library (Journal Title Abbreviations)*;

b) wartość *Impact Factor* (IF) wg bazy *Journal Citation Reports (JCR)* zgodny z rokiem ukazania się pracy;

c) liczba punktów wg wykazu punktacji MNiSW obowiązującego w roku wydania pracy;

d) numer publikacji w wykazie prezentowanego dorobku (autoreferat oraz załącznik nr 4.).

Tabela 3. Wykaz publikacji ujętych w szczególnym osiągnięciu

Nazwa czasopisma (skrót) ^{a)}	Liczba prac	Rok publikacji	IF ^{b)}	Punkty MNiSW ^{c)}	Numer publikacji ^{d)}
Publikacje posiadające współczynnik wpływu <i>Impact Factor</i> (IF), znajdujące się w bazie <i>Journal Citation Reports (JCR)</i>					
Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology (<i>Bull. Environ. Contam. Toxicol.</i>)	1	2017	1,412	20	H1
International Journal of Environmental Research (<i>Int. J. Environ. Res.</i>)	1	2014	1,100	10	H5
Polish Journal of Environmental Studies (<i>Pol. J. Environ. Stud.</i>)	1	2016	0,790	15	H3
Journal of Elementology (<i>J. Elementol.</i>)	2	2017a 2014	0,719 0,690	15 15	H2 H4
Folia Biologica – Kraków (<i>Fol. Biol.</i>)	1	2011	0,657	15	H6
RAZEM	6	2011-2017	5,368	90	H1-H6

a) skróty czasopism naukowych wg bazy *Caltech Library (Journal Title Abbreviations)*;

b) wartość *Impact Factor* (IF) wg bazy *Journal Citation Reports (JCR)* zgodny z rokiem ukazania się pracy;

c) liczba punktów wg wykazu punktacji MNiSW obowiązującego w roku wydania pracy;

d) numer publikacji w wykazie prezentowanego dorobku (autoreferat oraz załącznik nr 4.).

4. OMÓWIENIE DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNO – ORGANIZACYJNEJ

Na początku pracy, gdy moja aktywność skupiona była głównie na dydaktyce opracowałam jak współautor „*Materiały do ćwiczeń i seminariów z biochemii*” dla studentów Wydziału Zootechnicznego kierunków zootechnika i ochrona środowiska [II.D.20], które do dnia dzisiejszego są bardzo cenione przez studentów. W późniejszych latach pracy we współpracy z pracownikami Katedry Biochemii i Toksykologii dokonałam opracowania skryptu pt.: „*Wybrane zagadnienia z chemii*” dla studentów Wydziału Inżynierii Mechanicznej kierunku Inżynieria Biomedyczna [II.D.18] w ramach projektu POKL.04.01.01-00-013/09 „*Inżynieria biomedyczna – kierunek przyszłości*” realizowanego w oparciu o fundusze strukturalne.

W ramach zajęć dydaktycznych realizowałam kilkanaście przedmiotów ze studentami Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt oraz Wydziału Inżynierii Mechanicznej UTP. Z dużą pasją i zaangażowaniem przygotowywałam autorskie ćwiczenia laboratoryjne i audytorijne z takich przedmiotów jak: chemia, biochemia zwierząt, biochemia środowiska, biotechnologia czy toksykologia. Brałam również udział w opracowywaniu sylabusów dla nowych przedmiotów, tj.: biochemia narządowa i enzymologia oraz byłam promotorem 6 prac magisterskich i inżynierskich. Ponadto realizowałam zajęcia laboratoryjne ze studentami z programu *Erasmus*.

W roku akademickim 2011/2012 pełniłam funkcję opiekuna podczas zajęć terenowych ze studentami Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt z kierunku Ochrona Środowiska w ramach projektu POKL.04.01.02-00-166/11-00 „*Studia inżynierskie gwarancją rozwoju UTP i społeczeństwa opartego na wiedzy*”.

Dzięki nieustającej chęci doskonalenia zawodowego w roli nauczyciela akademickiego, 11 czerwca 2017 roku wzięłam udział w seminarium pt.: „*Tutoring szkolny i akademicki innowacyjnym narzędziem rozwoju osobistego*” zrealizowanym w ramach Projektu Progres, zorganizowanym przez Kujawsko-Pomorskiego Kuratora Oświaty, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy oraz Akademię Innowacyjnej Edukacji.

W ramach **działalności organizacyjnej** corocznie aktywnie uczestniczę w „*Bydgoskim Festiwalu Nauki*”, „*Bajkowej Bydgoszczy*” oraz „*Drzwiach Otwartych*” organizowanych przez Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt. Mój udział w wymienionych wyżej przedsięwzięciach polega na przybliżaniu dzieciom i młodzieży tajemnic chemii i biochemii, ułatwianiu zrozumienia zjawisk chemicznych zachodzących w naszym otoczeniu oraz praktycznym wykorzystaniu reakcji chemicznych w życiu codziennym.

W latach 2013-2016 uczestniczyłam czterokrotnie w Komitecie Organizacyjnym Międzynarodowego Sympozjum Naukowego dla młodych naukowców i studentów uczelni rolniczych, pt.: „*Innovative researches for the future of agriculture and rural areas development*” organizowanym w Bydgoszczy, Inowrocławiu i Ciechocinku.

Od 2009 roku jestem członkiem *Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Rolnictwa*, Oddział w Toruniu, Koła SITR przy UTP w Bydgoszczy, a w roku 2016 dołączyłam do członków *Stowarzyszenia Absolwentów i Sympatyków Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt UTP* w Bydgoszczy.

Bardzo ważnym etapem mojej działalności organizacyjnej było włączenie się do składu polskiego zespołu redakcyjnego międzynarodowego czasopisma *Journal of Central European Agriculture* (JCEA). Na mocy decyzji Kolegium Polskiego Zespołu Redakcyjnego czasopisma powierzono mi z dniem 22 maja 2015 roku obowiązki *sekretarza naukowego*. Pragnę zaznaczyć, że w roku akademickim 2016/2017 Polska pełni rolę państwa przewodniczącego w pracach redakcyjnych.

Pozostałe osiągnięcia dydaktyczne, czyli szczegółowy wykaz realizowanych przez mnie przedmiotów, wypromowanych prac inżynierskich i magisterskich, sylabusów opracowanych dla nowych przedmiotów oraz zajęć terenowych organizowanych dla studentów przedstawione zostały szczegółowo w *Załączniku 4*.

